PubliCE, (PubliCE) 2010

Monograph

Efecto del Consumo Pre-entrenamiento de un Suplemento de Cafeína, Creatina y Aminoácidos, junto con Tres Semanas de Ejercicio de Alta-intensidad sobre el Rendimiento Aeróbico y Anaeróbico

Jeffrey R Stout, Abbie E Smith, Kristina L Kendall y David H Fukuda

Metabolic and Body Composition Laboratory, Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, OK 73019, Estados Unidos.

RESUMEN

Antecedentes: Se realizó un estudio paralelo con un diseño aleatorizado, simple ciego, controlado con placebo para analizar los efectos del consumo de un suplemento pre-entrenamiento junto con tres semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT), sobre el rendimiento en carrera aeróbico y anaeróbico, volumen de entrenamiento y composición corporal. **Métodos**: Veinticuatro atletas recreacionales moderadamente entrenados (valores de Media±DS de edad= 21,1±1,9 años; talla=172,2±8,7 centímetros; masa corporal = 66,2±11,8 kg, VO_{2max}=3,21±0,85 $L.min^{-1}$, porcentaje de grasa corporal=19,0±7,1%) fueron asignados, o a un grupo que consumió un suplemento activo (GT, n = 13) o a un grupo que consumió un placebo (PL, n=11). El suplemento activo (*Game Time®,Corr-Jensen Laboratories Inc., Aurora, CO*) eran 18 g de polvo, 40 kcals, y consistía en una mezcla patentada que incluía proteínas de suero, cordyceps sinensis , creatina, citrulina, ginseng y cafeína. El PL también estaba compuesto por 18 g de polvo, 40 kcals y consistía solamente en maltodextrina, saborizantes y colorantes artificiales. Treinta minutos antes de toda evaluación y de las sesiones de entrenamiento, los participantes consumieron los respectivos suplementos mezclados con 8-10 onz. de agua (226-283 mL). Ambos grupos participaron en un programa de HIIT de tres semanas, tres días por semana y las pruebas se realizaron antes y después del entrenamiento. La aptitud cardiovascular (VO_{2max}) se evaluó usando espirometría del circuito abierto (*Parvo-Medics TrueOne® 2400 Metabolic Measurement System, Sandy, UT)* durante una prueba de esfuerzo progresiva en cinta rodante (*Woodway, Pro Series, Waukesha, W*). También, se realizaron cuatro carreras a alta velocidad hasta el agotamiento a 110, 105, 100 y 90% de la velocidad de la cinta rodante registrados durante la valoración del VO_{2max}, y las distancias recorridas fueron graficadas en función del tiempo hasta el agotamiento. Las pendientes (velocidad crítica, CV) y las ordenadas al origen (capacidad de carrera anaeróbica, ARC) fueron obtenidas mediante la regresión lineal de estas relaciones para evaluar el rendimiento aeróbico y anaeróbico, respectivamente. Los volúmenes de entrenamiento fueron calculados sumando las distancias alcanzadas durante cada sesión de entrenamiento para cada sujeto. El porcentaje de grasa corporal (% BF) y la masa magra corporal (LBM) fueron determinados mediante pletismografía de desplazamiento de aire (*BOD POD®, Life Measurement, Inc., Concord, CA*). **Resultados**: Ambos grupos GT y PL presentaron un aumento significativo (p=0,028) pre vs post entrenamiento de 10,3% y 2,9%, respectivamente en el VO_{2max}. La CV aumentó (p=0,036) en el grupo GT un 2,9%, mientras que en el grupo PL no cambió (p=0,256; 1,7% aumento). La ARC aumentó en

el grupo PL un 22,9% y en el grupo GT un 10,6%. El volumen de entrenamiento fue 11,6% más alto para el grupo GT que en el grupo PL (p = 0,041). El % de grasa corporal (%BF) disminuyó de 19,3% a 16,1% en el grupo GT y disminuyó de 18,0% a 16,8% en el grupo PL (p=0,178). La masa magrea corporal (LBM) aumentó de 54,2 kg a 55,4 kg (p=0,035) en el grupo GT y disminuyó de 52,9 kg a 52,4 kg en el grupo PL (p=0,694). **Conclusión**: Estos resultados demostraron aumentos en el VO_{2max}, CV y LBM cuando GT se combina con HIIT. Tres semanas de HIIT solo también aumentaron el rendimiento en carrera anaeróbica, VO_{2max} y composición corporal.

Palabras Clave: suplementos nutricionales, monohidrato de creatina, entrenamiento, tiempo límite

INTRODUCCION

El estudio del momento para administrar los nutrientes (*timing*) se ha vuelto un aspecto importante y popular en la nutrición deportiva, entrenamiento físico, rendimiento y recuperación [1]. La idea del timing de nutrientes comenzó por la suplementación post-entrenamiento y se ha extendido a las investigaciones sobre las estrategias de administración de nutrientes antes de los ejercicio [1]. Las intervenciones nutricionales tradicionales previas al entrenamiento, se focalizaron en la administración de carbohidratos, mientras que la literatura más actual apoya una combinación de aminoácidos, proteínas, creatina y cafeína como suplementos eficaces para mejorar el rendimiento [2-6]. Aunque los efectos ergogénicos de estos ingredientes individuales son ampliamente reconocidos, la importancia práctica de las investigaciones de productos específicos se ha vuelto un área de creciente demanda.

Paradójicamente, las investigaciones de productos específicos, a menudo prueban una mezcla de ingredientes que permiten transferir directamente los resultados de las investigaciones a los consumidores, pero son incapaces de determinar con precisión los efectos de los ingredientes individuales. Por otra parte, la integración de los suplementos nutricionales en los diseños de investigación que utilizan protocolos de entrenamiento con ejercicios reales, permiten que se puedan aplicar a prácticas específicas de los deportes. Dado que muchos deportes de equipo, como el fútbol americano, el básquet, hockey y fútbol utilizan series repetidas de esprints cortos separados por períodos de recuperación activos, la carrera intervalada puede aplicarse a muchos deportes y ser sensible a suplementos nutricionales que son diseñados para retrasar la fatiga inducida por el ejercicio de alta intensidad. De hecho, hay evidencia que apoya el uso de las estrategias del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) para mejorar el rendimiento [7], sin embargo, sólo algunos estudios han examinado el HIIT junto con la suplementación nutricional [8-13].

La demanda fisiológica de HIIT produce adaptaciones metabólicas y cardiovasculares rápidas, entre las que se incluyen un mayor rendimiento físico, mayor capacidad *buffer* muscular, capacidad aeróbica (VO_{2max}) y oxidación de grasas [8, 14-17]. Además, el HIIT produce una disminución en las reservas de adenosina trifosfato (ATP), fosfocreatina (PCr) y sustratos glucogénicos así como también la acumulación de metabolitos como adenosina difostafo (ADP), fosfato inorgánico (P) e iones de hidrógeno (H^+) [18]. Por consiguiente, HIIT puede provocar diferentes adaptaciones fisiológicas dentro de un período de entrenamiento relativamente breve, lo que lo transforma en una herramienta práctica eficaz en el tiempo, para estudiar los cambios inducidos por el entrenamiento y por los suplementos en el rendimiento. Aunque la relación trabajo/descanso de los protocolos de HIIT varía, el estudio actual y otros estudios que utilizaron una relación trabajo:descanso 2:1, han sido eficaces para aumentar el VO_{2max}, el tiempo hasta el agotamiento [9, 11, 19], la capacidad *buffer* del músculo y el umbral del lactato [8]. Adicionalmente, la misma estrategia de HIIT que utilizamos en el presente estudio ha sido utilizada para evaluar los efectos de la suplementación con creatina [9,10], beta-alanina [11] y bicarbonato de sodio [8] sobre las mediciones de rendimiento. Por consiguiente, es posible que las variables de entrenamiento medidas después de un período de HIIT sean sensibles a los suplementos nutricionales diseñados para prolongar los factores agudos asociados con la fatiga. Más aún, los ingredientes activos en la presente suplementación pre-entrenamiento tienen el potencial para mejorar el rendimiento. Se ha sugerido que la cafeína o los suplementos con cafeína, que actúan como estimulantes del sistema nervioso central [20], aumentan las concentraciones de catecolaminas promoviendo la utilización de grasas ahorrando el glucógeno intramuscular, lo que produce un aumento en el rendimiento [21, 22]. Se ha informado que la PCr, uno de los principales componentes del sistema *buffer* biológico, aumentaría significativamente con la suplementación con Cr [23, 24]. El aumento en las reservas totales de Cr puede favorecer una mayor disponibilidad de PCr pre-ejercicio, mayor capacidad *buffer* en los músculos y una aceleración de la resíntesis de PCr durante la recuperación [25, 26]. Adicionalmente, se ha sugerido que los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA; leucina, isoleucina, y valina) serían los primeros aminoácidos oxidados durante el ejercicio de alta intensidad [27]. Cuando se consumen suplementos de BCAA antes de los ejercicios, las investigaciones sugieren que se produce una mejora en la síntesis de proteínas, una reducción en la degradación de proteínas y finalmente una mejora en la recuperación [27-29].

