PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

La Utilización de Diferentes Regímenes de Suplementación con Creatina Sobre la Capacidad de Esprint en Ciclismo

Konstantinos Havenetidis[1], Ourania Matsouka[2], Carlton B Cooke[1] y Apostolos Theodorou[1]

[1]*Leeds Metropolitan University, Carnegie Physical Education and Sports Studies, Leeds, Reino Unido.*
[2]*Democritus University of Thrace, Department of Sports Science and P.E., Komotini, Grecia.*

RESUMEN

Este estudio estuvo dirigido a determinar los efectos de cargas agudas de creatina (ACRL) en esprints repetidos de ciclismo. Los veintiocho sujetos que participaron fueron divididos en dos grupos, el grupo de control (n=7) y el grupo experimental (n=21). El protocolo de ejercicio comprendió la realización de tres Tests Anaeróbicos de Wingate (AWT) intercalados con seis minutos de recuperación, sin suplemento alguno, con ingesta de placebo y con suplementación con creatina, de acuerdo con cada ACRL (40 g, 100 g y 135 g durante un período de cuatro días). En cada grupo experimental se determinaron los niveles de cretina en sangre y orina a partir de la ACRL. La ingesta de proteínas (en todos los grupos) se mantuvo constante durante el estudio. No se observaron cambios en la ingesta de proteínas o en el rendimiento del grupo de control. En el grupo experimental la suplementación con creatina ($p<0.01$) produjo un incremento significativo de masa muscular (82.5±1.4 kg pre vs. 82.9±1.2 kg post), de la concentración de creatina en sangre (0.21±0.04 mmol/L pre vs. 2.24±0.98 mmol/L post), y en la orina (0.23±0.09 mmol/L pre vs. 4.29±1.98 mmol/L post). No se encontraron diferencias significativas entre las condiciones sin suplementación y con placebo. La suplementación con creatina produjo una mejora en el rendimiento que en promedio fue del 0.7 %, 11.8 % y 11.1 % para los 40, 100 y 135 g de ACRL respectivamente. Sin embargo, el análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p<0.01$) sólo para los 100 y 135 g de la ACRL. Los valores medios ± DE para los 100 g de ACRL para la potencia media y mínima fueron de 612±180W con placebo vs. 693±221W con creatina y 318±35 W con placebo vs. 415 ± 11W con creatina, respectivamente. Con los 135 g de ACRL los respectivos valores de rendimiento fueron de 722±215 W con placebo vs. 810±240 W con creatina y 405±59 W con placebo vs. 436±30 W con creatina. Estos datos indican que una ACRL de 100 g en comparación con otra de 40 g provoca un mayor incremento del rendimiento, mientras que ingestas de cantidades mayores de creatina (135 g. de ACRL) no producen un beneficio adicional.

Palabras Clave: carga aguda de creatina (ACRL), aumento del rendimiento, dosis

INTRODUCCION

Actualmente, un creciente número de investigadores (Balsom et al., 1993; Kamber et al., 1999; Rockwell et al., 2001) han estudiado el beneficio potencial de la creatina como suplemento ergogénico para aumentar el rendimiento del ejercicio. En

la mayoría de los estudios sobre suplementación con creatina, las dosis utilizadas durante una Carga Aguda de Creatina (ACRL) fueron de 20-25 g/día durante períodos de 4 a 5 días (Greenhaff et al., 1994; Birch et al., 1994; Rockwell et al., 2001) totalizando unos 100 g de creatina. Este régimen de suplementación estaba basado en los resultados de estudios preliminares (Harris et al., 1992) que mostraban que dosis de 20 g/día y 30 g/día durante un período de 3.5 días (n=1) y 4 días (n=3), 7 días (n=1) en un grupo de cinco sujetos sedentarios conducía a un aumento del 20% en la reserva total de creatina. Sin embargo, Harris et al. (1992), no realizaron comparaciones de los datos de rendimiento con cada dosis de creatina por separado, para de esta manera establecer que régimen de carga de creatina era el que provocaba mayores beneficios y esto posiblemente se debió al reducido tamaño del grupo de muestra.

Utilizando un diseño experimental diferente, Vandenberghe et al. (1999) observó que 25 g/día para los primeros dos días resultaban en un incremento del 11% en la concentración muscular de CP y un incremento del 5-13% en el torque muscular, mientras que la prolongación de la suplementación por otros tres días no producía efectos adicionales a estos. Los resultados de esta investigación contrastan con la utilización de una ACRL "tradicional" de 100 g; y de aquí emerge la necesidad llevar a cabo investigaciones adicionales concernientes a determinar cual es la dosis óptima de creatina y cuales son sus efectos sobre la mejora del rendimiento. Tales investigaciones han de asegurar la efectividad de una ACRL, ayudando a evitar cualquier efecto secundario por sobredosis, y presentando valores de creatina de referencia para minimizar la excreción de creatina a través de la orina, a la vez que se obtienen los máximos beneficios sobre el rendimiento. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue establecer una ACRL, que produzca el mayor beneficio sobre el rendimiento durante la realización de esprints máximos repetidos de ciclismo.

METODOS

Sujetos

Veintiocho sujetos de sexo masculino con una media ± DE de edad de 29.9±4.6 años, masa corporal de 81.6±1.1 kg, talla 1.79±0.17 m y un porcentaje de grasa corporal de 20.1±5.1%, participaron en estos tests. Veintiuno de ellos sirvieron de grupo experimental, mientras que los siete restantes sirvieron de grupo de control. Todos los sujetos fueron informados acerca de los riesgos potenciales de los procedimientos experimentales. El presente estudio tuvo la aprobación del Comité de Etica de Hospital Local. A los sujetos les fue pedido que en el día de los tests asistan al laboratorio luego de un desayuno ligero (sólo una tostada con un poco de margarina y jugo de naranja). También se les pidió que no participasen en actividades físicas exigentes en las 48 hs previas a la realización de los tests. Sin embargo, no debían desviarse de sus patrones alimenticios normales o su actividad física habitual durante el período de suplementación. Asimismo, previamente a la iniciación del estudio (semana de control) se monitoreo la ingesta diaria de alimentos de todos los sujetos utilizando planillas de registro dietario, las cuales fueron posteriormente analizadas (todos sus nutrientes) utilizando un programa de ordenador (COMP-EAT4), y posteriormente a esto los sujetos fueron instruidos para que siguieran una ingesta diaria de calorías, proteínas y carbohidratos calórica similar a esa semana y durante los dos períodos de suplementación (semana de placebo y creatina). Todos los sujetos fueron objeto de una cuidadosa selección basada en su capacidad para cumplir con el protocolo del estudio y su incentiva a explorar los efectos de la suplementación con creatina en su rendimiento físico. Por lo tanto, se asumió que el cumplimiento en el seguimiento de las instrucciones de la dieta fue excelente.

