

Research

Suplementación con Creatina y Rendimiento en Esprints de Carrera Múltiples

Glaister Mark, Richard A Lockey, Corinne S Abraham, Allan Staerck, Jon E Goodwin y Gillian McInnes

RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar los efectos de la suplementación a corto plazo con monohidrato de creatina sobre el rendimiento en esprints de carrera múltiples. Utilizando un diseño de investigación doble ciego, 42 hombres físicamente activos completaron series de 3 esprints de carrera en una pista techada (15 x 30 m repetidos a intervalos de 35 segundos). Luego de las dos primeras pruebas (familiarización e inicial), los sujetos fueron agrupados según el puntaje en índice de fatiga, antes de ser asignados aleatoriamente a un grupo que fue suplementado con creatina (4 veces por día \times 5 g de monohidrato de creatina + 1 g de maltodextrina) 5 veces por semana, o a un grupo que fue suplementado con placebo (4 veces por día \times 6 g de maltodextrina). Los tiempos de los esprints fueron registrados utilizando fotocélulas de dos haces, y se extrajeron muestras de sangre del lóbulo de la oreja para determinar la concentración de lactato post-test. En relación a la suplementación con placebo, la suplementación con creatina resultó en un incremento de 0.7 kg en la masa corporal (rango de probabilidad del 95%: 0.02 a 1.3 kg) y en una reducción del 0.4% en la grasa corporal (rango de probabilidad del 95%: -0.2 a 0.9%). No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los grupos respecto de las mediciones de los mejores tiempos en los esprints múltiples, en el tiempo medio, en la fatiga o en la concentración de lactato post-test. A pesar del amplio uso del monohidrato de creatina como ayuda ergogénica en el deporte, los resultados de este estudio sugieren que la suplementación con monohidrato de creatina no provee beneficios respecto del rendimiento en esprints de carrera múltiples.

Palabras Clave: suplementación, rendimiento muscular, ayudas ergogénicas, esprints múltiples

INTRODUCCION

Durante breves períodos (≤ 10 segundos) de ejercicio de alta intensidad, la fosfocreatina (PCr) intramuscular actúa como un amortiguador energético a corto plazo para mantener una alta tasa de reposición de trifosfato de adenosina (ATP). Por lo tanto, se ha reportado que la disponibilidad de la PCr es uno de los factores limitantes principales durante estos tipos de trabajo y, consecuentemente, la suplementación con creatina, en forma de monohidrato de creatina, se ha vuelto una ayuda ergogénica popular para muchos atletas. La estrategia característica de carga con 20g/día durante 5 días ha mostrado incrementar significativamente las reservas musculares de PCr, observándose los mayores incrementos en individuos con niveles iniciales de creatina bajos, y particularmente en vegetarianos (22, 38).

Una de las vías principales por las que se piensa que la suplementación con creatina aumenta el rendimiento es a través

del incremento en la tasa de resíntesis de PCr post-ejercicio. Dada la sincrónica relación entre la resíntesis de PCr y la recuperación de la producción de potencia (6, 7, 13, 23, 41), este efecto puede beneficiar más probablemente a las actividades de esprints múltiples en donde el rendimiento depende, en gran medida, de la capacidad de los sujetos para recuperarse entre los sucesivos esprints. Sin embargo, las investigaciones de los efectos de la suplementación con creatina sobre la tasa de resíntesis de PCr post-ejercicio muestran resultados controversiales (15, 18, 21, 29, 32, 36, 44, 47, 49). Además, aunque un cierto número de investigaciones acerca de la suplementación con creatina han reportado mejoras significativas en la capacidad para mantener el rendimiento durante la realización de esprints múltiples (1, 3, 9, 26, 27, 34, 49), otras investigaciones no han reportado dicho efecto (2, 5, 14, 15, 28, 30, 33, 43, 51). Por lo tanto, a pesar del muy difundido uso entre los atletas, los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en esprints múltiples continúan siendo equívocos.

