PubliCE, (PubliCE) 1998

Revision of Literature

Creatina, ¿El Próximo Suplemento Ergogénico?

Richard B Kreider[1]

[1]*Exersice & Sport Nutrition Laboratory. Human Movement Sciences and Education. University of Memphis, Memphis, Tennesse, USA.*

RESUMEN

La creatina es utilizada en los músculos para almacenar energía para las carreras de velocidad y los ejercicios explosivos. Los atletas pueden incrementar la reserva muscular de creatina a través del consumo de suplementos que contengan la misma. Si bien algunos estudios no reportaron efectos ergogénicos, muchos reportaron que la suplementación con creatina (20 gramos/día durante 5 a 7 días) incrementa el rendimiento en carreras de velocidad en alrededor de un 15%. Este efecto ergogénico está relacionado aparentemente al consumo de creatina intramuscular. Se ha reportado que la suplementación con creatina durante el entrenamiento en un periodo de uno a dos meses promueve mayores ganancias en el rendimiento durante carreras de velocidad (5-8%), así como también ganancias en fuerza (5-15%) y en la masa magra (1-3%). El único efecto colateral conocido es el incremento del peso corporal. Se necesitan más investigaciones acerca de las diferencias individuales en respuesta a la suplementación con creatina, usos periódicos o cíclicos de la creatina, efectos colaterales, y los efectos a largo plazo sobre la resistencia.

Palabras Clave: creatina, ergogenia, suplementación, monohidrato, creatín

INTRODUCCIÓN

La creatina es un aminoácido, como un ladrillo que construye proteínas. La creatina en su forma fosforilada (fosfocreatina) constituye una importante reserva de energía en el interior de las células musculares. Durante un ejercicio de una duración aproximada de medio minuto, la fosfocreatina se degrada a creatina y fósforo, y la energía liberada es utilizada para resintetizar adenosíntrifosfato (ATP). La producción de potencia declina a medida que las reservas de fosfocreatina comienzan a depletarse, esto se debe a que el ATP no puede regenerarse lo suficientemente rápido como para abastecer las demandas de energía durante el ejercicio. Por lo cual una mayor reserva de PCr en el músculo puede reducir la fatiga durante el sprint. La creatina extra en el músculo puede incrementar la tasa de resíntesis de fosfocreatina después del esfuerzo, lo que podría resultar en una menor fatiga durante el ejercicio explosivo de carácter intermitente durante los entrenamientos o en muchas competencias deportivas.

Demasiada teoría; pero puedes lograr un mayor depósito de creatina y fosfocreatina en el músculo? Si, y ello puede incrementar el rendimiento durante carreras de velocidad, especialmente en carreras repetidas de velocidad. La creatina extra, es por lo tanto ergogénica, por que ayuda a generar mas potencia durante el ejercicio intenso. Además la suplementación con creatina a largo plazo produce mayores ganancias en el rendimiento de fuerza y carreras de velocidad pudiendo incrementar la masa libre de grasa. En este artículo se resumen la evidencia a favor y en contra de estos temas. El autor se basará en aproximadamente 42 trabajos de investigación y cuatro revisiones académicas para realizar conclusiones acerca del valor ergógenico de la suplementación con creatina. Además se proveen 25 referencias de estudios publicados a manera de resumen, los cuales reportan los más recientes hallazgos sobre la suplementación con creatina.

Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Creatina Muscular, Fosfocreatina, Y ATP

El recambio diario de creatina es de alrededor de 2 gramos para una persona de 70 kg. Aproximadamente la mitad de las necesidades diarias son cubiertas por el cuerpo a través de la síntesis de creatina a partir de otros aminoácidos. El sobrante de la necesidad diaria de creatina se obtiene a partir de la dieta. La carne y el pescado son los recursos mas naturales. Por ejemplo, existe 1 gramo de creatina en 250 gramos de carne. La suplementación con creatina sintética es la vía primaria con la que los atletas cargan sus músculos con creatina. Dosis diaria de 20 gramos de creatina por 5 a 7 días incrementan el contenido total de creatina en un 10-25%. Aproximadamente la tercera parte de la creatina extra en el músculo se haya en la forma de fosfocreatina (Harris 1991; Balsom et al., 1995).

La creatina extra aparentemente no incrementa la concentración de ATP, pero ayuda a mantener las concentraciones de ATP durante un esfuerzo máximo de sprint. Podría incrementar también la tasa de resíntesis de ATP y fosfocreatina durante el ejercicio (Greenhaff et al., 1993; Balsom et al., 1995; Casey et al, 1996).

