Revision of Literature

Suplementación con Creatina y Rendimiento durante el Ejercicio: Una Breve Revisión

Stephen C Bird[1]

[1]*School of Human Movement Studies, Human Performance Laboratory, Charles Sturt University, Bathurst, NSW, Australia.*

RESUMEN

Durante la década pasada, el suplemento nutricional monohidrato de creatina ha estado ganando popularidad en forma exponencial. Introducida al público general a principios de la década de los 90', poco después de los Juegos Olímpicos de Barcelona, la creatina (Cr) se ha vuelto uno de los suplementos o ayudas ergogénicas más ampliamente utilizados, con dosis características de carga tan altas como 20-30 g/día durante 5-7 días entre los deportistas. Este artículo revisa las investigaciones disponibles que han examinado el valor ergogénico potencial de la suplementación con creatina (SCr) sobre el rendimiento durante el ejercicio y las adaptaciones al entrenamiento. Se ha reportado que la SCr a corto plazo mejora la potencia/fuerza máxima, el rendimiento durante series de trabajo con contracciones musculares máximas, el rendimiento en carreras de velocidad, y el trabajo realizado durante carreras de velocidad repetidas. Se ha reportado que durante el entrenamiento la SCr promueve ganancias significativamente mayores en la fuerza, masa libre de grasa, y en el rendimiento durante el ejercicio principalmente en tareas de alta intensidad. Sin embargo, no todos los estudios demuestran un efecto beneficioso sobre el rendimiento durante el ejercicio, ya que la SCr no parece ser efectiva para mejorar el rendimiento en carreras y en la natación. La SCr no parece provocar riesgos serios a la salud cuando se consume en las dosis descritas en la literatura y puede mejorar el rendimiento en individuos que realizan esfuerzos máximos únicos y/o series repetidas de sprints.

Palabras Clave: suplementación con creatina, ayuda ergogénica, rendimiento durante el ejercicio

Durante la década pasada, el suplemento nutricional monohidrato de creatina ha ganado popularidad en forma exponencial, y se ha reportado que las ventas solo en los Estados Unidos se incrementaron desde de $ 50 millones en 1996 (Bamberger, 1998) hasta $ 400 millones durante el año 2001 (Metzl et al., 2001). La suplementación con creatina (SCr) gano la atención popular a principios de la década de los 90', luego de que los atletas olímpicos de alto perfil que compitieron en eventos de velocidad y potencia en los Juegos Olímpicos de Barcelona creyeron que sus rendimientos se habían visto beneficiados por la SCr (Anderson, 1993). Desde ese momento la creatina (Cr) se ha vuelto uno de los suplementos nutricionales más ampliamente utilizados con un consumo mundial estimado en 2.7 millones de kilogramos (Williams et al., 1999). Recientemente, muchos deportistas y equipos han implementado la SCr en un esfuerzo por mejorar sus rendimientos deportivos, ya que la SCr no esta actualmente (Octubre del 2003) en la lista de sustancias prohibidas por el Comité Olímpico Internacional (2003). Por lo tanto, la utilización de este suplemento no constituye un comportamiento ilegal o antiético por parte del deportista o del entrenador. Consecuentemente, la Cr se haya en el tope de la lista de compras de los deportistas modernos.

Este artículo no tiene el propósito de ser hacer una revisión exhaustiva de toda la literatura publicada, sino que el propósito del mismo es plantear la evidencia presentada y reportada sobre la utilidad de la SCr como una ayuda para la mejora del rendimiento, identificando los efectos ergogénicos potenciales relacionados con este suplemento. Los lectores pueden referirse a otras revisiones para obtener información acerca de los aspectos de este tema que no serán tratados en

este artículo (Volek y Kraemer, 1996; Mujika y Padilla, 1997; Williams y Branch, 1998; Jacobs, 1999; Wyss and Kaddurah-Daouk, 2000; Lemon, 2002).

El descubrimiento de la Cr en 1832 se le acredita a un científico francés de nombre Chervreul (Williams et al., 1999), sin embargo, no fue sino hasta 1926 que los científicos cuantificaron la acumulación y retención de Cr en el cuerpo (Chauntin, 1926). La Cr es un compuesto que puede ser sintetizado en el cuerpo a partir de aminoácidos, así como también puede obtenerse a partir de la dieta. La mayor parte de la Cr corporal se deposita en los músculos esqueléticos, donde desempeña un papel principal en el metabolismo, con un *turnover* diario de Cr para una persona de tamaño promedio de aproximadamente 2 g (para una revisión ver Wyss and Kaddurah-Daouk, 2000).

Williams y Branch (1998) sugirieron que el sistema de energía del trifosfato de adenosina-fosfocreatina (ATP-PCr) tiene el mayor potencial para la potencia. Las reservas musculares de PCr pueden hidrolizarse y liberar energía para la rápida síntesis de ATP, aunque la cantidad de PCr es limitada, la combinación de las reservas de ATP y PCr permiten la realización de esfuerzos máximos de entre 5 y 10 segundos de duración (Williams y Branch, 1998). Por lo tanto, la fatiga puede atribuirse a una rápida reducción de las reservas de PCr. La generación del pico de potencia anaeróbica y de la capacidad anaeróbica a corto plazo durante ejercicios de alta intensidad puede ser dependiente de los niveles endógenos de ATP y PCr, particularmente, de la PCr como un medio para regenerar rápidamente la limitada cantidad intramuscular de ATP (Williams and Branch, 1998). Por ello, el incremento en el contenido total de creatina muscular (TCr) por medio de la SCr exógena puede provocar un efecto ergogénico incrementando la tasa de resíntesis de ATP durante ejercicios intermitentes, de alta intensidad y corta duración, e incrementando la tasa de resíntesis de PCr durante la recuperación (Snow et al., 1998).

