

Monograph

Suplementación con Creatina: Implicaciones para el Halterófilo Competitivo

Eamonn P Flanagan

Universidad de Limerick, Irlanda.

RESUMEN

En el presente artículo se realiza una breve revisión de las investigaciones relacionadas con el tema de la suplementación con creatina con especial referencia a los aspectos más relevantes para los halterófilos competitivos. El artículo está dirigido a los halterófilos y sus entrenadores con el fin de ampliar sus conocimientos acerca de los suplementos de manera específicamente relacionada con su deporte. Las recomendaciones realizadas en el presente artículo tienen en cuenta los efectos específicos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en halterofilia, así como también las prácticas de carga adecuadas para los halterófilos, y los efectos de la suplementación sobre el mantenimiento del peso corporal.

Palabras Clave: halterofilia, suplementación con creatina, efecto ergogénico, aumento de peso, periodización

INTRODUCCION

La creatina se ha convertido en uno de los suplementos nutricionales más populares en el ámbito del deporte y la ciencia del ejercicio (16). Actualmente en el mercado hay una gran abundancia de productos con creatina, incluyendo "creatina en suero" y "creatina etil-ester". Sin embargo, hasta la fecha, el monohidrato de creatina es el único producto de suplementación con creatina que se ha investigado de manera minuciosa en la literatura científica y ha demostrado ser un verdadero potenciador del rendimiento. Este artículo reseña la investigación sobre el tema de la suplementación con monohidrato de creatina, incluyendo los protocolos de suplementación, los mecanismos de acción, los efectos potenciadores del rendimiento y los posibles efectos secundarios. En el artículo se presentará la evidencia científica actual y se tratarán cuestiones prácticas de relevancia para entrenadores y atletas que se dedican al deporte de la halterofilia.

La halterofilia es un deporte de fuerza y potencia en el que se compete en 2 levantamientos: el arranque y el envión (34). La capacidad de un halterófilo para producir potencia tiene una alta correlación con los factores que determinan el éxito en el deporte (6, 34). La halterofilia es un deporte predominantemente anaeróbico que incluye esfuerzos intermitentes, de corta duración y muy alta intensidad (7, 34). Si bien durante las actividades del levantamiento de pesas se utilizan como fuentes energéticas las reservas de glucógeno (39) se considera que el sistema energético de la fosfocreatina es la vía metabólica principal utilizada tanto en durante el entrenamiento como en la competencia (7, 27).

Todas las contracciones musculares son utilizadas como fuente inmediata de energía al trifosfato de adenosina libre (ATP) (5). La contracción y la producción de potencia en las células musculares dependen de la formación cíclica de los puentes cruzados. Dado que las reservas de ATP libre son limitadas deben regenerarse mediante otros procesos metabólicos con el fin de generar y mantener una alta producción de potencia muscular. La fuente secundaria de energía inmediata es la

administra un placebo conjuntamente con el programa de entrenamiento. Un estudio reportó un incremento del 6% en la fuerza en 1RM el ejercicio de cargadas de potencia luego de la suplementación con creatina no observándose cambio alguno mediante la suplementación con placebo (26). En un segundo estudio se observó un incremento del 16% en la fuerza en 1RM en el ejercicio de cargadas de potencia luego de la suplementación con creatina en comparación con un incremento del 6 % en la condición placebo (21).

Teniendo en cuenta esta demostración empírica y los mecanismos de acción que se discutieron con anterioridad, es evidente que la suplementación con monohidrato de creatina resultará muy beneficiosa para los atletas que participan de competencias y entrenamientos intermitentes, de corta duración y alta intensidad como la halterofilia (9).

CARGA DE CREATINA

En la investigación, un método muy popular y efectivo de suplementación ha sido la aplicación de una carga aguda de creatina en un período corto de entre 5 y 7 días. Esto se ha logrado en general mediante la administración de 20-25g/día de monohidrato de creatina, dividido en 4-5 dosis de 5 g cada una, por un período de 5-7 días. Tales protocolos han demostrado incrementar de manera significativa el contenido de creatina muscular de los individuos y mejorar el rendimiento en ejercicios intermitentes de alta intensidad (12, 20). Los estudios que han utilizado dosis de monohidrato de creatina de 5 g, 4 veces al día, durante 3 días solamente, han mostrado que esta carga fue insuficiente para elevar de manera significativa el contenido total de creatina muscular (25).