Existe cierta evidencia que no todos los sujetos responden a la suplementación con creatina. Por ejemplo, un estudio reportó que los sujetos que experimentaron menores cambios en la concentración de este aminoácido (<20 mmol/kg de músculo húmedo) no se beneficiaron de la suplementación con creatina (Greenhaff et al., 1994). Sin embargo estudios mas recientes indicaron que tomando creatina con mayor concentración de glucosa se incrementa la concentración de creatina un 10% más que cuando la creatina es tomada sola (Green et al., 1996 a; Green et al., 1996). Consecuentemente la ingesta de creatina con glucosa puede incrementar sus efectos ergogénicos.

Efectos sobre la Performance

Los científicos primero investigaron los efectos ergogénicos de la carga de creatina a corto plazo. En un estudio típico, una dosis de creatina de 5 gramos es consumida 4 veces al día para asegurarse que el contenido muscular de creatina se incremente. Un grupo control es suplementado con placebo (glucosa u otra sustancias relativamente inertes) en un diseño doble ciego (ni los atletas ni los investigadores que evalúan saben quien tomó creatina o placebo antes de las evaluaciones). Muchos estudios han demostrado que la velocidad o la potencia en sprints y otro tipo de actividades explosivas que duran de pocos segundos a algunos minutos se incrementan en un 5-8%. El rendimiento en sprint repetidos también mejora cuando las pausas entre la actividad no permiten la recuperación completa. En este caso, el trabajo total puede incrementarse de un 5 a 15%. También existe evidencia que el trabajo realizado en tests de repeticiones máximas de fuerza se puede incrementar a través de la suplementación con creatina, típicamente en un 5-15%. Además el rendimiento en un 1 MR y el salto vertical también puede incrementarse mediante la suplementación con monohidrato de creatina, de un 5 a un 10%. La mejora del rendimiento en diferentes ejercicios ha correlacionado en forma positiva con el grado en el que la creatina se ha reservado en el músculo después de la suplementación, típicamente de 5-10%, particularmente en las fibras tipa II. (Casey et al., 1996).

Los investigadores últimamente han puesto su atención sobre la suplementación con creatina a largo plazo. En estos estudios se realiza una semana de carga de creatina de 20 a 25 gramos por día seguida por una fase de mantenimiento de hasta tres meses con una dosis reducida o similar a la fase de carga (2-25 gr. por día). El entrenamiento continúa como siempre, mientras que a un grupo se lo suplementa con creatina y al otro con placebo. Las mayores ganancias en el rendimiento han sido vistas ahora en sprint únicos, sprint repetidos y fuerza (5-15%), Tabla 1. Al final de este artículo se listan las referencias de los efectos positivos de la creatina sobre la performance.

Teóricamente la creatina puede afectar uno o más de los siguientes mecanismos:

- Un incremento en la concentración de creatina y fosfocreatina en las células musculares.
- Una mayor tasa de resíntesis de fosfocreatina entre las series de esfuerzos repetidos.
- Un incremento en eficiencia metabólica (menor producción de lactato, amonio, y/o hipoxantina)
- Mejores adaptaciones producidas por mayores cargas de entrenamiento.
- La suplementación con creatina durante el entrenamiento también puede provocar ganancias en la masa magra (ver composición corporal abajo).

No todos los estudios han reportado beneficios ergogénicos producidos por la suplementación con creatina (Tabla 3). En concordancia con esto, un número de estudios bien controlados indicaron que la suplementación con creatina no mejoró el rendimiento en sprints únicos y repetidos, el trabajo realizado durante series de máximas contracciones musculares, fuerza máxima, o ejercicios submaximos de endurance. Lo que es mas, un estudio reportó que la resistencia a la velocidad fue menor en sujetos suplementados con creatina, posiblemente debido a un incremento en la masa corporal (Balsom et al., 1993).

Analizando estos estudios, la suplementación con creatina fue aparentemente menos ergogénica en las siguientes situaciones:

- Cuando se utilizaron dosis menores a 20 gramos día durante 5 días o menos.
- Cuando se utilizaron bajas dosis de entre 2-3 gramos, sin un periodo previo de carga con altas dosis.
- En estudios cruzados llevados a cabo con tiempo insuficiente (menores a 5 semanas) para permitir el lavado de la creatina.
- En estudios con un número relativamente escaso de sujetos.
- Y cuando los sprints repetidos se realizaron con pausas de trabajo muy cortas o muy extensas.

También es posible que la variabilidad individual en respuesta a la suplementación con creatina pudo haber afectado a los beneficios ergogénicos de estos estudios. En adición se ha reportado que la cafeína puede ir en contra de los beneficios de la suplementación con creatina (Vandenberghe et al, 1996). Consecuentemente, aunque muchos estudios hallan indicado que la suplementación con creatina mejora la performance, la suplementación con creatina puede no proveer beneficios ergogénicos para todas las personas.