Esta suposición es respaldada por los hallazgos de Kurosawa et al. (2003), quienes evaluaron la tasa de resíntesis de ATP a través de la hidrólisis de PCr y la glucólisis y de la producción de potencia media durante 10 segundos de ejercicio dinámico de prensión máxima (Ex10) utilizando espectroscopia de resonancia magnética con fósforo-31 antes y después de un período de SCr (30 g/día durante 14 días). La tasa de resíntesis de ATP a través de la hidrólisis de PCr se correlacionó positivamente con la producción de potencia media durante la realización de Ex10 en todos los sujetos después de la SCr ($r=0.58$, $p<0.05$). Los autores concluyeron que la dosis diaria de 30 g de Cr durante 14 días mejora la resíntesis de ATP a través de la hidrólisis de la PCr y la producción de potencia media durante ejercicios máximos de corta duración. Además, se indicó que la mejora en el rendimiento durante la realización del Ex10 estuvo asociada con el incremento en la disponibilidad de PCr para la síntesis del ATP.

El cuerpo tiene varias formas para restaurar el ATP. Como se comentó previamente, la energía se libera cuando uno de los fosfatos del ATP es removido. Cuando esto ocurre, el ATP se convierte en difosfato de adenosina (ADP). El ADP puede ser reconvertido a su estado de mayor energía como ATP adicionando otro grupo fosfato para nuevamente ser hidrolizado a ATP. Uno de los sistemas de producción de ATP es la glucólisis, la cual es anaeróbica. Otro sistema mediante el cual el cuerpo obtiene energía es la fosforilación oxidativa, la cual utiliza oxígeno para producir ATP (para una revisión ver Mommaerts, 1969).

La medida a la cual el músculo esquelético utiliza PCr es dependiente de la intensidad y de la duración. Cuando la intensidad excede la potencia del sistema aeróbico el músculo comienza a depender del sistema anaeróbico, el cual incluye la PCr y el glucógeno muscular como combustibles. Consecuentemente durante los períodos más intensos de ejercicio, el músculo consumirá predominantemente las reservas de PCr (Wyss and Kaddurah-Daouk, 2000). Por lo tanto, algunos han afirmado que la SCr puede beneficiar a ciertos atletas de determinados deportes (Dawson et al., 1995; Meir, 1995; Schnedeider et al., 1997; Izquierdo et al., 2002). Se ha sugerido que la SCr es una forma para “cargar” los músculos con Cr e incrementar de esta manera las reservas de PCr (Dawson et al., 1995; Snow et al., 1998; Finn et al., 2001). Teóricamente, esto serviría para mejorar la habilidad para producir energía durante series de ejercicio explosivo, de alta intensidad y/o mejorar la capacidad de recuperación después del ejercicio. En respaldo a esta suposición las investigaciones han demostrado que la SCr incrementa la concentración intramuscular de PCr (Harris et al., 1992; Vandenberghe et al., 1997; McKenna et al., 1999; Stout et al., 2000). Además, el incremento en la concentración de PCr relacionado con la SCr puede permitir “limpiar” los iones hidrógeno que provocan acidez producidos durante la hidrólisis del ATP y otros procesos anaeróbicos (Vandenberghe et al., 1997; Stout et al., 2000). Por lo tanto, la PCr puede contribuir al mantenimiento de niveles óptimos de pH dentro del músculo y permitir la continuación del ejercicio con una fatiga mínima (para una revisión ver Volek and Kraemer, 1996).

¿QUE INDICAN LAS INVESTIGACIONES?

Luego de los primeros reportes de Harris et al. (1992), que indicaron que el contenido de PCr en músculos humanos puede incrementarse hasta un 50% luego de una SCr diaria (5g de monohidrato de Cr 4-6 veces x día durante≥2 días), varios estudios han examinado los efectos de la SCr sobre el metabolismo muscular y/o sobre el rendimiento durante ejercicios de alta intensidad. Los estudios que han medido el contenido total de creatina muscular (TCr) (fosfocreatina+creatina) han reportado una elevación en la TCr luego de un período de SCr que implicaba fases de carga de 20-30 g/día durante 3-6 días. Algunos estudios han hallado que en reposo había un incremento en el contenido de TCr y PCr (McKenna et al., 1999; Smith et al., 1999; Kurosawa et al., 2003), mientras que otros reportaron incrementos significativos solo en la TCr (Greenhaff et al., 1994; Becque et al., 2000) o en la PCr (Smith et al., 1998; Stout et al., 2000).

Teóricamente, un incremento en las reservas de TCr puede provocar un efecto ergogénico durante la realización de ejercicios de alta intensidad incrementando la tasa de resíntesis de ATP durante la contracción muscular e incrementando la tasa de resíntesis de PCr durante la recuperación. Una reciente investigación llevada a cabo por Mujika et al. (2000) respalda dicha suposición, concluyendo que la SCr aguda afecta favorablemente el rendimiento en sprints repetidos y limita el decaimiento en la capacidad de salto en jugadores de fútbol altamente entrenados. Sin embargo, globalmente, la evidencia experimental que respalda el efecto ergogénico de la SCr está algo dividida. Varios estudios han demostrado una mejora del rendimiento durante ejercicios de alta intensidad luego de la SCr (Dawson et al., 1995; Meir, 1995; Jacobs et al., 1997; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999; Mujika et al., 2000), mientras que otros no han reportado efectos beneficiosos (Barnett et al., 1995; Snow et al., 1998; Deutekom et al., 2000; Gilliam et al., 2000; Finn et al., 2001; Syrotuik et al., 2001; Biwer et al., 2003).

Una posible explicación a los hallazgos conflictivos se puede relacionar con el diseño experimental utilizado para examinar los efectos de la SCr sobre el rendimiento durante el ejercicio. La mayoría de los estudios han utilizado un diseño experimental transversal o una distribución ordenada del tratamiento. Sin embargo, pocos estudios han utilizado un diseño experimental longitudinal, posiblemente debido a que no se conocía el tiempo requerido por la TCr muscular para retornar a los niveles basales luego de la SCr. Lemon (2002) indicó que una variedad de factores incluyendo, pudiendo también haber otros, al tamaño de la muestra, modalidad de ejercicio, intervalos de recuperación y descanso, efectos residuales al terminar la SCr, sujetos que no responden a la suplementación, efectos del sexo y la edad y de la metodología utilizada, hacen que la interpretación de la literatura existente sobre la Cr sea extremadamente difícil.

