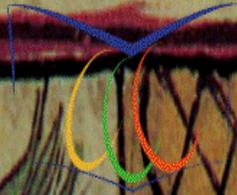


Volumen 3 - Número 2 - Marzo/Abril 2017



REVISTA OBSERVATORIO DEL DEPORTE

REVISTA DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 0719-5729



orandum est ut sit mens sana in corpore sano

221 B

WEB SCIENCES



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

SEDE SANTIAGO

CUERPO DIRECTIVO

Director

Juan Luis Carter Beltrán

Universidad de Los Lagos, Chile

Editor

Juan Guillermo Estay Sepúlveda

Universidad de Los Lagos, Chile

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Pauline Corthorn Escudero

Asesorías 221 B, Chile

Traductora: Portugués

Elaine Cristina Pereira Menegón

Asesorías 221 B, Chile

Diagramación / Documentación

Carolina Cabezas Cáceres

Asesorías 221 B, Chile

Portada

Felipe Maximiliano Estay Guerrero

Asesorías 221 B, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Mg. Adriana Angarita Fonseca

Universidad de Santander, Colombia

Lic. Marcelo Bittencourt Jardim

CENSUPEG y CMRPD, Brasil

Mg. Yamileth Chacón Araya

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Dr. Óscar Chiva Bartoll

Universidad Jaume I de Castellón, España

Dr. Miguel Ángel Delgado Noguera

Universidad de Granada, España

Dr. Jesús Gil Gómez

Universidad Jaume I de Castellón, España

Ph. D. José Moncada Jiménez

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Mg. Ausel Rivera Villafuerte

Secretaría de Educación Pública SEP, México

Mg. Jorge Saravi

Universidad Nacional La Plata, Argentina

Comité Científico Internacional

Ph. D. Víctor Arufe Giraldez

Universidad de La Coruña, España

Ph. D. Juan Ramón Barbany Cairo

Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Daniel Berdejo-Del-Fresno

England Futsal National Team, Reino Unido

The International Futsal Academy, Reino Unido

Dr. Antonio Bettine de Almeida

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola

Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Ph. D. Paulo Coêlho

Universidad de Coimbra, Portugal

Dr. Paul De Knop

Rector Vrije Universiteit Brussel, Bélgica

Dr. Eric de Léséleuc

INS HEA, Francia

Mg. Pablo Del Val Martín

*Pontificia Universidad Católica del Ecuador,
Ecuador*

Dr. Christopher Gaffney

Universität Zürich, Suiza

Dr. Marcos García Neira

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Misael González Rodríguez

Universidad de Ciencias Informáticas, Cuba

Dra. Carmen González y González de Mesa

Universidad de Oviedo, España

Dr. Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Dra. Ana Rosa Jaqueira

Universidad de Coimbra, Portugal

Mg. Nelson Kautzner Marques Junior

Universidad de Rio de Janeiro, Brasil

Ph. D. Marjeta Kovač

University of Ljubljana, Slovenia

Dr. Amador Lara Sánchez

Universidad de Jaén, España

Dr. Ramón Llopis-Goic

Universidad de Valencia, España

Dr. Osvaldo Javier Martín Agüero

Universidad de Camagüey, Cuba

Mg. Leonardo Panucia Villafañe

Universidad de Oriente, Cuba

Editor Revista Arranca

Ph. D. Sakis Pappous

Universidad de Kent, Reino Unido

Dr. Nicola Porro

*Universidad de Cassino e del Lazio
Meridionale, Italia*

Ph. D. Prof. Emeritus Darwin M. Semotiuk

Western University Canada, Canadá

Dr. Juan Torres Guerrero

Universidad de Nueva Granada, España

Dra. Verónica Tutte

Universidad Católica del Uruguay, Uruguay

Dr. Carlos Velázquez Callado

Universidad de Valladolid, España

Dra. Tânia Mara Vieira Sampaio

*Universidad Católica de Brasilia, Brasil
Editora da Revista Brasileira de Ciência e
Movimento – RBCM*

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez

Universidad de Jaén, España

Dr. Rolando Zamora Castro

Universidad de Oriente, Cuba

Director Revista Arranca

Asesoría Ciencia Aplicada y Tecnológica:
221 B Web Sciences

Representante Legal
Juan Guillermo Estay Sepúlveda Editorial
Santiago – Chile



Indización

Revista ODEP, indizada en:



**CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS Y CELULARES
PARA EL ENTRENAMIENTO “CONCURRENT”**

PHYSIOLOGICAL AND CELLULAR CONSIDERATIONS FOR “CONCURRENT” TRAINING

Mg. © Enzo Nicolás Moraga Maureira
Universidad Mayor, Chile
enzomoragam@gmail.com

Fecha de Recepción: 10 de febrero de 2017 – **Fecha de Aceptación:** 25 de febrero de 2017

Resumen

El entrenamiento concurrente es aquel que combina estímulos de fuerza y resistencia en un mismo momento de la preparación del deportista. Buscando gozar de los beneficios de las adaptaciones de ambos tipos. Hasta el momento, diversos estudios hacen referencia al entrenamiento concurrente, desde un punto de vista fisiológico, en pruebas de campo y/o laboratorio, encontrando resultados interesantes en la anulación de una u otra dependiendo del diseño del estudio, de sus participantes y del ordenamiento del trabajo realizado. Hasta el momento existe una tendencia inclinada hacia la inhibición de las adaptaciones de la fuerza producto del trabajo de resistencia, por medio de la inhibición de Mtor por trabajos que tienen a depletar las reservas energéticas del sistema activando AMPK. Diversos autores utilizan protocolos que consideran los tiempos de latencia de estas señalizaciones moleculares para que no se interfieran y puedan provocar en la mayoría de los casos mejoras de ambos tipos. Se concluye que las adaptaciones deben ser estudiadas en casos particulares y deben considerar alimentación descanso y magnitud de la carga de entrenamiento.

