Monograph

Efectos de la Suplementación con Creatina sobre la Capacidad de Trabajo Anaeróbico

Terry J Housh[2], Jeffrey R Stout[1], Joan M Eckerson[1] y Kyle T Ebersole[2]

[1]*Exercise Science Department, Creighton University, Omaha, Nebraska.*
[2]*Center for Youth Fitness and Sports Research, Department of Health and Human Performance, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, Nebraska.*

RESUMEN

La capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) estimada a partir de un test de potencia crítica provee una estimación teórica y experimentalmente válida de la capacidad de trabajo asociada con las reservas musculares de trifosfato de adenosina y fosfocreatina. La suplementación con monohidrato de creatina (CM) ha mostrado incrementar las reservas musculares de fosfocreatina y, en teoría, debería incrementar la AWC. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue examinar los efectos de la suplementación con CM, CM más carbohidratos (CHO), o CHO solamente sobre la AWC. Utilizando un diseño doble ciego, 26 hombres jóvenes (edad media ± DE, 19.6 ± 1.6 años) fueron asignados a 1 de 3 condiciones experimentales: (a) 35 g de polvo de CHO saborizado el cual fue administrado como placebo (PL, n = 8); (b) 5.25 g de CM y 1g de CHO administrados en forma de polvo saborizado (CM, n = 9); y (c) 5.25g de CM más 33g de CHO administrados en forma de polvo saborizado (CM-CHO, n = 9). Los sujetos completaron 3 fases de evaluaciones en un cicloergómetro con cupla electromagnética: (a) una sesión de familiarización (3 pruebas de aprendizaje para establecer la producción de potencia para los tests subsiguientes); (b) una evaluación previa al periodo experimental (4 series realizadas a una potencia establecida para provocar el agotamiento dentro de los 1-10 minutos); y (c) una evaluación post periodo experimental (4 series realizadas a la misma potencia que en la evaluación previa al período experimental pero completadas luego de ingerir los suplementos 4 veces por día durante 6 días consecutivos). Los resultados indicaron que la suplementación con CM y CM-CHO incrementó significativamente ($p<0.05$) la AWC en un 9.4 y 30.7%, respectivamente. Estos datos sugieren que la adición de 33g de CHO puede aumentar los efectos de la suplementación con CM sobre la AWC.

Palabras Clave: ayudas ergogénicas, rendimiento anaeróbico, cicloergometría, suplementos nutricionales

INTRODUCCION

Se cree que la capacidad máxima de trabajo anaeróbico es limitada por la hidrólisis del trifosfato de adenosina (ATP) y de la fosfocreatina (PC) (7). Hultman et al (16) y Karlsson et al (18) han demostrado que la intensidad de ejercicio que provoca el agotamiento en 1 a minutos puede resultar en la depleción de la PC. Además, el ejercicio de alta intensidad, tal como esprints de carrera o ciclismo, con una duración de entre 4 y 30 segundos, ha resultado en una depleción del 35 al 96% de los niveles musculares de PC, dependiendo de la duración de la actividad (24). Una de las adaptaciones bioquímicas al entrenamiento de la velocidad y al entrenamiento de sobrecarga es el incremento significativo en el contenido muscular de

pC; lo cual se corresponde con la mejora del rendimiento durante el ejercicio (7). Por lo tanto, la capacidad para incrementar el contenido muscular de PC es una adaptación importante al entrenamiento de alta intensidad.

Recientemente, los investigadores han intentado manipular el contenido muscular de PC en humanos mediante la suplementación oral con monohidrato de creatina (CM) (9–11, 14). Un número limitado de estudios han demostrado que la carga de CM (4 × 5 g/d) durante 5 a 6 días puede incrementar significativamente el contenido de creatina muscular (Cr) en un promedio del 20%, en donde la PC da cuenta del 20% del incremento (9, 11, 14). Varios estudios han demostrado beneficios ergogénicos de la carga de CM sobre la fuerza isocinética (12), el rendimiento de carrera (3), el rendimiento en una cicloergometría (1, 2, 5, 13), el rendimiento durante la realización de saltos (3, 25) y el rendimiento durante la realización del ejercicio de press de banca (25). Asimismo, Casey et al (5) reportaron una correlación significativa ($r = 0.72$, $p<0.05$) entre el rendimiento anaeróbico durante la realización de ciclismo isocinético y la retención de Cr muscular a partir de la carga con CM. No obstante, los beneficios ergogénicos de la carga con CM, pueden variar significativamente entre los sujetos (4, 14). Harris et al (14) recientemente han reportado una gran variación inter sujeto en la retención de Cr luego de la suplementación con CM y sugirieron que esto puede deberse al nivel inicial de Cr muscular. Esto podría explicar, al menos en parte, porque algunos estudios no han podido observar beneficios ergogénicos sobre el rendimiento anaeróbico luego de la suplementación con CM (6, 23).