ESTUDIOS QUE REPORTAN BENEFICIOS ERGOGENICOS

La mayoría de los estudios que han investigado el valor ergogénico de la SCr han reportado incrementos significativos en la fuerza/potencia, en el rendimiento en carreras de velocidad, y/o en el trabajo realizado durante múltiples series de contracciones musculares máximas (Tabla 1). La mejora en la capacidad de ejercicio ha sido atribuida al incremento en el contenido de TCr y de PCr, lo que resulta en una mayor resíntesis de la PCr, en la mejora de la eficiencia metabólica y/o un incremento en la calidad del entrenamiento, por lo cual se promueven mayores adaptaciones al entrenamiento. La siguiente literatura ha reportado efectos ergogénicos beneficiosos de la SCr.

Estudio	Protocolo	Sujetos	Dosis de Creatina	Rendimiento en el Ejercicio
Izquierdo et al. 2002	Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad 1-RM MxS; CMJT; RPRT; MDRT	19 jugadores H de handbol altamente entrenados	20 g/día durante 5 días	Mejoras significativas en la MxS, en series repetidas de ejercicios de potencia y en las repeticiones totales hasta la fatiga. Mejora en el rendimiento de sprint. ↑ significativo en la BM 0.6 kg
Mujika et al. 2000	Ejercicio Intermitente de Alta Intensidad CMJT; 6 x 15 m sprints; IET; rec CMJT	17 jugadores de fútbol altamente entrenados H	20 g/día durante 5-7 días	Mejora en el rendimiento de sprints repetidos y limitado decaimiento en el rendimiento de saltos. ↑ significativo en la BM 0.6 kg.
Becque et al. 2000	Ejercicios progresivos de sobrecarga, entrenamiento con pesas 2 x semanas; 6 semanas, entrenamiento de la fuerza de los flexores del brazo	23 H entrenados en la fuerza	20 g/día durante 5 días + 2 g/día durante 6 semanas	29.9% de incremento en la fuerza muscular de los flexores del brazo medido en 1-RM. ↑ significativo de la BM 2.0 kg y de la FFM 1.6 kg.
Kreider et al. 1998	Ejercicios progresivos de sobrecarga, entrenamiento con pesas 2 x semana; 6 semanas + 12 x 6 s max sprints en cicloergómetro	25 jugadores de fútbol americano de la división IA de la NCAA H	20 g/día durante 5 días	↑ significativo en el volumen levantado durante el ejercicio de press de banca y en el volumen total levantado. Mejora en el rendimiento durante sprints en los sprints 1 a 5. ↑ significativo en la BM 2.4 kg
Vandenberghe et al. 1997	Ejercicios progresivos de sobrecarga, entrenamiento con pesas 3 x semana; 10 semana + test isocinético intermitente de flexión del brazo	19 M sedentarias	a) 20 g/día durante 4 días g b) 20 g/día durante 4 días + 5g/día durante 10 semanas	a) sin efectos sobre el torque en la flexión del brazo o sobre la BC b) Incremento en la fuerza en 1RM en los ejercicios de prensa de piernas, extensión rodillas y sentadillas, mejora en el torque durante la flexión del brazo. ↑ significativo en la FFM 2.6 kg
Volek et al. 1997	Ejercicios de Sobrecarga Press de banca + saltos desde sentadilla 5 series x 10 repeticiones	13 H entrenados en la fuerza	20 g/día durante 7 días	↑ significativo en el rendimiento durante el ejercicio. Sin alteraciones medibles en las concentraciones de testosterona y cortisol. ↑ significativo en la BM 1.3 kg.3 kg
Jacobs et al. 1997	Ciclismo Ciclismo hasta el agotamiento al 125 del VO_2max. Cálculo del MAOD	26 H y M de diferentes estátus de entrenamiento	20 g/día durante 5 días	↑ significativo en el consumo máximo de oxígeno, MAOD y en el tiempo hasta el agotamiento. ↑ significativo en la BM 0.7 kg
Dawson et al. 1995	Ciclismo a) 1 x 10 s sprint max b) 4 x 4 min sprint max 24 s rec entre los sprints	a) 18 H activos pero desentrenados b) 22 H activos pero desentrenados	20 g/día durante 5 días	a) Sin efectos sobre el rendimiento en sprints máximos de 1 x 10 s b) Mejora en el rendimiento de sprints repetidos. ↑ significativo en el trabajo total y en el pico de potencia
Meir, 1995	Encuesta para el estudio de un caso durante 5 meses entre jugadores profesionales de rugby de liga C	17H jugadores profesionales de rugby de liga	5 x ciclos de carga 20 g/día durante 4 días seguido de un período de abstinencia de 3 días durante 3 semanas	*Beneficios percibidos reportados* 35.3% - Tardaban más en fatigarse 29.4% - se recuperaban más rápido de los trabajos de sprint 23.5% - se recuperaban más rápido después del entrenamiento

Tabla 1. *Resumen de las investigaciones que han reportado un efecto ergogénico luego de la suplementación con creatina. Abreviaciones: H=Hombres, M=Mujeres; RM=Repetición Máxima: MxS=fuerza máxima; RPRT=tets de carreras repetidas; MDRT=tets máximo multietapas de carreras progresivas discontinuas; CMJ=test de salto con contramovimiento; IET=test de resistencia intermitente; BC=Composición corporal, BM=Masa Corporal, FFM=Masa Libre de Grasa; MAOD=Deuda Máxima Acumulada de Oxígeno; Rec= Recuperación.*

FUERZA MAXIMA/POTENCIA

Para atletas tales como levantadores de pesas y físico culturistas, las ganancias en la fuerza/potencia con frecuencia son acompañadas de hipertrofia muscular. Consecuentemente, la ingesta de un suplemento nutricional que promueva ganancias en la fuerza durante el entrenamiento sería particularmente beneficiosa. Vandenburghe et al. (1997) han reportado que la suplementación con creatina con dosis de 20 g/día durante 4 días seguida de un período de 5 g/día durante 66 días provocó una ganancia del 20 al 25% mayor en la fuerza en 1 repetición máxima (1RM) en mujeres desentrenadas que participaron en un programa para el entrenamiento de la fuerza de 70 días en comparación con los sujetos que recibieron placebo. Además, las ganancias observadas en la fuerza en los sujetos que consumieron creatina fueron mantenidas en el período de desentrenamiento de 70 días. Estos hallazgos indican que la SCr durante el entrenamiento de la fuerza promueve ganancias significativamente mayores en la fuerza.

