PubliCE, (PubliCE) 2005

Research

Evaluación de las Propiedades Ergogénicas de la Creatina Usando un Protocolo de Ejercicio Intermitente

K. Havenetidis[1,2]

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto de la carga aguda con monohidrato de creatina (CR) sobre la fosfocretina (CrP), adenosín trifosfato (ATP), lactato (La), potencia media (MP), potencia mínima (MIP) y frecuencia media del pedal (MPR) durante 3 tests de Wingate de 30s (Win T). A 7 sujetos activos de sexo masculino se les realizó una biopsia en reposo y después del 3er Win T, antes y después de ingerir 25g de Cr durante 4 días. Las concentraciones de ATP y CrP después del 3er Win T fueron significativamente más altas ($p<0.05$) pre vs. post Cr (12.0±1.1 vs. 16.0±3.2 y 10.3±1.4 vs. 13.2±5.1mmol/kg de músculo seco, respectivamente). El rendimiento fue también significativamente incrementado ($p<0.05$) luego de la suplementación con Cr, donde MP, MIP y MPR fueron 598±65 vs. 649±62Watts, 382±51 vs. 424±46Watts y 108±10 vs. 115±9rev./min, respectivamente. La mejora del rendimiento se volvió mayor en el 3er Win T, siendo el porcentaje medio de mejora de 6.3%, 6.7% y 10.0% para el 1er, 2do, y 3er Win T, respectivamente. En conclusión, el presente régimen de Cr incrementó significativamente el ATP y CrP muscular, no alteró el lactato sanguíneo, y condujo a una mejora significativa del rendimiento especialmente hacia el final del protocolo de ejercicio, posiblemente por medio de una resíntesis acelerada de ATP y CrP durante el período de recuperación entre las series.

Palabras Clave: fosfocreatina, sistema fosfágeno, esprints, rendimiento, recuperación, refosforilación

INTRODUCCION

La ingestión de creatina (CR) ha sido ampliamente usada como ayuda ergogénica nutricional. Sin embargo, la magnitud de mejora del rendimiento reportada en la literatura varía considerablemente (4 a 100% de mejora) (1, 2), y tal variabilidad es probablemente explicada por las diferencias en los estudios para las condiciones dietarias, de ejercicio y recuperación, y las diferencias en los protocolos de entrenamiento y en los sujetos.

Ha sido propuesto que el mayor beneficio de la carga de Cr es que la misma incrementa la CR muscular libre, así permitiendo una mayor tasa de resíntesis de fosfocreatina (CrP) en la recuperación de un ejercicio intenso (3). Así, los protocolos de investigación necesitan tener múltiples series de ejercicio intenso, separadas por una recuperación suficiente para permitir una resíntesis parcial, pero incompleta de CrP (~4min) con el objetivo de evaluar el potencial ergogénico completo de la carga de CR. Por ejemplo, una mayor tasa de resíntesis de CrP en la serie de recuperación incrementaría la CrP y el ATP muscular, disminuiría el ADP muscular y así, mejoraría el potencial de fosforilación

muscular. Ha sido sugerido (9) que en esprints de 3 x 30s separados por períodos de descanso de 4min, la fracción de ATP aportado por la CrP podría incrementarse desde un 25 a un 50%. Esto se traduce en un incremento del 5-10% en el aporte energético, el cual mejoraría dramáticamente el rendimiento en el ejercicio intenso. Nuestras investigaciones previas (10, 11) también apoyan esta hipótesis.

El propósito de este estudio fue investigar si la carga aguda de creatina podría retardar el inicio de la fatiga durante series repetidas de ciclismo máximo y estudiar cualquier cambio asociado en el metabolismo muscular.

METODOS

Sujetos

7 sujetos activos con una edad, talla y masa corporal promedio de 24.4±2.4 años, 179±16cm y 77.3±9kg, se ofrecieron voluntariamente a participar después de firmar un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética del Hospital General Local.