Procedimientos Experimentales

El presente estudio consistió en la evaluación de los sujetos a lo largo de 12 semanas. Los sujetos fueron divididos aleatoriamente en los grupos control y experimental y dentro del experimental los sujetos fueron divididos en tres subgrupos. Cada subgrupo siguió una ACRL diferente durante un período de cuatro días. Las dosis (5 g cada una) para los subgrupos 1, 2 y 3 fueron de 10 g/día, 25 g/día y 35 g/día de placebo (GLICOLPOLIETILENO 4000) o monohidrato de creatina puro (CHEMIE-LINZ), respectivamente. La composición química de los suplementos de creatina fue determinada a través de repetidas mediciones, utilizando un espectrofotómetro PYEUNICAM8 del laboratorio de la Leeds General Infirmary (Departamento de Cirugía).

Dado que cada subgrupo estaba siguiendo una ACRL diferente (40 g, 100 g, 135 g), realizaron los tests de ejercicio en diferentes semanas para poder hacer posible la conducción del experimento. Una razón fue que el compromiso y la constancia de los sujetos para consumir una bebida en un momento específico de cada día era un requisito esencial para el cumplimiento de los propósitos del estudio. Por lo tanto, los subgrupos 1, 2 y 3 realizaron las pruebas físicas en las semanas 4-6, 7-9 y 10-12 respectivamente. Para los subgrupos 1, 2 y 3, la primera, segunda y tercera semanas representaron las condiciones inicial, placebo y suplementación con creatina, respectivamente. El grupo de control realizó las pruebas físicas en las semanas 1-3, donde la primera semana representó la condición inicial y la segunda y tercera semana la condición placebo. Dado que la cinética del lavado de la creatina aún no ha sido establecida, el investigador

proveyó placebos y suplementos de creatina en el 1º y 2º período de suplementación respectivamente con el fin de evitar el efecto de transferencia. Aún cuando las condiciones placebo y suplementación con creatina fueron administradas siempre en este orden, estas fueron llevadas a cabo con un diseño "doble ciego" tanto para los sujetos como para los administradores de los tests.

Todos los suplementos fueron preparados por los investigadores en el Campus de la Universidad, en forma de polvo con similar textura, sabor y apariencia; y fueron empacados independientemente en paquetes de láminas genéricas para la administración doble ciego. El administrador de la suplementación, que no era consciente del contenido de los paquetes, disolvía el placebo o la creatina en 300 ml de agua caliente/tibia y le entregaba la solución a los sujetos para que fueran consumidas en las comidas de la mañana, medio día y tarde. Se prepararon dos, cinco y siete soluciones por día para los 40, 100 y 135 g de ACRL, respectivamente. Cada solución era preparada por el administrador de la suplementación inmediatamente antes de la ingesta, y fuera de la presencia de los sujetos.

El 4º día, y una hora después de la última dosis de placebo, todos los sujetos realizaron tres Tests Anaeróbicos de Wingate (AWT) intercalados con 6 minutos de recuperación activa (60 rpm). Se realizó una entrada en calor estandarizada durante la cual los sujetos realizaron 5 min de ciclismo a 60 Watts seguido inmediatamente de dos esprints de 2 s. La entrada en calor fue seguida de un período de recuperación de 5 minutos durante el cual los sujetos permanecieron sentados antes del comienzo del AWT. El ergómetro utilizado durante los AWT fue un cicloergómetro MONARK 814E (Suecia), el cual fue atornillado al suelo antes y después de cada test con el fin de proveer mayor estabilidad durante el pedaleo máximo. Antes de comenzar el test, los sujetos fueron asegurados mediante una correa que fue fijada a la pared por un extremo y pasada alrededor de la cintura del sujeto, para prevenir de esta manera que el sujeto se pudiera levantar del asiento. Antes de cada test los sujetos ajustaron la altura del asiento del cicloergómetro y además realizaron varias series de esprints de 6 s de duración como parte de la habituación al proceso del AWT (Havenetidis et al., 2003). Las condiciones y procedimientos experimentales para realizar el AWT son aquellas descriptas por Bar-Or (1987). El protocolo de ejercicio fue repetido a la siguiente semana durante la suplementación con creatina y bajo las mismas condiciones y seguida de los mismos procedimientos experimentales. El presente protocolo de ejercicio es considerado un modelo ideal para determinar las propiedades ergogénicas de la creatina reportadas por otros investigadores (Dawson et al., 1995; Prevost et al., 1997). Los esprints repetidos están asociados con la acumulación de fatiga, una condición preferida en los estudios que investigan el efecto ergogénico de varios suplementos. La utilización de una única serie de ejercicio hubiera producido una depleción menos marcada de los fosfatos de creatina (un estado metabólico vinculado a la fatiga) y consecuentemente se no se hubiera podido cuantificar la relación entre el aumento de las reservas musculares de fosfato de creatina (luego de la suplementación con creatina) y la reducción en el rendimiento. En contraste, el presente protocolo de ejercicio ha mostrado estresar al máximo la vía de los fosfatos de creatina ya que la concentración de los mismos al final del tercer AWT representó solo el 14% de los valores medidos en reposo (Havenetidis et al., 2002).

Mediciones Fisiológicas

Las mediciones de la masa corporal, la talla y la estimación del porcentaje de grasa corporal (HARPENDEN, Durnin and Womersley, 1974) fueron realizadas el mismo día en que se realizaron los tests, para la condición de inicial, de placebo y de suplementación con creatina. Las muestras de sangre de los tres grupos experimentales fueron extraídas de la vena antecubital una hora después de la última dosis en ambas ocasiones (condiciones de placebo y creatina). Todas las muestras fueron centrifugadas, y el suero fue guardado y analizado al día siguiente a través del método enzimático (Harris et al., 1974). También se recolectaron muestras de orina en cada uno de los días en que los sujetos consumieron el suplemento (a lo largo de un período de cuatro días), tanto durante la condición placebo como durante la condición con creatina y en cinco momentos diferentes dentro de un período de 24 horas (11 am., 3 pm, 7 pm, 11 pm y 7 am representando períodos I-V, respectivamente) y luego de descartar la primera muestra (muestra de las 7 am). Cada período de 24 hs. consistía en períodos de 4 hs. (períodos I-IV) más un período de 8 hs. (período V). Inmediatamente después de cada período de colección, el volumen era medido, y una alícuota de un 1% era transferida a un tubo de almacenamiento y congelado para los futuros análisis. Todas las muestras fueron analizadas en triplicado aceptando una diferencia máxima del 4% entre los triplicados. Los sujetos recolectaron las muestras de orina ellos mismos en botellas provistas por los investigadores. La concentración de creatina en la orina fue medida utilizando el mismo método enzimático usado para medir la concentración plasmática creatina (Harris et al., 1974).