Los datos presentados por Pearson et al. (1999) revelaron que los atletas que ingirieron 5g/día, concurrentemente con un programa de entrenamiento de la fuerza de alta intensidad de 10 semanas de duración, tuvieron incrementos significativos en los índices de fuerza y la potencia, y en la masa corporal en comparación con el grupo placebo. Estos datos también indican que pueden consumirse dosis más bajas (5 g/día), sin realizar una fase de carga de corta duración y grandes dosis (20 g/día), para alcanzar mejoras significativas en el rendimiento.

Un estudio bien controlado llevado a cabo por Francaux y Poortmans (1999) investigó los efectos de un programa para el entrenamiento de la fuerza de 42 días seguido de un período de desentrenamiento de 21 días sobre la fuerza muscular y la masa corporal. Los sujetos consumieron 21 g/día de creatina durante 5 días, luego de lo cual la dosis fue reducida a 3 g/día para los restantes 58 días. No se observaron cambios en la masa corporal tanto en el grupo control como en el grupo placebo durante todo el período experimental, mientras que la masa corporal en el grupo que consumió creatina se incrementó en 2 kg. Este incremento fue atribuido parcialmente al incremento en el contenido de agua corporal, y más específicamente, al incremento en el volumen de los compartimentos intercelulares. Sin embargo, los volúmenes relativos de los compartimentos corporales de agua se mantuvieron constantes. Los autores sugirieron que las ganancias en la masa corporal observadas luego de la suplementación con creatina a mediano plazo no puede atribuirse a la retención de agua en las células, sino que probablemente se debieron a un crecimiento de la materia seca acompañado de un volumen normal de agua.

Volek et al. (1999) utilizaron a diecinueve sujetos sanos entrenados en fuerza, los cuales fueron asignados aleatoriamente, en un diseño doble ciego, a un grupo SCr o a un grupo placebo (25 g/día) durante una semana seguido de una dosis de mantenimiento (5 g/día) para el resto del entrenamiento. El programa de entrenamiento de la fuerza de alta intensidad duró 12 semanas. Los incrementos significativos en la masa corporal y en la masa libre de grasa fueron mayores en el grupo SCr (6.3% y 6.3% respectivamente) que en el grupo placebo (3.6% y 3.1% respectivamente). Los incrementos en la fuerza en los ejercicios de press de banca y de sentadillas fueron mayores en el grupo SCr (24% y 32%, respectivamente) en comparación con el grupo placebo (16% y 24%, respectivamente). Comparados con los sujetos del grupo placebo, los sujetos del grupo SCr demostraron incrementos significativos en el área de sección cruzada de las fibras musculares tipo I (35% vs. 11%), tipo IIa (36% vs. 15%) y tipo IIb (35% vs. 6%). Los autores concluyeron que la SCr provocó un mayor incremento en la masa libre de grasa, en el rendimiento físico, y en la morfología muscular, en respuesta al entrenamiento de la fuerza de alta intensidad, presumiblemente mediado por la mayor calidad de las sesiones de entrenamiento. Si bien es entendible que la SCr permite que los atletas entrenen más duro, los atletas se pueden volver más fuertes con el tiempo, sin embargo, los estudios también indican que la SCr a corto plazo puede incrementar el pico de potencia. Dawson et al. (1995) reportaron que la SCr (20 g/día durante 5 días) provocó un incremento significativo en el pico de potencia durante la primera serie de un trabajo de esprints de 6 x 6s realizados en cicloergómetro. Una investigación llevada a cabo por Becque y colaboradores (2000) involucró la participación de veintitrés voluntarios varones con al menos 1 años de experiencia en el entrenamiento de la fuerza que fueron evaluados en 1RM de los flexores del brazo, área muscular del brazo, y composición corporal. Los sujetos ingirieron 20 g/día de creatina durante 5 días, luego de lo cual la SCr fue reducida a 2 g/día por el resto del estudio. Los resultados indicaron que las 6 semanas de SCr durante el entrenamiento de la fuerza de los flexores del brazo derivaron en mayores incrementos en la fuerza muscular de los flexores del brazo, en el área muscular del brazo y en la masa libre de grasa en comparación con el entrenamiento de la fuerza por si solo.

SERIES MULTIPLES DE CONTRACCIONES MUSCULARES MAXIMAS

Uno de los más beneficiosos efectos potenciales de la SCr para atletas de potencia, tiene que ver con que se ha reportado que la suplementación con creatina permite incrementar la cantidad de trabajo realizado durante series de contracciones musculares máximas. Volek et al. (1997a) reportó que la SCr (25 g/día durante 7 días) resultó en mejoras significativas en el rendimiento durante la realización de cinco series de press de banca y de saltos desde sentadillas en comparación con el grupo placebo. La SCr resultó en incrementos significativos en las repeticiones realizadas durante el ejercicio de press de banca para la serie 2, mientras que el pico de potencia se incrementó significativamente en los saltos durante la serie 5. Los autores concluyeron que los incrementos en el rendimiento durante el ejercicio y en la masa corporal (1.3 kg) asociados con una semana de SCr no se debieron a ninguna alteración medible en las concentraciones circulantes de hormonas esteroides, ya que las concentraciones pre y post ejercicio de testosterona y de cortisol no fueron significativamente diferentes entre los grupos. Además, cuando la SCr se extendió por 11 días más (Volek et al, 1997b), se registraron incrementos significativos en las repeticiones realizadas en las 5 series de press de banca (~26.6%) y en el pico de potencia durante los saltos (~4.7%). Las mejoras probablemente se relacionaron con un incremento en la disponibilidad de los sustratos energéticos y en la resíntesis de los mismos.

Asimismo, los resultados del estudio de Vandenberghe et al (1997) indicaron que la SCr (20 g/día durante 4 días) incrementó la concentración de PCr muscular en un 6%. Luego de esto, esta concentración se mantuvo durante las 10 semanas restantes de entrenamiento, lo cual estuvo asociado con una dosis baja de ingesta de creatina (5 g/día). En comparación con el grupo placebo el grupo que fue suplementado con creatina mostró incrementos superiores en la fuerza máxima de los músculos entrenados, la capacidad de los flexores del brazo para realizar ejercicio intermitente máximo y la masa libre de grasa del 20-25%, 10-25% y 60% respectivamente.

