

ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE LA RESISTENCIA CON LA FUERZA MUSCULAR (Revisión)

Physiologicals adaptations to concurrent strength and endurance training.

Esp. Argelio Camilo Flores-Zamora. Profesor auxiliar, afloresz@udg.co.cu Cuba

MSc. Emilia Minerva Rodríguez-Cedeño. Profesora auxiliar, Facultad de Cultura Física de la
Universidad de Granma, erodriguezc@udg.co.cu Cuba

MSc. Yener Rodríguez-Blanco. Profesora auxiliar, Facultad de Cultura Física de la Universidad
de Granma, yrodriguez@udg.co.cu Cuba

Recibido: 19/02/2017 / Aceptado: 01/03/2017

RESUMEN

El objetivo de este artículo fue revisar la literatura especializada para sistematizar los conocimientos que sobre este tipo de entrenamiento se han generado en los últimos 36 años, a partir del trabajo precursor de Hickson, RC (1980). Esta revisión confirma que el entrenamiento combinado de resistencia y fuerza muscular produce mejoras en la capacidad aeróbica y el rendimiento de resistencia. En esta parte centraremos la atención en las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento concurrente de la resistencia con la fuerza muscular.

Palabras claves: entrenamiento combinado, entrenamiento de fuerza, fuerza muscular, entrenamiento concurrente.

ABSTRACT

The objective of this article was to examine the specialized literature to systematize the knowledge that this type of training have generated in the last 36 years, since Hickson's (1980) precursive investigation. This review confirms that concurrent endurance and muscular strength training produces improvements in aerobic capacity and endurance performance. We will center the attention in this part in the physiological adaptations to concurrent strength and endurance training.

Key words: combined training, strength training, muscular strength, concurrent training.

INTRODUCCIÓN

Adaptaciones fisiológicas de la resistencia con la fuerza muscular

El desarrollo de la fuerza muscular repercute positivamente en el rendimiento deportivo de los atletas. Por esta razón se incluye dentro de las demandas tecnológicas del Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación (INDER) que buscan el perfeccionamiento constante de la preparación del deportista a nivel nacional y provincial de cara a las diferentes competiciones.

El autor concuerda con los investigadores Beattie K, Kenny I.C, Lyons M y Carson B.P (2014) los que aconsejan la inclusión del entrenamiento de fuerza para mejorar la economía del músculo y el rendimiento. Como principales beneficios del entrenamiento de fuerza numerosos estudios reportan una influencia positiva sobre el rendimiento deportivo (Damasceno M et al; 2015).

Según un estudio realizado por Balsalobre C, Santos J y Grivas G (2015) el efecto metaanalizado de programas de entrenamiento de fuerza con el empleo de ejercicios de baja a alta intensidad y ejercicios pliométricos demostró un beneficio alto sobre el rendimiento. La explicación sobre la influencia positiva del entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento está en la mejora de la economía de carrera, la velocidad pico y las características neuromusculares tal como sugieren Barnes K.R y Kilding A.E (2015).

En Cuba la investigación sobre el entrenamiento combinado de la resistencia con la fuerza muscular ha sido prácticamente nula; a pesar de que internacionalmente se reconoce su importancia y del reporte de aplicaciones en eventos de resistencia del remo, ciclismo y atletismo. Flores A (2005) aportó parámetros para la identificación de los factores de integración de la resistencia con la fuerza muscular y tuvo en cuenta el grado de combinación externo e interno en la interconexión de ambas cualidades físicas en las estructuras del macrociclo de preparación de los corredores de mediofondo.

El entrenamiento combinado de la resistencia con la fuerza muscular ha sido investigado por Docherty D y Sporer B.C (2000); Taipale RS et al. (2013); Jones TW, Howatson G, Russell M y French DN (2013). Esos estudios han resaltado la importancia de la fuerza muscular en los deportes de resistencia y coinciden en la necesidad de realizar investigaciones de campo que aporten mayores evidencias sobre el entrenamiento combinado de la resistencia con la fuerza muscular.

