

Monograph

Efectos de la Suplementación Energética Pre-Entrenamiento sobre el Rendimiento Agudo en Ejercicios Multiarticulares con Sobrecarga

Nicholas A Ratamess¹, Jay R Hoffman², Jie Kang¹, Adam M Gonzalez¹ y Allyson L Walsh¹

¹The College of New Jersey, Ewing, NJ, Estados Unidos.

²University of Central Florida, Orlando, Florida.

RESUMEN

En el presente estudio se analizaron los efectos de la suplementación energética pre-entrenamiento sobre el rendimiento agudo en ejercicios multiarticulares con sobrecarga en ocho varones de edad universitaria entrenados en la fuerza. A los participantes se les suministró de manera aleatoria ya sea un placebo (P) o bien una suplementación (S: que contenía cafeína, taurina, glucuronolactona, creatina, beta alanita; y los aminoácidos, leucina, isoleucina, valina, glutamina y arginina) 10 minutos antes del ejercicio con sobrecarga. Los participantes realizaron 4 series de no más de 10 repeticiones de sentadilla con barra o press de banca al 80% de su repetición máxima (1RM) pre-determinada, con 90 segundos de recuperación entre las series. El consumo dietario de las 24 horas previas a cada una de las dos pruebas de entrenamiento se mantuvo constante. Los resultados indican que el consumo pre-entrenamiento de una bebida energizante, 10 minutos antes de la ejercitación con sobrecarga, mejoró el rendimiento, incrementando de manera significativa la cantidad de repeticiones realizadas ($p = 0.022$) en S (26.3 ± 9.2), en comparación con P (23.5 ± 9.4). Además, los valores promedio de la potencia pico y la potencia media para las cuatro series fue significativamente mayor en S, en comparación con P ($p < 0.001$ y $p < 0.001$, respectivamente). No se observaron diferencias entre las pruebas respecto de percepción subjetiva de energía ya sea en las mediciones previas ($p = 0.660$) o posteriores ($p = 0.179$). De manera similar, tampoco se observaron diferencias entre los grupos, ni antes ni después de las evaluaciones, ni en la percepción subjetiva de concentración ($p = 0.465$ y $p = 0.063$, respectivamente), o fatiga ($p = 0.204$ y $p = 0.518$, respectivamente). Los resultados sugieren que la ingesta aguda de una suplementación alta en energía 10 minutos antes del comienzo de una sesión de entrenamiento con sobrecarga puede aumentar el volumen de entrenamiento e incrementar la potencia durante la práctica.

Palabras Clave: ayuda ergogénica, ejercicio con sobrecarga, cafeína, suplementación nutricional

INTRODUCCIÓN

La utilización de bebidas energizantes antes del entrenamiento continúa aumentando su popularidad en las poblaciones atléticas recreativas y competitivas. Hasta un 70% de los adolescentes y adultos jóvenes han reportado que el consumo de al menos una suplementación nutricional y bebidas con alto contenido energético es muy popular (Alves y Lima, 2009;

Froiland et al., 2004; Hoffman et al., 2008a). Los reportes sugieren que el 30% de esta población consume bebidas energizantes de manera regular y que es la segunda más utilizada detrás de los multivitamínicos con respecto al tipo de suplementación utilizada (Hoffman et al., 2008a). Tanto los atletas de deportes aeróbicos como los anaeróbicos utilizan bebidas energizantes pre-entrenamiento debido a sus potenciales efectos ergogénicos, y han llamado la atención de muchos atletas competitivos y recreativos como una ayuda ergogénica legal (Sokmen et al., 2008).

Se ha demostrado que la cafeína, el ingrediente más común de las bebidas energizantes, es una ayuda ergogénica efectiva para el ejercicio de resistencia que retrasa la fatiga e incrementa el tiempo hasta el agotamiento (Astorino y Roberson, 2010; Doherty y Smith, 2004; Graham et al., 1998; Graham y Spriet, 1995; Hoffman et al., 2007). Se cree que este retraso en la fatiga está relacionado con la capacidad de la cafeína de alterar el metabolismo del ejercicio mejorando la oxidación de grasas, preservando así el contenido de glucógeno del músculo (Spriet, 1995). Aunque se ha sugerido que la cafeína aumenta el rendimiento de fuerza y potencia mejorando la eficiencia de la contracción muscular a través de la movilización acelerada del calcio intracelular del retículo sarcoplásmico (Kalmar, 2005) y/o mejorando la cinética de la enzima reguladora de la glucólisis (Spriet, 1995), evidencia que demuestra que se ha limitado su beneficio ergogénico durante el rendimiento anaeróbico.