El entrenamiento intervalado generalmente se utiliza para provocar adaptaciones tanto de entrenamiento anaeróbico como

de entrenamiento aeróbico debido al gran espectro fisiológico de las demandas [30]. El test de potencia crítica (CP), propuesto originalmente por Monod y Scherrer [31], caracteriza tanto la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) como los parámetros aeróbicos (CP). Se ha demostrado que el test CP es una herramienta confiable para medir los parámetros aeróbicos y anaeróbicos, así como también los cambios en el entrenamiento de alta intensidad [10,32-34]. Hughson et al. [35] aplicaron el concepto de CP a la carrera, y caracterizaron el término velocidad crítica (CV) como el análogo de CP en la carrera. Así, CV se define como la velocidad de carrera máxima que puede ser mantenida durante un período extenso de tiempo utilizando solo las reservas de energía aeróbica. De manera contraria, la capacidad anaeróbica de carrera (ARC) es la distancia que puede ser recorrida a una velocidad máxima utilizando solo las fuentes de energía anaeróbicas. Tal como lo describieran Housh et al. [36], el test de CV consiste en una serie de carreras hasta el agotamiento en varias velocidades de carrera supramáximas para determinar la relación entre el tiempo hasta el agotamiento y la velocidad. Por lo tanto, la relación hiperbólica entre la velocidad y el tiempo hasta el agotamiento puede ser utilizada para calcular la distancia total (distancia total = velocidad x tiempo). Graficando la distancia total en función del tiempo para cada velocidad se obtiene un modelo matemático para cuantificar CV (pendiente de la recta) y ARC (ordenada al origen), lo que describe un método indirecto para evaluar las capacidades aeróbicas y anaeróbicas respectivamente [35,37].

La evidencia reciente ha demostrado que el entrenamiento intervalado con series de trabajo de dos minutos, similar al HIIT del presente estudio, ejerce una influencia significativa sobre las habilidades aeróbicas (CV), en vez de sobre las mejoras anaeróbicas (AWC) demostradas por el test de CP [32, 38]. El entrenamiento a intensidades de 100% y 105% de VO_{2max} en bicicleta ergométrica provocó un 15% [32] y 13% [38] de aumento en la capacidad aeróbica, respectivamente. El entrenamiento en intensidades más altas durante tiempos mas cortos (es decir 60 seg) puede ser más ventajoso para las mejoras anaeróbicas [33], aunque esta hipótesis no ha sido evaluada utilizado el test de CV. De modo similar, la eficacia de los suplementos de un solo ingrediente ha sido analizada usando el modelo de CP. Por ejemplo, se ha demostrado que la suplementación con creatina mejora AWC, que está limitado principalmente por la cantidad de energía disponible de las reservas de ATP y fosfocreatina (PCr) [39]. Sin embargo, contamos con evidencia menos conclusiva sobre los efectos de creatina sobre la CP [10, 40, 41]. Es posible que combinando el consumo de un suplemento pre-entrenamiento compuesto por diferentes ingredientes con HIIT, se pueda establecer las demandas anaeróbicas y aeróbicas del entrenamiento medidas a través de CV y ARC usando el test CV basado en la carrera. Por consiguiente, el propósito del presente trabajo fue estudiar los efectos de un suplemento pre-entrenamiento junto con tres semanas de HIIT sobre el rendimiento aeróbico y anaeróbico de carrera, volumen de entrenamiento y composición corporal. Hasta la fecha, nadie ha analizado los efectos combinados de la carrera intervalada de alta intensidad junto con el consumo de un suplemento nutricional pre-entrenamiento.

METODOS

Sujetos

Veinticuatro varones (valores de Media±DS de Edad=20,8±2,0 años; talla=175,7±8,3 centímetros; masa corporal= 70,9±13,5 kg, VO_{2max}=3,71±0,73 $L.min^{-1}$, porcentaje de grasa corporal= 14,0 ± 4,6%) y mujeres moderadamente entrenados (valores de Media±DS; Edad= 1,5±1,8 años; talla=168,0±7,5 centímetros; masa corporal=60,7±6,5 kg, VO_{2max}=2,57±0,48 $L.min^{-1}$, porcentaje de grasa corporal=24,9±4,4%) participaron voluntariamente en este estudio. La Tabla 1 muestra los datos demográficos específicos de los grupos. Todos los participantes completaron una encuesta de antecedentes de salud y firmaron a un consentimiento informado por escrito antes de realizar los tests, para determinar los hábitos de entrenamiento y el consumo previo de cafeína y de suplementos. Todos los procedimientos fueron aceptados por el Comité de Revisión Institucional para la protección de las personas de la universidad.

	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	Grasa Corporal (%)
GT (n=13)	21,3 ± 0,7	171,7 ± 1,7	66,9 ± 4,1	18,9 ± 2,1
PL(n=11)	20,8 ± 0,3	172,7 ± 1,8	65,4 ± 2,4	19,1 ± 2,1
	p = 0,488	p = 0,770	p = 0,756	p = 0,949

Tabla 1. *Datos de edad (años), talla (centímetros), peso (kg) y grasa corporal (%) obtenidos al inicio del estudio. No se observaron diferencias significativas entre los grupos.*

Diseño de la Investigación

Este estudio se diseñó siguiendo un diseño paralelo, aleatorizado, a simple ciego, controlado con placebo. Cada sujeto acudió al laboratorio en 18 ocasiones diferentes, dónde las visitas 1-3 consistieron en sesiones de familiarización y las visitas 4-6 y 16-18 fueron sesiones de evaluaciones de línea de base y post-entrenamiento respectivamente. Todas las sesiones de evaluación estaban separadas por 24-48 horas. Las visitas 7-15 se realizaron durante un período de tres semanas, con tres días de entrenamiento por semana. La Figura 1 refleja la distribución en el tiempo de las evaluaciones y entrenamiento.

Todos los participantes realizaron una semana de tests de familiarización, entre los que se incluyeron una prueba de esfuerzo progresiva máxima (GXT) para la determinación de la capacidad aeróbica (VO_{2max}) seguida por dos días separados de carreras hasta el agotamiento para determinar CV y ARC. Estas sesiones de familiarización fueron realizadas para minimizar cualquier efecto potencial de aprendizaje. Después de la familiarización, los participantes fueron asignados al azar a: (a) grupo que consumió un suplemento activo pre-entrenamiento (*Game time*, GT, n=13) o (b) grupo que consumió un placebo (PL, n=11). Se realizaron al inicio (pre-entrenamiento) y post-entrenamiento las mismas pruebas GXT, CV y ARC que tuvieron lugar durante las sesiones de familiarización (Figura 1).