Composición corporal

Aunque algunos estudios no encontraron efectos, la mayoría indicaron que la suplementación con creatina a corto plazo incrementa la masa corporal total, de 0.7 a 1.6 kg. Con mayores periodos de uso, las ganancias llegan hasta los 3 kg mas, de lo que se ha reportado en los grupos control (por referencias ver tabla 4 al final de este artículo). Por ejemplo Kreider et al. (1998) reportó que 28 días de suplementación con creatina (16 gramos por día) resultó en una ganancia de de 1.1 kg. en la masa libre de grasa en jugadores de fútbol americano universitario que realizaron entrenamiento de fuerza y agilidad fuera de temporada. Además Vadenberghe et al. (1997) reportó que mujeres desentrenadas que ingirieron creatina (20 gramos por día por 4 días seguido de 5 gramos por día por 66 días) durante un período de entrenamiento de fuerza, presentaron mayores ganancias en la masa libre de grasa (1 kg) que las mujeres que ingirieron placebo durante el entrenamiento. Las ganancias en la masa libre de grasa fueron mantenidas mientras se ingería creatina (5 gramos por día) durante 10 semanas de desentrenamiento y cuatro semanas después que la suplementación culminara.

Hallazgos como estos sugieren que la suplementación con creatina puede promover ganancias en la masa libre de grasa durante el entrenamiento, pero todavía no se entiende el mecanismo por el cual esto sucede. Las dos teorías que prevalecen son que la suplementación con creatina promueve ya sea un incremento en la retención de agua o una mayor síntesis de proteínas. Se necesita mas investigación antes de tener la certeza acerca de la contribución que cada uno de estos procesos tiene sobre la ganancia de peso.

Efectos Colaterales

En estudios realizados en pacientes pre y post-quirurgicos, sujetos desentrenados, y atletas de elite, con dosis de 1.5 a 25 gramos por día hasta un año de duración, el único efectos colateral reportado fue la ganancia de peso corporal (Balsom, Soderlund & Ekblom, 1994). Sin embargo se han mencionados algunos efectos colaterales en publicaciones no científicas y listas de e-mail. Antes de discutir los probables efectos colaterales, debería notarse que los mismos emanan de reportes anecdóticos y pueden no estar relacionados con la suplementación con creatina. Deberíamos tener la precaución de basarnos en evidencia experimental y no en especulaciones acerca de los posibles efectos colaterales de la suplementación con creatina. Pero también debemos entender que solo pocos trabajos han estudiado directamente los efectos colaterales de la suplementación con creatina. Consecuentemente, la discusión sobre los efectos colaterales de suplementación con creatina sigue abierta.

Reportes anecdóticos de algunos preparadores físicos y entrenadores siguieren que la suplementación con creatina puede promover una mayor incidencia de calambres o contracturas musculares. Teóricamente, las ganancias de fuerza y de la masa corporal pueden producir un stress adicional sobre, huesos, articulaciones y ligamentos. Todavía no se han documentado incrementos en la tasa de lesiones por causa de la suplementación con creatina, teniendo en cuenta que muchos de estos estudios evaluaron a atletas altamente entrenados durante periodos intensos de entrenamiento. Los atletas aparentemente se adaptan al incremento de la fuerza, el cual es modesto y gradual.

Se han denunciado en reportes anecdóticos que atletas que entrenan con alta intensidad en el calor y la humedad sufrieron severos calambres musculares cuando tomaban creatina, y los calambres fueron atribuidos a la hipertermia y/o a cambios en la concentración de agua y sales en el músculo. Pero ningún estudio a ha reportado que la suplementación con creatina causa calambres, deshidratación, o cambios en la concentración de electrólitos, aún cuando algunos estudios han evaluado a atletas altamente entrenados realizando ejercicios intensos en ambientes cálido y húmedos. En mi experiencia con atletas que entrenan en el calor los calambres están relacionados a la fatiga muscular y la deshidratación mientras se realiza ejercicio en el calor. No está directamente relacionado con la suplementación con creatina. Sin embargo, los atletas que toman creatina cuando entrenan en ambientes calurosos y húmedos deberían tener cuidado sobre estos posibles efectos colaterales y tomar precauciones adicionales para evitar la deshidratación.

Se han realizado algunas consideraciones acerca de los efectos de la suplementación con creatina sobre la función de los

riñones. Aparentemente el cuerpo tiene la capacidad de disponer de creatina extra sin sufrir de ningún problema (Poortmans et al, 1997). La creatina extra es eliminada generalmente en la orina como creatina, con una pequeña cantidad descompuesta y eliminada como creatinina o urea. Ningún estudio ha demostrado que los resultados de la suplementación con creatina produjeran incrementos clínicamente significativos en el daño hepático o en deterioros de la función hepática.

También se ha sugerido que la suplementación con creatina puede disminuir la síntesis endógena de creatina. Algunos estudios han reportado que toma aproximadamente 4 semanas después de terminada la suplementación, retornar a los valores normales de creatina y fosfocreatina (Vandenberghe et al., 1997) y fosfocreatina (Febbraio et al., 1995). No esta clara la causa que reduce el contenido de la creatina después de la suplementación. Aunque se necesite más investigación, no existe evidencia que la suplementación con creatina pueda producir una supresión a largo plazo de la síntesis endógena de creatina, cuando se detiene la suplementación (Balsom, Sodelund & Ekblom, 1994; Hultman et al, 1996).