Con la ingesta de una dosis de 5g de monohidrato de creatina se ha observado que el nivel plasmático de creatina se elevó entre cinco y diez veces luego de aproximadamente 1 hora (4). Este incremento en el contenido plasmático de creatina a su vez incrementa el gradiente de concentración sangre/músculo. Como resultado, se produce un incremento en el transporte de creatina a través de la sangre y la cual quedará retenida en la célula muscular. Con una vida media de 1- 1.5 horas, los niveles de creatina en sangre permanecen elevados por un breve período de tiempo (18). La repetición de esta dosis 4-5 veces por día con intervalos de aproximadamente 4 horas mantiene la concentración de creatina plasmática elevada de manera constante y facilita la circulación de creatina desde la sangre hacia la célula del músculo en un ritmo constante a lo largo de todo el día.

La investigación también ha demostrado que la ingesta constante de dosis bajas de monohidrato de creatina también es un método de suplementación viable. Un régimen de suplementación de 3g por día durante 28 días ha mostrado ser, a largo plazo, tan efectivo para incrementar el contenido de creatina muscular y producir beneficios ergogénicos como los métodos de carga aguda que se han descrito previamente (19). Sin embargo, mientras que el método de las dosis bajas elevará, con el correr del tiempo, el contenido de creatina muscular de manera comparable con los métodos de carga aguda de 5-7 días, el método de carga aguda es una forma segura y más rápida para incrementar la reserva de creatina muscular que los protocolos continuos de suplementación con dosis bajas y por lo tanto es el método más recomendado (19).

Grande y Graves han realizado un breve resumen en el que se detallan los diferentes protocolos de carga que se han utilizado en las investigaciones publicadas y los beneficios ergogénicos de dichos protocolos de carga (9).

En los estudios publicados, el único efecto secundario que se documenta sobre la suplementación con creatina es un incremento de la masa corporal causado por el aumento de retención de agua dentro del músculo (9, 32, 46). Existen diversos reportes anecdóticos acerca de que las personas que consumen creatina son más propensas a sufrir calambres relacionados con el calor y disfunciones renales (9). Sin embargo, la evidencia empírica no respalda estas afirmaciones y ha demostrado que la suplementación con creatina durante períodos prolongados, dentro de las dosis recomendadas, es una práctica segura y no aumenta la incidencia de calambres (13-15, 24, 32, 43).

Pese a la aparente seguridad de la suplementación con creatina, el método de carga descrito como "carga estándar" puede no resultar óptimo para algunos halterófilos. La halterofilia es un deporte controlado por peso con una amplia variedad de categorías de peso corporal desde menos de 56 kg hasta superar los 105 kg para los hombres, y desde menos de 48 kg hasta superar los 75 kg para las mujeres. Esto representa un conjunto de atletas con tamaños de cuerpo y necesidades de suplementación infinitamente diferentes. Se ha indicado que la utilización de dosis excesivas de monohidrato de creatina, mucho más allá de las pautas de suplementación recomendadas, podrían provocar efectos adversos idiosincrásicos en la función renal, y no se recomienda consumir creatina de manera indiscriminada sin tener en cuenta la dosificación (32). Si bien se requieren más estudios para respaldar dichas afirmaciones, se aconseja que los atletas y los entrenadores de la halterofilia sean cautelosos con los regímenes de suplementación. Esto puede llevarse a cabo mediante un protocolo de suplementación adaptado a la masa corporal.