Recientemente, Green et al (9) demostraron que la carga con CM y carbohidratos (CHO) en humanos resultó en un incremento consistente en el contenido muscular de Cr que fue significativamente mayor que el observado con la suplementación con CM solamente. Green et al (9) sugirieron que “el aumento en la absorción de Cr en el músculo luego de la ingesta de CM más CHO ocurrió como resultado del efecto estimulante de la insulina sobre el transporte muscular de Cr”. Además, Green e tal (9, 10) sugirieron que el incremento en la absorción de Cr con la adición de CHO puede maximizar los beneficios ergogénicos de la suplementación con CM. Sin embargo, hasta la fecha para nuestro conocimiento ningún estudio ha comparado la suplementación con CM y la suplementación con CM más CHO sobre el rendimiento durante el ejercicio. Varios estudios han hallado que la capacidad de trabajo anaeróbico (AWC) estimada a partir de un test de potencia crítica (CP) provee una estimación teórica y experimentalmente válida de la capacidad de trabajo asociada con las reservas musculares de energía (ATP, PC) (4, 20, 21). Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue determinar los efectos de la suplementación con CM vs CM más CHO sobre la AWC.

METODOS

Sujetos

Veintiséis hombres saludables (edad media ± DE, 19.9 ± 1.6 años) fueron voluntarios para participar como sujetos en esta investigación. Los procedimientos fueron aprobados por el comité de revisión institucional antes del inicio del estudio, y los sujetos fueron informados acerca de los posibles riesgos antes de que firmaran una forma de consentimiento.

Protocolo de Suplementación

Luego de realizar las evaluaciones previas al período experimental, los sujetos fueron aleatoriamente asignados a una de tres condiciones experimentales utilizando un diseño doble ciego: (a) 35 g de dextrosa saborizada (CHO) en polvo, lo cual sirvió como tratamiento placebo (PL, n = 8); (b) 5.25 g de CM (Phosphagen, Experimental and Applied Sciences Inc., Golden, CO) más 1 g de CHO en forma de polvo saborizado (CM, n = 9); y (c) 5.25 g de CM, 33 g de CHO, 633 mg de fosfato de sodio y potasio y 1 g de taurina administrado en forma de polvo saborizado (CM-CHO, n = 9) (Phosphagen HP, Experimental and Applied Sciences). Utilizando un protocolo similar al utilizado en el estudio llevado a cabo por Hultman et al (17), los sujetos ingirieron los suplementos 4 veces por días durante 6 días consecutivos antes de retornar al laboratorio para realizar las evaluaciones post suplementación.

Test de Potencia Crítica

Los sujetos completaron 3 fases de evaluación en un cicloergómetro calibrado equipado con cupla electromanética ergometer (Corival 400, Quinton Instruments): (a) la fase de familiarización requirió que los sujetos completaran 3 pruebas de aprendizaje para establecer la potencia a utilizar en las subsiguientes evaluaciones; (b) una evaluación pre suplementación que consistió en 4 series realizadas a una potencia seleccionada para provocar el agotamiento en 1 a 10 min; y (c) una evaluación post suplementación en donde los sujetos realizaron 4 series a la misma potencia utilizada durante la evaluación pre suplementación.

El procedimiento para el test CP fue el mismo descrito previamente por Moritani et al (21). La producción de potencia para

las series de ejercicio estuvo en el rango de 200-375 W, dependiendo del nivel de aptitud física del sujeto evaluado. Los períodos de recuperación entre las series se extendieron hasta que la frecuencia cardíaca de los sujetos retornara a un valor dentro de los 10 latidos/min de la frecuencia cardíaca de reposo; esto en general tomo 30 minutos o más (20-22). Los sujetos realizaron 2 series de ejercicio en un día y las otras 2 series en otro día, con al menos 24 horas de recuperación entre las sesiones.