La cafeína a menudo se combina con otros ingredientes para proporcionar un efecto sinérgico, aumentar el potencial ergogénico e incrementar la probabilidad de una respuesta al rendimiento a partir de las bebidas energizantes. Varios estudios recientes han demostrado que una suplementación para la energía pre-entrenamiento (que contenga cafeína con taurina, glucuronolactona, creatina y aminoácidos) puede retrasar la fatiga y mejorar la calidad del ejercicio con sobrecarga (Hoffman et al., 2008b; Ratamess et al., 2007). Se ha demostrado que la combinación de estos ingredientes mejora de manera significativa el volumen de entrenamiento (cantidad de repeticiones realizadas durante una serie de ejercicios con sobrecarga) y aumenta la respuesta de la hormona de crecimiento y la insulina a la sesión de entrenamiento (Hoffman et al., 2008b).

Recientemente, se ha desarrollado una nueva bebida energizante, Amino Impact™, que contiene muchos de estos ingredientes (más beta-alanina) y se comercializa entre los atletas de fuerza y resistencia y potencia. Walsh et al. (2010) han demostrado hace poco que esta suplementación aumenta de manera significativa el tiempo hasta el agotamiento durante una carrera de resistencia de intensidad moderada y mejora las sensaciones subjetivas de concentración, energía y fatiga. Por lo tanto, el propósito de este estudio es analizar los efectos agudos de esta suplementación pre-entrenamiento para la energía sobre el retraso de la fatiga (determinado mediante el incremento en el volumen de entrenamiento) durante una sesión de ejercicios multiarticulares agudos con sobrecarga en muchachos de edad universitaria físicamente activos y en buen estado de salud.

MÉTODOS

Participantes

Ocho hombres entrenados en la fuerza (20.6 ± 0.7 años; 1.76 ± 0.07 m; 78.2 ± 14.1 kg; 5.4 ± 1.9 años de experiencia en entrenamiento con sobrecarga) se sometieron a dos sesiones de prueba administradas de manera aleatoria y a doble ciego. Siguiendo una explicación de todos los procedimientos, riesgos y beneficios asociados con el estudio, todos los participantes dieron su consentimiento antes de participar. El comité examinador institucional de la universidad aprobó el estudio. Los participantes completaron un cuestionario sobre la historia médica y la actividad física para determinar la elegibilidad. Se excluyeron del estudio a los participantes que eran fumadores, tomaban medicación de manera regular o padecían alguna enfermedad metabólica, cardiovascular, o algún desorden psiquiátrico. Se les pidió a los participantes que no consumieran ninguna suplementación nutricional o ayuda ergogénica durante las 6 semanas previas al estudio, además se les pidió que se abstuvieran de tomar cualquier suplementación adicional durante el transcurso del estudio.

Diseño del Estudio

El estudio se administró de manera aleatoria y a doble ciego. Los participantes debían elegir entre dos ejercicios multiarticulares, sentadilla con barra ($n = 4$) o press de banca ($n = 4$), según su familiaridad. Los sujetos se reportaron al Laboratorio de Rendimiento Humano en tres ocasiones diferentes. En cada visita, se les pidió a los participantes que se abstuvieran de realizar cualquier actividad física durante las 24 horas previas a la visita y que no realizaran el ejercicio específico durante las 72 horas previas a la sesión de prueba. Durante la primera visita, se evaluó la repetición máxima (1-RM) de cada participante para su respectivo ejercicio. Durante las dos visitas siguientes, los sujetos ingirieron ya sea una suplementación pre-entrenamiento para la energía (S) o bien un placebo (P), y luego permanecieron sentados durante 10 minutos. Después, los sujetos realizaron 4 series de no más de 10 repeticiones al 80% de 1-RM de su respectivo ejercicio y

tuvieron 90 segundos de descanso entre las series. Se registró la cantidad total de repeticiones realizadas para cada serie y la potencia promedio y pico de cada repetición. A los participantes se les entregaron cuestionarios en cada prueba, inmediatamente antes y después del protocolo. Los cuestionarios medían las sensaciones de energía, concentración y fatiga utilizando escalas visuales análogas. Las dos pruebas se realizaron a la misma hora del día y separadas por alrededor de una semana.

Prueba de Fuerza Máxima

Las pruebas de 1RM se llevaron a cabo utilizando métodos previamente descritos por Hoffman (2006). Cada participante realizaba una serie de calentamiento utilizando una sobrecarga de aproximadamente el 40-60% de su máximo percibido, y luego realizaba 3-4 intentos subsiguientes para determinar la 1RM. Tenían un período de descanso de 3-5 minutos entre cada prueba. En el ejercicio de press de banca no se permitía el rebote de la barra sobre el pecho, dado que esto aumentaba de manera artificial los resultados de fuerza. La prueba de press de banca se realizó en la posición supina estándar: El participante bajaba una barra de levantamiento de pesas Olímpica hacia el nivel medio del pecho y luego empujaba el peso hasta sus que codos quedaban completamente extendidos. El ejercicio de sentadilla requería que el participante colocara una barra Olímpica sobre el músculo trapecio en una ubicación seleccionada por el sujeto. Todos los participantes descendían hacia la posición paralela, que se alcanzaba cuando el trocánter mayor del fémur alcanzaba el mismo nivel que las rodillas. Luego, el participante ascendía hasta que las rodillas estaban completamente extendidas. Un asistente controlaba que los participantes alcanzaran la posición paralela para cada repetición de sentadilla. El mismo asistente se aseguraba de que cada participante realizara la técnica del ejercicio de manera consecutiva entre las sesiones.