Palabras Claves

Entrenamiento – Fisiología – Adaptación – Concurrente – Fuerza – Resistencia

Abstract

Concurrent training is one that combines stimuli of strength and endurance at the same time of the athlete's preparation. Seeking to enjoy the benefits of adaptations of both types. So far, several studies have referred to concurrent training, from a physiological point of view, in field and / or laboratory tests, finding interesting results in the cancellation of one other depending on the design of the study, its participants and the Ordering the work done. So far there is a tendency towards inhibiting the adaptations of the force produced by the work of resistance, by means of the inhibition of Mtor by works that have to deplete the energy reserves of the system by activating AMPK. Several authors use protocols that consider the latency times of these molecular signaling so that they do not interfere and can in most cases cause improvements of both types. It is concluded that adaptations should be studied in particular cases and should consider feeding rest and magnitude of training load

Key Words

Training – Physiology – Adaptation – Concurrent – Strength – Resistance

Estado del arte

Como describe Hawley,¹ el musculo responde a una señal, provocando una respuesta especifica, que puede comprometer una adaptación en particular.

Un Ejercicio de resistencia, y otro de fuerza aisladamente, provoca un cúmulo de proteínas que alteran la expresión de genes asociados a biogénesis mitocondrial y síntesis proteica respectivamente.²

Estímulos que inducen Biogénesis Mitocondrial

La resistencia es la capacidad de un sujeto para mantener contracciones musculos esqueléticas de forma repetida durante periodos superiores a 30 minutos a intensidad y velocidad sub máxima³.

Los estímulos comúnmente llamados de “resistencia” Generan en el largo plazo, mayor capacidad funcional en las actividades de alta demanda de oxígeno.

Esto se explica por el incremento de la actividad enzimática y oxidativa de la mitocondria, y por el aumento de la densidad mitocondrial del musculo esquelético⁴.

Las adaptaciones crónicas producto del entrenamiento de resistencia, provocan la activación de los genes específicos de transcripción mostrando un incremento en los mRNA propios de la Biogenesis mitocondrial y su metabolismo⁵.

La cadena de señalizaciones son descritas por multiples autores desde el momento en que se produce un desbalance energético negativo en la celula. Activando el principal regulador energético de la celula, AMPK⁶.

¹ Hawley, «Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible?» Appl. Physiol. Nutr. Metab., 34 (2009) 355–361.

² A. K. Hansen; C. P. Fischer; P. Plomgaard; J. L. Andersen y Saltin, «Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily» J. Appl. Physiol., 98 (2005) 93–99.

³ Hawley, «Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training.» Clin. Exp. Pharmacol. Physiol, 29 (2002) 218-222.

⁴ J. O. Holloszy and Coyle, «Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences» J.Appl. Physiol., 56 (1984) 831–838.

⁵ D. J. Mahoney; G. Parise; S. Melov; A. Safdar and Tarnopolsky, «Analysis of global mRNA expression in human skeletal muscle during recovery from endurance exercise» FASEB J., 19 (2005) 1498–1500.

⁶ Torres, «La AMPK como un sensor de energía Celular y su función en el organismo» Rev. Invest. Clin, (2007) 59 (6): 458-469.