Antes de cada serie de ejercicio, se procedió al ajuste de la altura del asiento de manera que durante la extensión de la rodilla esta alcanzar la extensión casi completa, y además se utilizaron correas en los pedales para evitar que los pies se resbalaran de los mismos durante la evaluación. Los sujetos realizaron una entrada en calor de 4 minutos pedaleando a una potencia de 30 W. Luego de un período de recuperación de 2 minutos, los sujetos comenzaron a pedalear contra una resistencia cero, y, luego de alcanzar una frecuencia de pedaleo de 70 rpm, se aplicó la carga apropiada en los primeros 2-3 segundos del test. Cada sujeto fue estimulado para que mantuviera la frecuencia de pedaleo durante toda la serie de ejercicio. El ejercicio era inmediatamente dado por finalizado cuando el sujeto era incapaz de mantener una frecuencia de pedaleo de 65 rpm. El tiempo límite (TL) fue registrado con una precisión de 0.1 segundos. El trabajo límite (WL) fue calculado multiplicando la potencia (P) y el TL (WL = P × TL). La AWC fue la cantidad de trabajo en kilojoules correspondiente a la ordenada al origen de la relación entre WL-TL descrita previamente (20-22).

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) multifactorial 3 × 2 (tratamiento por tiempo) seguido del análisis post hoc de Tukey cuando se observaba un estadístico F significativo ($p<0.05$).

RESULTADOS

La Tabla 1 resume los cambios medios en los tres grupos respecto del peso corporal (BW) y la AWC. No se observaron cambios significativos ($p>0.05$) en el BW entre las mediciones pre y post suplementación en ninguno de los grupos. Sin embargo los análisis ANOVA 3 × 2 para la AWC, indicaron una interacción significativa ($p<0.05$). Las comparaciones post hoc con el test de Tukey indicaron que los sujetos que habían consumido CM y CM-CHO experimentaron un incremento significativamente mayor ($p<0.05$) en la AWC del 9.4 y 30.7% respectivamente. No se produjeron cambios significativos en la AWC en el grupo PL.

DISCUSION

En teoría, la estimación de la AWC representa el máximo trabajo potencial asociado con las reservas musculares de energía (ATP, PC) (4, 20, 21). Esto es, en ausencia de la restitución aeróbica de energía, la AWC es limitada pro la cantidad de energía disponible en las reservas de ATP y PC. Monod y Scherrer (20) y Moritani et al (21) indirectamente han respaldado esta teoría demostrando que la estimación de la AWC no era afectada por el suministro sanguíneo a los músculos activos mediante la oclusión arterial o mediante la realización de ejercicio con diferentes niveles de hipoxia.

Parámetro	PL (n = 8)	CM (n = 9)	CM-CHO (n = 9)
BW (kg) antes de la suplementación	72.5 ± 6.0	86.2 ± 16.4	82.7 ± 11.0
BW (kg) después de la suplementación	73.2 ± 6.2	87.2 ± 16.0	83.7 ± 10.2
AWC (kJ) antes de la suplementación	16.3 ± 4.2	16.0 ± 4.1	13.7 ± 2.2
AWC (kJ) después de la suplementación	15.9 ± 4.8	17.5 ± 4.1*	17.9 ± 3.5*

Tabla 1. *Media ± DE para el peso corporal y la capacidad de trabajo anaeróbico luego de 6 días de suplementación con creatina. CHO = monohidrato de creatina más carbohidratos; PL = 35 g de CHO; CM = 5.25 g de monohidrato de creatina y 1 g de CHO; CM-CHO = 5.25 g de monohidrato de creatina más 33 g de CHO; BW = peso corporal; AWC = capacidad de trabajo anaeróbico. *AWC fue significativamente mayor (p<0.05) post tratamiento que pre tratamiento.*

Los resultados del presente estudio demuestran que la carga con CM durante 6 días incrementó significativamente ($p<0.05$) la AWC en un 9.4% (CM) y en un 30.7% (CM-CHO). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hall et al (13) y Earnest et al (8), quienes reportaron incrementos comparables en la AWC del 15% en hombres y mujeres adultas luego de 5 días de carga con CM. Aunque en el presente estudio no se midieron en forma directa los niveles de fosfágenos musculares, es posible que el incremento observado en la AWC se debiera a un incremento en el contenido muscular de PC. Estudios previos que han medido directamente el contenido muscular de PC luego de la carga con CM (20 g/día) durante 5 o 6 días han mostrado un incremento significativo en las reservas de PC de un 20% en promedio (5, 9-11, 14). Por lo tanto, la AWC puede servir como un procedimiento sensible y no invasivo para valorar los cambios en el contenido muscular de PC luego de la carga con CM.