La suplementación con creatina, personalizada a la masa corporal de los sujetos, ha demostrado incrementar de manera significativa la reserva muscular de PCr y Cr (19, 39) e inducir a un efecto ergogénico (23). La individualización de la dosis de carga puede llevarse a cabo proveyendo 0.3 g de monohidrato de creatina por cada kilogramo de peso corporal del atleta, por día (19, 23, 39). Esta cantidad se puede dividir en 4 dosis diarias iguales, durante 5 a 7 días. Como ejemplo práctico, una mujer pesista que pertenezca a la categoría de peso más liviano (48 kg) pesando 47 kg necesitaría aproximadamente 14 g de monohidrato de creatina (47 x 0.3 g) por día en 4 dosis de 3.5 g por la duración del período de carga. Un hipotético levantador que pertenece a la categoría de pesos pesados (105 kg) pesando 110 kg necesitaría aproximadamente 33 g de creatina (110 x 0.3 g) por día en 4 dosis de 8.25 g. Tras la fase de carga de 5-7 días, el atleta podría entonces continuar con 1 dosis de mantenimiento diaria personalizada de 0.03 g de monohidrato de creatina por kilogramo de peso corporal. Para nuestros hipotéticos atletas esto significaría una dosis única de 1.4 g por día para nuestra levantadora de la categoría de 48 kg y una dosis de 3.3 g por día para nuestro atleta de peso pesado. La investigación ha demostrado que dicho protocolo de carga puede elevar de manera efectiva en un 20% el contenido de creatina muscular por más de 6 días y que este protocolo de mantenimiento mantiene de manera efectiva el contenido de creatina muscular durante 30 días más (19).

Este protocolo de suplementación individualizado es muy parecido al de las cargas de 20 g/día que se utilizan habitualmente (12, 20). Para un hombre normal de 70 kg el patrón de suplementación equivale aproximadamente a 20 g divididos en 4 dosis durante 5 días. No obstante, la adaptación a la masa corporal tiene en cuenta un incremento de la suplementación para individuos más grandes o una cantidad reducida de suplementación para individuos particularmente pequeños, y es una mejora lógica para el protocolo de suplementación de "carga estándar". Al menos, este sería un protocolo de administración beneficioso para que lo adopten halterófilos particularmente grandes (hombres de la categoría de 105 kg en adelante) o particularmente pequeños (mujeres de la categoría de 48 kg u hombres de la categoría de 56 kg).

Es importante observar que existe una variabilidad considerable en el incremento del contenido de creatina muscular al adoptar la suplementación. Algunos individuos no son respondedores y experimentan un incremento bajo o nulo en el contenido de creatina muscular adoptando protocolos de carga habitualmente efectivos. Se estima que el 20-30% de los individuos no responde de manera significativa a la suplementación (12, 39). Por ejemplo, 1 estudio de investigación descubrió que una dosis de carga suficiente para elevar la concentración de creatina muscular en 5 de 8 sujetos en aproximadamente un 25% surtió poco efecto en el contenido de creatina muscular de 3 sujetos que no respondieron al tratamiento (12). Otros individuos pueden responder muy bien, y la suplementación de monohidrato de creatina puede lograr un incremento >30% en el contenido total de creatina muscular (29). La investigación no ha establecido de manera definitiva la razón para una variabilidad tan grande entre sujetos en cuanto a los cambios del contenido de creatina muscular al adoptar una suplementación. Se ha sugerido que un factor determinante de la absorción de creatina a nivel muscular parece ser el contenido de creatina inicial en ese músculo (12, 29). La evidencia publicada demuestra que los sujetos con contenido más bajo de creatina muscular en reposo exhiben una mayor magnitud de incremento luego de la suplementación, mientras que los sujetos con contenidos de creatina más elevados experimentarán un incremento bajo o nulo (12).

Los atletas en la halterofilia al igual que los entrenadores deben ser conscientes de la posibilidad de que algún atleta determinado pueda no responder a la suplementación de la manera deseada, y por lo tanto no deben tener expectativas poco realistas al adoptar una suplementación.

EL EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON CREATINA SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA HALTEROFILIA

Tras un período de carga, los atletas que utilizan la suplementación y su entrenador o entrenadora deberían ser conscientes de la manera en que se puede esperar que mejore el rendimiento. Un aspecto de la suplementación con creatina que se malinterpreta es suponer que una fase de carga provocará de inmediato una mejora en los levantamientos máximos. Los halterófilos al igual que los entrenadores deberían ser conscientes de que éste no es el caso.