Se solicitó a todos los participantes que mantuvieran sus hábitos dietéticos actuales a lo largo del estudio. Además, se les solicitó que no consumieran cafeína y evitaran realizar cualquier actividad vigorosa durante 24 horas antes de cualquier sesión de evaluación.

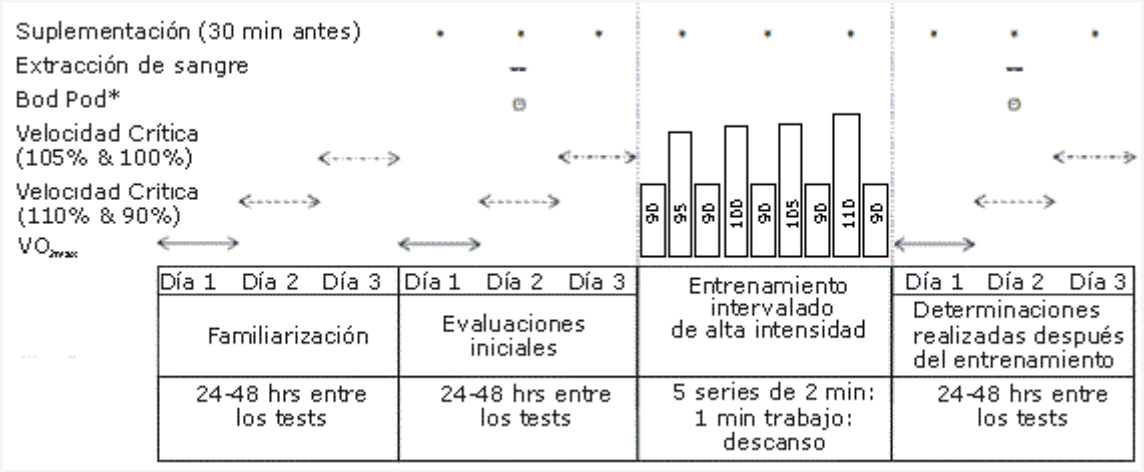


Figura 1. *Descripción del estudio a lo largo del tiempo.*

Valoración de la Composición Corporal

Se utilizó pletismografía de desplazamiento de aire (*ADP; BOD POD, Life was Measurements, Inc., Concord, CA*) para estimar el volumen corporal después de un ayuno de ocho horas al inicio (línea de base) y luego de los tests (post-test). Antes de cada test, el BOD POD fue calibrado siguiendo las instrucciones del fabricante con la cámara vacía y usando un cilindro de volumen conocido (49,55 L). El participante, vestido sólo con shorts de Spandex o con un traje de baño bien apretado y gorro de natación, ingresaba y se sentaba en la cámara de fibra de vidrio. El BOD POD se sellaba y el participante respiraba normalmente durante 20 segundos mientras se determinaba el volumen corporal (BV). Se midieron el peso y volumen corporal de los sujetos y se determinó el porcentaje de grasa corporal (% BF), la masa grasa (FM, kg), y la masa corporal magra (LBM, kg) usando la fórmula revisada de Brozek et al. [42]. Datos previos de test-retest de confiabilidad para ADP de nuestro laboratorio indicaron que, para 14 adultos jóvenes (24 ± 3 años) evaluados en días separados, el ICC era 0,99 con un SEM de 0,47% de grasa.

Suplementación

Los valores calóricos y la composición nutricional de los suplementos GT y PL se presentan en la Tabla 2. En cada día de evaluación y entrenamiento los participantes ingirieron el GT o PL en el laboratorio 30 minutos antes de las pruebas con el estómago vacío (se solicitó a los sujetos que no

comieran durante las 4 horas previas a su visita al laboratorio). Dado que los suplementos GT y PL estaban en forma de polvo, los investigadores mezclaron el contenido de los sobres de GT o de PL con 8-12 onz (228-341 mL) de agua fría en una taza blanca en el momento en que el participante arribaba al laboratorio. Después que la mezcla se consumía, se utilizaba un cronómetro para contabilizar con precisión los 30 minutos posteriores al consumo del suplemento antes de comenzar con las pruebas o el entrenamiento. Los participantes no consumieron el suplemento GT o PL en los días de descanso; por lo tanto, la suplementación sólo fue realizada antes de los test realizados en el laboratorio o en las visitas de entrenamiento realizadas en el laboratorio.

Suplemento GT	**Suplemento PL**
Calorías: 40	Calorías: 40
Calorías provenientes de grasas: 5	Calorías provenientes de grasas: 0
Grasa total: 0 g Colesterol: 20 mg Sodio: 270 mg Carbohidratos totales: 2 g Azúcares: 2 g Proteína: 8 g Vitamina A: 0% Vitamina C: 0% Calcio: 4% Vitamina B_{12}: 2000% Vitamina B_6: 500% Hierro: 0%	Maltodextrina: 17 g Mezcla propietaria: 3 g Sabor natural y artificial, ácido cítrico, sucralosa, acesulfame de potasio, Rojo#40,
Mezcla patentada: 2100 mg Cordyceps sinensis, Arginina AKG, Kre-Alkalyn, Citrulina AKG, *Eleutherococcus senticosus* (ginseng siberiano), Taurina, Leucina, *Rhodiola Rosea*, Cloruro de sodio, Valina, Isoleucina, Cafeína, Proteína de Suero Concentrada	

***Tabla 2**. Ingredientes de suplemento Pre-entrenamiento para el grupo (GT) y grupo placebo (PL).*

Determinación de VO_{2max}

Todos los participantes realizaron una prueba de esfuerzo progresiva (GXT) hasta el agotamiento volitivo en una cinta rodante (*Woodway, Pro Series, Waukesha, WI*) para determinar el VO_{2max}. Sobre la base del protocolo de Peake et al. [43], la velocidad inicial de la GXT se fijó en 10 km/h con una pendiente de 0% y aumentó 2 $km \cdot h^{-1}$ cada dos minutos hasta 16 $km \cdot h^{-1}$, y luego 1 $km \cdot h^{-1}$ por minuto hasta 18 $km \cdot h^{-1}$. Posteriormente la pendiente se aumentaba 2% por minuto hasta que se alcanzara el VO_{2max}. Para estimar el VO_{2max} ($L.min^{-1}$) se utilizó espirometría de circuito abierto con un dispositivo de medición de metabolismo (*metabolic cart*) (*True One 2400® Metabolic Measurement System, Parvo-MedicsInc., Sandy, UT*) a través del muestreo y análisis de los gases expirados respiración por respiración. El software del dispositivo de medición del metabolismo calculó el VO2 y determinó el valor de VO_{2max} para cada GXT.

Velocidad Crítica

Para determinar CV y ARC, se utilizó el modelo lineal de Distancia Total (TD) descripto y evaluado por Florence y Weir et al. [44]:

$$TD = ARC + CV \,.\, t$$

Donde la distancia total recorrida durante cada carrera hasta el agotamiento (TD; eje *y*) fue graficada en función del tiempo hasta el agotamiento (t; eje *x)*, y la regresión lineal fue utilizada para calcular la ordenada al origen (ARC) y la pendiente (CV).

Para establecer las relaciones distancia-tiempo para el modelo TD diseñado para cada sujeto se realizaron cuatro carreras en cinta rodante hasta el agotamiento. Cada participante corrió a 90%, 100%, 105% y 110% de la velocidad de la cinta rodante ($km \cdot h^{-1}$) que correspondía a su valor de VO_{2max}. En cada carrera se registraron los valores del tiempo hasta el

agotamiento (s) y la distancia recorrida (km).