Mediciones de la Potencia

Durante los ejercicios de sentadilla y press de banca se midió la producción de potencia de cada repetición con una Unidad de Producción de Potencia Tendo (Tendo™ Power Output Unit) (Tendo Sports Machines, Trencin, República Eslovaca). La unidad Tendo™ consistía de un transductor adherido al extremo de la barra que midió el desplazamiento lineal y el tiempo. Más tarde, se calculó la velocidad de la barra y la potencia se determinó cuando la carga de la barra ingresó a la microcomputadora. Las producciones de potencia pico y media se registraron para cada repetición y se utilizaron para análisis posteriores. La confiabilidad del test-retest para la unidad Tendo en el laboratorio mostró de manera sistemática $R > 0.90$.

Análisis Dietario

Los sujetos registraron su consumo dietario 24 horas antes de cada una de las dos pruebas de entrenamiento; y las calorías totales, el % de proteínas y el % de carbohidratos se calcularon utilizando un programa de análisis dietario (FoodWise, McGraw-Hill).

Cuestionarios

A los sujetos se les indicó que evaluaran sus sensaciones subjetivas de concentración, energía y fatiga utilizando una escala visual análoga (VAS) de 10 cm. La VAS se evaluó inmediatamente antes del comienzo del ejercicio (PRE), e inmediatamente después del mismo (IP). A los participantes se les pidió que valoraran por medio de una marca sus sensaciones en ese momento con palabras ancladas en cada extremo de la VAS. Las preguntas seguían la estructura de "Mi nivel de concentración es:" Con bajo y alto como anclaje verbal representando los valores extremos. De manera similar, "Mi nivel de energía es:" Se ancló con las sugerencias verbales "bajo" y "alto", mientras que "Mi nivel de fatiga:" Se ancló con las sugerencias verbales de "baja" y "elevada". Para la fatiga, un resultado más elevado indicaba menos fatiga. La validez y confiabilidad de la VAS para evaluar la fatiga y la energía se han establecido con anterioridad (Lee et al., 1991).

Suplementación

Durante cada prueba, los participantes ingirieron ya sea una suplementación o bien un placebo. El nombre comercial de la suplementación era 'Amino Impact™' (Koach, Sport and Nutrition, Oviedo, FL) y consistió de 26 g de un polvo que contenía una matriz energizante (2.05 g de taurina, glucuronolactona y cafeína), una matriz patentada de aminoácidos (7.9 g de L-leucina, L-isoleucina, L-valina, L-arginina y L-glutamina), 5 g de citrato dicreatina y 2.5 g de β -alanina, y mezclado con 500 ml de agua. La composición nutricional por porción de suplementación era de 40 calorías con 0 g de grasa. El placebo consistió de 500 ml de agua endulzada con 3 g de sucralosa (Splenda®, McNeil Nutritionals, Fort Washington, PA) teñida con colorante rojo para alimentos (McCormick Red Food Coloring, McCormick & Company Hunt Valley, MD) para hacer que su apariencia fuera imposible de distinguir. La composición nutricional del placebo era de 0 calorías con 0 g de grasa.

Análisis Estadísticos

Los datos del rendimiento se analizaron utilizando pruebas *t* para datos apareados. Las comparaciones de las mediciones de concentración, energía y fatiga de los sujetos se llevaron a cabo utilizando un análisis de varianza para medidas repetidas. En el caso de un índice-F significativo, se utilizaron pruebas *post-hoc* para comparaciones apareadas.