Una de las principales razones de la discrepancia en los resultados de las investigaciones sobre los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en esprints múltiples es la utilización de un número de sujetos relativamente bajo (≤ 16 sujetos por grupo) (31). Esto es particularmente importante, debido a la gran variabilidad entre los sujetos en la respuesta a la suplementación con creatina con un aproximadamente 20% de sujetos llamados “no respondedores” (21, 22). Asimismo, aunque la mayoría de los estudios han adoptado un diseño de grupos independientes, en la mayoría de los casos las investigaciones han fallado en agrupar a los sujetos respecto de las variables dependientes clave antes de la aleatorización. El propósito de este estudio fue investigar estos temas examinando los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en esprints múltiples utilizando un tamaño de muestra con suficiente poder como para detectar un efecto del tratamiento estadísticamente significativamente. El protocolo fue diseñado para simular el tipo de actividad frecuentemente experimentado en deportes tales como el fútbol, el rugby y el hockey (4, 11, 35, 40, 45, 48).

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

Para esta investigación se adoptó un diseño aleatorio doble ciego controlado con placebo. A lo largo de un período de 4 semanas, cada sujeto completó 3 pruebas separadas de esprints múltiples, cada una separada por al menos 72 horas. La prueba 1 (T₁) fue la prueba de familiarización para limitar los efectos del aprendizaje sobre los resultados del experimento. La prueba 2 (T₂) fue la prueba inicial la cual permitió que los sujetos fueran agrupados según el puntaje en el índice de fatiga antes de la aleatorización. La prueba 3 (T₃) fue la prueba post-suplementación. Todas las pruebas fueron llevadas a cabo aproximadamente a la misma hora del día. Los sujetos fueron instruidos para que mantuvieran su dieta normal durante todo el período de evaluación, que evitaran consumir alimentos y bebidas en la hora previa a cada prueba, y que evitaran la realización de ejercicios vigorosos en las 24 horas previas a cada prueba.

Sujetos

Para este estudio se reclutaron cuarenta y dos hombres saludables, no vegetarianos, estudiantes de ciencias del deporte, y todos dieron su consentimiento informado por escrito antes de comenzar su participación en el estudio. La aprobación ética fue otorgada por el Comité de Ética del *St. Mary's College*, y todos los sujetos fueron instruidos por escrito y verbalmente respecto de la naturaleza de la investigación. Antes de comenzar, todos los sujetos completaron un cuestionario acerca de su historial de entrenamiento, el cual indicó que todos habían estado involucrados activamente en diferentes deportes por aproximadamente 13 años y que el 88% de los sujetos estaban involucrados en alguna forma de deportes en los cuales se realizaban múltiples actividades de esprint. Las características físicas de los sujetos se presentan en la Tabla 1.

Grupo	n	Edad (años)	Talla (m)	Masa Corporal (kg)	Grasa Corporal (%)
Creatina	21	20 ± 1.0	1.79 ± 0.07	76.1 ± 10.2	15.0 ± 5.4
Placebo	21	20 ± 0.9	1.78 ± 0.06	76.2 ± 9.9	14.6 ± 14.1

Tabla 1. Características de los sujetos (media ± DE). Nota: la grasa corporal fue estimada a partir de las mediciones de los pliegues cutáneos utilizando los procedimientos descritos por Durnin y Womersley (16).

Suplementación

Luego de la T_2 , se les administró a los sujetos 20 bolsas pequeñas selladas, cada una de las cuales contenía ó 5 g de monohidrato de creatina más 1 g de maltodextrina (Starmax Nutrition, Hereford, Reino Unido) ó 6 g de maltodextrina. Los sujetos fueron instruidos para que mezclaran el polvo en agua tibia para el consumo inmediato en intervalos regulares 4 veces por día durante 5 días. Este régimen de suplementación ha mostrado ser efectivo para elevar los niveles musculares de PCr en sujetos jóvenes (21, 22, 29, 44). Los sujetos fueron entrevistados luego del período de suplementación para estar seguros de que habían cumplido con el régimen de suplementación.