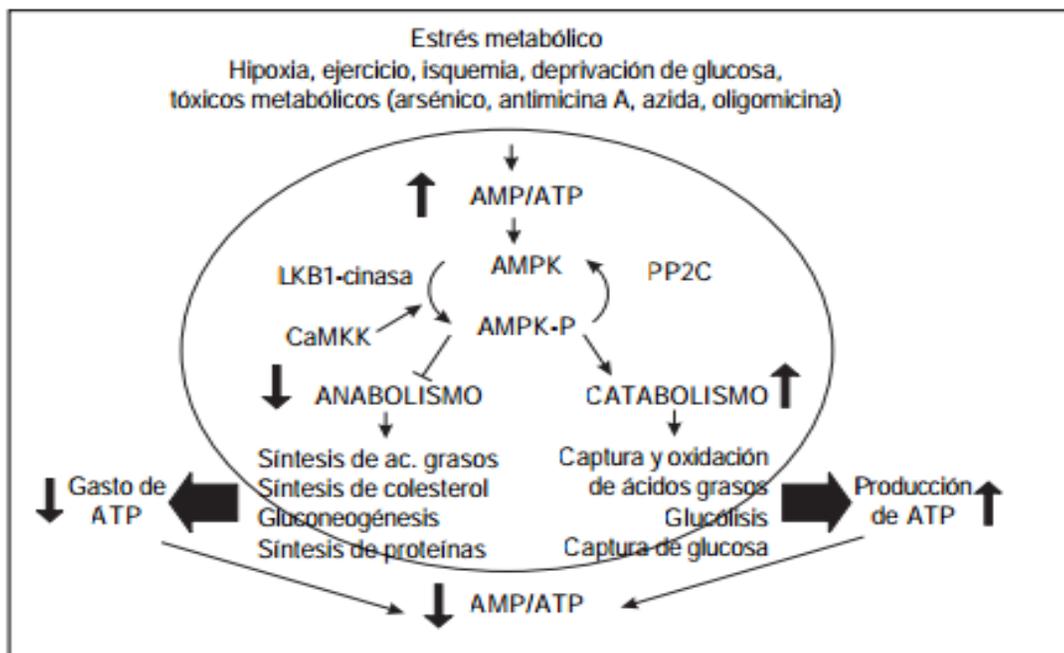


Figura 1

Mecanismo de regulación de la AMPK por estrés metabólico y sus consecuencias en vías anabólicas y catabólicas

A su vez, existen otros activadores que promueven la expresión de PGC1 α (peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator), como lo son P38 MAPK (mitogen-activated protein kinase) y CAMK (calmodulin-dependent protein kinase), producto de un aumento del calcio (Ca $^{2+}$) en el retículo sarcoplasmático.

Todos ellos promueven la cadena de señalizaciones que induce biogénesis mitocondrial.⁷

Estímulos que inducen síntesis proteica (hipertrofia muscular)

Normalmente se describe la hipertrofia como un proceso lento que debe recibir innumerables estímulos por un tiempo considerable (semanas o meses), demostrando resultados similares en cuanto al tipo de estímulo (contracción Concentrica o excéntrica)⁸. Todos ellos consideran un porcentaje de la fuerza máxima, expresado en una repetición máxima. (1RM), o incluso en algunos estudios con repeticiones hasta el fallo muscular⁹. Sin embargo todos deben promover la activación de mTOR, (mammalian Target of Rapamycin), para desencadenar señalizaciones que inducen síntesis proteica. Las adaptaciones crónicas al entrenamiento de fuerza, pueden resultar en hipertrofia muscular. Hasta 2 horas posteriores al entrenamiento se genera una activación de los genes que regulan la

⁷ Torres, «La AMPK como un sensor de energía Celular y su función en el ... 458-469.

⁸ Phillips, «Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans» Am. J. Physiol. , 273 (1997) E99–E107.

⁹ M. H. Stone; T. J. Chandler; M. S. Conley; J. B. Kraemer y M. E. Stone, «Training to muscular failure: is it necessary?» Strength Cond J., (1996) 18:44-48.

hipertrofia muscular con un peak entre las 4 a 6 horas después del ejercicio. En todos los casos se detecta alta presencia de mTOR. Lo que sugiere a todas las luces que el ejercicio de fuerza activa este mecanismo¹⁰.

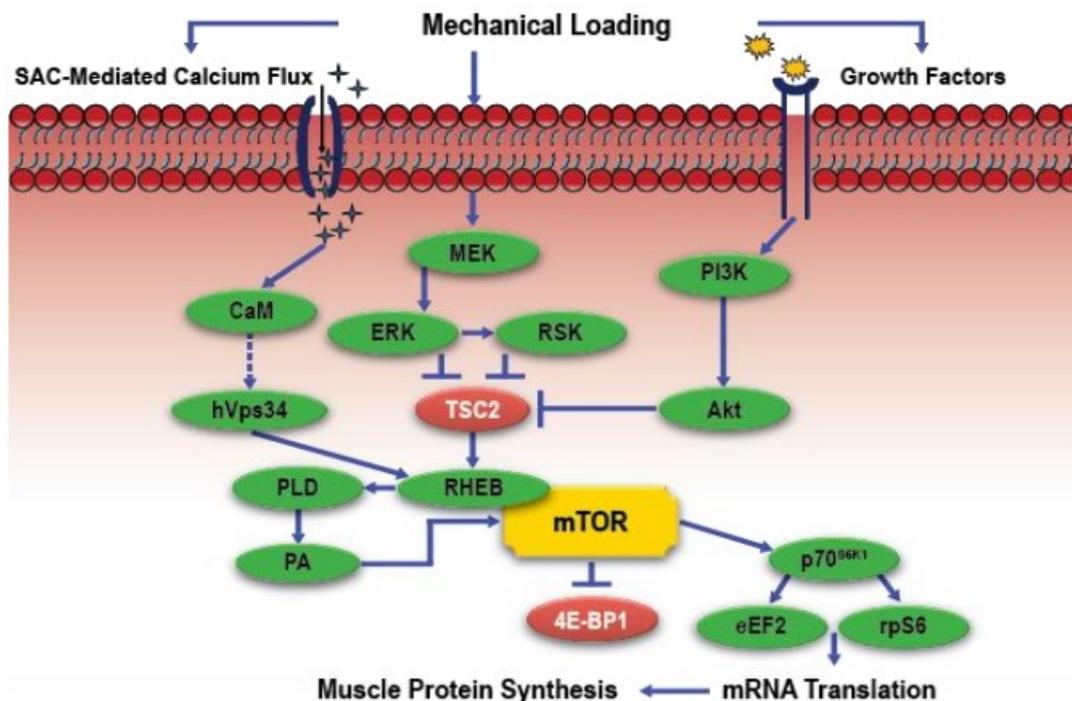


Figura 2

Muestra la cascada de señalizaciones que activan mTOR, producto del stres mecanico sobre la fibra muscular, los mediadores de flujo de calcio y por otros factores de crecimiento, principalmente hormonales (GH, etc.) o nutricionales como leucina (este último independiente de ejercicio físico)

Respuestas Moleculares al entrenamiento concurrente

Muchos investigadores han desarrollado estudios del entrenamiento concurrente, con resultados dispares según el tipo de estímulo, población etc. Documentados y agrupados por Michael Leveritt y col. en la siguiente tabla¹¹.