Entrenamiento Intervalado de Alta intensidad

Después de las evaluaciones iniciales (línea de base), los participantes completaron tres semanas de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) durante tres días por semana utilizando un esquema de periodización fractal para ajustar las velocidades de entrenamiento. Cada sesión de entrenamiento consistió en cinco series de repeticiones de carrera de dos minutos con un minuto de descanso entre cada serie. La duración total (s) y la velocidad ($km \cdot h^{-1}$) de la carrera en cada sesión de entrenamiento fueron registradas y utilizadas para calcular el volumen de entrenamiento total (km). El entrenamiento se realizó en la misma cinta rodante utilizada para el GXT (*Woodway, Pro Series, Waukesha, WI*). La Figura 1 muestra las velocidades relativas de la cinta rodante utilizadas durante el período de entrenamiento. La intensidad de entrenamiento comenzó a 90% de la velocidad alcanzada en el test de VO_{2max} realizado al comienzo (línea de base) y progresó de manera fluctuante, alcanzando un máximo de 110% al final de las tres semanas del período de entrenamiento.

Análisis Estadísticos

Se realizaron cinco ANOVA factoriales mixtos separados de dos vías (2 x 2; tiempo [Pre vs. Post entrenamiento] x grupo [GT vs PL]) para analizar los valores de las variables CV, ARC, VO_{2max}, % BF, FM y LBM. Para establecer las interacciones significativas, se utilizaron test-t dependientes o independientes como tests *post-hoc*. Para el volumen de entrenamiento, se calculó para cada sujeto la suma de las distancias de entrenamiento en las nueve visitas de entrenamiento y se utilizó un test-t de muestras independientes para examinar las medias de los valores del volumen de entrenamiento total (km). Además, se utilizaron test-t de muestras independientes para determinar las diferencias de las medias entre los grupos (GT vs. PL) durante las sesiones de evaluación pre entrenamiento.

Excepto en el volumen de entrenamiento, en las variables CV, ARC, VO_{2max}, % BF, FM y LBM los valores de cambio porcentual fueron calculados para cada participante pre- vs. post-entrenamiento. Estos cambios porcentuales en los valores fueron promediados por separado en los grupos GT y PL y se construyeron intervalos de confianza de 95% alrededor de los valores medios del cambio porcentual (Figura 2). Cuando el intervalo de confianza de 95% incluye al cero, el valor medio del cambio porcentual no es diferente de cero, lo que puede ser interpretado como que no hay variación estadística ($p > 0,05$). Sin embargo, si el intervalo de confianza de 95% no incluye al cero, el cambio porcentual medio para esa variable puede ser considerado estadísticamente significativo ($p < 0,05$). Por otra parte, se realizaron gráficos de las respuestas individuales, para establecer como fue la respuesta de cada sujeto en las mediciones pre y post entrenamiento (Figura 3)

Un valor de error Tipo I menor de o igual a 5% fue considerado estadísticamente significativo para todos los análisis. Los ANOVA y los test-t fueron realizados con el software SPSS (Versión 14.0, SPSS Inc., Chicago, 111), y los gráficos de intervalos de confianza de 95% y de las respuestas individuales fueron calculados y construidos en Microsoft Excel (*Versión 2007, Microsoft Corporation; The Microsoft Network, LLC, Richmond, WA*).

RESULTADOS

La Tabla 3 presenta los valores de la media y error estándar para cada una de las variables dependientes (CV, ARC, VO_{2max}, % BF, FM y LBM). Además, no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre los grupos GT y PL en la sesión de pruebas pre-entrenamiento.

	CV (km/hr)		ARC (km)		VO_2 máx. ($L.min^{-1}$)		VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
GT (n=13)	12,4±0,8	12,8±0,8	0,2±0,01	0,2±0,02	3,1±0,3	3,65±0,2 *	47,9±3,4	56,2±2,7 *
PL (n=11)	10,7±0,5	10,9±0,6	0,2±0,03	0,3±0,04	3,1±0,2	3,2±0,3 *	56,5±2,1	45,3±2,3 *

	%BF		FM (kg)		LBM (kg)			
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post		
GT (n=13)	18,9±2,5	17,7±2,1	12,7±1,9	12,0±1,7	54,2±3,5	55,4±3,7		
PL (n=11)	19,1±1,8	17,1±1,9	12,4±1,1	10,6±1,1	53±2,7	52,4 ± 3,2		

***Tabla 3**. Valores de Media±SE, pre- vs. post-entrenamiento de la velocidad crítica (CV), capacidad anaeróbica de carrera (ARC), consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}), porcentaje de grasa corporal (% BF), masa grasa (FM) y masa magra corporal (LBM) para GT y PL. *Indica que se observaron diferencias a lo largo del tiempo (p≤0,05).*

Resultados de los Análisis de la Varianza (ANOVA)

En la CV, no se observó interacción tiempo x grupo (p=0,256) y no se observó ningún efecto principal en el tiempo (p=0,507), pero se observó un efecto principal para el grupo (p=0,036). La CV en el grupo GT fue mayor que en el grupo PL en las sesiones de prueba pre- y post-entrenamiento.

En ARC, no se observó interacción tiempo x grupo (p = 0,183) y ningún efecto principal del tiempo (p = 0,093) o del grupo (p = 0,053).

En el caso de VO_{2max}, no se observó interacción tiempo x grupo (p=0,391) y ningún efecto principal para el grupo (p=0,258), pero si se observó un efecto principal en el tiempo (p=0,028). VO_{2max} experimentó un aumento pre- vs. post-entrenamiento en los grupos GT y PL.
Para el caso del porcentaje de grasa corporal (% BF), no se detectó interacción tiempo x grupo (p = 0,481) y ningún efecto principal del tiempo (p = 0,178) o grupo (p = 0,864).

En la variable FM, no se observó interacción tiempo x grupo (p = 0,335) y ningún efecto principal en el tiempo (p = 0,305) ni en el factor grupo (p = 0,583).
Para LBM, no se observó interacción tiempo x grupo (p = 0,386) y ningún efecto principal de tiempo (p = 0,694) o de grupo (p = 0,615).

El volumen de entrenamiento de total para el grupo GT fue mayor (p = 0,041) que el del grupo PL. (Figura 4).

Intervalos de Confianza de 95%

En el grupo GT, CV presentó un aumento de los valores pre- vs. post-entrenamiento (2,9% aumento), pero en el grupo PL no se observaron cambios (1,7% aumento) (Figura 2-A). Sin embargo, en la Figura 2-B se observa que el ARC no presentó cambios pre- vs. post-entrenamiento para el grupo GT (10,6% aumento), pero aumentó en el grupo PL (22,9% aumento). El VO_{2max} no presentó cambios pre- vs. post-entrenamiento ni en el grupo GT (10,3% aumento) ni en el grupo PL (3,3% aumento) (Figura 2C). En lo que respecta a composición corporal, el % BF no varió en el grupo GT (6,7% disminución) ni en el grupo PL (9,4% disminución) (Figura 2-D), la LBM no presentó variaciones en los grupos GT (2,8% aumento) o PL (1,3% disminución) (Figura 2-E) y no se observaron cambios pre- vs. post- en la masa grasa (FM) entre los grupos GT (4,1% disminución) o PL (11,6% disminución) (Figura 2-F).

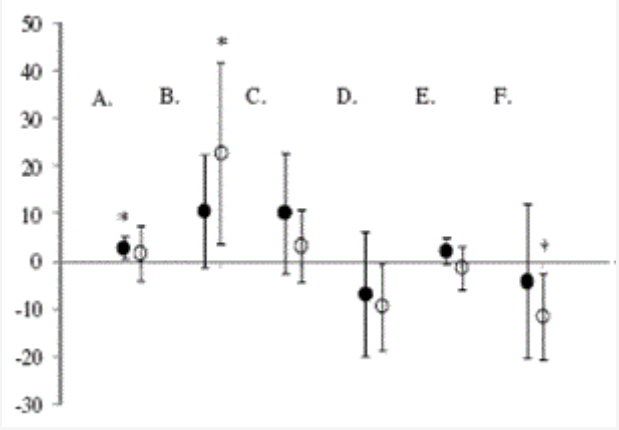


***Figura 2**. Valores medios del cambio porcentual±intervalos de confianza 95% para (A) velocidad crítica, (B) capacidad de carrera anaeróbica, (C) capacidad aeróbica, (D) porcentaje de grasa corporal, (E) masa corporal magra y (F) masa grasa. Los círculos negros representan al grupo GT mientras que los círculos blancos representan al grupo PL. * Indica una diferencia significativa cuando 0 está fuera del intervalo de confianza de 95%.*

Respuestas Individuales

En la variable CV, 10 de 13 (77%) participantes del grupo GT experimentaron un incremento, mientras que en el grupo PL sólo 7 de 11 (64%) participantes experimentaron el aumento (Figura 3A). En la variable ARC, ocho sujetos presentaron valores más altos en los grupos GT (62%) y PL (73%) (Figura 3B). Para el caso de VO_{2max}, en el grupo GT (77%) 10 sujetos presentaron mayores valores mientras que en el grupo PL (73%) el aumento lo experimentaron 8 sujetos (Figura 3C).