Como se mencionó con anterioridad, la producción de potencia tiene una alta correlación con el rendimiento en la halterofilia (6, 33). A su vez, la producción pico de potencia es altamente dependiente de la velocidad de contracción muscular (5). Esto es determinado por la tasa a la que se producen los ciclos de puentes cruzados. La enzima miosina ATPasa se clasifica como una enzima limitadora de la tasa de ciclos de puentes cruzados (5). Su actividad limita la tasa a la que se producen los ciclos de puentes cruzados, y, como resultado, limita la velocidad de contracción muscular (5). Por ejemplo, se observa que los filamentos de miosina en las fibras musculares de contracción rápida tipo II tienen una actividad de miosina ATPasa más alta que la miosina en las fibras de contracción lenta tipo I. Esto le permite a las fibras de

contracción rápida mayores tasas de producción de ciclos de puentes cruzados y por lo tanto desarrollar una mayor producción de potencia que las fibras de contracción lenta (5). Teniendo en cuenta esto, se puede observar que la tasa pico de producción de ciclos de puentes cruzados depende de factores externos a la reserva de PCr. Los factores sobre los que la suplementación con creatina tiene influencia, tales como la disponibilidad de PCr o la tasa de resíntesis de PCr, no afectarán directamente la tasa máxima de producción de ciclos de puentes cruzados en un músculo no fatigado.

En vista de esta evidencia, la suplementación con creatina no incrementará la máxima velocidad de concentración ni la producción del pico de potencia del músculo que no está en estado de fatiga. Los halterófilos deberían ser conscientes de que la suplementación no incrementará de manera repentina ni directa su fuerza máxima en el arranque ni en el envión. No obstante, la suplementación retrasará la fatiga, facilitará la recuperación e incrementará la producción de potencia en las etapas posteriores del entrenamiento (3, 4, 12, 16, 20). Esto le permitirá al halterófilo realizar un trabajo mayor en cada sesión del entrenamiento, que con el correr del tiempo ayudará a incrementar el rendimiento en los levantamientos de máximo esfuerzo.

La suplementación con creatina es de particular beneficio durante las fases de entrenamiento de alta intensidad, alto volumen que inducen altos niveles de fatiga. A través de la periodización, la preparación del halterófilo se divide en fases diferentes, cada una con sus objetivos de entrenamiento específicos. En general estas fases incluyen fases de preparación y fases de competencia. El volumen de entrenamiento por regla general se incrementa durante las fases de preparación a través del aumento de las repeticiones por serie y el aumento de la cantidad de series en una sesión de entrenamiento determinada (33). Recientemente, se ha recomendado la utilización de un alto número de repeticiones (5-10 reps) en la fase de preparación del entrenamiento como mecanismo para mejorar la composición corporal e incrementar la resistencia a la fuerza y la resistencia a la potencia (36). Durante el período de competencia del entrenamiento, el volumen de entrenamiento en general disminuye, con menos repeticiones de cada ejercicio realizado. El entrenamiento también se concentra más en los levantamientos de competencia que en los ejercicios auxiliares, que pueden destacarse más en la fase de preparación (8, 36). Asimismo, antes de participar en competencias, se emplean los principios de la puesta a punto, para lo cual se reduce aun más el volumen de entrenamiento y el nivel de fatiga asociada al entrenamiento.

Dado que se ha demostrado que la suplementación con creatina mejora el rendimiento durante la realización de ejercicios que utilizan principalmente la vía energética de la PCr, la suplementación aportará los mayores beneficios cuando los halterófilos se encuentren en los períodos de entrenamiento en los que se provoque una fatiga muscular considerable. La fase de preparación es una de estas fases de entrenamiento. La suplementación durante la fase de competencia no beneficiará de manera significativa al atleta puesto que, en general, las repeticiones disminuyen y se reduce el grado de fatiga muscular. El halterófilo y el entrenador deberían tomar esto en cuenta para determinar el momento elegido para la suplementación con creatina dentro del ciclo de entrenamiento.