Mediciones de Rendimiento

Los índices medidos durante los AWT fueron: potencia media (MP), y potencia mínima (MIP). La MP fue calculada como la producción promedio de potencia mecánica durante cada intervalo de 10 segundos (MP 0-10s, 10-20s, 20- 30s), mientras que la MIP fue la potencia más baja producida durante cualquier período de 1 s en los 30 s que duraba el AWT. Todos los índices del AWT fueron medidos utilizando un programa de ordenador (Lakomy, 1986). Para el grupo control no se realizaron mediciones fisiológicas o del rendimiento ya que el grupo experimental sirvió como su propio grupo control durante las primeras series de mediciones las cuales fueron llevadas a cabo sin la adiminstración de suplementos (semana

de control).

Análisis Estadísticos

Se realizaron comparaciones utilizando la prueba t para datos apareados para detectar diferencias en la masa corporal, y en las concentraciones en sangre y en orina antes y después de la suplementación. Para la comparación entre los índices del AWT y para la ingesta de proteínas se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para medidas repetidas, utilizando como factores el grupo (40g, 100g, y 135g ACRL) y la condición (inicial, placebo y creatina). También se utilizó el análisis de varianza ANOVA de una vía para detectar diferencias en las concentraciones sanguíneas de creatina en relación con la dosis ingerida.

RESULTADOS

No se observaron diferencias significativas en la ingesta de proteínas e hidratos de carbono entre los grupos y entre de las semanas de control, placebo y suplementación con creatina (Tabla 1).

Carga Aguda de Creatina	Semana de Control	Semana con Administración de Placebo	Semana con Administración de Creatina
Ingesta de Proteínas			
40g	80.1 (8.3)	76.4 (15.0)	72.2 (25.0)
100g	86.9 (9.1)	82.3 (10.7)	83.8 (10.1)
135g	79.3 (11.9)	87.1 (10.8)	81.8 (15.3)
Control	82.2 (12.2)	84.3 (13.2)	76.1 (16.2)
Ingesta de Carbohidratos			
40g	295 (77)	263 (47)	285 (62)
100g	273 (79)	271 (66)	299 (68)
135g	328 (69)	296 (70)	303 (61)
Control	291 (100)	278 (47)	289 (62)

Tabla 1. *Ingesta de carbohidratos y proteínas (g) en cada una de las semanas y para cada uno de los grupos. Los valores son presentados como medias (DE).*

Sujeto	Masa Corporal (kg)	Edad (Años)	Talla (m)	Grasa Corporal (%)	Masa Corporal post Creatina (kg)	ACRL (g)
1	72.5	26	1.87	17.84	73.0	40
2	71.8	22	1.77	15.77	72.0	40
3	63.5	28	1.76	10.40	63.5	40
4	96.0	30	1.76	28.15	96.1	40
5	106.6	21	1.85	21.13	105.9	40
6	93.3	32	1.88	26.33	93.5	40
7	90.6	25	1.73	20.95	90.8	40
8	70.0	23	1.75	11.87	70.2	100
9	74.0	22	1.84	9.75	74.0	100
10	84.0	28	1.82	10.24	84.3	100
11	76.7	25	1.77	12.90	76.9	100
12	87.0	25	1.80	19.49	87.3	100
13	70.9	30	1.70	14.08	70.9	100
14	76.1	22	1.86	7.24	76.9	100
15	75.5	20	1.73	20.27	75.9	135
16	76.0	28	1.80	16.86	76.9	135
17	75.0	19	1.73	19.26	75.9	135
18	89.0	22	1.79	19.90	89.9	135
19	86.0	20	1.91	15.15	86.6	135
20	94.5	21	1.94	13.84	95.1	135
21	103.0	24	1.94	22.84	103.9	135

Tabla 2. *Detalles antropométricos del grupo experimental.*

En el presente estudio, la masa corporal (Media ±DE) se incrementó ($p<0.01$) de 82.5 ±11.7 kg, a 82.9 ±11.7 kg, luego de la suplementación con creatina en los tres grupos de suplementación (valor t -4.084). Los valores de masa corporal con placebo comparados con la suplementación con creatina para los 40, 100 y 135 grs. fueron de 84.8±15.7 kg vs. 85.0±15.5 kg, 76.9 ± 6.4 kg vs 77.2±6.5 kg y 85.6±10.8 kg vs. 86.3±10.8 kg, respectivamente. Los detalles antropométricos del grupo experimental se muestran en la Tabla 2.

El nivel de creatina en sangre y orina también se vio significativamente incrementado ($p<0.01$) y dicho incremento fue proporcional a la dosis de creatina ingerida (Tabla 3).

Datos del Rendimiento

En todas las ocasiones, la mayor producción de potencia fue conseguida durante los primeros segundos de cada AWT seguido de un descenso continuo. Las estadísticas no mostraron diferencias significativas en el rendimiento del grupo de control durante las tres semanas de evaluación, lo que indicó que las repeticiones de 30 s de esprints de ciclismo no se ven afectadas de manera significativa por el efecto de aprendizaje de los sujetos (Figura 1). La diferencia promedio en el rendimiento de cada AWT fue de ±2.5%, un valor que no es estadísticamente significativo.

En contraste, se observaron diferencias significativas dentro de los tres grupos experimentales bajo condiciones de placebo y suplementación con creatina, y por la interacción entre ellas (40 g. de ACRL vs 100 g de ACRL $p<0.01$ y 40 g. de ACRL vs 135 g de ACRL $p<0.01$). En la Tabla 3 se muestra un resumen de todos los datos de los AWT de todos los grupos durante las condiciones inicial, placebo y suplementación con creatina. Los datos presentados muestran que la potenciación del rendimiento fue influenciado por la dosis de creatina empleada. La Figura 2 muestra el porcentaje de diferencia entre las condiciones de placebo y de suplementación con creatina de los índices tomados durante todos los AWT para cada grupo de suplementación.

Los datos presentes también indican que la potenciación del rendimiento no fue consistente para todos los grupos de suplementación ni tampoco durante el período de 30 s. Esta inconsistencia es aún mayor cuando la producción de potencia se expresa por segundo (Figuras 3-5).

Como se observa en las figuras 3 a 5, hay un incremento en el rendimiento de la fuerza/potencia durante el período de 30 s para las condiciones de suplementación con creatina con relación a las condiciones de placebo para las ACRL de 100 y 135 grs. En contraste, para los 40 grs. ACRL la potencia decae luego del 4to segundo, cuando las condiciones de placebo y suplementación con creatina eran casi idénticas.