Existen efectos colaterales no descubiertos de la suplementación con creatina a largo plazo? No se han realizado estudios por periodos mayores a un año, pero la creatina ha sido utilizada como un suplemento nutricional por más de diez años. Aunque los efectos a largo plazo no pueden deducirse, no se reportaron efectos colaterales significativos mas que la ganancia de peso corporal. Este autor no se ha enterado de ninguna complicación médica significativa que este directamente vinculada a la suplementación con creatina.

Por otra parte la creatina y la fosfocreatina han sido utilizadas medicamente para reducir la debilidad muscular después de una cirugía y para mejorar la función cardíaca y la capacidad de realizar ejercicios en personas con isquemia cardíaca (Pauletto & Strumia, 1996; Gordon et al., 1996). La suplementación con creatina puede también reducir el riesgo de enfermedad cardíaca mejorando los perfiles lipídicos en sangre (Earnest, almada & Mitchell, 1996; Kreider et al. 1998). Basados en la investigaciones disponibles, considero que la suplementación con creatina es una practica medicamente segura cuando se ingieren las dosis descriptas en la literatura.

Determinar si la suplementación con creatina posee algún efecto colateral a corto o largo plazo es un área que está recibiendo mayor atención en investigación. Si la suplementación con creatina posee algún efecto colateral a corto o largo plazo, debería ser esta una importante discusión entre entrenadores y técnicos deportivos, quienes proveen creatina a sus atletas.

Cualquier persona que anime a los atletas a ingerir creatina debe aclararle que los efectos secundarios a largo plazo sobre la salud no se conocen del todo, y que los atletas no están obligados a tomar ese suplemento. Debería ser prudente tener un criterio formal para las dosis a ingerir .Esto reduciría las chances de que los atletas consuman altas cantidades de creatina.

Ética

La suplementación con creatina no está prohibida, pero una practica nutricional que mejora la performance ¿es anti-ética? Algunos consideraran que la suplementación con creatina es similar a realizar una carga de carbohidratos, la cual es bien aceptada. Otros consideraran que la suplementación con creatina puede causar efectos no deseados, por lo que algunos atletas que han tomado creatina estarían más propensos a utilizar sustancias peligrosas o prohibidas. Una adecuada educación entre atletas, entrenadores y preparadores físicos acerca de prácticas nutricionales aceptables e inaceptables seria probablemente la mejor manera de reducir cualquier posible riesgo.

Como usar la Creatina

Un típico régimen de carga para un atleta de 70 kilogramos consiste en ingerir una dosis de 5 gramos de creatina cuatro veces al día durante una semana. Posteriormente la dosis puede ser reducida de 2 hasta 5 gramos por día con el objeto de mantener un elevado contenido de creatina. Este protocolo de suplementación puede incrementar el contenido de creatina y fosfocreatina intramuscular y mejorar el rendimiento en ejercicios de alta intensidad. Existe en estos momentos evidencia que indica que el consumo de glucosa (100 gramos) con la creatina (5-7 gramos) incrementa el consumo muscular de creatina (Green et al., 1996a; Green et al., 1996b). Consecuentemente este autor recomienda que los atletas consuman creatina con carbohidratos (ej. jugo de uva) o que ingieran suplementos con creatina disponibles comercialmente que combinen creatina con glucosa. Para atletas que quieran promover una mayor ganancia de masa magra, recomiendo consumir de 15 a 25 gramos por día de 1 a 3 meses. Aunque varios atletas consumen creatina en forma cíclica, ningún estudio ha determinado si esta práctica promueve mayores ganancias en la masa magra o en el rendimiento que el uso continuo de creatina. Es necesaria más investigación acerca de este tema. La suplementación con creatina posee un buen precio. La creatina en estos momentos se vende a US$ 30 por kilogramo, o alrededor de $0.60 por día cuando se toman 20 gramos por día. Bebidas deportivas populares son más caras.