Protocolo Experimental

El diseño de la investigación implicó un diseño experimental de un solo grupo, donde los sujetos completaron tanto las condiciones de control como experimentales. El protocolo experimental implicó 2 semanas de evaluación. En la primera semana no fueron proporcionados suplementos (condición de control, CON) mientras que en la segunda semana fue ingerida CR (Condición Experimental, CR). Con respecto al orden del tratamiento, ya que la cinética de eliminación o washout de la creatina no ha sido firmemente establecida, los suplementos con creatina fueron proporcionados en la segunda semana con el objetivo de evitar un posible efecto de conservación. La suplementación con placebo no fue usada en este estudio, ya que no fue demostrado ningún efecto placebo y/o de aprendizaje significativo en estudios anteriores donde los mismos sujetos fueron reclutados, siguiendo el mismo protocolo de ejercicio (10, 11).

Suplementación con Creatina

Durante la suplementación con creatina los sujetos ingirieron 25g de monohidrato de creatina/día en dosis de 5g cada 2 horas, por un período de 4 días. Todas las bebidas fueron preparadas en el Campus de la Universidad, mezclando creatina en forma en polvo (CHEMIE-LINZ), con 300ml de agua caliente-tibia. Los sujetos ingirieron la suplementación con CR con las comidas de la mañana, mediodía y tarde. Cada bebida fue preparada por el administrador de la suplementación inmediatamente antes de la ingestión, y en la ausencia de los sujetos. Luego del consumo de la bebida todos los paquetes vacíos fueron devueltos y fue reportada una adherencia del 100% por todos los sujetos. El autor decidió no usar una mezcla de carbohidratos con la creatina, con el objetivo de investigar primero la respuesta del metabolismo muscular a la ingestión de creatina sola y luego para proceder a la adición de carbohidratos en futuros estudios. Los patrones normales de alimentación o entrenamiento de los sujetos no fueron alterados durante el período de suplementación.

Ejercicio

Todos los sujetos, antes del comienzo del protocolo de ejercicio y dentro de un período de 3 días, realizaron series (4-8) de 6s de esprints de ciclismo para familiarizarse con las metodologías de entrenamiento. En el día de las evaluaciones se les pidió a los sujetos que se presentaran al laboratorio después de un desayuno predeterminado (tostadas con margarina y jugo de naranja) y que no participaran en ninguna clase de ejercicio intenso durante las 48 horas anteriores.

El protocolo de ejercicio implicó 3 Win T de 30s con una recuperación activa sin carga de 6min (60rev/min) entre cada uno. Este protocolo fue completado dos veces; bajo las condiciones CON y CR (el día siguiente a la última dosis de creatina) durante la primera y segunda semana, respectivamente. Antes de empezar la evaluación una correa, que estaba unida a la pared en un extremo, era pasada alrededor de la cintura del sujeto con el objeto de prevenir que el mismo se levantara del asiento. La altura del asiento fue ajustada de modo que cuando el pie estuviera relajado y el pedal estuviera en su punto más bajo, hubiera una flexión de la rodilla de 15º. Era realizada una entrada en calor estandarizada la cual implicó 5min pedaleando a 60Watts inmediatamente seguidos por un esprint de 2s. La entrada en calor fue seguida por un período de descanso de 5min donde los sujetos permanecieron sentados. Luego se les pedía a los sujetos que realizaran una partida con inercia (80rev/min) y luego de una cuenta regresiva, pedalearan a intensidad máxima por el período de tiempo específico y evitando regular la intensidad. Todos los sujetos recibieron un fuerte aliento verbal a través de todo el protocolo de evaluación.

El ergómetro usado fue un MONARK 814, el cual fue calibrado antes y después de cada serie de evaluaciones y fue

empernado al suelo con el objeto de proporcionar mayor estabilidad durante el ciclismo máximo. La carga usada en el Win T fue de 0.075kg/kg de masa corporal y todos los índices del Win T fueron medidos usando un paquete de computación (15). Los índices medidos durante el Test Aneróbico de Wingate fueron: potencia media, potencia mínima (MIP) y frecuencia media del pedal (MPR). La potencia media fue calculada como la producción de potencia mecánica promedio durante los 30s completos (MP 30s) y durante cada intervalo de 10s (MP 10s). La MIP fue la menor producción de potencia durante cualquier período de 1s, y la MPR fue la frecuencia promedio de las revoluciones de las palancas (expresada comorev/min) durante todo el Win T de 30s.