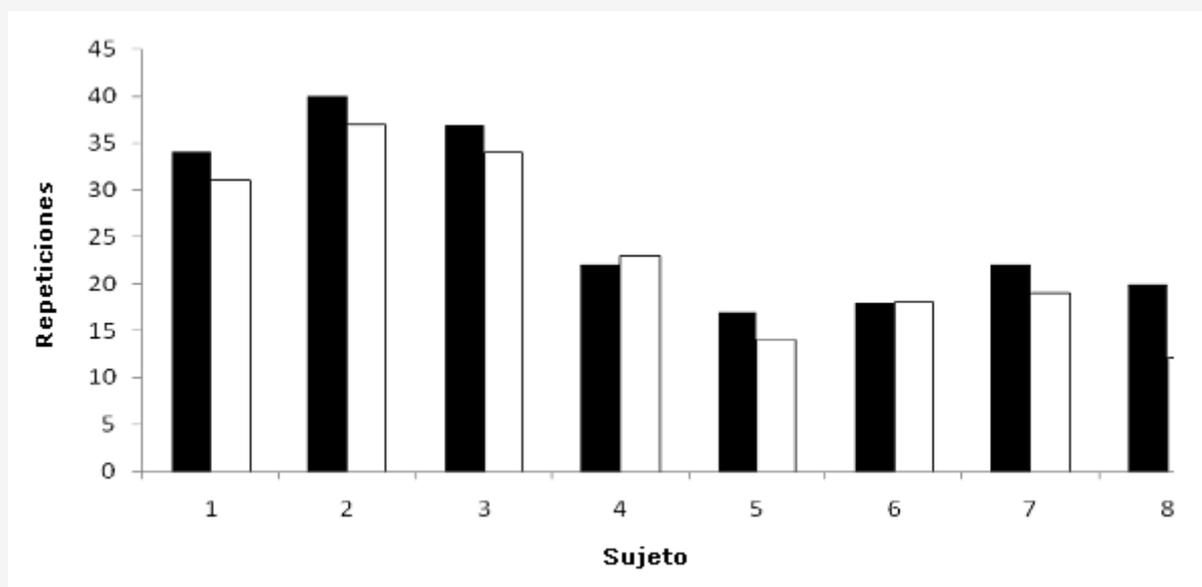


Figura 1. Respuesta de las repeticiones de cada participante durante las series de ejercicios. S = Suplementación; P = Placebo.

Para determinar la significancia estadística se utilizó un nivel de criterio de alfa de $p \leq 0.05$. Todos los datos se reportaron como medias \pm DE.

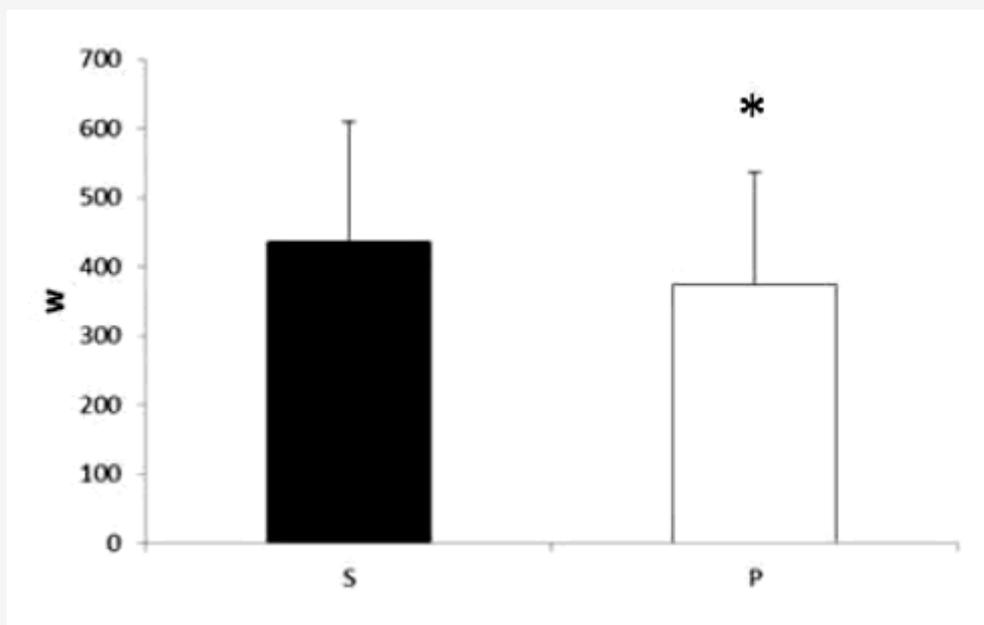


Figura 2. Valores promedio de la potencia pico durante la serie de ejercicios. S = Suplementación; P = Placebo; * Diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los grupos.

RESULTADOS

La cantidad total de repeticiones realizadas durante las cuatro series de un ejercicio multiarticular fue significativamente mayor ($p = 0.022$, $ES = 0.301$) durante S (26.3 ± 9.2 repeticiones) que durante P (23.5 ± 9.4 repeticiones). En la Figura 1 se muestran los resultados individuales de cada participante sobre las repeticiones realizadas durante las pruebas de S y P. Seis de los ocho sujetos realizaron más repeticiones durante S que durante P. Además, el rendimiento promedio de la potencia pico y la media para las cuatro series fue significativamente mayor en la prueba de S que en la prueba de P ($p < 0.001$, $ES = 0.533$ y $p < 0.001$, $ES = 0.287$ respectivamente) (ver Figuras 2 y 3). No se observó ninguna diferencia entre las pruebas en cuanto a las sensaciones subjetivas de energía ni en las mediciones previas ($p = 0.660$) ni en las posteriores ($p = 0.179$). De manera similar, tampoco se observaron diferencias entre los grupos, ni en las evaluaciones previas ni en las posteriores, ni en las sensaciones subjetivas de concentración ($p = 0.465$ y $p = 0.063$, respectivamente), o fatiga ($p = 0.204$ y $p = 0.518$, fatiga).