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y CONTROL DEL PESO CORPORAL

Otro factor que puede influenciar el momento elegido para la suplementación con creatina dentro del ciclo de entrenamiento es el rápido aumento de peso asociado a la carga de creatina. La creatina es una sustancia osmóticamente activa; lo que significa que mientras la creatina ingresa a las células musculares el agua ingresa junto a ella (46). La retención de agua se ha asociado con cambios profundos en la masa corporal que van de 1 a 3 kg luego de la fase de carga de creatina (3, 12, 47). Sin embargo, curiosamente, este aumento de peso a corto plazo puede no ser provocado sólo por la retención de fluidos. La investigación ha demostrado que luego de la suplementación, se incrementa la cantidad total de agua en el cuerpo pero no al grado de que represente el aumento total del peso del cuerpo (41). El aumento de la retención de fluidos puede ser proporcional al aumento de peso (44, 45). Por ejemplo, teniendo en cuenta que el músculo se comprende de 73% de agua (5), si un atleta aumenta 1 kg de músculo, 0.73 kg del aumento de peso sería el resultado del agua retenida mientras que los 0.27 kg restante sería resultado de verdaderos aumentos de la masa magra. En estudios a largo plazo se ha observado que los atletas que realizaron un protocolo de suplementación con creatina combinado con un programa de entrenamiento orientado a la hipertrofia, exhibieron un incremento en la masa libre de grasa mayor que los atletas del grupo control (41, 44, 45). Este aumento de peso se produjo sin un incremento concomitante en el porcentaje de agua corporal total. Estos aumentos en el peso son representativos del incremento en la hipertrofia muscular (41, 44, 45).

La halterofilia es un deporte controlado por peso en el que es común que muchos competidores “ganen peso” antes de la competencia. Los halterófilos que tienen que mantener pesos corporales estrictos antes de la competencia deberían proceder con precaución al introducir una suplementación que pueda inducir un repentino aumento de peso. Es posible que los halterófilos no deseen introducir el suplemento por primera vez en la fase de preparación de la competencia puesto que el aumento de peso asociado puede elevarlos de la categoría de peso preferida para la competencia. Los halterófilos deberían utilizar la suplementación a comienzos del ciclo de entrenamiento, en la fase de preparación, para tener la

suficiente posibilidad de compensar cualquier aumento de peso adicional provocado por la suplementación con reducción de calorías u otras prácticas elegidas para ganar peso antes del pesaje de la competencia.

Durante la competencia de halterofilia, al competidor con el menor peso corporal se le concede una victoria en el caso de un empate en el peso levantado ya sea en el arranque como el envión, o en el total olímpico (la suma del peso levantado en arranque y envión). Los entrenadores y los atletas deberían analizar con cuidado el efecto que el aumento de peso asociado a la suplementación con creatina tiene en su relación fuerza-masa. Los entrenadores pueden hacer esto monitoreando el denominado *coeficiente Sinclair* del halterófilo a lo largo del período de entrenamiento del atleta. El coeficiente Sinclair se utiliza como una herramienta para clasificar a los halterófilos en diferentes divisiones de peso y considerar el peso total que el atleta puede levantar tanto en el arranque como el envión en función de su peso corporal. Estos coeficientes también se han utilizado en la investigación científica como mecanismo para monitorear el progreso en el entrenamiento de la fuerza (37). Luego de la suplementación, si la masa corporal aumenta de manera significativa y en el período de entrenamiento apropiado no se produce un incremento en el rendimiento, el coeficiente Sinclair del competidor podría disminuir. Esto representaría una reducción en el rendimiento relativo. Si éste fuera el caso, los entrenadores y los atletas deberían discutir la posibilidad de suspender la suplementación.