	Creatina en Sangre		Creatina en Orina	
Carga Aguda de Creatina	**Pre Creatina**	**Post Creatina**	**Pre Creatina**	**Post Creatina**
40g	0.17 (0.05)	1.12 (0.08)**	0.28 (0.05)	2.07 (0.78)**
100g	0.24 (0.06)	2.63 (0.66)**	0.13 (0.04)	4.90 (2.10)**
135g	0.23 (0.06)	2.97 (0.89)**	0.28 (0.04)	5.97 (1.90)**

Tabla 3. *Respuesta de la CR en sangre y orina (mmol/l) a las diferentes dosis de Creatina. Los valores son presentados como medias (DE). ** Significativamente diferentes a los valores anteriores a la administración de creatina; p<0.01.*

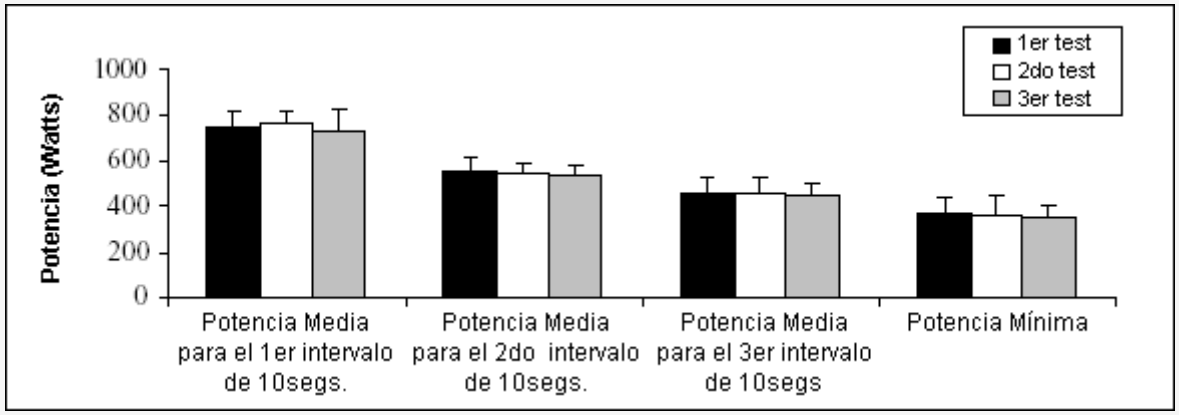


Figura 1. *Producción de potencia durante distintos tests del grupo de control. Los valores son presentados como media (DE) combinando los tres esprints de 30 segundos en cada condición.*

DISCUSION

El presente estudio demostró que la suplementación de creatina per se no mejora necesariamente el rendimiento durante el ejercicio, pero éste es influenciado por la cantidad de creatina ingerida durante un período de ACRL de cuatro días. Las cantidades de creatina ingeridas en la presente ACRL fueron de 40, 100 y 135 g y derivaron en una mejora promedio (a través de todos los índices de los AWT) de 0.7%, 11.8% y 11.1% respectivamente. La diferencia en la potenciación del rendimiento puede relacionarse con las diferencias en la concentración de creatina en sangre (postsuplementación) que influencia la absorción muscular de creatina. Harris et al. (1992) y Fitch y Shields (1966), quienes desarrollaron un modelo explicar la absorción de creatina en el músculo utilizando cobayos, mostraron que la facilitación de la absorción de creatina es mucho mayor cuando la concentración de creatina en sangre excede 1 mmol/L. En base al corto período de tiempo en que la creatina plasmática permanece elevada (vida media 1-1.5 hs.) es posible que el efecto de la ingesta de creatina sobre la absorción muscular no haya durado mucho, especialmente si los niveles plasmáticos (1.1±0.1 mmol/L) para los 40 g de ACRL estaban justo sobre el umbral. Esto último conjuntamente con una alta concentración de creatina muscular, puede haber resultado en una absorción reducida de creatina en el músculo. Alternativamente, para los 100 y 135 g de la ACRL se observaron concentraciones de creatina significativamente mayores, conjuntamente con una mayor potenciación del rendimiento en comparación con los 40 g de la ACRL, lo cual parece no ser suficiente como para alcanzar el mayor valor de absorción muscular de creatina. En contraste las dosis de creatina de 100 g o mayores (135 g) producen mayores concentraciones sanguíneas de creatina, las cuales están por encima del umbral de 1 mmol/L, por lo cual facilitan la entrada de creatina al músculo. Es notable que los valores de creatina en sangre en condiciones de placebo fueran

similares entre los grupos y dentro de los valores normales reportados por otros investigadores (Tortora y Anagnostakos, 1990; Engelhardt et al., 1998) por lo tanto, se concluyó que no existían diferencias iniciales entre los grupos antes de la suplementación.

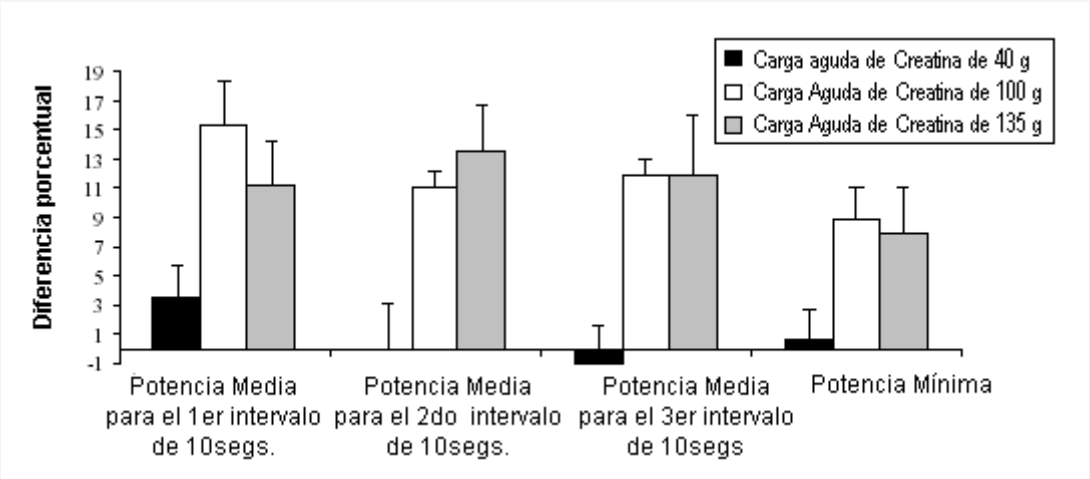


Figura 2. *Potenciación promedio del rendimiento (%) utilizando tres cargas agudas de creatina diferentes. Los valores son presentados como media (DE), combinando los tres esprints de 30 s en cada condición.*