¹⁰ Stefan, «Exercise and Amino Acid Anabolic Cell Signaling and the Regulation of Skeletal Muscle Mass» Nutrients , 4 (2012) 740-758; doi:10.3390/nu4070740.

¹¹ Michael Leveritt; Peter J. Abernethy; Benjamin K. Barry y Peter A. Logan, «Concurrent Strength and Endurance Training: A Review» Sports Med, 28 (6) (1999) 413-427.

Autor	Diseño/rutina de entrenamiento	Hallazgos	Comentarios
Hickson y cols. (1)	10 semanas de entrenamiento, 5 días por semana Grupo F: múltiples series de 5 repeticiones, cargas >80% 1RM, rango de ejercicios de miembro inferior. Grupo R: pedaleo y carrera de alta intensidad	Grupo F ↑ por un margen mayor que grupo C; ↑ VO _{2max} R ≈ C	
Dudley y Djamil (2)	7 semanas de entrenamiento, 3 días por semana, Grupo F: 2 series de 30 segundos de tensiones isocinéticas de rodillas 4.19 rad ⁻¹ Grupo R: cicloergometría de intervalos de 5x5 minutos, al 40% a 100% VO _{2max} , Grupo C: F y R, en días alternados.	Participantes del grupo F ↑ el torque pico a velocidades hasta e incluso la velocidad de entrenamiento; Grupo C ↑ el torque pico a velocidades más lentas (0 a 1.68 rad·seg ⁻¹) solamente; ↑ VO _{2max} R ≈ C	
Hunter y cols. (12)	12 semanas de entrenamiento 4 sesiones de F y/o 4 sesiones de R por semana Grupo C entrenó F seguido por R, en el mismo día, 2 veces por semana, solamente 1 modalidad de entrenamiento, los otros 4 días restantes Grupo F: 3 series de 7 a 10 repeticiones, ejercicios de tren superior e inferior, Grupo R: carrera al 75% FC, durante 20 a 40 minutos.	El grupo C con entrenamiento de Fza isoinercial y carrera de resistencia no inhibieron la 1RM de sentadilla o del press de banco, pero el ↑ de la Altura del salto vertical no fue mayor en el grupo C como el grupo F; ↑ VO _{2max} R ≈ C; el grupo adicional de entrenado en R produjo similares de fuerza y potencia al del grupo F	Un mayor análisis de los datos de 1RM sentadilla usando la estadística del efecto de tamaño (12) hizo pensar en mejoras para el grupo F donde fueron aproximadamente el doble del tamaño del efecto observado para el grupo C; el estado de entrenamiento pudo influir en las adaptaciones al entrenarse en C
Hennessy y Watson (14)	8 semanas de entrenamiento, 5 días por semana, Grupo de C y F: 3 días por semana, periodizado, al 70 a 105% 1RM Grupo R: 4 días por semana carrera, (3 sesiones continuo, 1 fartleck) Grupo C: irregular, F y R el mismo día, dos veces por semana (orden no reportado), 1 día F sólo y 2 días R sólo	Desarrollo de F comprometido en el inferior, pero no en tren superior; El grupo F mejoró el tiempo de sprint de 20m y altura del salto vertical, mientras que el grupo C no mejoró en estas medidas; ↑ VO _{2max} R ≈ C	56 jugadores varones de rugby con experiencia en entrenamiento con pesas; se reforzaron los efectos inhibitorios confinados a los miembros entrenados simultáneamente
Kraemer y cols. (5)	12 semanas de entrenamiento con 4 planes. Grupo: C, F y R; grupo C: R y tren superior solamente Fza F; F sólo y R sólo Grupo C: 4 días por semana, F y R el mismo día; Grupo R: carrera, al 80-100% VO _{2max} Grupo F: rutina dividida, fuerte/liviana 4 días, 3x 10RM y 5x 5RM	1RM en F se inhibió en el grupo C; solamente el grupo F ↑ el rendimiento en Wingate; ↑ VO _{2max} R ≈ C	35 varones de una única base del Ejército de EEUU

Tabla 1
Revisión de estudios sobre entrenamiento concurrente

A modo de ejemplo, se presentan el estudio pionero de esta concurrencia. Hickson investigó el comportamiento de tres grupos sometidos a protocolos base de entrenamiento de resistencia, fuerza y concurrente. Los resultados fueron medidos utilizando la variable fuerza en 1RM para dar cuenta de los efectos que pueden tener sobre la fuerza el entrenar paralelamente resistencia¹².

¹² Hickson, «Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance» Eur J Appl Physiol, 45 (1980) 45: 255-63.