DESARROLLO

La comprensión del fenómeno que representa el entrenamiento combinado de la resistencia con la fuerza muscular debe pasar por el análisis de los aspectos fundamentales de cada capacidad de manera aislada. El entendimiento de estos elementos es esencial para el estudio de las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento concurrente de la resistencia con la fuerza muscular y por tanto para la toma de decisiones que ayuden a minimizar las interferencias de la una sobre la otra.

Una de las direcciones de la preparación del deportista que mayor atención ha recibido es la capacidad física condicional resistencia, la cual ha sido objeto de muchas investigaciones a lo largo de los años. Esta sobredimensión llegó incluso a presentarla como la madre de la velocidad, hecho negado por la práctica e investigaciones posteriores. La resistencia tiene un rol primordial en la manifestación de la capacidad de trabajo que de forma compleja expresa la relación del ser humano con el entorno en que se desarrolla, sea en las actividades cotidianas o en el entrenamiento.

A partir del análisis de las respuestas hormonales al entrenamiento y la posible compatibilidad del entrenamiento con la fuerza muscular la resistencia es definida como la habilidad de un individuo de realizar contracciones repetidas y continuas del músculo esquelético durante periodos mayores a 30 minutos con una intensidad submáxima del rendimiento.

En la construcción del concepto resistencia clásicamente se ha enfatizado en aspectos tales como la lucha contra el cansancio y los procesos de fatiga, realizar un ejercicio de manera eficaz cumpliendo con los requerimientos somáticos, viscerales, nerviosos y energéticos del organismo para sostener esfuerzos prolongados y la máxima movilización de las posibilidades funcionales del organismo para conseguir altas marcas en la modalidad deportiva elegida. La propensión histórica tendencial en la enunciación de su definición hace énfasis en los aspectos donde la labor científica del autor que la formula tiene mayor relevancia.

A partir de la sistematización de los conceptos existentes en este trabajo se asume que la resistencia es la capacidad biomotora que permite cumplir de forma óptima y eficaz con las especificidades metabólicas y neuromusculares de los esfuerzos específicos de la modalidad deportiva desarrollada por el atleta durante el mayor tiempo posible.

Variados factores fisiológicos, mecánicos y tácticos influyen sobre el rendimiento de resistencia, entre los cuales las mayores referencias son para el consumo máximo de oxígeno, el umbral anaeróbico y la economía de la carrera (Beattie K et al; 2014). Tradicionalmente el consumo

Adaptaciones fisiológicas de la resistencia con la fuerza muscular

máximo de oxígeno y el umbral anaeróbico han servido para explicar la mejor competencia en carreras de mediofondo y fondo.

En la literatura científica son numerosos los estudios que aportan evidencia contraria a la aseveración tradicional que pondera al consumo máximo de oxígeno como el indicador crucial en el rendimiento en los deportes de resistencia. Prueba de lo anterior es que mientras los resultados deportivos han crecido de manera exponencial las mediciones de los estudios iniciales sobre consumo máximo de oxígeno no difieren significativamente de las actuales.

La economía, la velocidad o potencia a máximo consumo de oxígeno y la máxima velocidad anaerobia de carrera, son presentados por Paavolainen L, Nummela A y Rusko H, citados por Beattie K et al. (2014) como indicadores superiores del rendimiento en atletas elites. Reconocer que el consumo máximo de oxígeno y el umbral de lactato son solo dos factores que forman parte de un sistema complejo donde sería imposible la preponderancia de algún componente sobre otro tiene un impacto trascendental en la metodología actual para el desarrollo de la resistencia.

En las dos últimas décadas se puede apreciar un marcado interés hacia el estudio de la fuerza muscular y sus repercusiones en el rendimiento deportivo. Han surgido tendencias que incluso se plantean una revisión de la clasificación de las capacidades físicas, algunas de ellas por ejemplo sitúan a la fuerza muscular en el eje central como una capacidad única o fundamental, siendo la velocidad y la resistencia derivadas de esta y la flexibilidad y coordinación, capacidades físicas facilitadoras.