Protocolo de Ejercicio

Todas las evaluaciones fueron llevadas a cabo bajo techo en una pista de carrera sintética. Antes de cada test de esprints múltiples, los sujetos realizaron una entrada en calor estandarizada (aproximadamente 5 min) que consistió de 600 m de trote (a un ritmo seleccionado por los propios sujetos), una serie de ejercicios de esprints (elevaciones de rodillas, elevaciones de talones), y 3 esprints de práctica. Luego de la entrada en calor, se les dio a los sujetos un período de 5 min para que realizaran estiramientos y para que se prepararan para el test de esprints múltiples, el cual consistió de 15 esprints de 30 m en línea recta repetidos a intervalos de 35 segundos. Cada esprint fue iniciado desde una línea colocada 30 cm detrás de la línea de partida (para evitar las salidas en falso en la primera carrera cronometrada) y los tiempos fueron registrados electrónicamente utilizando fotocélulas de doble haz (Swift Performance Equipment, Lismore, Australia). Los esprints alternados fueron llevados a cabo en la dirección opuesta, permitiendo de esta manera que el sujeto maximizara el tiempo de recuperación disponible entre los esprints. Se realizó una cuenta regresiva de 5 segundos utilizando señales de audio generadas por computadora para dar la largada de cada esprint y además los sujetos fueron estimulados verbalmente para que dieran su mayor esfuerzo. De acuerdo con las recomendaciones hechas por Glaister et al. (20), en cada test y a partir de los tiempos registrados en los esprints de 30 m, se calculó un índice de fatiga utilizando el puntaje de reducción del rendimiento ideado por Fitzsimons et al. (17):

$$Fatiga = \left(\frac{Tiempo\ Total\ del\ Esprint}{Tiempo\ Ideal\ del\ Esprint} \times 100 \right) - 100$$

Donde Tiempo Total del Esprint = suma de todos los tiempos de esprint; y Tiempo Ideal del Esprint= número de esprints x tiempo en el esprint más rápido.

En concordancia con las investigaciones previas que han utilizado protocolos similares de esprints múltiples (2, 17), el protocolo utilizado en el presente estudio mostró una buena confiabilidad test - retest, con coeficientes de correlación interclase para la medición del mejor tiempo y del índice de fatiga de 0.92 (intervalo de confianza del 95% = 0.83 a 0.96) y 0.75 (intervalo de confianza del 95% = 0.52 a 0.88), respectivamente.

En T_3 e inmediatamente después de la realización del test de esprints múltiples, se obtuvieron muestras sanguíneas realizando una pequeña punción en el lóbulo de la oreja que se encontraba hiperemizada, para el posterior análisis de la concentración de lactato utilizando para esto un dispositivo portátil Lactate Pro (Arkray; KDK Corporation, Kyoto, Japón). La confiabilidad ($r=0.99$) y la validez de este equipamiento ha sido previamente reportada (37).

Análisis Estadísticos

Todos los análisis estadísticos fueron llevados a cabo utilizando el programa SPSS para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL). Las mediciones de centralidad y de dispersión se presentan como valores medios \pm DE. Los efectos de la suplementación con creatina sobre los diferentes índices del rendimiento en los esprints múltiples fueron determinados utilizando el análisis de covarianza (ANCOVA) de una vía. Los cambios en las puntuaciones fueron las variables dependientes dentro de cada modelo, con el grupo, el puntaje y su interacción como predictores. Las diferencias entre los grupos en las concentraciones de lactato post-tests fueron evaluadas utilizando la prueba t para datos no apareados. Los análisis previos proporcionaron intervalos de confianza del 95% para todas las mediciones.