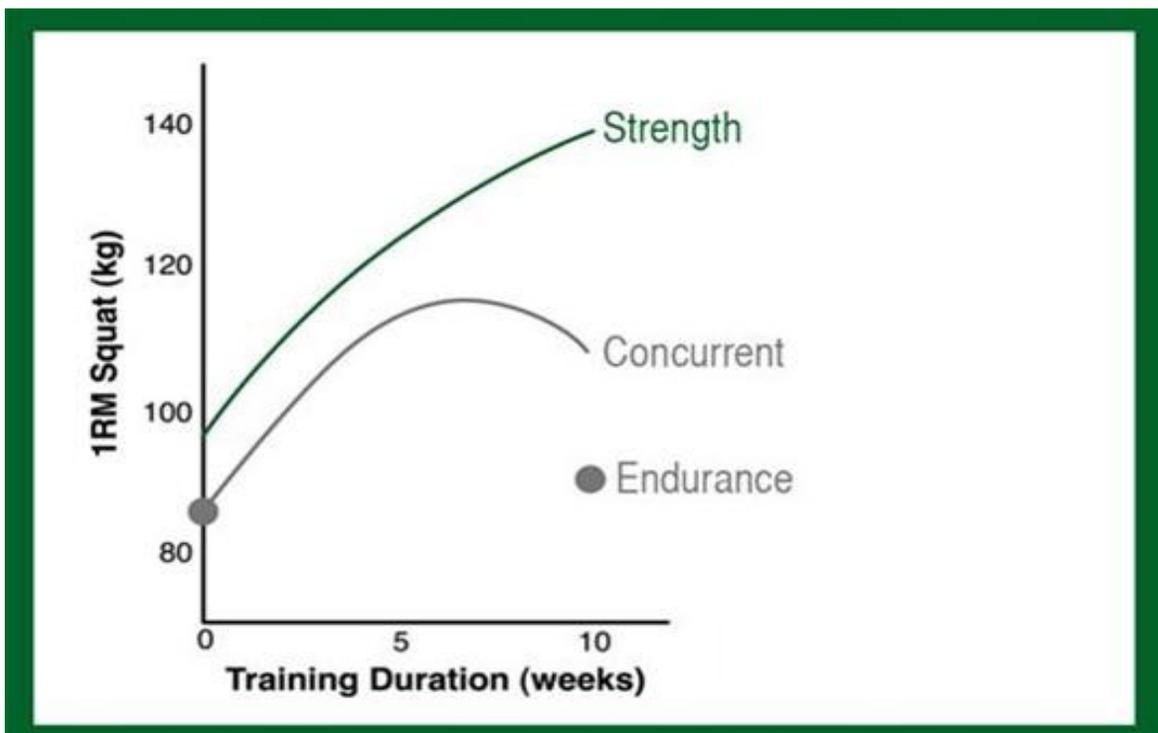


Figura 3

Se observa una mejora considerable de la fuerza en 1RM del grupo entrenado sobre la misma base. Por otra parte un peak menor y anticipado de la fuerza del grupo concurrente, con una inclinación a la baja al finalizar las 10 semanas. Finalmente el grupo de entrenamiento de resistencia evidencia una mejora menor, no considerable.

Cuando se realiza una revisión desde el punto de vista molecular de las adaptaciones concurrentes entre los estímulos de fuerza y resistencia, se llegan a conclusiones tales como la inhibición de mTOR por la acción de AMPK sobre tuberous sclerosis complex 1 y 2 (TSC 1/2). Quien desactiva la cadena de señalización para el resto de las adaptaciones de síntesis proteica, o al menos aminora considerablemente su efecto¹³.

¹³ Coffey Hawey, «The molecular bases of training adaptation» sport Med, 37 (2007) 737–763. doi:10.2165/.