Los estudios previos que han examinado el efecto de la carga con CM sobre el rendimiento durante la realización de ejercicios han mostrado resultados conflictivos. Varios estudios han reportado que la carga con CM resultó en una mejora en la fuerza isocinética (12), en el rendimiento de carrera (3), en el rendimiento durante la realización de una cicloergometría (1, 2, 13), en el rendimiento durante la realización de saltos (3, 25) y en el rendimiento en el ejercicio de press de banca (25). No obstante, dos estudios recientes (6, 23) que han examinado el efecto de la carga con CM sobre el rendimiento en una cicloergometría de alta intensidad, no lograron observar mejoras en el rendimiento. Las discrepancias en la literatura referente a los efectos de la suplementación con CM sobre el rendimiento pueden atribuirse a la alta variabilidad interindividual en la respuesta muscular para la retención de Cr luego de la carga con CM (9, 14). Recientemente, Casey et al (5) demostraron una relación positiva ($r = 0.71$, $p<0.05$) entre el rendimiento anaeróbico en una cicloergometría y la magnitud de la retención de Cr luego de la carga con CM y concluyeron que la mejora en el rendimiento anaeróbico era dependiente de la magnitud de la retención de Cr lograda con la carga con CM.

Los factores que controlan la retención de CM luego de la carga con CM pueden incluir, pero no están limitados a, los niveles iniciales de Cr, el efecto de la insulina sobre el transporte de Cr hacia el músculo esquelético, o ambos (9, 10, 14, 15, 19). Estudios recientes han sugerido que la carga con CM en sujetos con un alto contenido inicial de Cr, resultó en una menor retención de Cr y en un reducido efecto sobre el rendimiento anaeróbico (5, 9, 14). Harris et al (14), sin embargo, demostraron que el ejercicio, tal como una cicloergometría, puede aumentar la retención de Cr en los músculos esqueléticos en un 11.6% en comparación a cuando no se realiza ejercicio. Además, se ha sugerido que la retención de Cr puede incrementarse adicionalmente mediante el incremento en el flujo sanguíneo hacia los músculos, mediante el cambio en la cinética de transporte de Cr hacia el músculo, o ambos, lo cual puede ser mediado por un incremento en la sensibilidad a la insulina inducido por el ejercicio (9, 10, 14).

Recientemente, Green et al (9) han reportado que la carga con CM (20 g/día) administrada conjuntamente con CHO que estimularan la liberación de insulina (370 g/día) durante 5 días, resultó en un incremento 60 y 51% mayor en la retención de Cr y en el contenido de PC, respectivamente en comparación con la suplementación solo con CM. Green et al (9) concluyeron que la retención de Cr y el contenido de PC muscular tienen un incremento adicional cuando la CM se consume conjuntamente con CHO y que esto como resultado puede incrementar los efectos de la carga de CM sobre el rendimiento anaeróbico. En concordancia con los resultados de Green et al (9), los resultados del presente estudio demostraron que la suplementación con CM-CHO resultó en un cambio en la AWC que fue un 20% mayor al observado cuando los sujetos fueron suplementados solo con CM (Tabla 1). Debido a que en el presente estudio no se midieron en forma directa los niveles musculares de PC, no nos es posible determinar si la mejora en la AWC en el grupo CM-CHO se debió a un menor contenido inicial de Cr o a un incremento en la retención de Cr y en el contenido muscular de PC. Se deberían llevar a cabo estudios adicionales para confirmar los presentes hallazgos comparando los efectos de la suplementación con CM y CM-CHO sobre el rendimiento anaeróbico y los cambios en el contenido muscular de Cr.

Aplicaciones Prácticas

El cambio en el peso corporal observado en este estudio para los grupos suplementados con Cr fue de 1.0 kg (Tabla 1), lo cual es similar a los valores reportados previamente (0.9 – 1.8 kg) (24, 25); sin embargo, este cambio no fue significativo ($p>0.05$). Además, estos resultados respaldan los resultados de estudios previos (1–3, 5, 8, 12–14, 25) referentes al potencial valor ergogénico de la carga con CM sobre el rendimiento anaeróbico. Asimismo, la Suplementación con CM y CHO puede aumentar los efectos ergogénicos mediante el incremento en la retención de Cr y en el contenido de PC, en comparación con la suplementación solo con CM (9, 10).

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer a Experimental and Applied Sciences Inc. (Golden, CO) por respaldar este estudio.