Los análisis de los consumos dietarios no revelaron ninguna diferencia significativa entre los grupos en el consumo calórico, ni en los porcentajes de macronutrientes. El consumo calórico promedio para S y P en las 24 horas previas al protocolo de ejercicios fue de 1962.3 ± 629 kcal y 1805.5 ± 767 kcal, respectivamente. El consumo promedio de macronutrientes fue de $23.2 \pm 8.2\%$ de proteínas, $25.8 \pm 6.9\%$ de grasas y $51.2 \pm 6.7\%$ de carbohidratos para S, y de $27.7 \pm 8.4\%$ de proteínas, $32.1 \pm 9.6\%$ de grasas y $40.2 \pm 8.8\%$ de carbohidratos para P.

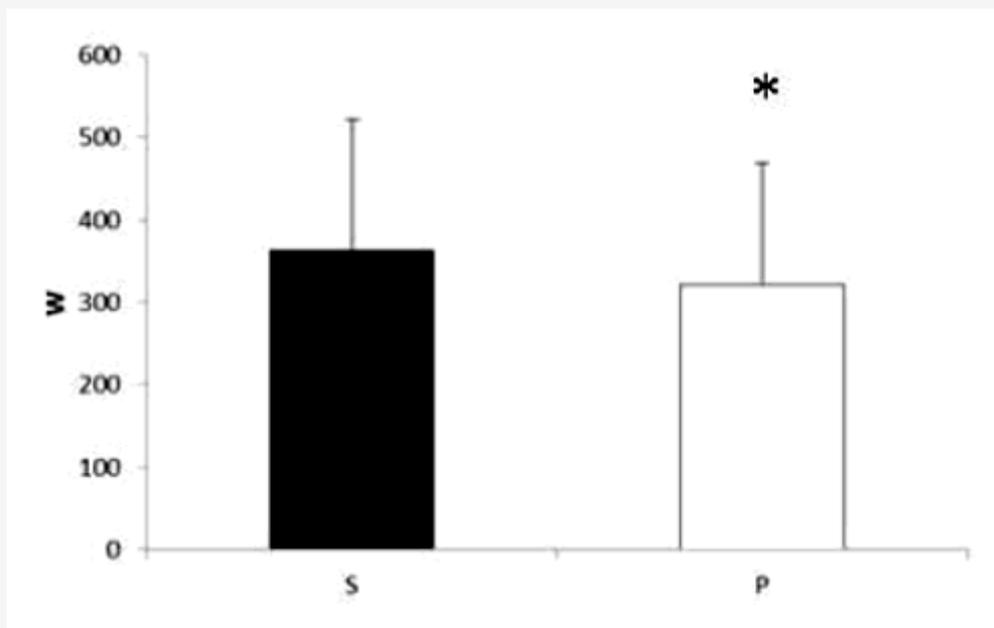


Figura 3. Valores promedio de la potencia media durante la serie de ejercicios. S = Suplementación; P = Placebo; * Diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los grupos.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indicaron que una ingesta aguda de la suplementación pre-entrenamiento Amino Impact™, que contiene cafeína, taurina, glucuronolactona, creatina, beta alanita y aminoácidos, incrementó de manera significativa la cantidad de repeticiones realizadas en un ejercicio multiarticular con sobrecarga y dio como resultado un rendimiento de la potencia pico y media significativamente mayor durante el entrenamiento. Estos resultados confirman estudios previos que han demostrado que una bebida energizante pre-entrenamiento con una composición similar a la analizada en el presente estudio puede incrementar de manera efectiva el volumen de entrenamiento dentro de una serie aguda de ejercicios con sobrecarga (Hoffman et al., 2008b; Ratamess et al., 2007).