Semejante enfoque se basa en los aportes de la dinámica clásica debido a que es la fuerza una magnitud física que interviene en el desplazamiento de un cuerpo, teóricamente explicado por la segunda ley del movimiento de Newton. En términos matemáticos esta ley se expresa como el producto de la masa por la aceleración ($F = m \times a$).

Coincidimos con Weineck J (2005) sobre las dificultades para realizar una definición precisa de fuerza que abarque sus aspectos físicos, fisiológicos y psíquicos, debido a la extraordinaria variedad existente en cuanto a los tipos de fuerza, de trabajo y de contracción muscular y a los múltiples factores que influyen en este complejo. Desde la óptica del entrenamiento deportivo el concepto de fuerza se analiza como una aptitud del individuo para interactuar con el entorno. Así la fuerza es definida como la capacidad del sistema muscular para vencer, soportar, oponerse a una resistencia o ejercer una fuerza externa.

Consideramos que los conceptos que incorporan aspectos de la fisiología muscular son los más completos; a partir de la integración de los criterios de varios autores se conceptualiza la fuerza muscular como la capacidad de generar tensión intramuscular para vencer una carga a través de contracciones musculares reguladas por estímulos nerviosos.

Los factores que determinan la manifestación y desarrollo de la capacidad de fuerza son los siguientes:

1. Bioestructurales aquellos referentes a la composición del músculo, tales como el grado de hipertrofia muscular, la proporción y composición de las fibras musculares, por ejemplo las características cualitativas de sus propiedades contráctiles, oxidativas y densidad de las fibras musculares por unidad del corte transversal.
2. Fisioneurales los que atañen a la organización de las unidades motrices y sus modelos de reclutamiento para la coordinación neuromuscular de tipo intramuscular e Intermuscular y los procesos hormonales que regulan la necesidad de aporte energético efectivo en la contracción muscular y que activan la síntesis de proteínas y el desarrollo de los procesos plásticos.
3. Mecánicos los que determinan las características cualitativas de las propiedades contráctiles, tipo de contracción, elasticidad, longitud inicial del músculo antes de la contracción, velocidad de contracción y eficiencia de la palanca mecánica a través de la articulación.

En la práctica deportiva son comunes los intentos de integrar las diferentes direcciones de entrenamiento a través de los procesos de síntesis de dos o más componentes. Como concepción integradora ha prevalecido la tendencia de estimular todas las cualidades físicas en las sesiones de entrenamiento, para aprovechar el efecto acumulativo de los diferentes métodos, intensidades y velocidades de ejecución.

Para Platonov V.N (1998) la combinación de los procesos analíticos y de síntesis constituye un problema del entrenamiento deportivo donde un alto resultado solo es posible por la intervención conjunta y coordinada de todas las cualidades en un contexto de desarrollo general armonioso.

En la bibliografía consultada se emplean los términos entrenamiento concurrente y entrenamiento combinado para referirse a la combinación de estímulos de resistencia y fuerza muscular en la misma sesión de entrenamiento.

Adaptaciones fisiológicas de la resistencia con la fuerza muscular

Es pertinente esbozar un concepto temprano de entrenamiento combinado o concurrente de la resistencia con la fuerza muscular teniendo en cuenta los paradigmas que rigen en el campo de la teoría y la práctica del entrenamiento deportivo en los últimos 36 años a partir del trabajo pionero de Hickson RC (1980).

Para definir la integración concomitante de la resistencia con los ejercicios basados en la fuerza en un programa de entrenamiento o cuando entre el trabajo de ambas cualidades biomotoras el tiempo transcurrido sea inferior a las doce horas, recomendamos emplear el término entrenamiento combinado, por reflejar mejor los aspectos conceptuales, tanto desde el punto de vista epistemológico como semasiológico sostenidos por la presente revisión.