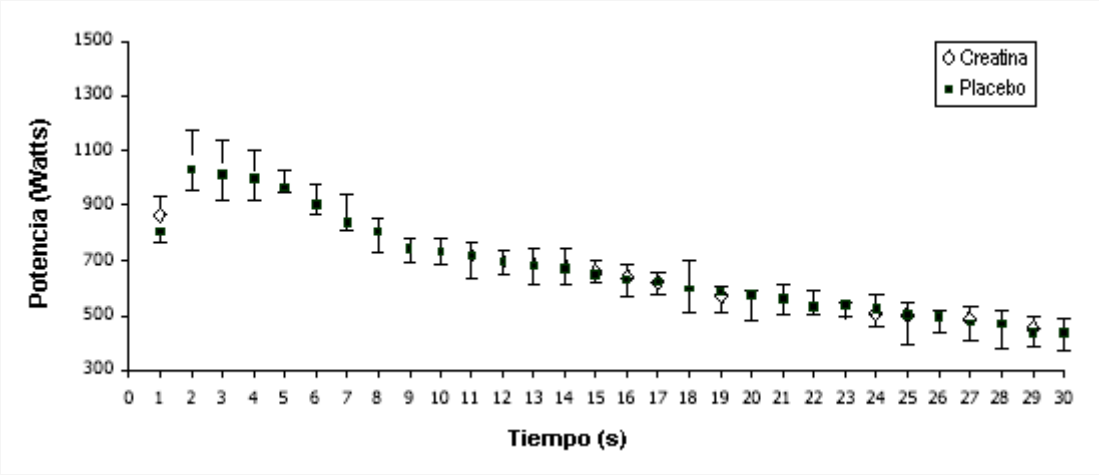


Figura 3. *Patrón de declive de la potencia para las condiciones de placebo y suplementación con creatina con la carga aguda de creatina de 40 g. Los valores son presentados como media (DE), combinando tres esprints de 30 s en cada condición.*

Los presentes resultados no respaldan los hallazgos de Vandenberghe et al. (1999), quienes midieron a nueve sujetos del sexo masculino realizando cinco series de 30 contracciones voluntarias máximas dinámicas de los músculos extensores de la rodilla separadas por intervalos de descanso de 2 minutos. En ese estudio una ACRL de50 g mostró ser igualmente beneficiosa para el rendimiento durante el ejercicio en comparación con una ACRL de 125 g. Esta inconsistencia entre los hallazgos de Vandenberghe et al. (1999) con los realizados en este estudio se puede relacionar con varios factores. En primer lugar existe la posibilidad de que los sujetos en ese estudio hayan llegado al agotamiento debido que el protocolo de repeticiones máximas de extensiones de rodilla fue llevado a cabo dos veces y dentro de un período de tiempo muy corto (días 1, 3 y 6) y consecuentemente los sujetos no fueron capaces de mostrar mejoras adicionales con la continuación de la suplementación con creatina. Segundo, la potenciación promedio durante las primeras dos series de extensiones de rodilla fueron del 6.6% comparadas con el 3.6% para las ACRL de 50 y 125 g, lo que indica una mejoría adicional del 3% conjuntamente con un incremento del 5% en la concentración sanguínea de fosfocreatina. Estos hallazgos muestran que la continuación en la suplementación con creatina produjo mayores beneficios en estos sujetos, al menos en la fase inicial del

ejercicio, lo cual fue observado por los mismos investigadores (Vandenberghe et al., 1999). Alternativamente, a la luz de los datos presentes acerca de la ACRL con 40 g, la mejora significativa en el rendimiento mostrada en los datos de Vandenberghe et al. (1999) pudo haberse debido a diferencias en el protocolo de administración de los suplementos (los suplementos y los placebos eran tabletas Isostar® y Maltodextrina, respectivamente), lo cual pudo haber provisto de más carbohidratos a los sujetos, favoreciendo la absorción de creatina en el músculo (Green et al., 1996). Como regla general, las diferencias en los grupos y entre los protocolos de ejercicio pueden ser los factores principales que determinen las diferencias entre estudios de suplementación con creatina, y esto es lo correcto en este caso.

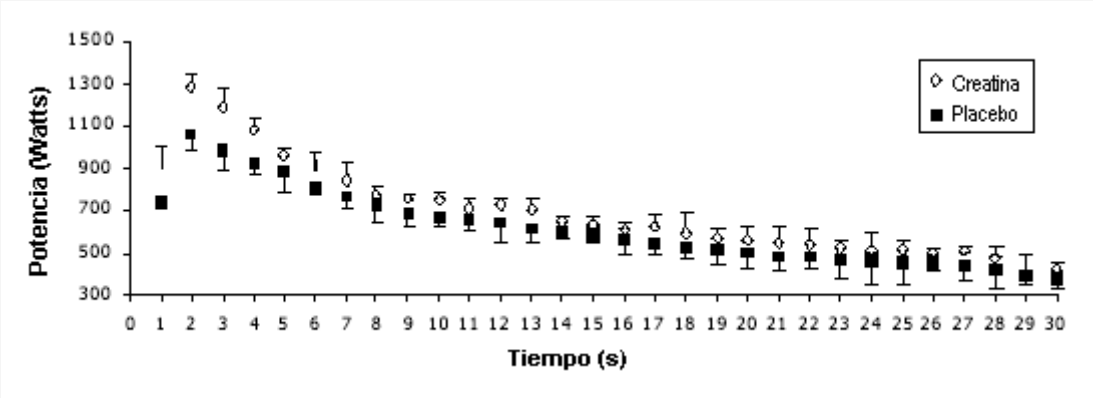


Figura 4. *Patrón de declive de potencia para las condiciones de placebo y suplementación con creatina con la carga aguda de creatina de 100 g. Los valores son presentados como media (DE), combinando tres esprints de 30 s en cada condición.*