Mediciones

Recolección y Preparación de la Muestra de Músculo

En primer lugar, fue colocada anestesia local (2ml, lidocaína al 1%) y fue hecha una incisión preliminar en la piel en los dos sitios que se iban a realizar las biopsias (separados por 5cm). Cuando fueron tomadas biopsias musculares con una distancia mínima de 3-5cm entre ellas, no fueron encontradas diferencias significativas para distintos metabolitos (16). Durante las condiciones CON y CR, la primera y segunda biopsia muscular fueron tomadas en reposo y al final del protocolo de ejercicio (3er Win T).

Todas las muestras de biopsias musculares fueron obtenidas por medio de la técnica de biopsia con aguja percutánea con succión. Las muestras musculares fueron obtenidas a partir de la parte lateral del músculo cuadriceps femoral (vasto lateral). Las muestras musculares fueron inmediatamente congeladas en nitrógeno líquido (3-5s a partir de la inserción de la aguja) removidas de la aguja (Tipo Bergstrom y Allendale), pesadas, deshidratadas por congelación a través de un período de 24 horas (RGR Scientific Equipment Limited) congeladas a -30º y almacenadas en un congelador (Cliffco 857) y subsiguientemente analizadas. Las muestras musculares fueron deshidratadas por congelación nuevamente dos veces (1 hora) y pesadas dos veces para obtener estabilidad por medio de la deshidratación completa de las muestras. La grasa fue quitada con éter de petróleo. Las muestras fueron colocadas dos veces en tubos de vidrio que contenían éter de petróleo por dos períodos consecutivos de 15 minutos. El ATP, CrP, CR, Lactato (La) fueron analizados en extractos de ácido perclórico de músculo deshidratado por congelación con métodos enzimáticos descritos por Harris et al. (16).

El espectrofotómetro usado fue un Beckman (DU650). Todas las concentraciones de metabolitos son expresadas en mmol/kg de peso seco. Todos los valores de ATP, CP, y CrP fueron corregidos para la creatina total (TCR) tanto durante la condición CON como durante la CR de acuerdo al método de Harris et al. (16).

Análisis Estadísticos

Fue usado un ANOVA a dos vías con mediciones repetidas sobre la evaluación (1er, 2do y 3er Win T) y la condición (CON, CR) para evaluar niveles de significancia para todos los índices de rendimiento (a través de todos los Win T para cada serie de ejercicio separada). Fue usado un test t apareado para detectar diferencias en la masa corporal y los metabolitos musculares antes y después de la suplementación con creatina. Los datos son presentados como media±DS.

RESULTADOS

Los análisis estadísticos mostraron que la suplementación con CR produjo un incremento significativo ($p<0.05$) en la concentración de TCR en reposo (133.9±14.3mmol/kg de músculo seco) en comparación con los valores anteriores a la suplementación con CR (115.9±15.7mmol/kg de músculo seco).

Como consecuencia de la suplementación con CR, todos los sujetos también mostraron una ganancia pequeña, pero significativa en la masa corporal con valores medios que aumentaron desde 77.3±9 hasta 78.1±9kg, $p<0.01$). En términos de rendimiento durante tanto la condición BAS como CR, los valores más altos para MP, MIP y MPR fueron alcanzados en el 1er Win T, seguido por una declinación progresiva para cada uno hasta el final del protocolo de ejercicio (Tabla 1). Sin embargo, para la prueba CR, estas variables fueron significativamente más altas (Tabla 2).