Existe un aspecto adicional relacionado con la suplementación con creatina que los halterófilos, como atletas de un deporte controlado por peso, necesitan saber. A menudo se recomienda consumir grandes cantidades de carbohidratos simples junto con cada dosis de creatina durante la fase de carga (10, 33). Existen estudios que han demostrado que el consumo de dosis de creatina con 90-100g de azúcares simples (como la glucosa) puede facilitar la asimilación de la creatina en los músculos en comparación a consumir creatina sola, y esto se produce a través de un efecto estimulante de la insulina en el transporte de creatina muscular (10, 29, 34). Recientemente se ha propuesto un método alternativo que consiste en consumir 1g de glucosa por kilogramo de peso corporal con cada dosis de creatina en la fase de carga (28). La ingesta de tal cantidad de carbohidratos en la dieta es excesiva. Para un halterófilo de 90 kg, que adopta el protocolo de 1 g de glucosa por kilogramo de peso corporal con cada dosis de creatina significaría un consumo aproximado de 90 g con cada dosis de creatina ingerida y equivaldría a un exceso diario de 370 g de carbohidratos. Esto equivale a un excedente de energía de aproximadamente 1500 kilocalorías por cada día durante la fase de carga. Tal excedente calórico sería problemático para cualquier halterófilo que respete un plan nutricional estricto y un mantenimiento de peso corporal específico.

La investigación ha demostrado que la creatina ingerida con 50 g de proteínas y 47 g de carbohidratos simples puede ser tan efectiva para estimular la liberación de insulina y facilitar la retención de creatina en las células musculares como ingerir creatina con casi 100 g de carbohidratos simples, y puede ser más efectiva que tomar creatina con 50g de carbohidratos solos (34). No obstante, el contenido de azúcar de tal protocolo alimenticio aún representa una incorporación significativa de calorías al consumo diario de un halterófilo y podría tener un efecto perjudicial en el peso y la composición corporal. Se recomienda que los atletas semejantes a los halterófilos, de deportes con categorías de peso, eviten estas prácticas y el suplemento con creatina sola (1). Tal método de suplementación puede provocar incluso aumentos significativos en el contenido de creatina muscular (1). No obstante, es posible que los halterófilos deseen programar la suplementación de modo que coincida con los horarios de las comidas existentes, en especial comidas que combinen fuentes de alimento con proteínas y carbohidratos. De esta manera el atleta puede recibir algún beneficio del consumo de creatina a partir de la liberación de insulina adoptando una comida sin agregar calorías adicionales a su dieta.

APLICACIONES PRACTICAS

Se aconseja que aquellos halterófilos que deseen incluir la suplementación con creatina a su programa nutricional, escojan como suplemento al monohidrato de creatina ya que, hasta la fecha, es el único producto de creatina que ha sido investigado en profundidad por la comunidad de las ciencias del deporte y el ejercicio, y ha demostrado ser un legítimo potenciador del rendimiento. El monohidrato de creatina es un suplemento que puede resultar inmensamente beneficioso para los halterófilos, en particular durante las fases de entrenamiento de alto volumen que se caracterizan por múltiples repeticiones y que inducen un alto nivel de fatiga. Los halterófilos que intentan mantener un peso corporal específico para la competencia deberían introducir la suplementación al comienzo del ciclo de entrenamiento, en la fase de preparación, para poder tener la suficiente posibilidad de compensar cualquier aumento de peso adicional provocado por la suplementación. Además, dichos halterófilos deberían evitar la práctica que en general se recomienda de tomar creatina con grandes cantidades de carbohidratos simples, puesto esto puede tener un efecto perjudicial sobre el peso y la composición corporal. En cambio, se recomienda que estos atletas realicen la ingesta de creatina conjuntamente con sus comidas diarias, para aprovechar el incremento en la tasa de absorción de creatina mediado por la insulina. Se aconseja a los entrenadores que controlen el coeficiente Sinclair de sus atletas con el transcurso del tiempo para garantizar que la suplementación haya influido de manera positiva en la relación fuerza-masa. Es posible que los halterófilos deseen

implementar una fase de carga de creatina que sea personalizada para su propio peso corporal, en especial aquellos que pertenezcan a las categorías particularmente livianas o pesadas.