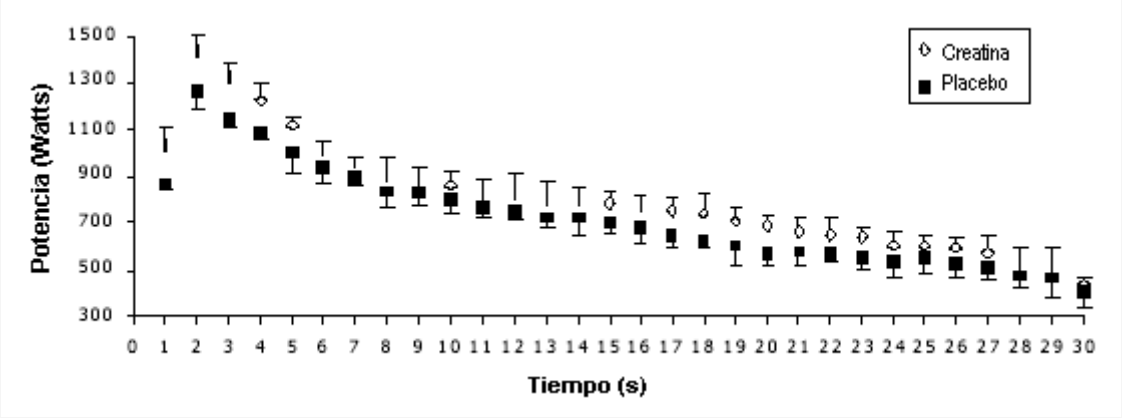


Figura 5. *Patrón de declive de potencia para las condiciones de placebo y suplementación con creatina con la carga aguda de creatina de 135grs. Los valores son Media (DE) combinando tres esprints de 30 s. en cada condición.*

Los presentes hallazgos coinciden con aquellos estudios en donde se utilizó una ACRL de 40 g o menor (Peyrebrune et al., 1998; Preen et al., 2002). Estos estudios no mostraron ninguna mejora en las ergometrías de nado y ciclismo (Peyrebrune et al., 1998; Preen et al., 2002, respectivamente), comparados con los respectivos valores de 22% ($p<0.01$), y 2% ($p<0.05$) para la ACRL de 100 g (Jones et al., 1999; Theodorou et al., 1999). Resultados similares a la ACRL de 40 g fueron reportados por otros grupos de investigación empleando regímenes de suplementación con creatina de 60-80 g (Earnest et al., 1997; Odland et al., 1997; Rockwell et al., 2001), donde había una tendencia al incremento del rendimiento, pero que no era significativa. Estos reportes refuerzan la presente especulación de que la ACRL de 100 g es el "umbral" donde la aparición de los efectos ergogénicos de la creatina se ven significativamente incrementados. Sin embargo, otros estudios no mostraron un incremento en el rendimiento del ejercicio aún con el uso de dosis que totalizaran 100 g (Mujika et al., 1996; Cooke y Barnes, 1997; Finn et al, 2001). Es probable que diferencias en los sujetos y en los protocolos de ejercicio entre los estudios nombrados previamente expliquen esta aparente contradicción con los presentes resultados. Por ejemplo, Finn et al. (2001) utilizaron atletas entrenados en resistencia (triatletas), mientras que el grupo de muestra usado

en el presente estudio estuvo compuesto por sujetos activos que, aunque participaban en múltiples eventos de esprint (rugby, fútbol), lo hacían de una manera recreacional. Se ha sido sugerido (Greenhaff et al., 1994; Engelhardt et al, 1998; Kamber et al., 1999) que la magnitud de la mejora seguida a la suplementación con creatina varía considerablemente para grupos entrenados en resistencia y para grupos entrenados en esprint a causa de las diferencias relacionadas con las propiedades metabólicas y mecánicas de sus patrones de reclutamiento de fibras musculares.

Otro hallazgo realizado en el presente estudio, fue que con la utilización de una ACRL mayor a 100 g (135grs), no se observaron mayores mejoras en el rendimiento. A pesar del hecho de que se han reportado pocas comparaciones directas entre las diferentes ACRL en la literatura, en aquellos estudios en donde las dosis totalizaban los 135 g o más, la potenciación del rendimiento era similar (Schneider et al., 1997; Volek et al., 1997) a la observada por aquellos que utilizaban la "tradicional" ACRL de 100 g (Birch et al., 1994; Izquierdo et al., 2002).

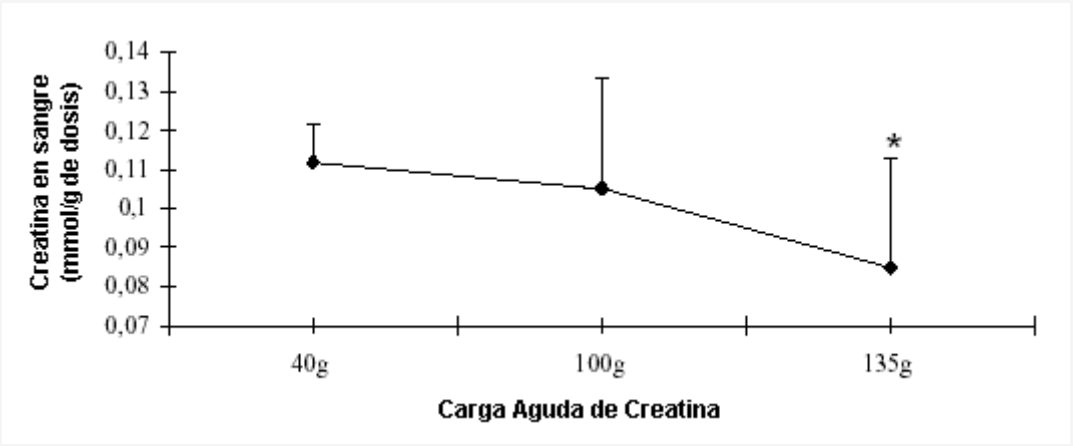


Figura 6. *Concentración de creatina en sangre en relación con las diferentes dosis de creatina. Los valores son presentados como media (DE). * Significativamente diferente de las ACRL de 40 g. y 100 g; p<0.05.*

Además , en los estudios (Mujika et al., 2000; Yquel et al., 2002) en donde la ACRL (120 g) estaba entre las dosis utilizadas en este estudio (100 y 135 g), la mejora del rendimiento durante la realización de ejercicios no se elevó más allá de los valores observados para la ACRL de 100 g. Una explicación posible para la falta incremento en el rendimiento con el uso de una ACRL de 100 g puede estar relacionada con la excreción de creatina. Considerando que concentraciones mayores de creatina en sangre son acompañadas de una mayor excreción urinaria de creatina dentro de las 24 hs, existe la posibilidad de que los niveles incrementados de creatina en sangre no necesariamente hayan derivado en a ingreso más eficiente de la creatina en el músculo, y, consecuentemente en una mayor potenciación del rendimiento. En respaldo a este mecanismo, cuando las concentraciones de creatina en sangre se expresaron en relación con la dosis ingerida (mmol/g de dosis), la ACRL con 135 g mostró valores significativamente inferiores ($p<0.05$), lo cual indica una mayor excreción (Figura 6). Vale la pena mencionar que los valores de creatina en la orina en la condición placebo y las concentraciones de creatina en orina luego de la suplementación coinciden con aquellas reportadas por otros investigadores (Poortmans, et al., 1997; Vandenberghe et al., 1997; Engelhardt et al, 1998) y por lo tanto, es improbable encontrar fluctuaciones entre los grupos atribuidas a un mal funcionamiento de los riñones y/o a lesiones musculares.