A través de los tres Win T, las variables promedio MIP, MPR, MP en 30s y MP para los primeros 10s mejoraron significativamente en la condición CR en un 11.5%, 7%, 7.5% y 8.5% respectivamente, en comparación con los valores respectivos en la condición BAS. Los valores MPR, antes y después de la suplementación con creatina, fueron de 108±12 y 115.2±9, respectivamente. Los datos de producción de potencia para los índices del Win T (excepto MPR), antes y después de CR, son presentados en la Figura 1.

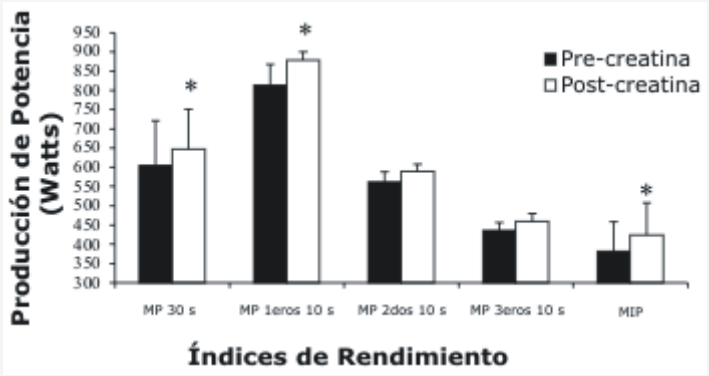


Figura 1. *Producción de potencia para distintos índice de rendimiento antes y después de la suplementación con CR. * Significativamente diferente con respecto al valor inicial (p<0.05).*

A través de todos los índices de rendimiento fue observada una mejora más pronunciada a medida que el protocolo progresaba (desde el 1er Win T hasta el 3er Win T) y las diferencias para la mayoría de los índices Win T se volvieron significativas en el 3er Win T.

Metabolitos Musculares

Los datos para todos los metabolitos musculares son presentados en la Tabla 2. Como se esperaba los Win T repetidos produjeron una marcada disminución (p<0.05) tanto en las concentraciones de ATP como de CrP tanto en las condiciones CON como CR, mientras que la CR se incrementó significativamente (p<0.01). Además, la suplementación con CR produjo concentraciones de ATP, CrP y CR significativamente más altas (p<0.05) en comparación con los respectivos valores de la condición CON en el 3er Win T (33%, 29%, y 14%, respectivamente; p<0.05). Comparando los valores en reposo y luego del 3er Win T, las concentraciones de APT y CrP disminuyeron en un 50% (p<0.01) y un 85%, respectivamente en la condición CON (p<0.01), mientras que los respectivos valores luego de la CR fueron de 24% y 85%, respectivamente. La concentración de CR muscular mostró un incremento significativo (p<0.01), pero similar (entre las condiciones CON y CR) desde el reposo hasta el 3er Win T (158% y 148%, respectivamente).

Indices	Condición BAS			Condición CR		
	1er Win T	2do Win T	3er Win T	1er Win T	2do Win T	3er Win T
MP (Watts)	651±112	624±140	536±114	701±114	654±104	586±103 *
1eros 10 s	868±170	814±161	758±149	900±123	879±121	858±119 *
2 dos 10 s	588±111	560±110	534±104	610±108	588±104	570±99 *
3eros 10 s	457±85	436±84	415±84	485±83	466±86	445±84 *
MIP (Watts)	423±86	398±81	325±73	464±102 *	433±96 *	374±62 *
MPR (rev./min)	116±9	111±16	97±15	124±6	117±11	105±12 *

Tabla 1. *Valores medios ±DS para distintos índices de rendimiento durante Win T repetidos antes y después de la suplementación con CR. * Significativamente diferente (p<0.05) con respecto a los valores en la condición inicial.*

	BAS		CR	
	Reposo	3er Win T	Reposo	3er Win T
ATP	24.3±3.0	12.0±1.1 †	21.1±1.1	16.0±3.2 † *
CrP	75.2±10.1	10.3±1.4 †	85.3±6.2	13.2±5.1 † *
CR	41.2±8.2	106.3±16.2 †	49.0±8.2	121.3±17.1 † *
La	4.1±1.2	128.1±19.5 †	5.8±2.1	122.7±25.5 †

Tabla 2. *Valores medios ±DS para distintos metabolitos en reposo y luego del 3er Win T antes y después de la suplementación con CR. † Significativamente diferente (p<0.01) con respecto a los valores de reposo. * Significativamente diferente (p<0.05) con respecto a*

los valores de la condición inicial.