Agradecimiento

El autor desea agradecer al Prof. Phil Jackson de la Universidad de Limerick por su colaboración y conocimientos en esta área de investigación.

REFERENCIAS

1. Antonio, J (2004). Creatine loading and maintenance dosing. *Strength Cond. J.* 26:26-27
2. Brooks, G.A. T.D. Fahey, and T.P. White (1996). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications (2nd ed.). *Mountain View, CA: Mayfield Publishing*
3. Carlock, J., S.L. Smith, M. Hartman, R. Morris, D. Ciroslam, K.C. Pierce, R.U. Newton, E. Harman, W.A. Sands, and M.H. Stone (2004). Relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: A field-test approach. *J. Strength Cond. Res.* 18:534-539
4. Chiu, L.Z.F., and B.K. Schilling (2005). A primer on weightlifting: From sport to sports training. *Strength Cond. J.* 27(1):42-48
5. Dreschel, A (1998). The Weightlifting Encyclopedia (1st ed.). *Flushing, NY: A is A Communications*
6. Grande, B.M., and S. Graves (2005). Creatine supplementation: Forms, functions, and effects. *Strength Cond. J.* 27(1):62-68
7. Green, A.L., E. Hultman, I.A. Macdonald, D.A. Sewell, and P.L. Greenhaff (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *Am. J. Physiol.* 271:821-826
8. Greenhaff P.L (1995). Creatine and its application as an ergogenic aid. *Int. J. Sport Nutr.* 5:100-110
9. Greenwood M., R.B. Kreider, L. Greenwood, AND A. BYARS (2003). Cramping and injury incidence in collegiate football players are reduced by creatine supplementation. *J. Athl. Train.* 38:216-219
10. Greenwood M., R.B. Kreider, L. Greenwood, D Willoughby, and A. Byars (2003). The effects of creatine supplementation on cramping and injury occurrence during college baseball training and competition. *J. Ex. Physiol. Online.* 6:16-23
11. Greenwood M., R.B. Kreider, C. Melton, C. Rasmussen, S. Lancaster, E. Cantler, P. Milnor, and A. Almada (2003). Creatine supplementation during college football training does not increase the incidence of cramping or injury. *Mol. Cell. Biochem.* 244:83-88
12. Haff, G.G., and K.B. Kirksey (1999). Creatine supplementation. *Cond. J.* 21(4):13-23
13. Havenetidis, K., O. Matsouka, C.B. Cooke, and A. Theodorou (2003). The use of varying creatine regimes on sprint cycling. *J. Sports Sci. Med.* 2:88-97
14. Izquierdo, M., J. Ibanez, J.J. Gonzalez-Badillo, and E.M. Gorstiaga (2001). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance and sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:332-343
15. Kamber, M., M. Koster, R. Kreis, G. Walker, C. Boesch, and H. Hoppeler (1999). Creatine supplementation - Part I: Performance, clinical chemistry, and muscle volume. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:1763-1769
16. Kirksey, B., M.H. Stone, B.J. Warren, R.L. Johson, M. Stone, G.G. Haff, F.E. Williams, and C. Proulx (1999). The effects of 6 weeks of creatine monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiate track and field athletes. *J. Strength Cond. Res.* 13:148-156
17. Kreider, R.B., C. Melton, C.J. Rasmussen, M. Greenwood, S. Lancaster, E.C. Cantler, P. Milnor, and A.L. Almada (2003). Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Cell Biochem.* 244:95-104
18. Odland, M.L., D.J. Macdougall, M.A. Tarnopolsky, A. Elorriaga, and A. Borgmann (1996). Effect of creatine supplementation on muscle PCr and short-term maximum power output. *Med. Sci. Sports Ex.* 29:216-219
19. Pearson, D.R., D.G. Hamby, W. Russel, and T. Harris (1999). Long-term effects of creatine monohydrate on strength and power. *J. Strength Cond. Res.* 13:187-192
20. Plisk, S.S (1991). Anaerobic metabolic conditioning: A brief review of theory, strategy and practical application. *J. Appl. Sports Sci. Res.* 5:22-34
21. Preen, D., B. Dawson, C. Goodman, J. Beilby, and S. Ching (2003). Creatine supplementation: A comparison of loading and maintenance protocols on creatine uptake by human skeletal muscle. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metabol.* 13:97-111
22. Rawson, E.S., and P.M. Clarkson (2003). Scientifically debatable: Is creatine worth its weight? . *Gatorade Sports Science Institute Sports Science Exchange.* 16:1-8
23. Rawson, E.S., and J. Volkek (2003). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *J. Strength Cond. Res.* 17:822-831
24. Sahlin, K (1998). Anaerobic metabolism, acid-base balance, and muscle fatigue during high intensity exercise. In: Oxford Textbook of Sports Medicine. *M. Harries, C. Williams, W.D. Stanish, and L.J. Micheli, eds. Oxford: Oxford University Press, pp. 69-76*
25. Schilling, B.K., M.H. Stone, A. Utter, J.T. Kearney, M. Johson, R. Coglianese, L. Smith, H.S. OBryant, A.C. Fry, M. Starks, R. Keith, and M.E. Stone (2001). Creatine supplementation and health variables: A retrospective study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:183-188
26. Steenge, G.R., J. Lambourne, A. Casey, A. Macdonald, and P.L. Greenhaff (1998). Stimulatory effect of insulin on creatine accumulation in human skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* 275:974-997