RESULTADOS

Luego de ajustar las puntuaciones pre-test, la suplementación con creatina resultó en un incremento de 0.7 kg en la masa corporal (intervalo de confianza del 95% = 0.02 a 1.3 kg) y en una reducción del 0.4% en la grasa corporal (intervalo de confianza del 95%=-0.2 a 0.9%) con respecto a la suplementación con placebo. Los datos de las pruebas iniciales (T_2) se presentan en la Tabla 2, mientras que las diferencias entre los grupos para el rendimiento en los esprints múltiples, pre (T_2) y post (T_3) suplementación se presentan en las Figuras 1 y 2, respectivamente. En relación con la suplementación con

placebo, la suplementación con creatina resultó en un incremento en el índice de fatiga del 1.0% (intervalo de confianza del 95%=-0.6 a 2.6%), en una reducción de 0.01 segundos en el mejor tiempo de esprint (intervalo de confianza del 95%=-0.04 a 0.05 segundos), y en un incremento de 0.04 segundos en el tiempo medio de esprint (intervalo de confianza del 95%=-0.02 a 0.10 segundos). Las concentraciones de lactato post-test (T_3) en los grupos suplementados con creatina y placebo fueron de 13.0 ± 2.3 mmol/L y 12.2 ± 2.7 mmol/L, respectivamente (diferencia media: 0.8 mmol/L; intervalo de confianza del 95% =-0.8 a 2.3 mmol/L).

Grupo	N	Mejor Tiempo (s)	Tiempo Medio (s)	Fatiga (%)
Creatina	21	4.31 ± 0.13	4.63 ± 0.14	7.42 ± 3.08
Placebo	21	4.40 ± 0.28	4.74 ± 0.30	7.72 ± 3.27

Tabla 2. Datos del rendimiento en el test de esprints múltiples (15 x 30 m; repetidos a intervalos de 35 segundos) pre-suplementación. Los datos son presentados como valores medios \pm DE.

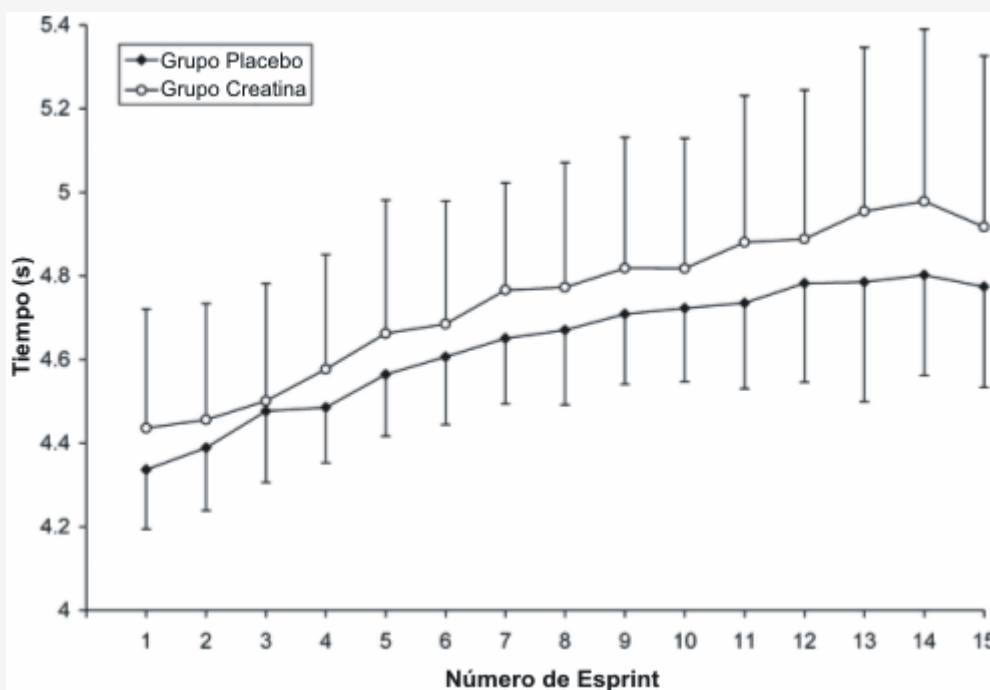


Figura 1. Tiempos de rendimiento en el test de esprints múltiples (15 x 30 m; repetidos a intervalos de 35 segundos) pre-suplementación. Los datos son presentados como valores medios \pm DE.