Probablemente la cafeína cumplió una función importante en los resultados observados en este estudio. La cafeína actúa como un inhibidor competitivo de la adenosina, aumenta las secreciones de los neurotransmisores excitatorios, la dopamina y el glutamato, y puede permitir una mayor activación voluntaria e incrementar la excitabilidad de las neuronas motoras (Daly et al., 1981; Kalmar y Cafarelli, 1999). Se ha demostrado que la cafeína aumenta la producción de trabajo, el tiempo hasta el agotamiento, la potencia anaeróbica y el volumen de entrenamiento (Astorino y Roberson, 2010; Beck et al., 2008; Sokmen et al., 2008). Los efectos ergogénicos de la cafeína durante un protocolo de ejercicios con sobrecarga o de ejercicios anaeróbicos de alta intensidad se han visto en dosis que varían de 2 a 6 mg·kg⁻¹ (Forbes et al., 2007; Hudson et al., 2008; Woolf et al., 2008). La concentración relativa de cafeína proporcionada en el presente estudio fue ligeramente más baja que la de estos otros estudios, pero similar a la hallada en otros estudios que han demostrado una mejor calidad de entrenamiento, según lo reflejó un mejor volumen de entrenamiento (Hoffman et al., 2008b; Ratamess et al., 2007). Es probable que la menor cantidad de cafeína se contrarreste por la combinación de otros ingredientes estimulantes en la suplementación.

A menudo, en muchas bebidas energizantes se combina la taurina y la glucuronolactona con la cafeína para formar una "matriz energizante". Estudios previos han demostrado que la ingesta de taurina sola puede mejorar el rendimiento de resistencia mediante el incremento del tiempo hasta el agotamiento (Miyazaki et al., 2004; Yatabe et al., 2009; Zhang et al., 2008). Aunque se ha demostrado que la taurina mejora la producción de fuerza en las fibras musculares de contracción rápida (Bakker y Berg, 2002; Hamilton et al., 2006), su capacidad para mejorar el rendimiento del ejercicio con sobrecarga en seres humanos por sí misma sigue siendo poco clara. Según se sabe, no se han estudiado los efectos ergogénicos independientes de la glucuronolactona. Por lo tanto, es difícil sacar conclusiones sobre sus efectos ergogénicos. La combinación de cafeína, taurina y glucuronolactona ha producido significativas mejoras en el volumen de entrenamiento en varios estudios (Forbes et al., 2007, Hoffman et al., 2008b; Ratamess et al., 2007).

Los ingredientes adicionales hallados en la suplementación incluían aminoácidos de cadena ramificada (AACR). Se ha demostrado que durante la actividad física prolongada la ingesta de AACR contrarresta o retrasa la fatiga mediante la disminución de la concentración de triptófano y la síntesis de serotonina (Davis et al., 2000; Fernstrom, 2005). La serotonina puede contribuir a la fatiga central o mental durante la actividad de resistencia prolongada (Davis et al., 2000), y las disminuciones en este neurotransmisor pueden tener una función importante para reducir al máximo o retrasar los decrementos del rendimiento durante los ejercicios fatigantes. Los resultados de este estudio sugieren una posible función contributiva de los AACR hacia un retraso en la fatiga durante el ejercicio con sobrecarga. Además, se ha demostrado recientemente que la combinación de arginina y AACR atenúa la proteólisis muscular durante el ejercicio de resistencia (Matsumoto et al., 2007) Es necesario que se realicen más estudios para saber si esto se produce durante el ejercicio con sobrecarga. No se conoce bien la función de la glutamina. La glutamina es un aminoácido no esencial que modula de manera efectiva la respuesta inmunológica al ejercicio y posiblemente mejora el rendimiento atlético aumentando la recuperación y disminuyendo el daño muscular (Castell y Newsholme, 1998; Favano et al., 2008). No obstante, no es clara su función en la mejora del rendimiento del ejercicio agudo con sobrecarga. Ningún estudio ha reportado efectos ergogénicos agudos de la ingesta de glutamina sobre el rendimiento del ejercicio con sobrecarga (Antonio et al., 2002). Es posible que la glutamina cumpla una función más importante en los aspectos de recuperación del ejercicio con sobrecarga de alta intensidad.