Se puede conceptualizar al entrenamiento concurrente como la integración concomitante de la resistencia con los ejercicios basados en la fuerza muscular en un programa de entrenamiento. Tiene importancia revisar algunos aspectos conceptuales generados en los últimos cuarenta años sobre los mecanismos que comprometen las respuestas y adaptaciones fisiológicas al entrenamiento concurrente de la resistencia con la fuerza muscular para indagar en la relación dialéctica entre sus antecedentes históricos y su situación actual.

Las respuestas inducidas por el entrenamiento de resistencia y fuerza muscular son incompatibles desde el punto de vista molecular, debido a que no hay una activación simultánea de marcadores celulares que susciten respuestas anabólicas y de resistencia óptimas.

Cuando se analiza la interferencia de una cualidad sobre otra el término de partida es el desarrollo máximo a lograr cuando ambas cualidades se entrenan aisladamente (Leveritt M et al; 2013) y hay que resaltar que la mayoría de los estudios analizan la interferencia de la resistencia sobre la fuerza muscular máxima y no al revés.

El primer estudio sobre el entrenamiento concurrente de fuerza muscular y resistencia en una misma sesión fue realizado por Hickson R.C (1980); desde entonces el tema ha recibido gran atención en la literatura especializada.

La mayoría de los trabajos reportan un efecto de interferencia entre ambos estímulos de entrenamiento. A este efecto se le conoce como efecto de interferencia o efecto del entrenamiento concurrente y es necesario comprenderlo para poder integrar adecuadamente los entrenamientos de resistencia y fuerza muscular.

Para explicar el efecto de interferencia entre los estímulos de resistencia y fuerza muscular durante el entrenamiento concurrente se tienen en cuenta una serie de presupuestos neurofisiológicos, metabólicos y morfológicos que han sido agrupados por los investigadores del

tema en las nombradas hipótesis crónica y aguda. Conviene aclarar que el término hipótesis se emplea como una suposición o teoría razonable que está en vías de comprobación en un intento de explicar el efecto de interferencia de una cualidad sobre la otra.

La hipótesis crónica se apoya en el hecho de que el músculo esquelético no puede adaptarse metabólicamente o morfológicamente de forma simultánea a los estímulos inducidos por la fuerza muscular y la resistencia cuando ambas son entrenadas combinadamente (Leveritt M et al; 2013).

Las posibles explicaciones para la hipótesis crónica hay que encontrarlas en el modelo de reclutamiento de las fibras musculares, la transformación de fibras rápidas a lentas, la hipertrofia muscular o en la actuación del sistema endocrino.

Como aspectos claves de lo anterior podemos citar que la resistencia de alta intensidad modifica los elementos que controlan la fuerza rápida y explosiva (Leveritt M et al; 2013). Por otro lado, el trabajo de fuerza muscular provoca un incremento en la concentración de testosterona durante y tras el ejercicio. En cambio el entrenamiento de resistencia produce un aumento en las concentraciones de cortisol tras el ejercicio, el cual, disminuye en el descanso.

Leveritt M et al. (2013) afirman que no se puede mencionar un agente causal del efecto de inhibición de la fuerza muscular ante el entrenamiento combinado debido a que la evidencia científica que sustenta la hipótesis crónica es limitada.

La hipótesis aguda sostiene que la fatiga residual derivada del entrenamiento de resistencia influye en la calidad normal del entrenamiento de la fuerza muscular y puede inhibir su respuesta adaptativa durante el entrenamiento concurrente.

Esta teoría supone que esa fatiga residual compromete la habilidad del músculo para desarrollar tensión durante el entrenamiento de fuerza muscular. Algunos factores causales de dicha situación son el agotamiento neuromuscular, la acumulación de metabolitos, el daño muscular y la reducción de glucógeno en los tejidos (Leveritt M et al; 2013).

