

González Boto, R.; García López, D. y Herrero Alonso, J.A. (2003). La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 3 (12) pp. 242-259
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artcreatina.htm>

REVISIÓN

LA SUPLEMENTACIÓN CON CREATINA EN EL DEPORTE Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

CREATINE SUPPLEMENTATION IN SPORT AND ITS RELATIONSHIP WITH SPORTS PERFORMANCE

González Boto, R.*; García López, D.* y Herrero Alonso, J.A.*

*Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. dmprgb@unileon.es

*Becario del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de León.
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
Universidad de León. León (España).

RESUMEN

En este trabajo nos hemos propuesto analizar el uso de creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. En primer lugar se exponen las características y funciones metabólicas de este compuesto y su relación con el rendimiento deportivo. En segundo lugar se hace una revisión de estudios recientes en los que se analizan los efectos de la suplementación con creatina. Se constata que la creatina aumenta el rendimiento deportivo en acciones de corta duración en las que el metabolismo anaeróbico aláctico es prioritario, sin bien son necesarias futuras investigaciones que demuestren mejoras del rendimiento físico en diferentes contextos y que su uso continuado no provoque alteraciones negativas para la salud de los individuos.

PALABRAS CLAVE: creatina, suplementación, rendimiento deportivo, potencia anaeróbica, fuerza explosiva.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyse creatine supplementation in sport and its influence on performance. Firstly creatine metabolic and functional characteristics and their relation with sports performance were shown. Secondly a review of recent studies analysing the effects of creatine supplementation was carried out. It was found that creatine ingestion enhanced sports performance in short-duration actions where anaerobic alactic metabolism was predominant. However, further research recording the improvement of physical performance in several contexts and showing that its continuous use cannot cause negative alterations in subjects' health are necessary.

KEYWORDS: creatine, supplementation, sports performance, anaerobic power, explosive force.

1. AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES

1.1. Conceptualización

Mediplan Sport (1996) define las ayudas ergogénicas en el deporte como *una serie de medios que se utilizan para mejorar el rendimiento deportivo cuando no son las diferentes técnicas de entrenamiento los estímulos empleados para tal fin*. Años antes Williams (1992) definió el término “ergogénico” como *cualquier medio para aumentar la utilización de energía, incluyendo la producción de energía, su control y su rendimiento*.

1.1. Clasificación de las ayudas ergogénicas

Hablar de ayudas ergogénicas no significa restringir exclusivamente su tipología a fármacos o a determinados aportes nutricionales, entre otros, dentro de una serie de mecanismos utilizados para aumentar el rendimiento deportivo. Williams en 1992 así como Mújika y Padilla en 1997 siguiendo a este autor y posteriormente Guillén del Castillo y Linares en el año 2002 establecieron una clasificación de las ayudas ergogénicas que podemos distribuir en los siguientes grupos:



-Ayudas Mecánicas: se relacionan con las características físicas de los materiales e incluso del propio cuerpo humano: zapatillas deportivas, bañadores de competición hidrodinámicos, bicicletas con perfiles aerodinámicos, afeitado precompetitivo de los nadadores, materiales más ligeros,...



-Ayudas Psicológicas: técnicas y estrategias de entrenamiento psicológico para mejorar el rendimiento deportivo: hipnosis, control del estrés, control de la ansiedad, técnicas motivacionales, psicoterapia,...



-Ayudas Fisiológicas: técnicas “físicas” que potencian el funcionamiento orgánico: infusiones sanguíneas, bicarbonato sódico, citrato sódico,...



-Ayudas Farmacológicas: generalmente sustancias químicas que se introducen en el organismo para aumentar el desempeño orgánico: cafeína, esteroides anabolizantes, eritropoyetina,...



-Ayudas Nutricionales: técnicas con las que a partir de la manipulación de la dieta se mejora el rendimiento deportivo: suplementación con hidratos de carbono, ácidos grasos, aminoácidos de cadena ramificada, vitaminas,...

Guillén del Castillo y Linares (2002) incluyen la suplementación con monohidrato de creatina dentro de las ayudas ergogénicas de tipo *nutricional*.

2. CARACTERÍSTICAS METABÓLICAS DE LA CREATINA

2.1. Composición, ubicación y transporte

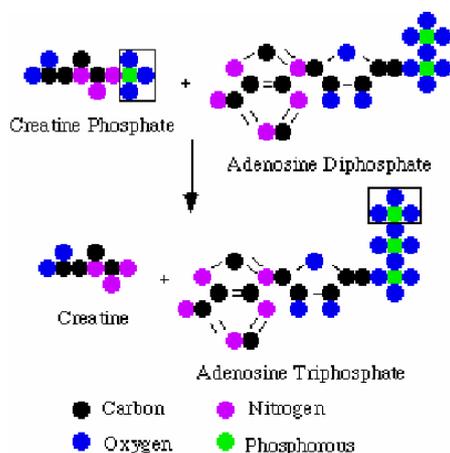


Figura 1: *Composición química de los fosfágenos.* Tomado de MCDB (2003)

La creatina (Cr) es un compuesto nitrogenado natural muy similar a los aminoácidos que se combina con fosfato originando fosfocreatina (PCr) (Barbany, 2002; Guillén del Castillo y Linares, 2002). Se sintetiza de forma endógena en el hígado, en el páncreas y en los riñones a partir de los aminoácidos arginina, glicina y metionina (Mújika y Padilla, 1997; Barbany, 2002; Waldron, 2002). En este proceso intervienen

dos enzimas: la amidinotransferasa, que cataliza la formación de guanidinoacetato utilizando la arginina y la glicina; y la N-metiltransferasa, que permite que el guanidinoacetato y la S-adenosilmetionina formen creatina (Rico-Sanz, 1997).