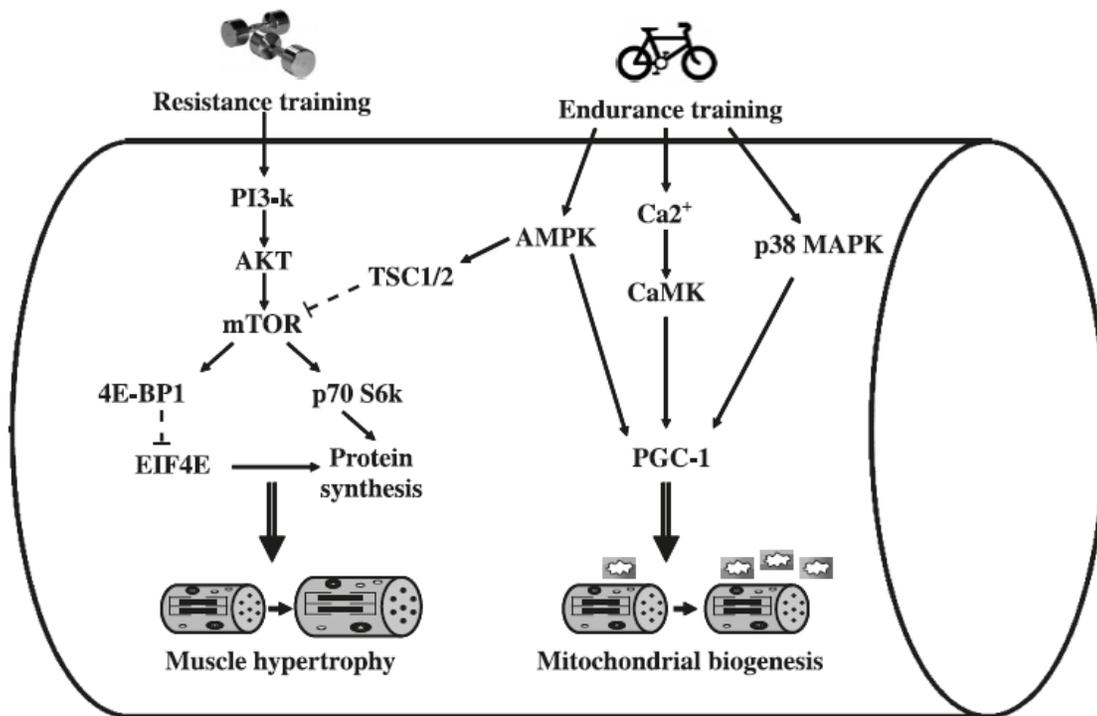


Figura 4

Respuestas intracelulares producto del entrenamiento de fuerza (resistance) y Resistencia (endurance)¹⁴

¿Cómo obtener adaptaciones beneficiosas de ambos tipos de entrenamiento?

Muchos autores hablan sobre este fenómeno sobre la interrogante, ¿cómo obtengo ambas señalizaciones; AMPK y mTOR, en un balance justo de modo que no se inhiban y logre adaptaciones sobre el musculo esquelético? ¿Qué sustenta la idea de poder entrenar ambas características de forma simultanea?

Muchos deportes demandan Fuerza y resistencia en armonía para lograr el rendimiento esperado. Ya sea expresado en una velocidad de desplazamiento alta con momentos de explosividad y consumo máximo de oxígeno aceptable para lograr una alta resíntesis de atp, ya sea por vías fosfagenas o glicolíticas, por el tiempo que dure el juego o actividad deportiva.

Los sistemas de entrenamiento de estos deportes (la mayoría de estos deportes de equipo, clasificados por la praxiología motriz de colaboración y oposición, con invasión, y algunas pruebas de atletismo, natación, ciclismo, remo que se enmarcan entre la fuerza y resistencia) a menudo logran su cometido, sin embargo muchas de estas confunden al musculo llevándolo al síndrome de sobreentrenamiento¹⁵.

¹⁴ Hawley, «Molecular responses to strength and endurance training...355–361.

¹⁵ Michael Leveritt; Peter J. Abernethy; Benjamin K. Barry y Peter A. Logan, «Concurrent Strength and Endurance... 413-427.

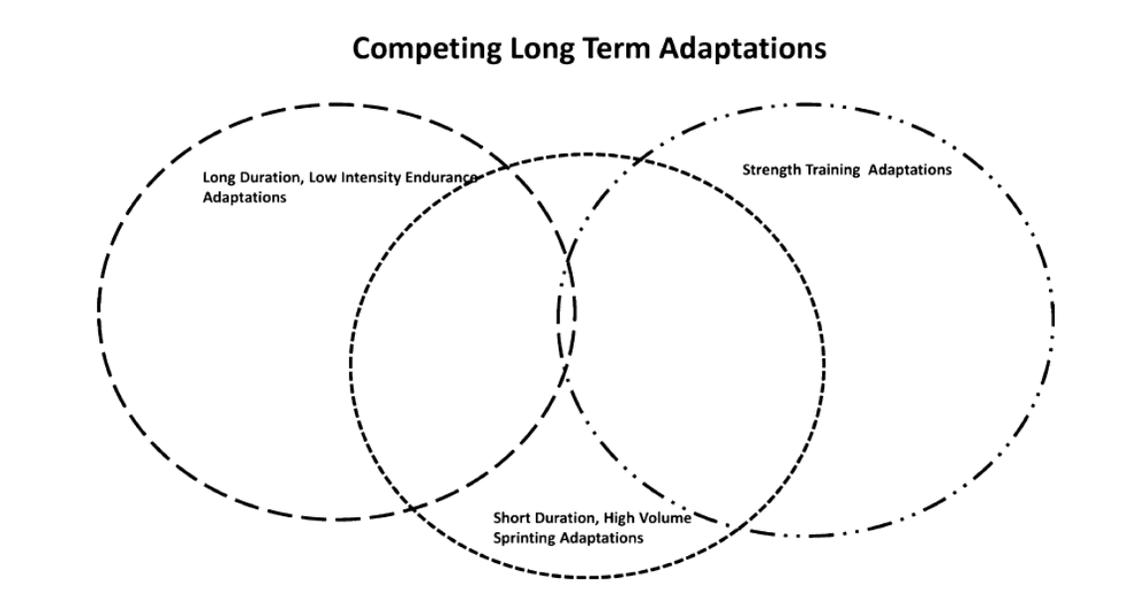


Figura 5

Relación entre las adaptaciones a entrenamiento de larga duración y baja intensidad, con las adaptaciones al entrenamiento de fuerza. En medio, cubriendo parte de ambos ovalos, las adaptaciones propias del “sprint” (carreras de velocidad), entrenamientos de corta duración y alto volumen¹⁶.

Consideraciones para el entrenamiento concurrente

Considerando las bases moleculares por el cual se manifiestan interferencias en las adaptaciones de entrenamiento de fuerza y resistencia, se pueden tomar las medidas para lograr beneficios de ambas siempre y cuando se cumplan con ciertos criterios.