Tipo de rendimiento	Referencias
Una repetición máxima y/o pico de potencia	Becque, Lochmann & Melrose (1997); Birch, Noble & Greenhaff (1994); Earnest et al. (1995); Greenhaff et al. (1993 b); Johnson, Smodic & Hill (1997); Kirksey et al. (1997); Kreider et al. (1996 a); Stout et al. (1997); Vandenberghe et al. (1996); Volek et al. (1997); Ziengenfuss et al. (1997).
Salto Vertical	Bosco et al. (1997); Goldberg & Betchel (1997); Stout et al. (1997).
Series de máximas repeticiones	Almada et al. (1997); Bosco et al. (1997); Earnest et al. (1995); Greenhaff et al. (1993 b); Hamilton-Ward et al. (1997); Jhonson, Smodic & Hill (1997); Kreider et al (1998); Kurosawa et al. (1997); Lemon et al. (1995); Vandenberghe et al. (1996); Vandenberghe et al. (1997); Volek et al. (1997).
Sprint Unicos de 6 a 10 segundos	Almada et al. (1997); Balsom et al. (1993 a); Balsom et al. (1995); Birch, Noble & Greenhaff (1994); Dawson et al., Casey et al. (1996); Earnest et al. (1995); Ferreira et al. (1997); Greenhaff et al (1993 b); Grindstaff et al. (1997); Prevost, Nelsom & Morris (1997); Stout et al. (1997); Ziegenfuss et al. (1997).
Sprint Repetidos (pausa 30¨ a 5 min.)	Almada et al. (1997); Balsom et al. (1993 b); Balsom et al (1995); Birch, Noble & Greenhaff (1994); Dawson et al (1995); Earnest et al. (1995); Ferreira et al. (1997); Grindstaff et al (1997); Harris et al (1993); Kirksey et al. (1997); Kreider et al. (1998); Leenders et al. (1996); Prevost, Nelson & Morris (1997); Schneider et al. (1997); Ziegenfuss et al. (1997).
Ejercicio entre 1.5 min.-5min.	Earnest, Almada & Mitchell (1997); Earnest, Stephens & Smith (1997); Harris et al. (1993); Jacobs, Blue & Goodman (1997); Rossiter, Cannell & Jakeman (1996).

Tabla 1. *Efectos positivos o anabólicos de la suplementación con creatina.*

Mecanismos Propuestos	Referencias
Incrementando el contenido de creatina y fosfocreatina intramuscular	Balsom et al. (1995); Brannon (1997); Casey et al. (1996); Febraio et al. (1995); Green et al. (1996 b); Greenhaff et al. (1993 a); Greenhaff et al. (1994); Harris, Soderlund & Hultman (1992); Hultman et al. (1996); Kurosawa et al. (1996); Lemon et al. (1995); Myburgh et al. (1996); Rossiter, Cannell & Jakeman (1996); Ruden et al (1996); Vandenberghe et al. (1996); Vandenbeghe et al. (1997).
Mayor Resíntesis de Fosfocreatina	Balsom et al. (1995); Casey et al. (1996); Greenhaff et al. (1993 a); Lemon et al (1995); Ruden et al (1996); Vandenberghe et al. (1996).
Incremento en la Eficiencia Metabólica	Balsom et al. (1993 a); Balsom et al. (1995); Birch, Nobel & Greenhaff (1994); Casey et al. (1996); Greenhaff et al. (1993 b); Nelson et al. (1997).
Mejoras en las Adaptaciones con el Entrenamiento	Almada et al. (1997); Becque, Lochmann & Melrose (1997); Earnest et al. (1995); Ferreira et al. (1997); Goldberg & Bechtell (1997); Grindstaff et al. (1997); Kirksey et al. (1997); Kreider et al. (1997 b); Kreider et al. (1998); Kreider et al. (1996 a); Leenders et al. (1996); Stout et al. (1997).

Tabla 2. *Como Incrementa el Rendimiento la Creatina.*

Tipo de Rendimiento	Referencias
1 MR	Hamilton-Ward et al (1997)
Trabajo realizado durante contracciones musculares de baja intensidad	Kurosawa et al. (1997)
Trabajo realizado durante contracciones musculares de alta intensidad	Thompson et al. (1996)
Sprint único de 6 a 60 segundos de duración	Burke, Pyne &Telford (1996); Dawson et al. (1995); Golberg y Bechtell (1997); Odland et al. (1997); Ruden et al. (1996).
Sprint Repetidos (pausas de 30 segundos a 25 minutos)	Barnet, Hinds & Jenjkins (1996); Cooke & Barnes (1997); Cooke, Grandjean & Barnes (1995); Mujika et al. (1996); Redondo et al. (1996).
Ejercicios de menos de 60 segundos	Burke, Pyne & Telford (1996); Febraio et al. (1995); Goldy & Yates (1997); Myburgh et al. (1996); Terrillion et al. (1997).