Nueve sujetos del grupo GT (69%) y 8 sujetos del grupo PL (73%) presentaron una disminución en % BF pre- vs. post-entrenamiento (Figura 3D). De manera similar, 8 participantes en ambos grupos (62% para GT y 73% para PL) presentaron una disminución en FM (Figura 3E). La masa corporal magra (LBM) aumentó en 9 sujetos del grupo GT (69%), mientras que en el grupo PL solo aumentó en 6 sujetos (55%) (Figura 3F).

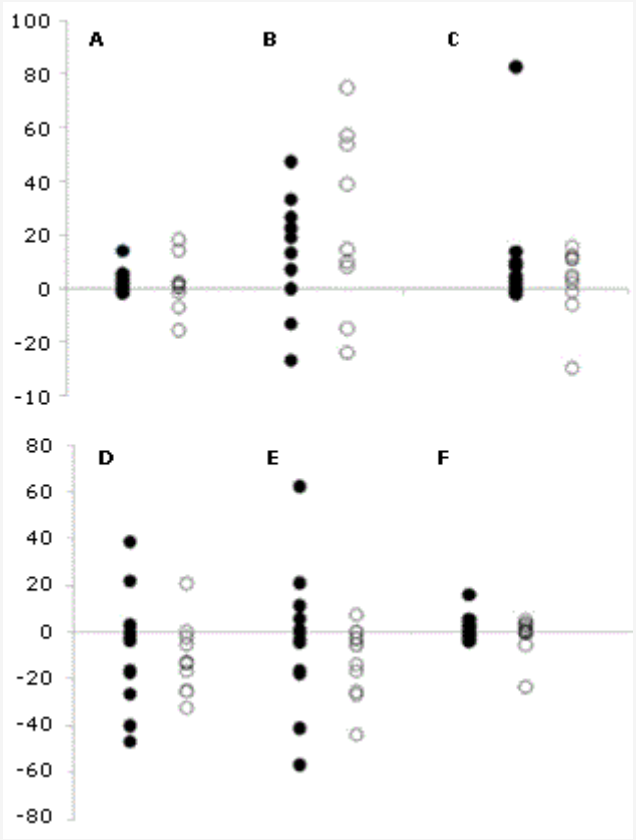


***Figura 3**. Valores de cambio porcentual pre- vs. post-entrenamiento para cada individuo participante. (A) velocidad crítica, (B) capacidad de carrera anaeróbica, (C) capacidad aeróbica, (D) porcentaje de grasa corporal, (E) masa corporal magra y (F) masa grasa. Los círculos negros representan al grupo GT mientras que los círculos blancos representan al grupo PL.*

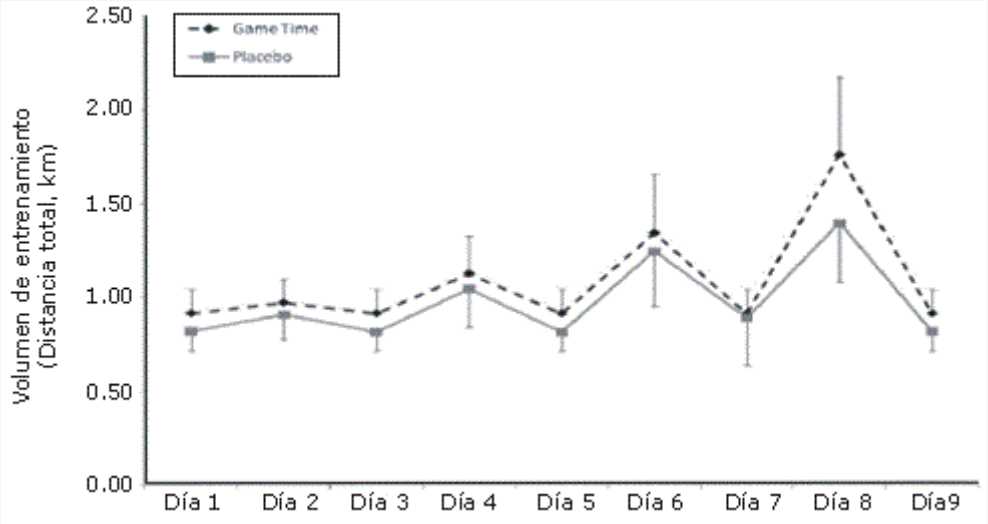


***Figura 4**. Volumen de entrenamiento para los grupos GT y PL a lo largo de las sesiones de entrenamiento de 9 días.*

DISCUSION

Los resultados de éste estudio indicaron que la ingestión aguda pre-ejercicio de la bebida (GT) compuesta por una combinación de cordyceps sinensis, cafeína, creatina (Kre-Alkalyn®), proteínas de suero, aminoácidos de cadena ramificada, arginina AKG, citrulina AKG, rhodiola y vitamina B_6 y B_{12} puede mejorar el rendimiento de carrera a lo largo de un período de 3 semanas de entrenamiento. Cuando el consumo de GT, se combinó con HIIT, se observó una mejora en CV, VO_{2max}, masa corporal magra y volumen de entrenamiento total en comparación con el consumo del placebo combinado con HIIT. Además, aunque no fueron significativos, el hecho que los cambios de LBM fueran positivos para el grupo GT y negativos para el grupo PL (Figura 2-E) sugiere que GT puede ayudar a conservar la masa magra corporal (LBM) durante la realización de HIIT durante tres semanas.

Aunque éste podría ser el primer trabajo en estudiar un suplemento pre-entrenamiento en combinación con HIIT, investigaciones previas han evaluado la eficacia de ingredientes similares, por separado sobre el entrenamiento y el rendimiento físico. Sin embargo, dado que la mayoría de los estudios previos analizaron suplementos compuestos por mezclas que, a menudo incluyen varios ingredientes y combinaciones de dosis, es difícil plantear una comparación directa con muchos estudios anteriores. Un ingrediente principal en el suplemento GT, la cafeína, ha sido utilizado como una ayuda ergogénica eficaz actuando como estimulante, reduciendo sentimientos de fatiga y aumentando el tiempo hasta el agotamiento [22, 45-47]. Se ha demostrado que la cafeína influye principalmente en el ejercicio de resistencia de larga duración en un 20-50% [48] y en la tasa metabólica en reposo [45, 49-51]. Los beneficios de la suplementación con cafeína para los ejercicios de alta intensidad, similar a los realizados en este estudio (90%-115% VO_{2max}), son menos conclusivos [52, 53]. Por ejemplo, la determinación de la potencia anaeróbica utilizando el test de Wingate después de un intervalo de dosis de cafeína (3,2-7 mg/lb) no dio como resultados aumentos en la misma [52, 53], mientras que Anselme et al. demostraron un 7% aumento en la potencia anaeróbica después del consumo de 6 mg/kg de cafeína [54]. Además, un informe reciente realizado por Wiles et al. demostró aumentos en el rendimiento y en producción de potencia media durante una serie de ciclismo de alta intensidad y corta duración, luego del consumo de 5 mg/kg de cafeína [55]. Los resultados del presente estudio indicaron que el consumo pre-ejercicio de la bebida GT mejoró el rendimiento aeróbico (CV) y el volumen de entrenamiento, pero no modificó el ARC. Es posible que la cafeína en GT pudiera ser, parcialmente responsable de los aumentos en CV y del volumen de entrenamiento. Sin embargo, no es posible evaluar los efectos independientes de la cafeína en el presente estudio de manera directa.