Los ingredientes adicionales hallados en Amino Impact™ incluyen creatina y β-alanina. La eficacia de estos ingredientes se ha documentado muy bien durante los estudios prolongados de entrenamiento, pero en general no se conoce que cumpla una función en la mejora del rendimiento del ejercicio agudo con sobrecarga (Hoffman y Stout, 2008). Sin embargo, las investigaciones recientes han ampliado la función potencial que la creatina puede tener durante el ejercicio agudo. De manera específica, la fosfocreatina y el sistema de la creatina quinasa cumplen una función importante en actuar como mediadores del cerebro y la función neural (Shulman et al., 2004; Stocker et al, 2007). Se cree que el 20% del consumo de energía del cuerpo puede producirse en el cerebro (Shulman et al., 2004), por lo que un sistema eficiente de reabastecimiento ATP/PC sería crítico para la función normal del cerebro. Se cree que la creatina proporciona una importante neuro-protección para el cerebro a través de la mejora del metabolismo energético en el tejido cerebral, promoviendo actividades antioxidantes, mejorando la vasculación cerebral (mejor circulación cerebral) y actuando como un osmolito de célula cerebral que puede proteger el cerebro contra un shock hiperosmótico (Andres et al., 2008). Las propiedades neuroprotectoras de la creatina también pueden incluir la estabilización de las membranas mitocondriales, la estimulación de la absorción del glutamato en las vesículas sinápticas y el equilibrio de la homeostasis del calcio intracelular (Ellis y Rosenfeld, 2004). Estas funciones fisiológicas de la creatina sugieren un potencial efecto neuroprotector que puede volverse importante durante el ejercicio agotador. Walsh et al., (2010), utilizando la misma suplementación pero durante un protocolo exhaustivo de ejercicios de resistencia, sugirieron que una ingesta aguda de creatina puede contribuir a mejores sensaciones subjetivas de concentración, energía y fatiga durante el ejercicio de resistencia. Los resultados de este estudio no lograron respaldar esta hipótesis. Es probable que esto se deba a la diferencia en la modalidad del ejercicio y en la duración del mismo entre los dos estudios.

CONCLUSIÓN

En conclusión, el consumo de una suplementación pre-entrenamiento para la energía, que contiene cafeína, taurina, glucuronolactona, creatina, β -alanina y aminoácidos, 10 minutos antes de una serie de ejercicios con sobrecarga, mejora la cantidad total de repeticiones realizadas durante la serie de ejercicios; y las producciones promedio de potencia para cada repetición durante el entrenamiento fueron significativamente mayores cuando se utilizó la suplementación en comparación con el placebo.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Koach, Deporte y Nutrición (Oviedo, FL) por proporcionar el material de estudio.

Puntos clave

- El consumo de una suplementación pre-entrenamiento para la energía, que contiene cafeína, taurina, glucuronolactona, creatina, β -alanina y aminoácidos, 10 minutos antes de una serie de ejercicios con sobrecarga mejora la cantidad total de repeticiones realizadas durante la serie de ejercicios.
- Las producciones de potencia para cada repetición durante el entrenamiento fueron significativamente mayores cuando se utilizó la suplementación en comparación con el placebo.
- La ingesta de la suplementación no tuvo ningún efecto significativo sobre las mediciones subjetivas de fatiga, energía y concentración.

REFERENCIAS

1. Alves, C. and Lima, R.V (2009). Dietary supplement use by adolescents. *Journal of Pediatrics* 85, 287-294
2. Andres, R.H., Ducray, A.D., Schlattner, U., Wallimann, T. and Widmer, H.R (2008). Functions and effects of creatine in the central nervous system. *Brain Research Bulletin* 76, 329-343
3. Antonio, J., Sanders, M.S., Kalman, D., Woodgate, D. and Street, C (2002). The effects of high dose glutamine ingestion on weightlifting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16, 157-160
4. Astorino, T.A. and Roberson, D.W (2010). Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24, 257-265
5. Bakker, A.J. and Berg, H.M (2002). Effect of taurine on sarcoplasmic reticulum function and force in skinned fast-twitch skeletal muscle fibres of the rat. *Journal of Physiology* 538, 185-194
6. Beck, T.W., Housh, T.J., Malee, M.H., Mielke, M. and Hendrix, R (2008). The acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press strength and time to running exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 1654-1658
7. Castell, L.M. and Newsholme, E.A (1998). Glutamine and the effects of exhaustive exercise upon the immune response. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 76, 524-532
8. Daly, J.W., Bruns, R.F. and Snyder, S.H (1981). Adenosine receptors in the central nervous system: relationship to the central actions of methylxanthines. *Life Sciences* 28, 2083-2097
9. Davis, J.M., Alderson, N.L., and Welsh, R.S (2000). Serotonin and central nervous system fatigue: nutritional considerations. *American Journal of Clinical Nutrition* 72, 573S-578S
10. Doherty, M. and Smith, P.M (2004). Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 14, 626-646
11. Ellis, A.C. and Rosenfeld, J (2004). The role of creatine in the management of amyotrophic lateral sclerosis and other neurodegenerative disorders. *CNS Drugs* 18, 967-980
12. Favano, A., Santos-Silva, P.R., Nakano, E.Y., Pedrinelli, A., Hernandez, A.J. and Greve, J.M (2008). Peptide glutamine supplementation for tolerance of intermittent exercise in soccer players. *Clinics* 63, 27-32
13. Fernstrom, J.D (2005). Branched-chain amino acids and brain function. *Journal of Nutrition* 135, 1539s-1546s
14. Forbes, S.C., Candow, D.G., Little, J.P., Magnus, C. and Chilibeck, P.D (2007). Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench press muscle endurance. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 17, 433-444
15. Froiland, K., Koszewski, W., Hingst, J. and Kopecky, L (2004). Nutritional supplement use among college athletes and their sources of information. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 14, 104-120
16. Graham, T.E., Hibbert, E. and Sathasivam, P (1998). Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *Journal of Applied Physiology* 85, 883-889
17. Graham, T.E. and Spriet, L.L (1995). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology* 78, 867-874
18. Hamilton, E.J., Berg, H.M., Easton, C.J. and Bakker, A.J (2006). The effect of taurine depletion on the contractile properties and