Los resultados de las investigaciones sobre el entrenamiento concurrente podemos clasificarlos desde el punto de vista de la interferencia de la resistencia sobre la fuerza muscular en dos grupos:

1. Primer grupo: los que aportan evidencias sobre afectaciones al desarrollo de la fuerza muscular.

Este grupo de autores sostiene que después del entrenamiento concurrente el incremento de la fuerza muscular es más limitado que cuando esta capacidad es entrenada de forma aislada

Adaptaciones fisiológicas de la resistencia con la fuerza muscular

y fundamentan sus posiciones en las incompatibilidades metabólicas que suscitan ambos estímulos de entrenamiento. Por lo tanto recomiendan separar ambos tipos de trabajos cuando se requieran desarrollos máximos de la fuerza muscular.

2. Segundo grupo: los que proporcionan una base fisiológica para asegurar que el entrenamiento concurrente no dañe el desarrollo de la fuerza muscular.

En estas investigaciones los resultados arrojan incrementos en los niveles de los parámetros neuromusculares y en el ratio de manifestación de la fuerza explosiva.

Es importante destacar que según la mayoría de las investigaciones consultadas las adaptaciones al trabajo de resistencia durante el entrenamiento concurrente tienen un efecto positivo en parámetros importantes para las disciplinas de resistencia tales como: el rendimiento de la carrera, la economía de carrera, el umbral de lactato, la velocidad y la potencia aeróbica. Más significativo aún es el hecho de que todas estas adaptaciones transcurren sin afectaciones al consumo máximo de oxígeno, además de reducir el tiempo de trabajo por sesión. (Docherty D y Sporer B.C, 2000; Jones T.W et al; 2013; Taipale RS et al; 2013).

Es importante tener en cuenta que se pueden realizar acciones para minimizar la interferencia del entrenamiento combinado sobre la fuerza y la resistencia. Los objetivos de estas acciones deben centrarse en la organización, el tipo, el orden y tiempo óptimo de aplicación del entrenamiento combinado. Una acción no menos importante es el control del tiempo de recuperación tras los estímulos de resistencia para la aplicación del entrenamiento de fuerza muscular.

La organización del entrenamiento debe minimizar las interferencias posibles de los efectos fisiológicos provocados por los entrenamientos de fuerza y resistencia.

Es posible con toda seguridad llevar a cabo un desarrollo simultáneo de la fuerza muscular y la resistencia que permita resultados positivos tanto en las variables de fuerza muscular como en las de resistencia si se toman decisiones estratégicas que aplicadas al entrenamiento concurrente tengan una incidencia positiva en el rendimiento de los atletas.

El volumen de entrenamiento, la especificidad mecánica, la frecuencia semanal, la historia de entrenamiento de los sujetos y la modalidad del entrenamiento de la fuerza muscular y la resistencia son factores cruciales para controlar el efecto de interferencia (González Badillo, J. y Rivas Serna, J.R, 2002; Leveritt M et al; 2013).

Uno de los primeros trabajos que aportó herramientas metodológicas para este control es el de Docherty D y Sporer B.C (2000). Esta investigación presenta un modelo basado en las adaptaciones fisiológicas a los protocolos de entrenamiento específicos para investigar el fenómeno de la interferencia.

La propuesta de Docherty D y Sporer B.C (2000) sostiene que la mayor interferencia entre ambas capacidades se puede producir cuando ambos entrenamientos tienden a producir fundamentalmente efectos periféricos y no centrales. El modelo predice los protocolos de entrenamiento que probablemente minimizarán o maximizarán el nivel de interferencia.

La frecuencia del entrenamiento concurrente de resistencia y fuerza muscular influye en la respuesta adaptativa. Una frecuencia alta (de cuatro a seis días por semana) reduce las ganancias de fuerza muscular; mientras que una frecuencia baja (de dos a tres días por semana) aumenta la fuerza máxima en una proporción similar al entrenamiento exclusivo de fuerza muscular.

Existe unanimidad en que el tiempo óptimo de aplicación del entrenamiento combinado debe oscilar entre 6-12 semanas para contrarrestar el posible efecto antagónico de una cualidad sobre otra y para promocionar una mejora del consumo máximo de oxígeno y de la fuerza máxima.