Estudios previos han sugerido que el efecto ergogénico de la cafeína puede ser proporcional a la cantidad de cafeína administrada [56-58]. La mayoría de los estudios que demostraron aumentos en el rendimiento utilizaron 3-9 mg/kg de cafeína [48], mientras que un estudio demostró que una dosis tan pequeña como 2 mg/kg aumentó el rendimiento en ciclismo [58]. Por otra parte otro estudio demostró que 201 mg de cafeína no eran suficientes para aumentar el tiempo de carrera hasta el agotamiento [59]. En el presente estudio, el suplemento pre-ejercicio GT contenía sólo 100 mg de cafeína en una porción. Dado que el intervalo de valores de masa corporal para los participantes en el presente estudio era de 46,1 kg a 108,9 kg, las dosis de cafeína relativas fueron 1,0 - 2,2 mg/kg que son menores que las dosis ergogénicas sugeridas previamente. Por lo tanto, aunque la cafeína podría haber contribuido a mejorar el rendimiento aeróbico y el volumen entrenamiento en el presente estudio, es posible que se produjeran efectos sinérgicos con los otros ingredientes del GT.

Un aspecto importante sobre la dosis ergogénica de cafeína es que los niveles relativamente altos de cafeína en orina están prohibidos, tanto por la Asociación Nacional Universitaria de Atletismo (NCAA) como por el Comité Olímpico Internacional (IOC). Los límites fijados por NCAA e IOC para las concentraciones de cafeína en orina son 15 $\mu g.mL^{-1}$ y 12 $\mu g.mL^{-1}$, respectivamente. En un estudio bien controlado [60], la concentración urinaria de cafeína media era 14 $\mu g.mL^{-1}$ después de la ingestión de 9 mg/kg. En un estudio previo, Pasman et al. (1995) demostraron que un consumo de 9 y 13 mg/kg de cafeína producía concentraciones urinarias de cafeína que excedieron el límite del Comité Olímpico Internacional (IOC) de 12 $\mu g.mL^{-1}$ en algunos sujetos. Sin embargo, 5 mg/kg de cafeína no excedieron ni se acercaron a 12 $\mu g.mL^{-1}$ en ningún sujeto [61]. Dado que el intervalo de dosis de cafeína relativo para el suplemento GT en el presente estudio era 1,0 - 2,2 mg/kg para una dosis absoluta de 100 mg de cafeína por porción, es muy improbable que la cafeína en GT provocara concentraciones urinarias cercanas a las de los límites fijados por el NCAA o IOC. Por lo tanto, aunque no lo probamos específicamente en este estudio, el suplemento GT puede ser consumido con seguridad por los atletas de NCAA y de IOC ya que cumple con las concentraciones de cafeína.

Existe abundante bibliografía que demuestra que la suplementación con altas dosis de creatina por corto tiempo (20 g/día durante 5-7 días) es efectiva para aumentar las reservas totales de fosfocreatina en el músculo [23, 24] y mejorar el ejercicio intermitente máximo [23, 25, 62-64] y la masa corporal magra [64-68]. Sin embargo, los datos sobre la suplementación con dosis bajas de creatina a corto plazo están menos comprobados, necesitándose un mínimo de 3 g/día durante por lo menos 28 días para producir aumentos en las reservas de creatina muscular [69]. La bebida GT utilizada en este estudio proporcionó 1,5 g/día en los días de entrenamiento y de evaluación, solo por un período de 15 días, lo que

estaba por debajo de la dosis mínima recomendada. Un estudio similar publicado por Thompson y colegas usó una combinación comparable de entrenamiento (natación) y 2 g de creatina diariamente durante seis semanas y no observaron ningún efecto de la suplementación con creatina ni del entrenamiento sobre la concentración de creatina muscular, sobre el rendimiento anaeróbico ni sobre los índices aeróbicos [70]. Así, aunque el contenido de creatina del suplemento GT no puede explicar totalmente las mejoras en CV y en el volumen de entrenamiento, la combinación con los otros ingredientes de GT podría haber influido en la recuperación intermitente entre las series de esprint, así como también puede haber ayudado a mantener la LBM.

Los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) en GT también pueden haber desempeñado un papel en la mejora de CV y del volumen de entrenamiento, así como también en el mantenimiento de la LBM. Los BCAA pueden ser los primeros aminoácidos que se oxidan durante el ejercicio de alta intensidad [27] y se ha sugerido que son fundamentales para la síntesis de proteínas [27-29]. Los estudios han demostrado que la ingestión de suplementos con BCAA antes del ejercicio aumenta la síntesis de proteínas y disminuye la degradación de las mismas, lo que finalmente podría mejorar el tiempo de recuperación [27,29]. Además, los BCAA pueden mejorar el rendimiento plausiblemente en las carreras máximas, similares a las de este estudio mejorando el enfoque mental, lo que permite a los participantes correr más intensamente y durante más tiempo [71, 72]. Pero, nuevamente, el suplemento GT contenía aproximadamente 1 g de BCAA, que es un valor inferior al de las dosis eficaces de los otros protocolos (7,5-12 g). El suplemento también contenía aproximadamente 9 g de proteínas de suero concentradas. Aunque no se ha demostrado que las proteínas del suero mejoren el rendimiento de carrera directamente cuando se consumen a priori, el hecho que las proteínas de suero también contengan concentraciones relativamente altas de BCAA puede sugerir indirectamente que los BCAA junto con las proteínas del suero puedan influir en el rendimiento a través de la mejora en la recuperación entre las series de entrenamiento y de la conservación de la masa magra corporal (LBM) [73-76].

El *Cordyceps sinensis (*o simplemente cordyceps) normalmente se usa en la medicina tradicional china y deriva de un hongo que crece en varias especies de orugas en altitudes relativamente altas [77]. Se ha sugerido que el cordyceps puede actuar como antioxidante durante ejercicio de alta intensidad [78] y también podría aumentar el VO_{2max} [79]. En dos trabajos de revisión realizados por Zhu et al. [77,80], se sugirió que cordyceps sinensis podría actuar a través del sistema nervioso autónomo para mejorar la respiración, el flujo sanguíneo y la oxigenación de los tejidos. Un estudio demostró aumentos en VO_{2max} en varones sedentarios [79] con dosis relativamente altas (4,5 g/d durante 6 semanas) de cordyceps. Sin embargo, con dosis más bajas (2,5 g) similares a las que se encuentran en la bebida GT utilizada en nuestro estudio, no hay efectos ergogénicos del cordyceps informados en estudios anteriores sobre el VO_{2max} [81-83] en varones activos saludables. Así, dada la evidencia contradictoria, el cordyceps puede ser otro ingrediente en GT que actuó de manera sinérgica para mejorar CV y el volumen de entrenamiento en el estudio presente.

El rol que los ingredientes restantes del suplemento GT (por ej. citrulina y rhodiola) pueden desempeñar no es completamente evidente. La citrulina es un aminoácido no esencial que puede aumentar la absorción del lactato, aumentar la resíntesis de ATP y demorar la fatiga durante el ejercicio de alta intensidad [84, 85]. Aunque la evidencia está limitada a los seres humanos, la citrulina podría haber influido en la resíntesis de ATP/PCr durante las series de HIIT mejorando de ésta manera el volumen de entrenamiento. Además, *rhodiola* podría actuar como un estimulante para optimizar los niveles de serotonina y de dopamina [86]. Se ha demostrado que la suplementación aguda (es decir, 2 días) aumenta el tiempo hasta el agotamiento y el VO_{2max} actuando como un antioxidante y reduciendo la percepción de fatiga [87-90]. Juntos estos ingredientes pueden haber influido positivamente sobre la CV y en el volumen de entrenamiento, sin embargo, esta especulación no puede ser demostrada en el presente estudio.