REFERENCIAS

1. Balsom, P.D., B. Ekblom, K. Soderlund, B. Sjodin, And E. Hultman (1993). Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports. 3:143149*
2. Birch, R., D. Noble, And P.L. Greenhaff (1994). The influence of dietary creatine supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur. J. Appl. Physiol. 69:268270*
3. Bosco, C., J. Tihanyi, J. Pucspk, I. Kovacs, A. Gabossy, R. Colli, G. Pulvirenti, C. Tranquili, C. Foti, M. Viru, And A Viru (1997). Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *Int. J. Sports Med. 18:369372*
4. Bulbulian, R., J.W. Jeong, And M. Murphy (1996). Comparison of anaerobic components of the Wingate and Critical Power tests in males and females. *Med. Sci. Sports Exerc. 28:1336*1341
5. Casey, A.,D. Constantin-Teodosiu, S. Howell, E.Hultman, And P.L. Greenhaff (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am. J. Physiol. 271:E31-E37*
6. Cook, W.H., P.W. Grandjean, And W.S. Barnes (1995). Effect of oral creatine supplementation on power output and fatigue during bicycle ergometry. *J. Appl. Physiol. 78:670673*
7. Devries, H.A., And T.J. Housh (1994). Physiology of Exercise: For Physical Education, Athletics and Exercise Science (5th ed.). *Madison: Brown and Benchmark, pp. 37*39
8. Earnest, C.P., D.P. Stephens, And J.C. Smith (1997). Creatine ingestión effects time to exhaustion during estimation of the work rate-time relationship. *Med. Sci. Sports Exerc. 29(Suppl.):S285*
9. 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:E821-E826*
10. Green, A.L., E.J. Simpson, J.J. Littlewood, I.A. Macdonald, And P.L. Greenhaff (1996). Carbohydrate ingestion auments creatine retention during creatine feeding in humans. *Acta Physiol. Scand. 158:195202*
11. Greenhaff, P.L., K. Bodin, K. Soderlund, And E. Hultman (1994). The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am. J. Physiol. 266:E725-E730*
12. Greenhaff, P.L., A. Casey, A.H. Short, R. Harris, K. Soderlund, And E. Hultman (1993). Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin. Sci. 84:565571*
13. Hall, E.L., J.C. Smith, D.P. Stephens, P.G. Snell, And C.P. Earnest (1995). Effect of oral ingestion of creatine monohydrate on parameters of the work-time relationship. *Med. Sci. Sports Exerc. 25(Suppl.):S15*
14. Harris, R.C., K. Soderlund, And E. Hultman (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci. 83:367374*
15. Haughland, R.B., And D.T. Chang (1975). Insulin effects on creatine transport in skeletal muscle. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 148:14*
16. Hultman, E., J. Bergstrom, And N. Mclennan-Anderson (1967). Breakdown and resynthesis of phosporylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scand. J. Clin. Lab. Invest. 19:5666*
17. Hultman, E., K. Soderlund, J.A. Timmons, G. Cederblad, And P.L. Greenhaff (1996). Muscle creatine loading in men. *J. Appl. Physiol. 81:232237*
18. Karlsson, J., B. Diamant, And B. Saltin (1971). Muscle metabolites during submaximal and maximal exercise in man. *Scand. J. Clin. Lab. Invest. 26:385394*
19. Koszalka, T.R., And C.L. Andrew (1972). Effect of insulin on the uptake of creatine-114C by skeletal muscle in normal and Xirradiated rats. *Pro. Soc. Exp. Biol. Med. 139:1265*1271
20. Monod, H., And J. Scherrer (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics 8:329338*
21. Moritani, T., A. Nagata, H. Devries, And M. Muro (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics 24:339350*
22. Nebelsick-Gullett, L.J., T.J. Housh, G.O. Johnson, And S.M. Bauge (1988). A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics 31:1413 1419*
23. Odland, L.M., J.D. Macdougall, M.A. Tarnopolsky, A. Elorriaga, And A. Borgmann (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Med. Sci. Sports Exerc. 29:216219*
24. Volek, J.S., And W.J. Kraemer (1996). Creatine supplementation: Its effect on human muscular performance and body composition. *J. Strength Cond. Res. 10:200210*
25. Volek, J.S., W.J. Kraemer, J.A. Bush, M. Boetes, T. Incledon, K.L. Clark, And J.M. Lynch (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *J. Am. Diet. Assoc. 97:765770*

Cita Original

Stout, J.R., J.M. Eckerson, T.J. Housh, and K.T. Ebersole. The effects of creatine supplementation on anaerobic working capacity. J. Strength Cond. Res. 13(2):135138. 1999