Algunos investigadores sostienen que trabajar primero la fuerza o la resistencia parece no influir en los resultados finales de la aplicación del entrenamiento concurrente; sin embargo los autores del presente artículo concuerdan con realizar el entrenamiento de resistencia antes de las sesiones hipertróficas y pliométricas de fuerza muscular. El orden anterior se basa en el principio de estimular primero la dirección de entrenamiento fundamental para el rendimiento deportivo en los eventos de mediodondo y a continuación crear las premisas que permitan potenciar su desarrollo.

Otros autores plantean que la cuestión de cuál es la mejor secuencia para las sesiones de entrenamiento sobre diferentes objetivos en el desarrollo simultáneo de fuerza y resistencia, sigue siendo compleja y todavía no se ha resuelto satisfactoriamente.

Para que la interferencia sea mínima o no exista hay que tener en cuenta la intensidad y duración del entrenamiento de resistencia para la elección del tiempo de recuperación antes del entrenamiento de fuerza. Este tiempo puede ser determinante para el entrenamiento y la mejora de la fuerza. El empleo de cargas altas en el rango de cuatro a cinco repeticiones máximas permite desarrollar los factores neurales de la fuerza muscular y evita las interferencias con la

Adaptaciones fisiológicas de la resistencia con la fuerza muscular

resistencia con lo que se atenúa la transición a fibras tipo I producida por el entrenamiento de resistencia.

Las acciones antes mencionadas son la base para la construcción de modelos de entrenamiento que permitan adaptaciones fisiológicas óptimas al entrenamiento concurrente de la resistencia con la fuerza muscular.

CONCLUSIONES

Para explicar el efecto de interferencia entre los estímulos de resistencia y fuerza muscular durante el entrenamiento concurrente se tienen en cuenta una serie de presupuestos neurofisiológicos, metabólicos y morfológicos que han sido agrupados por los investigadores del tema en las nombradas hipótesis crónica y aguda.

Las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento concurrente de la resistencia con la fuerza muscular producen mejoras significativas de los factores neuromusculares y la economía del ejercicio, prácticamente sin afectar la potencia aerobia de los atletas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balsalobre, C., Santos, J y Grivas, G. (2015). The effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/285588167>.
2. Barnes, K.R y Kilding, A.E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sport Med Open* 1.
3. Beattie, K., Kenny, I.C., Lyons, M. y Carson, B.P. (2014) .The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*,44, 845-865.
4. Damasceno, M., Lima V., Pasqua, A.E., Tricoli L.A., Duarte, V. y Bishop, M. (2015). Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10 km running time trial. *Eur J Appl Physiol* .
5. Docherty, D. y Sporer, B.C. (2000). A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med*, 30(6), 385-394.
6. Flores Zamora, A. (2005). Entrenamiento combinado para la preparación de fuerza en las carreras de distancias medias. Tesis de especialidad sin publicación, Instituto Superior de Cultura Física “Manuel Fajardo”, Facultad de Santiago de Cuba.

7. González Badillo, J. y Rivas Serna, J.R. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona, España: INDE Publicaciones.
8. Hickson, R C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol*, 45, 255–263.
9. Jones, TW., Howatson, G., Russell, M., y French, DN. (2013). Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. *J Strength Cond Res*, 27(12), 3342–3351.
10. Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. y Logan, P.A. (2013). Entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia: una revisión. Disponible en <https://gse.com/es/journals/public-standard/articulos/entrenamiento-concurrente-defuerza-y-resistencia-una-revision-1508> 114.
11. Platonov, V.N. (1998). El entrenamiento deportivo, teoría y metodología. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
12. Taipale, R.S., Mikkola, J., Vesterinen, V., Nummela, A. y Häkkinen, K. (2013). Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. *Eur J Appl Physiol*, 113, 325–335.
13. Weineck, J. (2005). Entrenamiento total. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.