Conclusión

En conclusión, los resultados de este estudio indican que la ingestión aguda pre-ejercicio del suplemento GT que contenía 100 mg de cafeína, 1,5 g de creatina, 1g BCAA, 9 g de proteínas de suero, 2,5 g de *cordyceps sinensis* y un combinado de 0,75 g de citrulina y rhodiola, consumido antes de realizar el HIIT durante tres semanas, puede aumentar significativamente la CV y el volumen de entrenamiento total en comparación con el HIIT y el consumo de un PL. Además, el mantenimiento y la tendencia hacia una mejora de la masa magra corporal (LBM) sugieren que GT puede ser útil para conservar la masa magra durante los períodos de entrenamiento de alta intensidad. Dado que no había un solo ingrediente en GT que pudiera ser responsable, por si solo de los aumentos, es probable que la combinación de dosis relativamente bajas de varios ingredientes (cafeína, creatina, BCAA, proteínas de suero y cordyceps) sea la responsable de los aumentos en el rendimiento aeróbico, volumen de entrenamiento y la conservación de la masa magra.

Agradecimiento

Este estudio fue financiado por *Corr-Jensen Laboratories Inc.*, Aurora, CO, EE.UU. http://corrjensen.com.

Contribuciones de los Autores

AES fue el primer autor del manuscrito y desempeñó un rol importante en diseño del estudio, recolección y valoración de los datos. DHF y KLK tuvieron un rol importante en la recolección de los datos y preparación del manuscrito. JRS fue el autor senior y desempeñó un papel importante en la procuración de los fondos, diseño del estudio, análisis de los datos y preparación del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

Intereses de Competencia

Los autores declaran que no poseen intereses de competencia.

REFERENCIAS

1. Kerksick C, Harvey T, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, Kalman D, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Ivy JL, Antonio J (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr, 5:17*
2. Coburn JW, Housh DJ, Housh TJ, Malek MH, Beck TW, Cramer JT, Johnson GO, Donlin PE (2006). Effects of leucine and whey protein supplementation during eight weeks of unilateral resistance training. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 20 (2): 284-291*
3. Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, Carey MF, Hayes A (2007). Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Medicine and science in sports and exercise, 39(2):298-307*
4. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE, Wolfe RR (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American journal of physiology, 281(2):E197-206*
5. White JP, Wilson JM, Austin KG, Greer BK, St John N, Panton LB (2008). Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr, 5:5*
6. Willoughby DS, Stout JR, Wilborn CD (2007). Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino acids, 32(4):467-477*
7. Faria IE (1984). Applied physiology of cycling. *Sports medicine (Auckland, NZ), 1(3):187-204*
8. Edge J, Bishop D, Goodman C (2006). Effects of chronic NaHCO3 ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity,. metabolism, and short-term endurance performance. *Journal of applied physiology, 101(3):918-925*
9. Graef JL, Smith AE, Kendall KL, Fukuda DH, Moon JR, Beck TW, Cramer JT, Stout JR (2009). The effects of four weeks of creatine supplementation and high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 6(1):18*
10. Kendall KL, Smith AE, Graef JL, Fukuda DH, Moon JR, Beck TW, Cramer JT, Stout JR (2009). Effects of four weeks of high-intensity interval training and creatine supplementation on critical power and anaerobic working capacity in college-aged men. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 23(6):1663-166*
11. Smith AE, Walter AA, Graef JL, Kendall KL, Moon JR, Lockwood CM, Fukuda DH, Beck TW, Cramer JT, Stout JR (2009). Effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on endurance performance and body composition in men; a double-blind trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 6:5*
12. Smith AE, Moon JR, Kendall KL, Graef JL, Lockwood CM, Walter AA, Beck TW, Cramer JT, Stout JR (2009). The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. *European journal of applied physiology, 105(3):357-363*
13. Syrotuik DG, Game AB, Gillies EM, Bell GJ (2001). Effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee 2001, 26(6):527-542*
14. Edge J, Bishop D, Goodman C (2006). The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *European journal of applied physiology 2006, 96(1):97-105*
15. Laursen PB, Blanchard MA, Jenkins DG (2002). Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee, 27(4):336-348*
16. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology, 102(4):1439-1447*
17. Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 75(1):7-13*
18. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2004, 287(3): R502-516*
19. Duffield R, Edge J, Bishop D (2006). Effects of high-intensity interval training on the VO2 response during severe exercise. *Journal of science and medicine in sport/Sports Medicine Australia, 9(3):249-255*
20. Jones G (2008). Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. *Essays in biochemistry, 44:109-123*
21. Costill DL, Dalsky GP, Fink WJ (1978). Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. *Medicine and science in sports 1978, 10(3):155-158*
22. Spriet LL, MacLean DA, Dyck DJ, Hultman E, Cederblad G, Graham TE (1992). Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *The American journal of physiology, 262(6 Pt 1):E891-898*

23. Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *The American journal of physiology 1994, 266(5 Pt 1):E725-730*
24. Harris RC, Soderlund K, Hultman E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond), 83(3):367-374*
25. Birch R, Noble D, Greenhaff PL (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology 1994, 69(3):268-276*
26. Earnest CP, Snell PG, Rodriguez R, Almada AL, Mitchell TL (1995). The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. *Acta physiologica Scandinavica 1995, 153(2):207-209*
27. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson HK, Kohnke R (2006). Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *The Journal of nutrition, 136(1 Suppl):269S-273S*
28. Candeloro N, Bertini I, Melchiorri G, De Lorenzo A (1995). Effects of prolonged administration of branched-chain amino acids on body composition and physical fitness. *Minerva endocrinologica 1995, 20(4):217-223*
29. Matsumoto K, Mizuno M, Mizuno T, Dilling-Hansen B, Lahoz A, Bertelsen V, Munster H, Jordening H, Hamada K, Doi T (2007). Branched-chain amino acids and arginine supplementation attenuates skeletal muscle proteolysis induced by moderate exercise in young individuals. *International journal of sports medicine, 28(6):531-538*
30. Laursen PB, Jenkins DG (2002). The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports medicine (Auckland, NZ) 2002, 32(1):53-73*
31. Monod H, Scherrer J (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics, 8:329-337*
32. Gaesser GA, Wilson LA (1988). Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *International journal of sports medicine, 9(6):417-421*
33. Jenkins DG, Quigley BM (1993). The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. *Medicine and science in sports and exercise 1993, 25(2):275-282*
34. Nebelsick-Gullett LJ, Housh TJ, Johnson GO, Bauge SM (1988). A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics, 31(10):1413-1419*
35. Hughson RL, Orok CJ, Staudt LE (1984). A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. *International journal of sports medicine 1984, 5(1):23-25*
36. Housh TJ, Cramer JT, Bull AJ, Johnson GO, Housh DJ (2001). The effect of mathematical modeling on critical velocity. *European journal of applied physiology 2001, 84(5):469-475*
37. Housh TJ, Devries HA, Housh DJ, Tichy MW, Smyth KD, Tichy AM (1991). The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 31(1):31-36*
38. Poole DC, Ward SA, Whipp BJ (1990). The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 59(6):421-429*
39. Eckerson JM, Stout JR, Moore GA, Stone NJ, Nishimura K, Tamura K (2004). Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 18(1):168-173*
40. Jacobs I, Bleue S, Goodman J (1997). Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee 1997, 22(3):231-243*
41. Smith JC, Stephens DP, Hall EL, Jackson AW, Earnest CP (1998). Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling. *European journal of applied physiology and occupational physiology 1998, 77(4):360-365*
42. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A (1963). Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences, 110:113-140*
43. Peake J, Wilson G, Hordern M, Suzuki K, Yamaya K, Nosaka K, Mackinnon L, Coombes JS (2004). Changes in neutrophil surface receptor expression, degranulation, and respiratory burst activity after moderate- and highintensity exercise. *Journal of applied physiology 2004, 97(2):612-618*
44. Florence S, Weir JP (1997). Relationship of critical velocity to marathon running performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 75(3):274-278*
45. Graham TE, Spriet LL (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol, 78(3):867-874*
46. Magkos F, Kavouras SA (2005). Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Critical reviews in food science and nutrition, 45(7-8):535-562*
47. Tarnopolsky MA (2010). Caffeine and endurance performance. *Sports medicine (Auckland, NZ) 1994, 18(2):109-125. Smith et al. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 7:10*
48. Spriet LL (1995). Caffeine and performance. *International journal of sport nutrition 1995, 5(Suppl):S84-99*
49. Acheson KJ, Zahorska-Markiewicz B, Pittet P, Anantharaman K, Jequier E (1980). Caffeine and coffee: their influence on metabolic rate and substrate utilization in normal weight and obese individuals. *The American journal of clinical nutrition, 33(5):989-997*
50. Poehlman ET, Despres JP, Bessette H, Fontaine E, Tremblay A, Bouchard C (1985). Influence of caffeine on the resting metabolic rate of exercise-trained and inactive subjects. *Medicine and science in sports and exercise, 17(6):689-694*
51. Dulloo AG, Geissler CA, Horton T, Collins A, Miller DS (1989). Normal caffeine consumption: influence on thermogenesis and daily energy expenditure in lean and postobese human volunteers. *The American journal of clinical nutrition, 49(1):44-50*
52. Collomp K, Ahmaidi S, Audran M, Chanal JL, Prefaut C (1991). Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. *J Sports Med, 12(5):439-443*
53. Greer F, McLean C, Graham TE (1998). Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *J Appl Physiol, 85(4):1502-1508*