A pesar del hecho de que la mayor absorción de creatina es lograda sólo cuando está mezclada con hidratos de carbono en la ingesta (Green et al., 1996), y, dado que en todos los grupos del presente estudio no ingirieron hidratos de carbono, cualquier diferencia en el rendimiento se podría relacionar con la cantidad de creatina ingerida. Asimismo, la ingesta de hidratos de carbono, como se muestra en el análisis dietario (Tabla 1), fue similar a través de las condiciones de todos los grupos. Los autores ha elegido no utilizar hidratos de carbono mezclados con creatina con el fin de estimar inicialmente el efecto de los distintos regímenes de ingesta de creatina sobre el rendimiento durante la realización de ejercicios y luego proceder a la adición de hidratos de carbono en futuros estudios. Sin embargo, debe enfatizarse que la homogeneidad de los sujetos, en términos de la concentración total inicial de creatina en el músculo no era conocida, un factor que pudo haber influenciado la absorción de creatina y, consecuentemente, haber potenciado el rendimiento de los sujetos en el presente estudio.

Otro hallazgo interesante de este estudio fue que la producción de potencia por parte de los sujetos fue facilitada de forma diferente con la ingesta de una ACRL de 40 g en comparación con la ingesta de una ACRL de 100 y 135 g. Más

detalladamente, el incremento de la potencia luego de la suplementación con creatina fue evidente en los primeros segundos de ciclismo para todos los grupos, pero sólo se percibió hasta el final de los períodos de 30s con las ACRL de 100 y 135g. Con el uso de una ACRL de 40g el efecto benéfico de la creatina desapareció luego de cuatro segundos de ciclismo (Figura 3) y ese fenómeno fue reflejado en los índices de todos los AWT. El mayor incremento en el rendimiento se observó en la MP producida entre los 0-10s (3.5%) y luego se volvió insignificante para las MP producidas durante los 10-20segs. (0%), para las MP producidas 20-30 s (-1%) y para la MIF (0.5%). En contraste, la producción de potencia (en comparación con el placebo) fue constantemente más alta (Figuras 4 y 5) para las ACRL de 100 y 135g a través de todo el período de 30 s y, consecuentemente, llevó a valores significativamente mayores de potencia para el 1er (13.2%), 2do (12.2%) y el 3er (11.9%) intervalo de MP. Las observaciones previas dan un indicio de la existencia de dos mecanismos que pueden operar con el uso de las dosis presentes de creatina. Primero, una probable elevación de la concentración de fosfocreatina previa al ejercicio, lo cual se ha sugerido (Harris et al., 1992; Greenhaff et al., 1994) que demora la depleción de los depósitos de fosfocreatina durante el ejercicio y extiende el período de tiempo en que el sistema del trifosfato de adenosina - fosfocreatina es predominante, proveyendo un incremento en la producción de potencia durante los primeros 10 s. Evidentemente, los mayores incrementos (en todos los grupos) se dieron en los primeros segundos de ejercicio (10%) y se fueron reduciendo gradualmente hacia el final del período de 30 s (5.8%). Aún para las ACRL de 40 g, el incremento en los primeros segundos de ciclismo fue tal (3.5%) que casi alcanzó el nivel de significancia (p=0.06).

Un segundo mecanismo que pareció operar fue el de una eficiente capacidad de amortiguación del sistema fosfocreatina - creatina luego de la suplementación con creatina (Birch et al., 1994; Greenhaff et al., 1994). Sin embargo, este segundo mecanismo operó sólo con las ACRL de 100 y 135 g, a la vez que la producción de potencia se mantenía alta más allá del período de 10 s, sugiriendo que con esas dosis era posible que se dé una acelerada eliminación de iones de hidrógeno. Adicionalmente, una mayor depleción de las reservas de fosfocreatina y/o una mayor acidosis metabólica causada por este protocolo de ejercicio (tres Tests de Wingate) pueden haber servido como factor facilitante, lo que resalta cualquier efecto benéfico de la suplementación con creatina. Los hallazgos de Balsom et al. (1993) respaldan la teoría antes mencionada dado que estos autores han demostrado que la potenciación del rendimiento (usando una dosis similar) durante esprints de ciclismo de 6 s fue significativa sólo hacia el final del protocolo de ejercicio y más allá del período de 4 s. Sin embargo, la ausencia de datos con respecto a índices musculares en este estudio no da la oportunidad de respaldar la existencia de estos mecanismos con datos bioquímicos.

Conclusión

El uso de una carga aguda de creatina de 100 g comparada con otra de 40 g produce una mayor y más constante potenciación en el rendimiento en los esprints de ciclismo, mientras que no se producen beneficios significativamente mayores con la utilización de dosis mayores (135 g). Estos hallazgos respaldan reportes previos en los que la utilización del régimen de carga de creatina de 100 g comúnmente aceptado puede producir un beneficio ergogénico. La potenciación del rendimiento es mayor en los primeros segundos de los esprints repetidos de ciclismo (aún para las dosis bajas de creatina) y disminuye progresivamente hacia el final del período de 30 s. Este patrón ergogénico puede ser atribuido, principalmente, a una elevada concentración de fosfocreatina previa al ejercicio y, en menor medida, a una más eficiente capacidad de amortiguación. Investigaciones adicionales sin embargo, deberían evaluar el uso de dosis variables de creatina en relación a la masa corporal, ya que existen estudios que muestran que la especificidad de la muestra parece afectar la magnitud de la potenciación del rendimiento.

Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a la State Scholarship Foundation of Greece por el soporte financiero del presente estudio. Nuestra gratitud se extiende al R.F.G.J. King, Investigador del Leeds General Infirmary, U.K. y a R. Butterly, profesor adjunto de la Leeds Metropolitan University, por su consejo y guía a través del período de este estudio. Muchas gracias también a todo el personal del Departamento de Química Patológica (Leeds General Infirmary) por su valiosa ayuda en la recolección de muestras de sangre y orina.

Dirección para el envío de correspondencia

Dr Konstantinos Havenetidis Omirou 96, Moschato, Athens, 18344, Grecia.