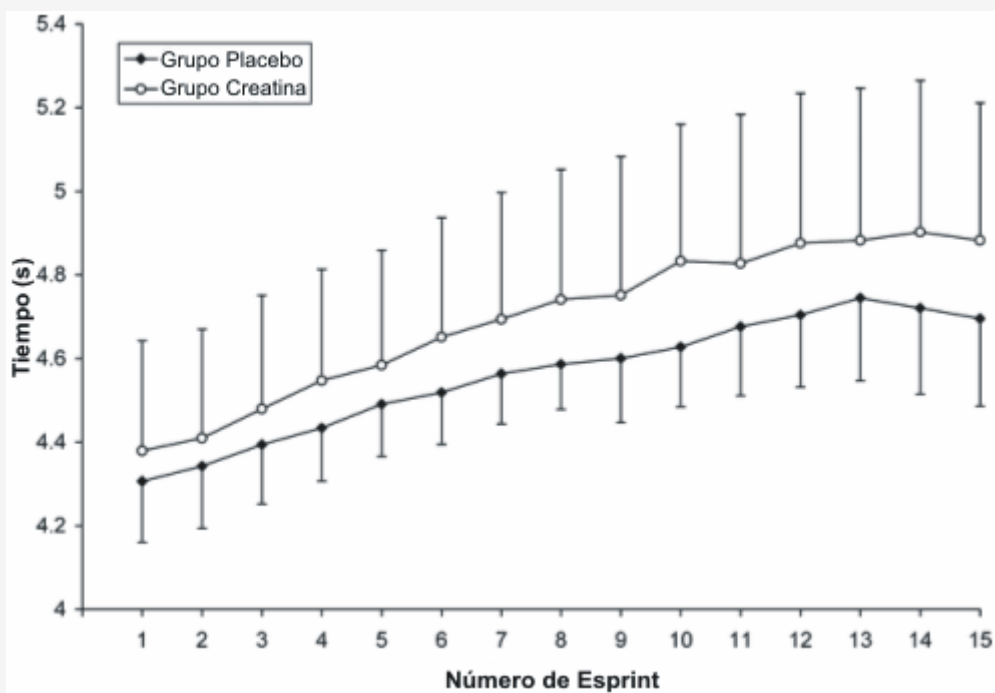


Figura 2. Tiempos de rendimiento en el test de sprints múltiples (15 x 30 m; repetidos a intervalos de 35 segundos) post suplementación. Los datos son presentados como valores medios \pm DE.

DISCUSION

El objetivo de este estudio fue examinar los efectos de la suplementación con creatina a corto plazo sobre el rendimiento en ejercicios de sprints múltiples similares a los experimentados en muchos deportes de campo. Los principales hallazgos fueron que la suplementación con creatina no tiene un efecto significativo sobre el mejor tiempo de esprint, el tiempo medio de esprint, el índice de fatiga o la concentración de lactato post-test. Aunque no se midió directamente la concentración muscular de PCr, el incremento en la masa corporal evidenciado por el grupo suplementado con creatina fue consistente con el reportado en investigaciones previas (10). Asimismo, la falta de cualquier incremento correspondiente en la grasa corporal concuerda con los reportes que han planteado que la mayor parte del incremento en la masa corporal luego de la suplementación con creatina a corto plazo se debe al incremento en la retención de fluidos (25, 50). Si bien es posible que el incremento en la masa corporal haya sido contraproducente respecto de cualquier efecto ergogénico que pudiera haber provocado la suplementación con creatina, esto parece improbable dado el incremento relativamente pequeño en la masa corporal y el hecho de que las investigaciones respecto de la influencia de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en sprints de carrera múltiples (1, 2, 5, 15, 34, 42, 43) han mostrado las mismas contradicciones que aquellas investigaciones en las cuales se utilizaron protocolos en los que no se soportaba el peso corporal (5, 14, 27, 28, 30, 33, 51). No obstante, el efecto preciso de un incremento en el peso corporal de esta magnitud sobre el rendimiento en sprints múltiples requiere de investigaciones adicionales.