RENDIMIENTO EN ESPRINTS/EJERCICIOS DE ALTA INTENSIDAD

También se ha reportado que la SCr puede mejorar el rendimiento en un único esfuerzo y/o el rendimiento en sprints repetidos particularmente en sprints de entre 6 y 30 segundos de duración con 30 segundos a 5 minutos de recuperación entre los sprints. Dawson et al (1995) hallaron que la SCr (20 g/día durante 5 días) incrementó significativamente el trabajo realizado durante la primera serie de 6 sprints de 6 segundos realizados en cicloergómetro con 30 s de pausa entre los sprints. Estos resultados fueron respaldados por los resultados de Schneider et al (1997), quienes reportaron que la SCr (25 g/día durante 7 días) incrementó significativamente el rendimiento en series de 5 sprints de 15 segundos en cicloergómetro con 60 s de recuperación entre los sprints.

El estudio de caso realizado por Meir (1995) investigó la efectividad de fases repetidas de carga de SCr que consistieron en 20 g/día durante 4 días, 1 vez por mes, seguidas de un período de abstinencia de 3 semanas en jugadores profesionales de rugby de liga. El autor indicó que el cociente trabajo/pausa para los atletas que participan en este deporte es de aproximadamente 1:6-1:8. Esto podría sugerir que la liga profesional de rugby podría ser considerada como una actividad intervalada. Meir (1995) empleo un cuestionario de 12 preguntas relativas al cumplimiento del jugador, método y momento de ingesta preferidos por el jugador, efectos secundarios percibidos, y beneficios percibidos. El cuestionario fue completado luego del tercer ciclo de carga. Acerca de los beneficios percibidos el 35.3% reportó que se tardaban más en fatigarse, el 29.4% reportó que se recuperaban más rápido luego de una actividad de esprint, y el 23.5% reportó que se recuperaban más rápido luego de las sesiones de entrenamiento. El autor concluyó que la SCr puede ser útil en deportes tales como el rugby de liga que requieren de la realización de sprints repetidos y que la SCr puede ser ventajosa como ayuda mejorando tanto el entrenamiento como el rendimiento.

Sin embargo, es difícil validar dichas conclusiones, ya que el diseño experimental tiene varias limitaciones. Primero, la dosis de carga (20 g/día durante 4 días) puede no ser adecuada para alcanzar el incremento máximo en la concentración de TCr. La mayoría de las investigaciones han reportado fases de carga con dosis de 20-30 g/día durante 5-7 días (Hultman et al., 1996; Volek et al., 1997a; Snow et al., 1998; Francaux and Poortmans, 1999; Finn et al., 2001; Wilder et al., 2001; Louis et al., 2003). Segundo, los sujetos no realizaron un control dietario. Tercero, se emplearon varios métodos de ingesta incluyendo la disolución del polvo de creatina en té o en café, en agua fría o en jugo, e ingerido seco diluido con fluido. Hultman et al. (1996) sugirieron que cuando la SCr se realiza con creatina en polvo las dosis deberían ser disueltas en ~250 ml de agua tibia. Los métodos alternativos pueden afectar la tasa de absorción. Finalmente, el autor alude al hecho de que no es inusual que los sujetos que toman diferentes suplementos experimenten un efecto placebo. Por lo tanto, se debe tener precaución al interpretar los datos expuestos previamente.

ESTUDIOS QUE NO REPORTAN UN BENEFICIO ERGOGENICO

Varios estudios no han reportado beneficios ergogénicos con la SCr, aunque la razón de la falta de efectos ergogénicos en estos estudios a veces no es clara (Tabla 2). Sin embargo es posible que la variabilidad individual en la respuesta a la SCr pueda explicar la falta de beneficios ergogénicos reportados en estos estudios. Por ejemplo, Greenhaff (1997) estimó que casi el 30% de los individuos que realizan protocolos de carga de creatina pueden no responder con un aumento en la TCr.

Utilizando un diseño doble ciego, con grupos placebo y control, que involucró a 32 nadadores de elite de ambos sexos pertenecientes al Equipo Australiano, Burke et al. (1996) reportaron que la SCr (20 g/día durante 5 días) no produjo un incremento en el rendimiento durante esfuerzos máximos de natación de 25m, 50m y 100m interespaciados con ~10 minutos de recuperación. Dada la duración del período de recuperación, la resíntesis del ATP pudo completarse sin la SCr, y por lo tanto, no era de esperarse un incremento en el rendimiento. En un estudio similar, Mujika et al (1996) asignó aleatoriamente a 20 nadadores de ambos sexos, en un diseño doble ciego, a un grupo que fue suplementado con Cr (20 g/día durante 5 días) o a un grupo placebo, para investigar los efectos sobre el rendimiento en carreras de velocidad de 25m, 50m y 100m. Estos investigadores reportaron que no se observaron diferencias significativas entre los grupos, sin embargo, se observó un incremento significativo ($p<0.05$) en el peso corporal en el grupo SCr. Los autores sugirieron que el incremento en el peso corporal experimentado por los sujetos luego de la SCr podría haber resultado en un incremento concomitante en la fuerza de arrastre y de esta manera alterar la mecánica de la brazada. Dicho mecanismo es probablemente la razón par la cual no se observó un efecto ergogénico.

Empleando 30 s de ciclismo máximo (Wingate) luego de un período de SCr (20 g/día durante 3 días) Olland y colaboradores (1997) observaron que la SCr no incrementó el contenido de PCr muscular en reposo, ni afectó el rendimiento durante la ejecución de un único período de ciclismo máximo de corta duración. La explicación más probable para estos hallazgos es que el incremento en el contenido muscular de TCr luego de la SCr fue insuficiente como para inducir una mejora en el rendimiento de sprint y como para permitir una mejora en la tasa de resíntesis de PCr luego del ejercicio. Alternativamente, es también posible que la SCr no mejore el rendimiento durante ejercicios máximos breves.