DISCUSION

El presente estudio examinó los efectos de 25g de CR/día durante cuatro días sobre los índices de rendimiento del Win T y diferentes metabolitos musculares durante un protocolo de ejercicio diseñado para maximizar el estrés sobre la vía metabólica de la CrP. Evidentemente, la concentración de CrP al final del 3er Win T representó solo el 14% de los valores medidos en reposo. Este valor coincidió con los resultados de otro estudio (8), donde los valores de CrP representaron el 12% y 4% en la 3ra y 4ta serie de ciclismo de 30s al máximo. La producción de potencia del presente estudio mostró que los valores de MP y MIP en el 2do Win T representaron el 94% del valor producido en el 1er Win T, mientras en el 3er Win T, MP y MIP fueron equivalentes al 81% y 77% de la producción medida en el 1er Win T. Estos datos sugirieron que los sujetos eran capaces de reproducir su esfuerzo máximo previo a través de todo el presente protocolo de ejercicio.

Luego de la suplementación con CR los sujetos fueron capaces de reducir la declinación de potencia, presentando un incremento promedio de 7% en el rendimiento. Estos datos coinciden con dos estudios (1, 17), donde fue usado un protocolo de ejercicio similar (3 x 30s Win T) y el rendimiento se incrementó en un 4% y 19%, respectivamente. El uso de sujetos activos en este estudio extiende nuestro trabajo previo (11) con atletas recreacionales y con atletas entrenados en esprints múltiples (18), proporcionando evidencia acerca de que el presente régimen de CR puede ser beneficioso en el ciclismo de esprints intermitentes.

Es notable que la mejora del rendimiento antes y después de la CR se volviera mayor al final del protocolo de ejercicio. Las diferencias pre y post-CR para cada Win T separadamente alcanzaron significancia solo en el 3er Win T (excepto para la MIP, donde las diferencias significativas existieron en cada Win T); un hallazgo que indica que la suplementación con CR fue más beneficiosa hacia el final del protocolo de ejercicio. Esto es apoyado por la condición (CON y CR) de significación ($p<0.05$) por la interacción entre las evaluaciones (1er, 2do, y 3er Win T). El porcentaje de mejora a través de todos los índices de rendimiento fue de 6.3%, 6.7%, y 10% para el 1er, 2do, y 3er Win T, respectivamente. Esta mejora fue especialmente notable para la MIP, donde el porcentaje de mejora fue de 15% para el 3er Win T. Este hallazgo, durante las condiciones donde la contribución aeróbica a la producción total de energía se espera que sea del 35-42% (19) no coincide con la idea acerca de que la suplementación con CR no aumenta el rendimiento bajo condiciones aeróbicas.

Con respecto a los mecanismos relacionados a la mejora del rendimiento, una elevada concentración pre-ejercicio de CR constituyó un “estímulo” inicial para la mejora del rendimiento, seguido por una repleción más eficiente de las reservas de CrP durante los intervalos de 6min. Evidentemente, si la suplementación con CR hubiera facilitado el rendimiento solo por medio del aumento de los niveles de Cr antes del ejercicio, entonces no hubiera sido esperado un incremento posterior más allá del 1er Win T o el mayor incremento hubiera ocurrido al comienzo del ejercicio. La selección de un modo de recuperación activa en este estudio posiblemente facilitó este mecanismo, ya que el estancamiento sanguíneo, que puede ocurrir con la recuperación pasiva, impide el reestablecimiento de la CrP durante esprints de ciclismo repetidos (20). Estudios anteriores (8, 24) sobre ejercicio intermitente han demostrado que las reservas intramusculares de triacilglicerol pueden constituir una fuente potencial de combustible para la regeneración de CrP para este tipo de ejercicio. Considerando también que esprints repetidos de ciclismo con recuperación incompleta también coinciden con una acidosis metabólica apreciable (4), una condición que favorece la actividad de la piruvado dehidrogenasa (21), hay una posibilidad que el metabolismo anaeróbico (en la recuperación) fuera mejorado con el uso del presente protocolo de ejercicio. Además, los datos biomecánicos sugieren que por medio de la compartimentalización metabólica de la creatinquinasa la vía metabólica de la CrP-CR ha “accedido” al metabolismo tanto aeróbico como anaeróbico (22). De este modo, sería esperado que la suplementación con CR afectara tanto la producción de energía anaeróbica como aeróbica, resultando en un potencial de transferencia de fosfato más eficiente (6).