La ausencia de cualquier cambio significativo en el mejor tiempo de esprint corrobora los hallazgos de las investigaciones previas acerca de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en un único esprint (≤ 10 segundos, 1, 14, 15, 39) y en sprints múltiples (1, 2, 5, 15, 27, 33, 34, 43). Aunque existen algunos reportes controversiales (9, 26, 42, 51), estos hallazgos son más probables debido al hecho de que con una reserva normal en reposo de aproximadamente $80 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1}$ (8, 19) y con una tasa máxima de degradación de alrededor de $9 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (24), es improbable que la disponibilidad de la PCr sea un factor limitante al comienzo de un trabajo de sprints múltiples.

Varias investigaciones han reportado reducciones en la producción de fatiga durante trabajos de sprints múltiples luego de la suplementación con creatina (1, 3, 9, 26, 27, 34, 49). Aunque este efecto comúnmente se atribuye a una mejora en la cinética de la recuperación de la PCr, varias investigaciones han fallado en observar cualquier mejora en la resíntesis de PCr post-ejercicio como resultado de la suplementación con creatina (1, 18, 29, 44, 47). Además, de aquellos que si han observado este efecto, solo Lemon et al. (30) y Yquel et al. (49) han reportado una mejora dentro del primer minuto de la

recuperación. De esta manera, los resultados de esta investigación y los de muchas otras, han fallado en observar cualquier mejora en la capacidad para mantener el rendimiento durante la realización de esprints múltiples luego de la suplementación con creatina (5, 14, 15, 30, 33, 43, 51). La utilización de muestras de tamaño reducido conjuntamente con coeficientes de variación relativamente grandes asociados con las mediciones de la fatiga durante los trabajos de esprints múltiples (20), pueden explicar las discrepancias entre los resultados de las investigaciones previas.

La idea de la aceleración en la cinética de recuperación de la PCr luego de la suplementación con creatina ha sido sugerida, en algunas investigaciones, para explicar la reducción observada en la acidosis post-test (3, 27, 49). En efecto, un incremento en la disponibilidad de PCr en cada esprint podría incrementar la amortiguación de los iones hidrógeno a través de la hidrólisis de la PCr y/o reducir el flujo glucolítico anaeróbico. Sin embargo, los resultados de este estudio y los de otras investigaciones previas acerca del trabajo de esprints múltiples no han mostrado efectos (1, 5, 9, 14, 28, 34, 43) o han reportado un incremento (42) en la acidosis post-test, como resultado de la suplementación con creatina, sin considerar el efecto sobre el rendimiento.

Aplicaciones Prácticas

A pesar de la gran cantidad de reportes contradictorios, el monohidrato de creatina ha incrementado velozmente su popularidad como ayuda ergogénica para el deporte, alcanzando las ventas a nivel mundial aproximadamente unos 2.5 millones de kg en 1999 (46). Aunque gran parte de este crecimiento probablemente se deba a la promoción de los hallazgos más favorables, los resultados de este estudio sugieren que, en términos de los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento en esprints de carrera múltiples, las expectativas de muchos atletas probablemente no se verán cubiertas.

Agradecimientos

Los autores quisieran expresar su gratitud hacia todos los sujetos que participaron en el estudio por su entusiasmo y su compromiso, al *Richmond College* por su asistencia técnica, al Dr. Will Hopkins y al Dr. Alan Batterham por sus consejos acerca del análisis de los datos, y a Peter Kenyon por escribir el *software* para regular los test de esprints múltiples.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Mark Glaister, correo electrónico: Glaistem@smuc.ac.uk