54. Anselme F, Collomp K, Mercier B, Ahmaidi S, Prefaut C (1992). Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 65(2):188-191*
55. Wiles JD, Coleman D, Tegerdine M, Swaine IL (2006). The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratorybased 1 km cycling time-trial. *Journal of sports sciences, 24(11):1165-1171*
56. Burke LM (2008). Caffeine and sports performance. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme 2008, 33(6):1319-1334*
57. Ganio MS, Klau JF, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CM (2009). Effect of caffeine on sport-specific endurance performance: a systematic review. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 23(1):315-324*
58. Beck TW, Housh TJ, Malek MH, Mielke M, 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/National Strength & Conditioning Association, 22(5):1654-1658*
59. Bruce CR, Anderson ME, Fraser SF, Stepto NK, Klein R, Hopkins WG, Hawley JA (2000). Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *Medicine and science in sports and exercise 2000, 32(11):1958-1963*
60. Pasman WJ, van Baak MA, Jeukendrup AE, de Haan A (1995). The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med, 16(4):225-230*
61. Balsom PD, Soderlund K, Sjodin B, Ekblom B (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta physiologica Scandinavica 1995, 154(3):303-310*
62. Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell S, Hultman E, Greenhaff PL (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *The American journal of physiology, 271(1 Pt 1):E31-37*
63. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol 1997, 83(6):2055-2063*
64. Kreider RB (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and cellular biochemistry 2003, 244(1- 2):89-94*
65. Stroud MA, Holliman D, Bell D, Green AL, Macdonald IA, Greenhaff PL (1994). Effect of oral creatine supplementation on respiratory gas exchange and blood lactate accumulation during steady-state incremental treadmill exercise and recovery in man. *Clin Sci (Lond) 1994, 87(6):707-710*
66. Volek J, Kraemer W (1996). Creatine Supplementation: its effect on human muscular performance and body composition. *J Strength Cond Res, 10(3):200-210*
67. Hultman E, Soderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL (1996). Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol, 81(1):232-237*
68. Thompson CH, Kemp GJ, Sanderson AL, Dixon RM, Styles P, Taylor DJ, Radda GK (1996). Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers. *British journal of sports medicine, 30(3):222-225*
69. Blomstrand E (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *The Journal of nutrition, 136(2):544S-547S.*
70. Mittleman KD, Ricci MR, Bailey SP (1998). Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Medicine and science in sports and exercise 1998, 30(1):83-91*
71. Antonio J, Sanders MS, Van Gammeren D (2001). The effects of bovine colostrum supplementation on body composition and exercise performance in active men and women. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif), 17(3):243-247*
72. Betts J, Williams C, Duffy K, Gunner F (2007). The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance. *Journal of sports sciences, 25(13):1449-1460*
73. Buckley JD, Abbott MJ, Brinkworth GD, Whyte PB (2002). Bovine colostrum supplementation during endurance running training improves recovery, but not performance. *J Sci Med Sport, 5(2):65-79*
74. Shing CM, Jenkins DG, Stevenson L, Coombes JS (2006). The influence of bovine colostrum supplementation on exercise performance in highly trained cyclists. *British journal of sports medicine 2006, 40(9):797-801*
75. Zhu JS, Halpern GM, Jones K (1998). The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine. *Cordyceps sinensis: part I. Journal of alternative and complementary medicine (New York, NY), 4(3):289-303*
76. Ko KM, Leung HY (2007). Enhancement of ATP generation capacity, antioxidant activity and immunomodulatory activities by Chinese Yang and Yin tonifying herbs. *Chinese medicine, 2:3*
77. Nagata A, Tajima T, Uchida M (2006). Supplemental anti-fatigue effects of cordyceps sinensis (touchukaso) extract powder during three stepwise exercise of human. *Jpn J Phys Fitness Sports Med, 55(Suppl): S145-S152*
78. Zhu JS, Halpern GM, Jones K (1998). The scientific rediscovery of a precious ancient Chinese herbal regimen: Cordyceps sinensis: part II. *Journal of alternative and complementary medicine (New York, NY) 1998, 4(4):429-457*
79. Colson SN, Wyatt FB, Johnston DL, Autrey LD, FitzGerald YL, Earnest CP (2005). Cordyceps sinensis- and Rhodiola rosea-based supplementation in male cyclists and its effect on muscle tissue oxygen saturation. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 19(2):358-363*
80. Earnest CP, Morss GM, Wyatt F, Jordan AN, Colson S, Church TS, Fitzgerald Y, Autrey L, Jurca R, Lucia A (2004). Effects of a commercial herbalbased formula on exercise performance in cyclists. *Medicine and science in sports and exercise, 36(3):504-509*
81. Parcell AC, Smith JM, Schulthies SS, Myrer JW, Fellingham G (2004). Cordyceps Sinensis (CordyMax Cs-4) supplementation does not improve endurance exercise performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 14(2):236-242*
82. Briand J, Blehaut H, Calvayrac R, Laval-Martin D (1992). Use of a microbial model for the determination of drug effects on cell metabolism and energetics: study of citrulline-malate. *Biopharmaceutics & drug disposition, 13(1):1-22*
83. Bendahan D, Mattei JP, Ghattas B, Confort-Gouny S, Le Guern ME, Cozzone PJ (2002). Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. *British journal of sports medicine, 36(4):282-289*

84. Brekhman II, Dardymov IV (1969). New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Annual review of pharmacology, 9:419-430*
85. Abidov M, Grachev S, Seifulla RD, Ziegenfuss TN (2004). Extract of Rhodiola rosea radix reduces the level of C-reactive protein and creatinine kinase in the blood. *Bulletin of experimental biology and medicine 2004, 138(1):63-64*
86. De Bock K, Eijnde BO, Ramaekers M, Hespel P (2004). Acute Rhodiola rosea intake can improve endurance exercise performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2004, 14(3):298-307*

Cita Original

Smith Abbie E, David H Fukuda, Kristina L Kendall, Jeffrey R Stout. The effects of a pre-workout supplement containing caffeine, creatine, and amino acids during three weeks of high-intensity exercise on aerobic and anaerobic performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition; 7: 10, 2010.