El hecho de que fue realizado más trabajo luego de la suplementación con CR no necesariamente significa que la vía glucolítica proporcionó ATP “extra” requerido para la contracción muscular. En primer lugar, mayores concentraciones de CrP (luego de la suplementación con CR) pueden inhibir la actividad de la fosfofructoquinasa, y por ello reducir la velocidad de la glucólisis (23). En segundo lugar, durante esprints de ciclismo de 30s repetidos se vuelve incrementalmente más difícil reestimular la vía glucogenolítica/glucolítica para la provisión de ATP (24). Finalmente, luego de la ingestión de CR ocurre un incremento de la resíntesis de CrP lo que posiblemente retarda la actividad del metabolismo glucolítico, por ello ahorrando las reservas de glucógeno muscular y la liberación de protones desde la glucólisis (25).

CONCLUSION

El presente estudio mostró que la suplementación con CR puede incrementar el rendimiento durante ciclismo intermitente de máxima intensidad hasta el agotamiento. Tal mejora fue acompañada por incrementos del ATP y CrP muscular. Los presentes datos también mostraron que el efecto de la suplementación con CR sobre el rendimiento del ejercicio fue consistente y más pronunciado hacia el final del protocolo de ejercicio donde la contribución aeróbica a la producción de ATP se incrementó significativamente. Ha sido sugerido que el principal mecanismo responsable de la mejora del rendimiento son las adaptaciones en la capacidad amortiguadora muscular y una resíntesis acelerada de ATP y CrP durante el período de recuperación.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a Surgeon L. Boobis del Hospital General del Distrito de Sunderland, Reino Unido por su generoso ofrecimiento para tomar las muestras de las biopsias musculares. Muchos agradecimientos también para el Profesor C.B. Cooke, a la Beca de Investigación R.F.G.J. King y al Profesor R. Butterly de la Ledds Metropolitan University, Reino Unido por sus consejos y lineamientos durante todo el período de este estudio.

Dirección para Envío de Correspondencia

Dr. Konstantinos Havenetidis, Hellenic Army Academy, Division of Physical and Cultural Education, Vari, 902 BΣT, Atenas, Grecia.