REFERENCIAS

1. Aaserud, R., P. Gramvik, S.R. Olsen, and J. Jensen (1998). Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 8:247-251
2. Ahmun, R.P., R.J. Tong, and P.N. Grimshaw (2005). The effects of acute creatine supplementation on multiple sprint cycling and running performance in rugby players. *J. Strength Cond. Res*. 19:92-97
3. 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*. 3:143-149
4. Bangsbo, J (1994). The physiology of soccer—With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 619:1-155
5. Barnett, C., M. Hinds, and D.G. Jenkins (1996). Effects of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Aust. J. Sci. Med. Sport*. 28:35-39
6. Bogdanis, G.C., M.E. Nevill, L.H. Boobis, H.K.A. Lakomy, and A.M. Nevill (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 seconds of maximal sprint cycling in man. *J. Physiol.* 482:467-480
7. Bogdanis, G.C., M.E. Nevill, H.K.A. Lakomy, and L.H. Boobis (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 seconds of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol. Scand.* 163:261-272
8. Bogdanis, G.C., M.E. Nevill, H.K.A. Lakomy, D.G. Jenkins, and C. Williams (1996). The effects of oral creatine supplementation on power output during repeated treadmill sprinting. *J. Sports Sci.* 14:65-66
9. Branch, J.D (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: A meta-analysis. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 13:198-226
10. Brewer, J., and J. Davis (1995). Applied physiology of rugby league. *Sports Med.* 20:(3) 129-135
11. Burke, L.M., D.B. Pyne, and R.D. Telford (1996). Effect of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *Int. J. Sport Nutr.* 6:222-233
12. Cherry, P.W., H.K.A. Lakomy, L.H. Boobis, and M.E. Nevill (1998). Rapid recovery of power output in females. *Acta Physiol. Scand.* 164:79-87
13. Dawson, B., M. Cutler, A. Moody, S. Lawrence, C. Goodman, and N. Randall (1995). Effects of oral creatine loading on single and