27. Steenge, G.R., E.J. Simpson, and P.L. Greenhaff (2000). Protein and carbohydrate-induced augmentation of whole body creatine retention in humans. *J. App. Physiol.* 89: 1165-1171
28. Stone, M.H., K.C. Pierce, W.A. Sands, and M.E. Stone (2006). Weightlifting—A brief overview. *Strength Cond. J.* 28(1):50-66
29. Stone, M.H., K.C. Pierce, W.A. Sands, and M.E. Stone (2006). Weightlifting: Program design. *Strength Cond. J.* 28(2):10-17
30. Stone, M.H., J.A. Potteiger, K.C. Pierce, C.M. Proulx, H.S. OBryant, R.L. Johnson, and M.E. Stone (2000). Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *J. Strength Cond. Res.* 14:332-337
31. Stone, M.H., T. Ward, D.P. Smith, and M. Rush (1979). Olympic weightlifting: Metabolic consequences of a workout. *The International Congress of Sports Sciences. Edmonton, AB*
32. Syrotuik, D.G., and G.J. Bell (2004). . Acute creatine monohydrate supplementation: A descriptive physiological profile of responders vs. non-responders. *J. Strength Cond. Res.* 18:610-617
33. Tesch, P.A., E.B. Colliander, and P. Kaiser (1986). Muscle metabolism during intense, heavy-resistance exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55:362-366
34. Vollestad, N.K (1997). Measurement of human muscle fatigue. *J. Neurosci. Meth.* 74:219-227
35. Watson, G., D.J. Casa, K.A. Fiala, A. Hile, M.W. Roti, J.C Healey, L.E. Armstrong, and C.M. Maresh (2006). Creatine use and exercise heat tolerance in dehydrated men. *J. Athl. Train.* 41:18-29
36. Willoughby, D.S., and J.M. Rosene (2001). Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1674-1681
37. Willoughby, D.S., and J.M. Rosene (2003). Effects of oral creatine and resistance training on myogenic regulatory factor expression. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35:923-929
38. Wyss, M., and R. Kaddurah-Daouk (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiol. Rev.* 80:1107-1213
39. Yquel, R.J., L.M. Arsac, E. Thiaudiere, P. Canioni, and G. Manier (2002). Effect of creatine supplementation on phosphocreatine resynthesis, inorganic phosphate accumulation and pH during intermittent maximal exercise. *J. Sports Sci.* 20: 427-437

Cita Original

Eamonn P. Flanagan. Creatine Supplementation: Implications for the Competitive Weightlifter. *Strength and Conditioning Journal*; 29(2):60-66.