Tabla 3. *Suplementación con Creatina sin Efectos Ergogénicos o con Efectos Negativo.*

Efectos	Referencias
Incremento en la masa corporal total a corto plazo	Balsom et al. (1993 b); Balsom et al. (1993 b); Balsom et al. (1995); Green et al. (1996 b); Greenhaff et al. (1994); Lemon et al. (1995); Redondo et al. (1996); Vandenberghe et al. (1997); Volek et al. (1997).
No Incremento en la Masa Corporal a Corto Plazo	Earnest, Amada & Mitchell (1996); Godly and Yates (1997); Grindstaff et al. (1997); Hamilton-Ward et al. (1997); Redondo et al. (1996); Terrilion et al. (1997).
Incremento en la masa corporal total a largo plazo	Becque, Lochmann & Melrose (1997); Earnest et al (1995); Golberg y Bechtel (1997); Kirksey et al. (1997); Kreider et al. (1997 a); Kreider et al. (1997 a); Kredier et al (1996 a); Kreider et al. (1996 b); Sipila et al. (1981); Stout et al. (1997); Vandenbeghe (et al. 1997).
Incremento en la Masa Magra	Becque, Lochman & Melrose (1997); Earnest et al. (1995); Kirksey et al. (1997 b); Kreider et al. (1997 a); Kreider et al (1997 b); Kreider et al. (1996 a); Stout et al. (1997); Vandenbeghe et al. (1997); Ziegenfuss et al. (1997).

Tabla 4. *Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Masa Corporal.*

Agradecimientos: Paul Greenhaff (revisor), Duncan MacDougall (revisor), Will Hpokins y Mary Ann Wallace (editora).

REFERENCIAS

1. Almada, A., Kreider, R., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S. et al (1997). Effects of calcium-HMB supplementation with or without creatine during training on strength and sprint capacity. *FASEB Journal, 11, A374. (Abstract)*
2. Almada, A., Mitchell, T., Earnest, C (1940). Impact of chronic creatine supplementation on serum enzyme concentrations. *FASEB Journal, 10, A4567. (Abstract)*
3. Balsom, P., Ekblom, B., Sjodin, B., Hultman, E (1993). Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports, 3, 143-149.*
4. Balsom, P., Harridge, S., Soderlund, K., Sjodin, B., Ekblom, B (1993). Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance. *Acta Physiologica Scandinavica, 149, 521-523*
5. Balsom, P., Soderlund, K., & Ekblom, B (1994). Creatine in humans with special references to creatine supplementation. *Sports Medicine, 18, 268-280*
6. Balsom, P., Soderlund, K., Sjodin, B., Ekblom, B (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica, 1154, 303-310*
7. Barnett, C., Hinds, M., Jenkins, D (1996). Effects of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Australian Journal of Science and Medicine in Sports, 28, 35-39*
8. Becque, B., Lochmann, J., Melrose, D (1997). Effect of creatine supplementation during strength training on 1 RM and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S146. (Abstract)*
9. Birch, R., Noble, D., Greenhaff, P (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European Journal of Applied Physiology, 69, 268-270*
10. Bosco, C., Tihanyi, J., Pucspk, J., Kovacs, I., Gobossy, A., Colli, R. et al (1997). Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *International Journal of Sports Medicine, 18, 369-372*
11. Brannon, T (1997). Effects of creatine loading and training on running performance and biochemical properties of rat muscle. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, 489-495*
12. Burke, L., Pyne, D., Telford, R (1996). Effect of Oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *International Journal of Sport Nutrition, 6, 222-233*
13. Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, D., Hultman, E., Greenhaff, P (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology, 271, E31-37*
14. Chanutin, A (1926). The fate of creatine when administered to man. *Journal of Biological Chemistry, 67, 29-41*
15. Cooke, W., Barnes. W (1997). The influence of recovery duration on high-intensity exercise performance after oral creatine supplementation. *Canadian Journal of Applied Physiology, 22, 454-467*
16. Cooke, W., Grandjean, P., & Barnes, W (1995). Effect of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle

ergometry. *Journal of Applied Physiology, 78, 670-673*
17. Dawson, B., Cutler, M., Moody, A., Lawrence, S., Goodman, C., Randall, N (1995). Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *Australian Journal of Science and Medicine in Sports, 27, 56-61*
18. Earnest, C., Almada, A., Mitchell, T (1997). Effects of creatine monohydrate ingestion on intermediate duration anaerobic treadmill running to exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research, 11, 234-238*
19. Earnest, C., Almada, A., Mitchell, T (1996). High-performance capillary electrophoresis-pure creatine monohydrate reduces blood lipids in men and women. *Clinical Science, 91, 113-118*
20. Earnest, C., Snell, P., Rodriguez, R., Almada, A., Mitchell, T (1995). The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. *Acta Physiologica Scandinavica, 153, 207-209*
21. Earnest, C., Stephens, D., Smith, J (1997). Creatine ingestion effects time to exhaustion during estimation of the work rate-time relationship. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S285. (Abstract)*
22. Febbraio, M., Flanagan, T., Snow, R., Zhao, S., Carey, M (1995). Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica, 155, 387-395*
23. Ferreira, M., Kreider, R., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinhardy, J. et al (1997). Effects of ingesting a supplement designed to enhance creatine uptake on strength and sprint capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S146. (Abstract)*
24. Godly, A., Yates, J (1997). Effects of creatine supplementation on endurance cycling combined with short, high-intensity bouts. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S251. (Abstract)*
25. Goldberg, P., & Bechtel, P (1997). Effects of low dose creatine supplementation on strength, speed and power by male athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S251. (Abstract)*
26. Gordon, A., Hultman, E., Kaijser, L., Kristgansson, S., Rolf, C., Nyquist, O. et al (1995). Creatine supplementation in chronic heart failure increases skeletal muscle creatine phosphate and muscle performance. *Cardiovascular Research, 30, 413-418*
27. Green, A., Sewell, D., Simpson, L., Hulman, E., Macdonald, I., Greenhaff, P (1996). Creatine ingestion augments muscle creatine uptake and glycogen synthesis during carbohydrate feeding in man. *Journal of Physiology, 491, 63. (Abstract)*
28. Green, A., Simpson, E., Littlewood, J., Macdonald, I., Greenhaff, P (1996). Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feedings in humans. *Acta Physiologica Scandinavica, 158, 195-202*
29. Greenhaff, P., Bodin, K., Harris, R., Hultman, E., Jones, D., McIntyre, D. et al (1993). The influence of oral creatine supplementation on muscle phosphocreatine resynthesis following intense contraction in man. *Journal of Physiology, 467, 75P. (Abstract)*
30. Greenhaff, P., Bodin, K., Soderlund, K., Hultman, E (1994). Effect of oral creatinesupplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology, 266, E725-730*
31. Greenhaff, P., Casey, A., Short, A., Harris, R., Soderlund, K., Hultman, E (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clinical Science, 84, 565-571*
32. Grindstaff, P., Kreider, R., Bishop, R., Wilson, M., Wood, L., Alexander, C. et al (1997). Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers. *International Journal of Sport Nutrition, 7, 330-346*
33. Hamilton-Ward, K., Meyers, M., Skelly, W., Marley, R., Saunders, J (1997). Effect of creatine supplementation on upper extremity anaerobic response in females. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S146. (Abstract)*
34. Harris, R., Soderlund, K., Hultman, E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science, 83, 367-374*
35. Harris, R., Viru, M., Greenhaff, P., Hultman, E (1993). The effect of oral creatine supplementation on running performance during maximal short term exercise in man. *Journal of Physiology, 467, 74P. (Abstract)*
36. Hultman, E., Bergstrom, J., Spriet, L., Soderlund, K (1990). Energy metabolism and fatigue. *In A. Taylor, P. Gollnick, & H. Green (Eds). Biochemistry of Exercise VII (pp.73-92). Champaign, IL: Human Kinetics*
37. Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J., Cederblad, G., Greenhaff, P (1996). Muscle creatine loading in man. *Journal of Applied Physiology, 81, 232-237*
38. Jacobs, I., Bleue, S., & Goodman, J (1997). Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. *Canadian Journal of Applied Physiology, 22, 231-243*
39. Johnson, K., Smodic, B., Hill, R (1997). The effects of creatine monohydrate supplementation on muscular power and work. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S251. (Abstract)*
40. Kirksey, K., Warren, B., Stone, M., Stone, M., Johnson, R (1997). The effects of six weeks of creatine monohydrate supplementation in male and female track athletes. *1. Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S145. (Abstract)*
41. Kreider, R (1995). Effects of creatine loading on muscular strength and body composition. *Strength Conditioning, 17 (10), 72-73*
42. Kreider, R., Ferreira, M., Wilson, M., Almada, A (1997). Effects of creatine supplementation with and without glucose on body composition in trained and untrained men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research, 11, 283. (Abstract)*
43. Kreider, R., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinhardy, J. et al (1997). Effects of calcium-HMB supplementation with or without creatine during training on strength and sprint capacity. *FASEB Journal, 11, A374. (Abstract)*
44. Kreider, R., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinhardy, J. et al (1997). Effects of ingesting a supplement designed to enhance creatine uptake on body composition during training. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S145. (Abstract)*
45. Kreider, R., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinhardy, J. et al (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 30, 73-82*
46. Kreider, R., Grindstaff, P., Wood, L., Bullen, D., Klesges, R., Lotz, D., et al (1996). Effects of ingesting a lean mass promoting supplement during resistance training on isokinetic performance. *Medicine and Science in Sports & Exercise, 28, S36. (Abstract)*
47. Kreider, R., Klesges, R., Harmon, K., Grindstaff, P., Ramsey, L., Bullen, D. et al (1996). Effects of ingesting supplements designed