Siguiendo esta línea de investigación, Snow et al. (1998) utilizaron un diseño longitudinal doble ciego con hombres desentrenados que realizaron 1 serie de esprint de 20 s en cicloergómetro luego de un período de SCr (30 g/día durante 5 días). Los datos demostraron que la SCr indujo un incremento en el contenido muscular de TCr, pero el incremento no indujo una mejora en el rendimiento de sprint o alteraciones en el metabolismo anaeróbico muscular. En conclusión, los autores reportaron que hubo un pequeño, aunque significativo, incremento en el contenido muscular de TCr pero que este incremento no resultó en una mejora en el rendimiento de sprint o en alteraciones en los marcadores del metabolismo muscular anaeróbico durante el ejercicio o en la recuperación del ejercicio.

Resultados similares fueron observados por Finn et al. (2001), quienes investigaron los efectos de la SCr (20 g/día durante 5 días) sobre el rendimiento en series de 4 esprints de 20 segundos, realizados en cicloergómetro frenado por aire, con una pausa de 20 s entre cada esprint. Los autores reportaron que, si bien la SCr produjo un incremento en las reservas musculares de PCr, esto no provocó un efecto ergogénico durante el ejercicio intermitente. Además, Finn et al (2001) sugirieron que el contenido de PCr al comienzo de la segunda y de las subsiguientes series de ejercicio podría estar influenciado por el tiempo de recuperación entre los períodos de ejercicio así como también por el contenido inicial de PCr en reposo, la tasa de utilización de PCr en el ejercicio previo y por la tasa de resíntesis entre los períodos de ejercicio. Debido a que ni Snow et al (1998) ni Finn et al (2001) alcanzaron un incremento significativo en el contenido de PCr la ausencia de un efecto ergogénico no es sorprendente.

Gilliam et al. (2000) examinaron los efectos de un período de SCr (5 g de creatina+1g de glucosa cuatro veces por día durante 5 días) sobre la reducción en el pico de torque isocinético en el grupo muscular del cuadriceps durante un test de resistencia. Los sujetos realizaron tests de fuerza isocinética que consistieron en cinco series de 30 contracciones voluntarias máximas con 1 minuto de pausa entre las series. En base a las comparaciones inter e intra grupales estos investigadores no fueron capaces de detectar un efecto ergogénico de la SCr sobre la reducción en el torque pico durante el ejercicio isocinético.

En un estudio más reciente, Delecluse et al. (2003) investigaron el impacto de la SCr a corto plazo (7 días) y con dosis altas (0.35 g/kg/día) sobre el rendimiento en una única carrera de velocidad (40 m, <6 segundos) y sobre carreras intermitentes de velocidad en velocistas altamente entrenados. Luego de la SCr, el rendimiento en la carrera de velocidad máxima, el grado relativo de agotamiento al final del ejercicio intermitente de velocidad (6 x 40m, 30 s de pausa), así como también el grado de recuperación (120 s de recuperación pasiva) permanecieron sin cambios. No se observaron cambios significativos relacionados con la SCr en la velocidad absoluta de carrera a ninguna distancia entre la salida y la llegada (40 m). Se concluyó que no hubo un efecto ergogénico de la SCr sobre el tiempo en una única carrera de velocidad o sobre los tiempos en carreras de velocidad de 40 m repetidas, con variación en los tiempos de recuperación. La explicación de estos

resultados puede inferirse a partir de lo observado en el trabajo realizado por Snow et al. (1998) quienes afirmaron que el incremento en el contenido muscular de TCr luego de la SCr fue insuficiente como para inducir una mejora en el rendimiento en carreras de velocidad y como para permitir un incremento en la tasa de resíntesis de PCr luego del ejercicio.

Estudio	Protocolo	Sujetos	Dosis de Creatina	Rendimiento en el Ejercicio
Delecluse et al. 2003	Carreras 2 x 40 m sprint 5 min rec 6 x 40 m sprint 30 s rec	12 H y M velocistas de 100 y 200 m altamente entrenados ranqueados a nivel nacional	0.35 g/kg/día durante 6 días	Sin efectos sobre la velocidad de sprint. ↑ n.s. en la BM de 0.3 kg
Biwer et al. 2001	Intervalos de carrera en cinta ergométrica 20 min vel constante 15% inclinación x 2 min 0% inclinación x 2 min	15 H y M jugadores de fútbol de nivel universitario	0.3 g/kg durante 6 días	Sin efectos sobre el rendimiento submáximo en cinta ergométrica ínter espaciados con intervalos de alta intensidad. ↑ significativo en la BM de 1.2 kg (H)
Finn et al. 2001	Ciclismo 4 x 20 s sprints max 20 s rec entre los sprints	16 triatletas de clase regional	20 g/d durante 5 días	Sin efectos sobre el rendimiento en sprints múltiples en ciclismo con períodos de recuperación de 20 segundos. ↑ significativo de la BM de 0.81 kg
Wilder et al. 2001	Ejercicios de Sobrecarga entrenamiento progresivo de pesas 4 x semana; 10 semanas	25 H jugadores de fútbol americano altamente entrenados de nivel universitario	a) 3 g/día b) 20 g/día durante 3 días + 5 g/día durante x 10 semanas	Sin efectos sobre la fuerza en 1RM en el ejercicio de sentadillas. ↑ significativo de la FFM (a) 2.46 kg (b) 1.79 kg
Gilliam et al. 2000	Extensiones Isocinéticas de la Rodilla 5 x 30 MVC 1 min rec entre las series	23 H activos pero desentrenados	20 g/día durante 5 días	Sin efectos sobre el mantenimiento del torque isocinético pico. ↑ significativo de la BM de 0.86 kg
Deutekom et al. 2000	Extensiones Isocinéticas de la Rodilla 2 x 40 MVC Ciclismo 2 x 30 s sprint max	23 H remeros bien entrenados	20 g/día durante 6 días	Sine efectos sobre el rendimiento muscular o sobre la producción máxima de potencia durante los sprints de ciclismo. ↑ significativo en la BM de 1.6 kg
Francaux & Poortmans 1999	Ejercicios de Sobrecarga Sentadilla Isocinética. Entrenamiento Periodizado 3 veces por semana durante 6 semanas	25 H activos pero desentrenados	21 g/día durante 5 días + 3 g/día durante 58 días	Sin efectos sobre el desarrollo promedio de la fuerza. ↑ significativo de la BM de 2 kg
Snow et al. 1998	Ciclismo 1 x 20 s sprint max	8 H activos pero desentrenados	30 g/día durante 3 días	Sin cambios en las mediciones de potencia. ↑ significativo en la BM de ~1kg
Odland et al. 1997	Ciclismo 30 s Wingate test	9 H activos pero desentrenados	20 g/día durante 3 días	Sin efectos sobre ninguna de las mediciones del ejercicio registradas
Burke et al. 1996	Natación 25 m, 50 m, 100 m de natación, 10 s test ergométrico máximo para las piernas	32 H y M nadadores de nivel nacional e internacional	20 g/día durante 5 días	No se hallaron diferencias significativas entre los tiempos medios de los grupos durante los sprints o en la potencia y trabajo total durante el test ergométrico máximo para las piernas de 10 s
Mujika et al. 1996	Natación 3 x 25 m 3 x 50 m 3 x 100 m	20 H y M nadadores de nivel nacional e internacional	20 g/día durante 5 días	Sin efectos significativos sobre el rendimiento. ↑ significativo en la BM de 0.7 kg