Dado que:

- La actividad de AMPK posterior al ejercicio de resistencia de alta intensidad se eleva rápidamente después del estímulo, y vuelve a niveles basales al cabo de 3 horas¹⁷.
- La actividad de mTor posterior al ejercicio de fuerza se eleva a partir de la segunda hora, y puede mantenerse hasta 18 horas después al estímulo¹⁸.

¹⁶ Wilson, «concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises» *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (8) (2012) 2293–2307.

¹⁷ J. F. Wojtaszewski; P. Nielsen; B. F. Hansen; E. A. Richter and B. Kiens, «Isoform-specific and exercise intensity-dependent activation of 5'-AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle» *J. Physiol.*, 528 (2000) 221-2262.

¹⁸ K. Baar and K. Esser, «Phosphorylation of p70(S6K) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise» *Am. J. Physiol.* 276 (1999) C120-C127.

- Por lo anterior, se sugiere que los estímulos que resistencia de larga duración se lleven a cabo antes de los de fuerza, puesto que de esta forma no se bloquea la acción de mTOR.¹⁹
- La actividad de AMPK es activada por señales de baja energía en la célula²⁰ y a su vez, SIRT1 actúa bajo regímenes de restricción calórica, actuando en conjunto, desencadenan la expresión de los genes lentos, por lo tanto, es necesario mantener niveles óptimos de glicógeno en el músculo durante los ejercicios de fuerza²¹, no solo para el rendimiento inmediato sino para evitar la interferencia de AMPK y mTOR.
- Es posible estimular la actividad de mTOR independiente de ejercicio, especialmente con AA como leucina²².
- mTOR también responde a stress mecánico, por lo tanto, una buena selección de ejercicios de fuerza con presencia de trabajo aeróbico, activaría puede estimular importantemente a ambas adaptaciones, siempre y cuando no se llegue a una depleción del glicógeno intramuscular²³.
- Se ha comprobado que al realizar entrenamiento de resistencia de larga duración, seguido inmediatamente de entrenamiento de la fuerza, provoca un mejor estímulo que si se entrenara sólo resistencia²⁴.

Discusión

Se puede entender el fenómeno de entrenamiento concurrente dependiendo del objetivo que tiene un deportista, del periodo en el que se encuentra y de las variables principales del rendimiento en su disciplina. Por lo tanto mirar el entrenamiento concurrente es mucho más que juntar dos tipos de entrenamientos y observar que ocurre. La mayoría de los investigadores citados se centraron en un diseño de estudio que permitía observar

¹⁹ T. R. Lundberg; R. Fernandez-Gonzalo; T. Gustafsson and P.A. Tesch, «Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise» *Med. Sci. Sports Exerc.* 44 (2012) 1680-1688; V. G. Coffey; H. Pilegaard; A. P. Garnham; B. J. O'Brien and J. A. Hawley, «Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle» *J. Appl. Physiol.* 106 (2009) 1187-1197 y W. Apró; L. Wang; M. Ponten; E. Blomstrand and K. Sahlin, «Resistance exercise induced mTORC1 signaling is not impaired by subsequent endurance exercise in human skeletal muscle» *Am. J. Physiol.* 305 (2013) 305:E22-E32.

²⁰ A. McBride; S. Ghilagaber; A. Nikolaev and D. G. Hardie, «The glycogen-binding domain on the AMPK beta subunit allows the kinase to act as a glycogen sensor» *Cell Metab.* 9 (2009) 23-34.

²¹ L. Wang; H. Mascher; N. Psilander; E. Blomstrand and K. Sahlin, «Resistance exercise enhances the molecular signaling of mitochondrial biogenesis induced by endurance exercise in human skeletal muscle» *J. Appl. Physiol.* 111 (2011) 1335-1344.

²² Stefan, «Exercise and Amino Acid Anabolic Cell Signaling and the Regulation... 740-758.

²³ L. Wang; H. Mascher; N. Psilander; E. Blomstrand and K. Sahlin, «Resistance exercise enhances the molecular... 1335-1344.

²⁴ L. Wang; H. Mascher; N. Psilander; E. Blomstrand and K. Sahlin, «Resistance exercise enhances the molecular...1335-1344.

directamente la interferencia de AMPK y mTOR incluyéndolos en una misma sesión, en comparación con 2 grupos más de entrenamiento de forma aislada²⁵.

Sus conclusiones dieron las primeras luces, sobre algo que era evidente. No solo porque las variables que usaban a menudo buscaban demostrar la inhibición de la fuerza producto de la resistencia²⁶, sino porque los sujetos muchas veces podrían haber experimentado síndrome de sobre-entrenamiento²⁷. Algunos autores postulan que la adaptabilidad a este entrenamiento puede deberse a la experiencia previa en este sistema, e incluso al tipo de fibra que posee el sujeto²⁸.

Avanzando en el instrumental, las investigaciones lograron demostrar la presencia de mRNAs de AMPK y mTOR en las células posterior a ejercicio, sin embargo aun hoy en día no se conoce del todo como estas interacciones funcionan, siendo imposible para establecer relaciones causa efecto.

Las tendencias actuales de investigación en esta área, realizan sugerencias para que, en ciertos casos, y en una población específica, se puedan aplicar los conocimientos anteriormente descritos, otorgando aplicabilidad a la evidencia científica y no mero cúmulo de información empíricamente evidente.