REFERENCIAS

1. Bar-Or, O (1987). Wingate test: update on reliability and validity. *Sports Medicine 4, 381 394*
2. Balsom, P.D., Ekblom, B., Soderlund, K., Sjodin, B. And Hultman, E (1993). Creatine Supplementation and dynamic high-intensity

intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports 3, 143-149*
3. Birch, R., Noble, D. and Greenhaff, P.L (1994). The influence of dietary creatine Supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *European Journal of Applied Physiology 69, 253-259*
4. Cooke, W. and Barnes, W.S (1997). The influence of recovery duration on high-intensity exercise performance after oral creatine supplementation. *Canadian Journal of Applied Physiology 22, 454-5-467*
5. Dwason, B., Cutler, M., Moody, A., Lawerence, S., Goodman, C. and Randall, N (1995). Effects of oral creatine loading on single and repeated maximal short sprints. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport 27(3), 56-61*
6. Durnin, J.V.G.A. and Womersley, J (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. *British Journal of Nutrition 32, 77-97*
7. Earnest, C.P., Almanda, A.L. and Mitchell, T.L (1997). Effects of creatine monohydrate ingestion on intermediate duration anaerobic treadmill running to exhaustion. *Journal of Strength and Conditioning Research 11, 234-238*
8. Engelhardt, M., Neumann, G., Berbalk, A. and Reuter, I (1998). Creatine supplementation in endurance sports. *Medicine and Science in Sports and Exercise 30, 1123-1129*
9. Finn, J.P., Ebert, T.R., Withers, R.T., Carey, M.F., Mackay, M., Phillips, J.W. and Febbraio, M.A (2001). Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology 84, 238-243*
10. Fitch, C.D. and Shields, R.P (1966). Creatine metabolism in skeletal muscle. Creatine movement across muscle membranes. *Journal of Biological Chemistry 241, 3611-3614*
11. Green, A.L., Hultman, E., Macdonald, I.A., Sewell, D.A. and Greenhaff, P.L (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *American Journal of Physiology 271, E821-826*
12. Greenhaff, P.L., Bodin, K., G., Soderlund, K. And Hultman, E (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology 266, E725-730*
13. Harris, R.C., Hultman, E. and Nordesjo, L.O (1974). Glycogen, glycolytic intermediates and high energy phosphates determined in biopsy samples of musculus quadriceps femoris of man at rest. *Methods and variance of values. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigations 33, 109-120*
14. Harris, R.C., Soderlund, K. and Hultman E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine Supplementation. *Clinical Science 32, 367-374*
15. Havenetidis, K., Matsouka, R. and Konstadinou, V (2003). Establishment of the highest peak anaerobic power prior to the commencement of the Anaerobic Wingate Test. *Journal of Human Movement Studies 44, 479-487*
16. Havenetidis, K., Theodorou, A., Cooke, C.B. and King, R.F.G.J (2002). Havenetidis, K., Theodorou, A., Cooke, C.B. and King, R.F.G.J. *In: Proceedings of the 7th annual congress of the European College of Sport Science. Ed: Koskolou*
17. M., Geladas, N. and Klissouras, V. 2, 593. Jones, A.M., Atter, T. and Georg, K.P (1999). Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice hockey players. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness 39, 189-196*
18. Kamber, M., Koster, M., Kreis, R., Walker, G., Boesch, C. and Hoppeler, H (1999). Creatine supplementation-Part I: performance, clinical chemistry and muscle volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise 31, 1763-1769*
19. LaKomy, H.K.A (1986). Measurement of work and power output using friction-loaded cycle ergometers. *Ergonomics 29, 509-517*
20. Mujika, I., Padilla, S., Ibanez, J., Izquierdo, M. And Gorostiaga, E (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise 32, 518-525*
21. Mujika, I., Chatard, J.C., Lacoste, L., Barale, F. And Geys,ant, A (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28, 1435-1441*
22. Odland, L.M., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M., Elorriaga, A. and Borgmann, A (1997). Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Medicine and Science in Sports and Exercise 29, 216-219*
23. Peyrebrune, M.C., Nevill, M.E., Donaldson, F.J. and Cosford, D.J (1998). The effects of oral creatine supplementation on performance in single and repeated sprint swimming. *Journal Sports Sciences 16, 217-279*
24. Poortmans, J.R., Auquier, H., Renaut, V., Durussel, A., Saugy, M. and Brisson, G.R (1997). Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men. *European Journal of Applied Physiology 76, 566-567*
25. Preen, D., Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Beilby, J. Ching, S (2002). Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans. *ournal of Sport Medicine and Physical Fitness 42, 320-329*
26. Prevost, M.C., Nelson, A, G., and Morris, G. S (1997). Creatine supplementation enhances intermittent work performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport 68, 61-68*
27. Rockwell, J.A., Rankin, J.W. and Toderico, B (2001). Creatine supplementation affects muscle creatine during energy restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise 33, 61-68*
28. Schneider, D.A., McDonough, P.J., Fadel, P.J. and Berwick, J (1997). Creatine supplementation and the total work performed during 15-s and 1-min bouts of maximal cycling. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport 29, 65-68*
29. Theodorou, A., Cooke, C.B., King, R.F.G.J., Hood, C., Denison, T., Wainwright, B.G. and Havenetidis, K (1999). The effect of longer-term creatine supplementation on elite swimming performance after an acute creatine loading. *Journal of Sports Sciences 17, 853-859*
30. Tortora, A. and Anagnostakos, G (1990). Normal values for selected blood and urine tests. *In: Principles of Anatomy and Physiology. Ed: Tortora, A. and Anagnostakos, G. 6th edition. Harper and Row Publishers. 715-722*
31. Vandenberghe, K., Van-Hecke, P., Van-Leemputte, M., Vanstapel, F. and Hespel, P (1999). Phosphocreatine resynthesis is not affected by creatine loading. *Medicine and Science in Sports and Exercise 31, 236-242*
32. Vandenberghe, K., Goris, M.,Van-Hecke, P., Van- Leemputte, M., Vangerven, L. and Hespel, P (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *ournal of Applied Physiology 83, 2055-2063*
33. Volek, J.S., Kraemer, W.J., Bush, J.A., Boetes, M., Incledon, T., Clark, K.L. and Lynch, J.M (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *ournal of American Diet Association 97, 765-770*

34. Yquel, R.J., Arsac, L.M., Thiaudiere, E., Canioni, P. And Manier, G (2002). Effect of creatine supplementation on phosphocreatine resynthesis, inorganic phosphate accumulation and pH during intermittent maximal exercise. *Journal of Sports Sciences 20, 427-437*

Cita Original

Konstantinos Havenetidis, Ourania Matsouka, Carlton Brian Cooke y Apostolos Theodorou. La Utilización de Diferentes Regímenes de Suplementación con Creatina Sobre la Capacidad de Esprint en Ciclismo. Journal of Sports Science and Medicine 2, 88-97. 2003.