- fatigue in fast-twitch skeletal muscle of the mouse. *Amino Acids* 31, 273-278
19. Hoffman, J.R (2006). Norms for fitness, performance, and health. *Human Kinetics: Champaign, IL*
 20. Hoffman, J.R., Faigenbaum, A.D., Ratamess, N.A., Ross, R., Kang, J. and Tenenbaum, G (2008). Nutritional supplementation and anabolic steroid use in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40, 15-24
 21. Hoffman, J.R., Kang, J., Ratamess, N.A., Jennings, P.F., Mangine, G. and Faigenbaum, A.D (2007). Effect of nutritionally enriched coffee consumption on aerobic and anaerobic exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 456-459
 22. Hoffman, J.R., Ratamess, N.A., Ross, R., Shanklin, M., Kang, J. and Faigenbaum, A.D (2008). Effect of a pre-exercise [high-energy] supplement drink on the acute hormonal response to re-sistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 874-882
 23. Hoffman, J.R. and Stout, J.R (2008). Performance-enhancing sub-stances. In: *Essentials of strength and conditioning*. Eds: Earle, R.W. and Baechle, T.R. 3rd edition. *Human Kinetics: Cham-paign, IL*. 179-200
 24. Hudson, G.M., Green, J.M., Bishop, P.A. and Richardson, M.T (2008). Effects of caffeine and aspirin on light resistance training performance, perceived exertion, and pain perception. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22,1950-1957
 25. Kalmar, J.M (2005). The influence of caffeine on voluntary muscle activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, 2113-2119
 26. Kalmar, J.M. and Cafarelli, E (1999). Effects of caffeine on neuromuscular function. *Journal of Applied Physiology* 87, 801-808
 27. Lee, K.A., Hicks, G. and Nino-Murcia, G (1991). Validity and reliability of a scale to assess fatigue. *Psychiatry Research* 36, 291-298
 28. Miyazaki, T., Matsuzaki, Y., Ikegami, T., Miyakawa, S., Doy, M., Tanaka, N. and Bouscarel, B (2004). Optimal and effective oral doses of taurine to prolong exercise performance in rat. *Amino Acids* 27, 291-298
 29. Ratamess, N.A., Hoffman, J.R., Ross, R., Shanklin, M., Faigenbaum, A.D. and Kang, J (2007). Effects of an amino acid/creatine/energy supplement on performance and the acute hormonal response to resistance exercise. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 17, 608-623
 30. Shulman, R.G., Rothman, D.L., Behar, K.L. and Hyder F (2004). Energetic basis of brain activity: implications for neuroimaging. *Trends in Neuroscience* 27, 489-495
 31. Sokmen, B., Armstron, L.E., Kraemer, W.J., Casa, D.J., Dias, J.C., Judelson, D.A., and Maresh, C.M (2008). Caffeine use in sports: Considerations for the athlete. *International Journal of Sport Nutrition* 5, S84-S99
 32. Spriet, L.L (1995). Caffeine and performance. *International Journal of Sport Nutrition* 5, S84-S99
 33. Stockler, S., Schutz, P.W. and Salomons, G.S (2007). Cerebral creatine deficiency syndromes: clinical aspects, treatment and pathophysiology. *Subcellular Biochemistry*. 46, 149-166
 34. Walsh, A.L., Gonzalez, A.M., Ratamess, N.A., Kang, J., Faigenbaum, A.D. and Hoffman J.R (2010). Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact. *Journal of International Society of Sports Nutrition* 15, 7-14
 35. Woolf, K.W., Bidwell, W.K. and Carlson, A.G (2008). The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 18, 412-429
 36. Yatabe, Y., Miyakawa, S., Ohmori, H., Mishima, H. and Adachi, T (2009). Effect of taurine administration on exercise. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 643, 245-252
 37. Zhang, M., Izuma, I., Kagamimori, S., Sokejima, S., Yamagami, T., Liu, Z., Qi, B., Beck, T.W., Housh, T.J., Malek, M.H., Mielke, M., Hendrix, R (2008). The acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press strength and time to exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 1654-1658

Cita Original

Adam M. Gonzalez, Allyson L. Walsh, Nicholas A. Ratamess, Jie Kang and Jay R. Hoffman. Effect of a Pre-Workout Energy Supplement on Acute Multi-Joint Resistance Exercise. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 261-266.