Tabla 2. *Resumen de las investigaciones que no han hallado un efecto ergogénico luego de la suplementación con creatina. Abreviaciones: Abreviaciones: H=Hombres, M=Mujeres; RM=Repetición Máxima: MxS=fuerza máxima; RPRT=tets de carreras repetidas; MDRT=tets máximo multietapas de carreras progresivas discontinuas; CMJT=test de salto con contramovimiento; IET=test de resistencia intermitente; BC=Composición corporal, BM=Masa Corporal, FFM=Masa Libre de Grasa; MAOD=Deuda Máxima*

Acumulada de Oxígeno; Rec= Recuperación.

SUPLEMENTACION CON CREATINA Y PREOCUPACIONES RELACIONADAS CON LA SALUD

No existe evidencia concluyente de que la SCr provoque complicaciones gastrointestinales, renales y/o calambres musculares. Una reciente investigación llevada a cabo por Kreider et al. (2003) examinó los efectos de la suplementación con creatina a largo plazo (hasta 21 meses) sobre marcadores clínicos del estado de salud en 98 deportistas. La fase de carga de 15.75 g/día fue seguida de una dosis de mantenimiento promediando 5 g/día, realizando un amplio análisis de marcadores químicos urinarios y sanguíneos. Los resultados indicaron que la SCr a largo plazo (hasta 21 meses) no parece afectar adversamente a los marcadores del estado de salud de los atletas que realizan un entrenamiento intenso en comparación con los atletas que no consumen Cr (Kreider et al, 2003). El único efecto secundario reportado en la literatura es la ganancia de peso en los primeros días de la suplementación (Mujika et al., 1996; Kreider et al., 1998; Pearson et al., 1999; Volek et al., 1999; ACSM, 2000; Biwer et al. 2003), lo cual probablemente se deba a la retención de agua relacionada con la absorción muscular de creatina.

CONCLUSION

En esta revisión se han discutido algunas de las acciones de la SCr sobre el metabolismo muscular y sobre el rendimiento durante el ejercicio. Las investigaciones disponibles indica que la SCr puede incrementar el contenido muscular de PCr, pero no en todos los individuos, lo cual puede incrementar el rendimiento en períodos cortos de actividad extremadamente potente, especialmente durante series repetidas. Sin embargo, no todos los estudios han reportado beneficios ergogénicos, posiblemente debido a diferencias en las respuestas de los sujetos a la SCr, la duración de la suplementación, la forma de ejercicio evaluado, y/o la duración de la recuperación observada durante las series repetidas de ejercicio. No parece que la SCr incremente la fuerza máxima isométrica, la tasa de producción de fuerza máxima, o el rendimiento durante ejercicios de tipo anaeróbico. Por lo tanto, en este momento la SCr parece ser una estrategia nutricional segura que puede mejorar el rendimiento en deportes que requieren esfuerzos únicos máximos y/o esprints repetidos. Sin embargo, las futuras investigaciones deberían tratar de comprender mejor los mecanismos mediante los cuales el incremento en las reservas de Cr influye sobre la bioenergética y el metabolismo.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (2000). Roundtable on the physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise 32, 706-717*
2. Anderson, O (1993). Creatine propels British athletes to Olympic gold medals: Is creatine the one true ergogenic aid?. *Running Research News 9, 1-5*
3. Barnett, C., Hinds, M. and Jenkins, D.G (1995). Effects of oral creatine loading on multiple sprint cycle performance. *Australian Journal of Science and Medicine in Sports 28, 35-39*
4. Becque, M.D., Lochmann, J.D. and Melrose, D.R (2000). Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise 32, 654-658*
5. Biwer, C.J., Jensen, R.L., Schmidt, W.D. and Watts, P.B (2003). The effect of creatine on treadmill running with high-intensity intervals. *Journal of Strength and Conditioning Research 17, 439-445*
6. Bamberger M (1998). The magic potion. *Sports Illustrated 88, 58-61*
7. Burke, L.M., Pyne, D.B. and Telford, R.D (1996). Effect of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Nutrition 6, 222-233*
8. Chanutin, A (1926). The fate of creatine when administered to man. *Journal of Biochemistry 67, 29-41*
9. Dawson, 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 Sports 27, 56-61*
10. Delecluse, C., Diels, R. and Goris, M (2003). Effect of Creatine Supplementation on Intermittent Sprint Running Performance in Highly Trained Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research 17, 446-454*