Conclusión

El entrenamiento concurrente posee actualmente buena base científica que lo sustenta. Ha logrado comprobación y aplicabilidad mediante el correcto uso de las variables que lo componen. Siendo necesario estudiar individuo por individuo, las características y la predisposición de respuesta a estímulos (tipos de fibra, etnia etc), para no incurrir en contradicciones entre las vías que la que estas actúan; las cualidades necesarias para el deporte o actividad en cuestión, y el entrenamiento invisible que tenga el sujeto (descanso, alimentación, tiempo de entrenamiento).

Bibliografía

Apró, W.; L. Wang; Ponten, M.; Blomstrand, E. and Sahlin, K. «Resistance exercise induced mTORC1 signaling is not impaired by subsequent endurance exercise in human skeletal muscle» *Am. J. Physiol.*, 305 (2013) E22-E32.

Baar, K. and Esser, K. «Phosphorylation of p70(S6K) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise» *Am. J. Physiol.* , 276 (1999) C120-C127.

²⁵ Hickson, «Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance» *Eur J Appl Physiol*, 45 (1980) 255-63.

²⁶ Phillips, «Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans» *Am. J. Physiol.* 273 (1997) E99–E107.

²⁷ Dudley GA, Fleck SJ. «Strength and endurance training: are they mutually exclusive?» *Sport Med*, 1987; 4:79-85.

²⁸ J. Henriksson y J. S. Reitman, «Quantitative measures of enzyme activities in tipe I and tipe II muscle fibres of a man after training» *Acta physiol. Scand.*, 97 (1976) 392-7.

Coffey, V. G.; Pilegaard, H.; Garnham, A. P.; O'Brien, B. J. and Hawley, J. A. «Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle» *J. Appl. Physiol.* 106 (2009) 1187-1197.

Dudley, G. A. y Fleck, S. J. «Strength and endurance training: are they mutually exclusive?» *Sport Med*, 4 (1987) 79-85.

Hansen, A. K.; Fischer, C. P.; Plomgaard, P.; Andersen, J. L., Saltin. «Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily» *J. Appl. Physiol.* 98 (2005) 93–99.

Hawley. «Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training» *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*, 29 (2002) 218-222.

Hawey, Coffey «The molecular bases of training adaptation» *sport Med*, 37 (2007) 737–763.

Hawley. «Molecular responses to strength and endurance training: Are they incompatible?» *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 34 (2009) 355–361.

Henriksson, J. y Reitman, J. S. «Quantitative measures of enzyme activities in tipe I and tipe II muscle fibres of a man after training» *Acta physiol. Scand.*, 97 (1976) 392-7.

Hickson. «Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance» *Eur J Appl Physiol*, 45 (1980) 255-63.

Holloszy, J. O. and Coyle. «Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences» *J. Appl. Physiol.*, 56 (1984) 831–838.

Lundberg, T. R.; Fernandez-Gonzalo, R.; Gustafsson, T. and Tesch, P. A. «Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise» *Med. Sci. Sports Exerc.* 44 (2012) 1680-1688.

Mahoney, D. J.; Parise, G.; Melov, S.; Safdar, A. and Tarnopolsky. «Analysis of global mRNA expression in human skeletal muscle during recovery from endurance exercise» *FASEB J.*, 19 (2005) 1498–1500.

McBride, A.; Ghilagaber, S.; Nikolaev, A. and Hardie, D. G. « The glycogen-binding domain on the AMPK beta subunit allows the kinase to act as a glycogen sensor» *Cell Metab.* 9 (2009) 23-34.

Leveritt, M.; Abernethy, P.; Benjamin, J.; Barry, K. y Logan, P. A. «Concurrent Strength and Endurance Training: A Review» *Sports Med*, 28 (6) (1999) 413-427.

Phillips. «Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans» *Am. J. Physiol.* 273 (1997) E99–E107.

Stefan. «Exercise and Amino Acid Anabolic Cell Signaling and the Regulation of Skeletal Muscle Mass » *Nutrients* 4 (2012) 740-758.

Stone, M. H.; Chandler, T. J.; Conley, M. S.; Kraemer, J. B. y Stone, M. E. «Training to muscular failure: is it necessary?» *Strength Cond J.*, 18 (1996) 44-48.

Torres. «La AMPK como un sensor de energía Celular y su función en el organismo» Rev. Invest. Clin, 59 (6) (2007) 458-469.

Wang, L.; Mascher, H.; Psilander, N.; Blomstrand, E. and Sahlin, K. «Resistance exercise enhances the molecular signaling of mitochondrial biogenesis induced by endurance exercise in human skeletal muscle» J. Appl. Physiol. 111 (2011) 1335-1344.

Wilson. «Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises» Journal of Strength and Conditioning Research, 26 (8) (2012) 2293–2307.

Wojtaszewski, J. F.; Nielsen, P.; Hansen, B. F.; Richter, E. A. and Kiens, B. «Isoform-specific and exercise intensity-dependent activation of 5'-AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle» J. Physiol. 528 (2000) 221-2262.

Para Citar este Artículo:

Moraga Maureira, Enzo Nicolás. Consideraciones fisiológicas y celulares para el entrenamiento “concurrente”. Rev. ODEP. Vol. 3. Num. 2. Marzo-Abril (2017), ISSN 0719-5729, pp. 112-123.

221 B
WEB SCIENCES

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.