REFERENCIAS

1. Tarnopolsky MA (2000). Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *Int J Spot Nutr Exerc Metab; 10(4): 452-463*
2. Prevost MC, Nelson AG, Morris GS (1997). Creatine supplementation enhances intermittent work performance. *Res Quart Exerc Sport;68(3): 61-68*
3. Soderlund K, Balsom PD, Ekblom B (1994). Creatine Supplementation and high intensity exercise: influence on performance and muscle metabolism. *Clin Sci; 87: 120-121*
4. Boobis LH (1987). Metabolic aspects of fatigue during sprinting. *In: Maughn RJ, Macleod D, Nimmo M, Reilly T, Williams C. (eds). Exercise: Benefits, Limitations & Adaptations, F.N.Spon:116-40*
5. Skinner JS, Mclellan TH (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Quart Exerc Sport ;51(1): 234-48*
6. Bessman SP, Savabi F (1990). The role of phosphocreatine shuttle in exercise and muscle hypertrophy. *In: T. WA, G. D, G. HJ, I. CD, N EG, et al. (eds). Int. Series of Sports Sciences, B. of Exercise VII. Champaign, IL: Human Kin.:21:109-20*
7. Orland LL, Macdougal JD, Tarnopolsky M, Elorriaga A, Borgmann A, Atkinson S (1994). The effect of oral creatine Supplementation on muscle (Pcr) and power output during a short-term maximal cycling task. *Med Sci Sports Exerc (Suppl);26(5): 523*
8. McCartney N, Spriet LL, Heighenhauser GLF, Kowalchuk JM, Sutton JR, Jones NL (1986). Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise. *J Appl Physiol;60: 1164-69*
9. American College of Sports Medicine Roundtable (2000). The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc ;32: 706-717*
10. Havenetidis K, Matsouka R, Cooke CB, Theodorou A (2003). The Use of Varying Creatine Regimes On Sprint Cycling. *J Sports Sci Med (online) http:// www. jssm.org; 2: 88-97*
11. Havenetidis K, Cooke CB, King RFGJ, Butterly R (1994). The effect of creatine supplements on repeated 30 s cycle sprints in man. *J Physiol;483P:122P*
12. Havenetidis K, Matsouka R, Konstadinou V (2003). Establishment of the highest peak anaerobic power prior to the commencement of the Anaerobic Wingate Test. *J Hum Mov Studies;44(6): 479-487*
13. Havenetidis K, Cooke CB, Butterly R (1995). Repeated cycle sprints for the establishment of the highest peak anaerobic power in a sedentary and an athletic group. *J Sport Sci ;14(1): 86*
14. Capriotti PV, Sherman, WM Lamb, DR (1999). Reliability of power output during intermittent high-intensity cycling. *Med Sci Sports Exerc (Suppl);31(6): 913-915*
15. LaKomy HKA (1986). Measurement of work and power output using friction-loaded cycle ergometers. *Ergonom;29(4): 509-17*
16. Harris RC, Hultman E, Nordesjo LO. (1976). Glycogen, glycolytic intermediates and high energy phosphates determined in biopsy samples of musculus quadriceps femoris of man at rest. *Methods and variance of values. Scand J Clin Lab Invest;33:109-120*
17. Earnest CP, Snell PG, Rodriguez R, Almada AL, Mitchell TL (1995). The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. *Acta Physiol Scand;153: 207-209*
18. Havenetidis K, Haralambidou E (2003). Creatine ingestion and excretion in relation to exercise performance. Proccedings of the

7th International Olympic Committee Congress. *October 8-11, Athens, GREECE*
19. Hill DW, Smith JC (1992). Calculation of aerobic contribution during high intensity exercise. *Res Quart Exerci Sport;63(1): 85-8*
20. Spriet LL, Lindinger MI, McKelvie RS, Heigenhauser CLF, Jones NL (1989). Muscle glycogenolysis and H+ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol;66, 8-13*
21. Newsholme EA, Leech AR (1973). Biochemistry for the Medical Sciences. *New York: Wiley*
22. Walsh B, Tonkonogi M, Sodurlund K, Hultman E, Saks V, Sahlin K (2001). The role of phosphorylcreatine and creatine in the regulation of mitochondrial respiration in human skeletal muscle. *J Physiol;15; 537(Pt 3): 971-8*
23. Storey KB, Hochachka, PW (1974). Activation of muscle glycolysis: a role for creatine phosphate in phosphofructokinase regulation. *FEBS Lett ;46:337-339*
24. Spriet LL (1995). Anaerobic metabolism during high-intensity exercise. *In: Exercise Metabolism, M. Hargreaves. Champaign, IL: Human Kinetics; 1-40*
25. Preen D, Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Beilby J, Ching S (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med Sci Sports Exerc;33(5): 814-821*
26. Birch R, Noble D, Greenhaff PL (1994). The influence of dietary creatine Supplementation on performance during repeated bouts of maximal isokinetic cycling in man. *Eur J Appl Physiol;69:253-9*

Cita Original

Havenetidis, K. Assestment of the Ergogenic Properties of Creatine using an Intermittent Exercise Protocol. JEPonline; 8 (1): 26-33, 2005