11. Deutekom, M.J., Beltman, G.M., De Ruiter, C.J., De Koning J.J. and De Haan, A (2000). No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance. *European Journal of Applied Physiology 82, 23-229*
12. 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*
13. Francaux, M. and Poortmans, J.R (1999). Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 80, 165-168*
14. Gilliam, J.D., Hohzorn, C., Martin, D. and Trimble, M.H (2000). Effect of oral creatine supplementation on isokinetic torque production. *Medicine and Science in Sports and Exercise. 32, 993-996*
15. Greenhaff, P.L (1997). The nutritional biochemistry of creatine. *Nutritional Biochemistry. 8, 610-618*
16. Greenhaff, P.L., Bodin, K., Soderlund, K. and Hultman, E (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism 266, E725-E730*
17. 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 83, 367-373*
18. Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J.A., Cederblad, G. and Greenhaff, P.L (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology 81, 232-237*
19. International Olympic Committee (2003). Prohibited classes of substances and prohibited methods. *Available from URL: http://www.olympic.org/uk/utilities/reports/level2_uk.asp?HEAD2=1&HEAD1=1*
20. Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J.J. and Gorostiaga, E.M (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise 34, 332-343*
21. Jacobs, I (1999). Dietary creatine monohydrate supplementation. *Canadian Journal of Applied Physiology 24, 503-514*
22. Jacobs, I., Bleue, S. and Goodman, J (1997). Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. *Canadian Journal of Applied Physiology 22, 231-243*
23. Kreider, R.B., Ferreira, M., Wilson, M., Grindstaff, P., Plisk, S., Reinardy, J., Cantler, E. and Almada, A.L (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise 30, 73-82*
24. Kreider, R.B., Melton, C., Rasmussen, C.J., Greenwood, M., Lancaster, S., Cantler, E.C., Milnor, P. and Almada, A.L (2003). Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Molecular and Cellular Biochemistry 244, 95-104*
25. Kurosawa, Y., Hamaoka, T., Katsumura, T., Kuwamori, M., Kimura, N., Sako, T. and Chance, B (2003). Creatine supplementation enhances anaerobic ATP synthesis during a single 10 sec maximal handgrip exercise. *Molecular and Cellular Biochemistry 244, 105-112*
26. Lemon, P.W.R (2002). Dietary creatine supplementation and exercise performance: Why inconsistent results?. *Canadian Journal of Applied Physiology 27, 663-680*
27. Louis, M., Poortmans, J.R., Francaux, M., Berre, J., Boisseau, N., Brassine, E., Cuthbertson, D.J., Smith, K., Babraj, J.A., Waddell, T. and Rennie, M.J (2003). No effect of creatine supplementation on human myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis after resistance exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism 285, E1089-1094*
28. McKenna, M.J., Morton, J., Selig, S.E. and Snow, R.J (1999). Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *Journal of Applied Physiology 87, 2244-2252*
29. Meir, R (1995). Practical application of oral creatine supplementation in professional rugby league: A case study. *Australian Strength and Conditioning Coach 3, 6-10*
30. Metzl, J.D., Small, E., Levine, S.R. and Gershel, J.C (2001). Creatine use among young athletes. *Pediatrics 108, 421-425*
31. Mommaerts, W.F (1969). Energetics of muscular contraction. *Physiological Reviews 49, 427-508*
32. Mujika, I., Chatard, J.C., Lacoste, L., Barale, F. and Geyssant, A (1996). Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28, 1435-1441*
33. Mujika, I. and Padilla, S (1997). Creatine supplementation as an ergogenic acid for sports performance in highly trained athletes: a critical review. *International Journal of Sports Medicine 18, 491-496*
34. 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*
35. Odland, L.M., MacDougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., 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*
36. Pearson, D.R., Hamby, D.G., Russel, W. and Harris, T (1999). Long-term effects of creatine monohydrate on strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research 13, 187-192*
37. Schnedeider, D.A., McDonough, P.P., Fadel, P.J. and Berwick, J.P (1997). Creatine supplementation and total work performed during 15-s and 1-min bouts of maximal cycling. *Australian Journal of Science and Medicine in Sports 29, 65-68*
38. Smith, S.A., Montain, S.J., Matott, R.P., Zientara, G.P., Jolesz, F.A. and Fielding, R.A (1998). Creatine supplementation and age influence muscle metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology 85, 1349-1356*
39. Smith, S.A., Montain, S.J., Matott, R.P., Zientara, G.P., Jolesz, F.A. and Fielding, R.A (1999). Effects of creatine supplementation on the energy cost of muscle contraction: a 31P-MRS study. *Journal of Applied Physiology 87, 116-123*
40. Snow, R.J., McKenna, M.J., Selig, S.E., Kemp, J., Stathis, C.G. and Zhao, S (1998). Effect of creatine supplementation on sprint exercise performance and muscle metabolism. *Journal of Applied Physiology 84, 1667-1673*
41. Stout, J., Eckerson, J., Ebersole, K., Moore, G., Perry, S., Housh, T., Bull, A., Cramer, J. and Batheja, A (2000). Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. *Journal of Applied Physiology 88, 109-112*
42. Syrotuik, D.J., Game, A.B., Gillies, E.M. and Bell, G.J (2001). Effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance. *Canadian Journal of Applied Physiology 26, 527-542*
43. Vandenberghe, K., Goris, M., Van Hecke, P.M., Leemputte, V., Vangerven, L. and Hespel, P (1997). Long-term creatine intake is

beneficial to muscle performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology 83, 2055-2063*
44. Volek, J.S. and Kraemer, W.J (1996). Creatine supplementation: Its effect on human muscular performance and body composition. *Journal of Strength and Conditioning Research 10, 200-210*
45. Volek, J.S., Boetes, M., Bush, J.A., Putukian, M., Sebastianelli, W.J. and Kraemer, W.J (1997). Response of testosterone and cortisol concentrations to high-intensity resistance exercise following creatine supplementation. *Journal of Strength and Conditioning Research 11, 182-187*
46. 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. *Journal of the American Dietetic Association 97, 765-770*
47. Volek, J.S., Duncan, N.D., Mazzetti, S.A., Staron, R.S., Putukian, M., Gomez, A.L., Pearson, D.R., Fink, W.J. and Kraemer, W.J (1999). Performance and muscle fibre adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise 31, 1147-1156*
48. Wilder, N., Deivert, R.G., Hagerman, F. and Gilders, R (2001). The effects of low-dose creatine supplementation versus creatine loading in collegiate football players. *ournal of Athletic Training 36, 124-129*
49. Williams, M.H. and Branch, J.D (1998). Creatine supplementation and exercise performance: An update. *Journal of the American College of Nutrition 17, 216-234*
50. Williams, M.H., Kreider, R.B. and Branch, J.D (1999). Creatine: The Power Supplement. *Human Kinetics, Champaign, IL*
51. Wyss, M. and Kaddurah-Daouk, R (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiological Reviews 80, 1107-1213*

Cita Original

Stephen P. Bird. Suplementación con Creatina y Rendimiento durante el Ejercicio: Una Breve Revisión. Journal of Sports Science and Medicine 2, 123-132. 2003.