to promote lean tissue accretion on body composition during resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition, 6, 234-246*
48. Kurosawa, Y., Iwane, H., Hamaoka, T., Shimomitsu, T., Katsumura, T., Sako, T. et al (1997). Effects of oral creatine supplementation on high-and low-intensity grip exercise performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S251. (Abstract)*
49. Leenders, N., Lesniewski, L., Sherman, W., Sand, G., Sand, S., Mulroy, M., Lamb, D (1996). Dietary creatine supplementation and swimming performance. *Overtraining and Overreaching in Sport Conference Abstracts, 1, 80*
50. Lemon, P., Boska, M., Bredle, D., Rogers, M., Ziegenfuss, T., Newcomer, B (1995). Effect of oral creatine supplementation on energetic during repeated maximal muscle contraction. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 27, S204. (Abstract)*
51. Mujika, I., Chatard, J., Lacoste, L., Barale, F., Geyssant, A (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 28, 1435-1441*
52. Myburgh, K., Bold, A., Bellinger, B., Wilson, G., Noakes, T (1996). Creatine supplementation and sprint training in cyclists: metabolic and performance effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 28, S81. (Abstract)*
53. Nelson, A., Day, R., Glickman-Weiss, E., Hegstad, M., Sampson, B (1997). Creatine supplementation raises anaerobic threshold. *FASEB Journal, 11, A589. (Abstract)*
54. Odland, L., MacDougall, J., Tarnopolsky, M., Elorriage, A., Borgmann, A (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Medicine and Science in Sport and Exercise, 29, 216-219*
55. Pauletto, P., Strumia, E (1996). Clinical experience with creatine phosphate therapy. In M. Conway & J. Clark (Eds). Creatine and Creatine Phosphate: Scientific and Clinical Perspectives. *(pp. 185-198). San Diego, CA: Academic Press*
56. Poortmans, J., Auquier, H., Renaut, V., Durassel, A., Saugy, M., Brisson, G (1997). Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men. *European Journal of Applied Physiology, 76, 566-567*
57. Prevost, M., Nelson, A., Morris, G (1997). The effects of creatine supplementation on total work output and metabolism during high-intensity intermittent exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 68, 233-240*
58. Redondo, D., Dowling, E., Graham, B., Almada, A., Williams, M (1996). The effect of oral creatine monohydrate supplementation on running velocity. *International Journal of Sport Nutrition, 6, 213-221*
59. Rossiter, H., Cannell, E., Jakeman, P (1996). The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of competitive rowers. *Journal of Sports Sciences, 14, 175-179*
60. Ruden, T., Parcell, A., Ray, M., Moss, K., Semler, J., Sharp, R. et al (1996). Effects of oral creatine supplementation on performance and muscle metabolism during maximal exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 28, S81. (Abstract)*
61. Schneider, D., McDonough, P., Fadel, P., Berwick, J (1997). Creatine supplementation and the total work performed during 15-s and 1-min bouts of maximal cycling. *Australian Journal of Science in Medicine and Sport, 29, 65-68*
62. Sipila, I., Rapola, J., Simell, O., Vannas, A (1981). Supplementary creatine as a treatment for gyrate atrophy of the choroid and retina. *New England Journal of Medicine, 304, 867-870*
63. Stout, J., Eckerson, J., Noonan, D., Moore, G., Cullen, D (1997). The effects of a supplement designed to augment creatine uptake on exercise performance and fat-free mass in football players. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S251. (Abstract)*
64. Stroud, M., Holliman, D., Bell, D., Green, A., MacDonald, I., Greenhaff, P (1994). Effect of oral creatine supplementation on respiratory gas exchange and blood lactate accumulation during steady-state incremental treadmill exercise and recovery in man. *Clinical Science, 87, 707-710*
65. Terrilion, K., Kolkhorst, F., Dolgener, F., Joslyn, S (1997). The effect of creatine supplementation on two 700-m maximal running bouts. *International Journal of Sport Nutrition, 7, 138-143*
66. Thompson, C., Kemp, G., Sanderson, A., Dixon, R., Styles, P., Taylor, D. et al (1996). Effect of creatine on aerobic and anaerobic metabolism in skeletal muscle in swimmers. *British Journal of Sports Medicine, 30, 222-225*
67. Tullson, P., Rundell, K., Sabina, R., Terjung, R (1996). Creatine analogue beta-guanidinopropionic acid alters skeletal muscle AMP deaminase activity. *American Journal of Physiology, 270, C76-85*
68. Vandenberghe, K., Gillis, N., Van Leemputte, M., Van Hecke, P., Vanstapel, F., Hespel, P (1996). Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *Journal of Applied Physiology, 80, 452-457*
69. 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. *Journal of Applied Physiology, 83, 2055-2063*
70. Volek, J., Kraemer, W., Bush, J., Boetes, M., Incledon, T., Clark, K., Lynch, J (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *Journal of American Dietetic Association, 97, 765-770*
71. Ziegenfuss, T., Lemon, P., Rogers, M., Ross, R., Yarasheski, K (1997). Acute creatine ingestion: effects on muscle volume, anaerobic power, fluid volumes, and protein turnover. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 29, S127. (Abstract)*

Cita Original

Kreider, R.B. (1998). Creatine, the next ergogenic supplement? In: Sportscience Training & Technnology, Internet Society for Sport Science.