- repeated maximal short sprints. *Aust. J. Sci. Med. Sport.* 27:56-61
14. Delecluse, C., R. Diels, and M. Goris (2003). Effect of creatine supplementation on intermittent sprint running performance in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res.* 17:446-454
 15. Durnin, J.V., and J. Womersley (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* 32:77-97
 16. Fitzsimons, M., B. Dawson, D. Ware, and A. Wilkinson (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust. J. Sci. Med. Sport.* 25:82-87
 17. Francaux, M., R. Demeure, J.F. Goudemant, and J.R. Poortmans (2000). Effect of exogenous creatine supplementation on muscle PCr metabolism. *Int. J. Sports Med.* 21:139-145
 18. Gaitanos, G.C., C. Williams, L.H. Boobis, and S. Brooks (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75:(2) 712-719
 19. Glaister, M., M.H. Stone, A.M. Stewart, M. Hughes, and G.L. Moir (2004). The reliability and validity of fatigue measures during short-duration maximal-intensity intermittent cycling. *J. Strength Cond. Res.* 18:459-462
 20. Greenhaff, P.L., K. Bodin, K. Soderlund, and E. Hultman (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am. J. Physiol.* 266:E725-E730
 21. 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.* 83:367-374
 22. Hitchcock, H. C (1989). Recovery of short-term power after dynamic exercise. *J. Appl. Physiol.* 67:677-681
 23. Hultman, E., K. Soderlund, J.A. Timmons, G. Cederblad, and P.L. Greenhaff (1996). Muscle creatine loading in men. *J. Appl. Physiol.* 81:232-237
 24. Jones, A.M., T. Atter, and K.P. Georg (1999). Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 39:189-196
 25. 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
 26. Kinugasa, R., H. Akima, A. Ota, A. Ohta, K. Sugiura, and S-Y. Kuno (2004). Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 91:230-237
 27. Kreis, R., M. Kamber, M. Koster, J. Felblinger, J. Slotboom, H. Hoppeler, and C. Boesch (1999). Creatine supplementation part II: In vivo magnetic resonance spectroscopy. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:1770-1777
 28. Leenders, N., W.M. Sherman, D.R. Lamb, and T.E. Nelson (1999). Creatine supplementation and swimming performance. *Int. J. Sport Nutr.* 9:251-262
 29. Lemon, P.W.R (2002). Dietary creatine supplementation and exercise performance: Why inconsistent results?. *Can. J. Appl. Physiol.* 27:663-680
 30. Lemon, P., M. Boska, D. Bredle, M. Rogers, T. Ziegenfuss, and B. Newcomer (1995). Effect of oral creatine supplementation on energetics during repeated maximal muscle contraction. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:S204
 31. Mckenna, M.J., J. Morton, S.E. Selig, and R.J. Snow (1999). Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *J. Appl. Physiol.* 87:2244-2252
 32. Mujika, I., S. Padilla, J. Ibanez, M. Izquierdo, and E. Gorostiaga (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:518-525
 33. Nicholas, C. W (1997). Anthropometric and physiological characteristics of rugby union football players. *Sports Med.* 23:(6) 375-396
 34. Preen, D., B. Dawson, C. Goodman, S. Lawrence, J. Beilby, and S. Ching (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:814-821
 35. Pyne, D.B., T. Boston, D.T. Martin, and A. Logan (2000). Evaluation of the lactate pro blood lactate analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82:112-116
 36. Rawson, E.S., P.M. Clarkson, T.B. Price, and M.P. Miles (2002). Differential response of muscle phosphocreatine to creatine supplementation in young and old subjects. *Acta Physiol. Scand.* 174:57-65
 37. Redondo, D.R., E.A. Dowling, B.L. Graham, A.L. Almada, and M.H. Williams (1996). The effect of oral creatine monohydrate supplementation on running velocity. *Int. J. Sport Nutr.* 6:213-221
 38. Reilly, T (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J. Sports Sci.* 15:257-263
 39. Sahlin, K., and J.M. Ren (1989). Relationship of contraction capacity to metabolic changes during recovery from a fatiguing contraction. *J. Appl. Physiol.* 67:648-654
 40. Smart, N.A., S.G. Mckenzie, L.M. Nix, S.E. Baldwin, K. Page, D. Wade, and P.K. Hampson (1998). Creatine supplementation does not improve repeat sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:S140
 41. Smith, S.A., S.J. Montain, R.P. Matott, G.P. Zientara, F.A. Jolesz, and R.A. Fielding (1999). Effects of creatine supplementation on the energy cost of muscle contraction: A 31P-MRS study. *J. Appl. Physiol.* 87:116-123
 42. Spencer, M., S. Lawrence, C. Rechichi, D. Bishop, B. Dawson, and C. Goodman (2002). Time-motion analysis of elite hockey. *J. Sci. Med. Sport.* 5:102
 43. Terjung, R.L., P. Clarkson, E.R. Eichner, P.L. Greenhaff, P.J. Hespel, R.G. Israel, W.J. Kraemer, R.A. Meyer, L.L. Spriet, M.A. Tarnopolsky, A.J.M. Wagenmakers, and M.H. Williams (2000). The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:706-717
 44. Vandenberghe, K., P. Van Hecke, M. Van Leemputte, F. Vanstapel, and P. Hespel (1999). Phosphocreatine resynthesis is not affected by creatine loading. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:236-242
 45. Withers, R.T., Z. Maricic, S. Wasilewski, and L. Kelly (1982). Match analyses of australian professional soccer players. *J. Hum. Mov. Stud.* 8:159-176
 46. 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

47. Ziegenfuss, T.N., L.M. Lowery, and P.W.R. Lemon (1998). Acute fluid and volume changes in men during three days of creatine supplementation. *J. Exerc. Physiol. Online* 1(3)
48. Ziegenfuss, T. N., M. Rogers, L. Lowery, N. Mullins, R. Mendel, J. Antonio, and P. Lemon (2002). Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA Division I athletes. *Nutrition*. 18:397-402

Cita Original

Glaister Mark, Richard A. Lockey, Corinne S. Abraham, Allan Staerck, Jon E. Goodwin, and Gillian McInnes. Creatine supplementation and multiple sprint running performance. *J. Strength Cond. Res.*, 20 (2): 273-277, 2006.