Además de su producción endógena también se encuentra en la dieta alimenticia, principalmente en el pescado, en la carne y en otros productos animales como la leche o los huevos. En ciertos vegetales también puede encontrarse, pero su presencia es muy reducida (Mediplan Sport, 1996 Mújika y Padilla, 1997).

Según Barbany (2002) el organismo humano precisa una cantidad total de 2 gramos de creatina diarios, de los cuales el 50% es sintetizado por el propio organismo mientras que el otro 50% debe ser aportado a través de la dieta.

Las mayores concentraciones de Cr en el cuerpo humano se encuentran en el músculo esquelético, con aproximadamente un 95% del contenido total de este compuesto en forma de creatina libre (40%) y de creatina fosforilada o fosfocreatina (60%). El 5% restante se reparte por otros tejidos orgánicos como son el corazón, los espermatozoides, la retina y el cerebro fundamentalmente (Mediplan Sport, 1996; Naclerio, 2001).

Debido a su distribución corporal y teniendo en cuenta su producción endógena la creatina debe ser transportada por vía sanguínea desde los órganos en los que es sintetizada hasta los órganos en los que se va a utilizar, principalmente en la musculatura esquelética. Para ello se utilizan una serie de transportadores de los cuales, aquéllos que mayor capacidad de transporte tienen son los Na^+ -dependientes debido a su saturabilidad respecto a los Na^+ -independientes. A su vez, este proceso depende del número de transportadores de creatina ya existentes: a mayor número consecuentemente mayor será dicho transporte. También se verá regulado por la concentración de creatina, de tal forma que un déficit de ella acelerará este proceso, y viceversa. La presencia de otras sustancias como la insulina y la vitamina E, así como la estimulación del organismo a través del ejercicio físico también pueden incrementar el transporte de creatina al músculo (Rico-Sanz, 1997).

2.2. Funciones metabólicas

- Almacén de energía: La PCr tiene una gran importancia en el metabolismo energético durante la contracción del músculo esquelético y la recuperación tras un esfuerzo físico debido a su papel “acumulador” de energía. Este compuesto es el responsable de la resíntesis de ATP a partir de ADP por medio de una reacción catalizada por la encima

creatinkinasa (CK) (Mediplan Sport, 1996; Guillén del Castillo y Linares, 2002).

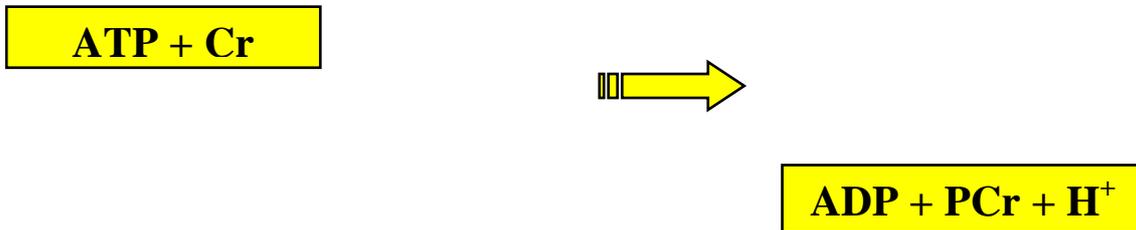


Figura 2. Obtención de energía a partir de la PCr.

Numerosos investigadores afirman que la PCr juega un papel importantísimo en la resíntesis de ATP durante las fases iniciales de un ejercicio intenso y de corta duración debido a que el metabolismo anaeróbico aláctico en la producción de ATP a partir de este compuesto es predominante a otras rutas metabólicas (Izquierdo y cols., 2002; Kilduff y cols., 2002). Dorado y cols. (1997) señalan que en las fases iniciales de un ejercicio de alta intensidad el ATP es restituido no solo a partir de la PCr, sino también a partir del aumento simultáneo de la actividad glucolítica desde el inicio, si bien Rico-Sanz (1997) señala que en esta simultaneidad temporal de las rutas metabólicas, incluso también con la vía oxidativa, el potencial regenerativo del ATP a partir de la PCr supera al de la glucólisis y al de la fosforilación oxidativa.

● Transporte de fosfatos de alta energía de la mitocondria a las miofibrillas: El transporte de creatina y fosfocreatina se produce por la hidrólisis de fosfocreatina hacia la mitocondria donde la creatinquinasa ejerce un control oxidativo y desde ahí la fosfocreatina es transportada hacia el lugar donde será requerida por la célula durante la contracción muscular (Mediplan Sport, 1996; Rico-Sanz, 1997; Mújika y Padilla, 1997).

Otras funciones de la creatina, según Rico-Sanz (1997), son las siguientes:

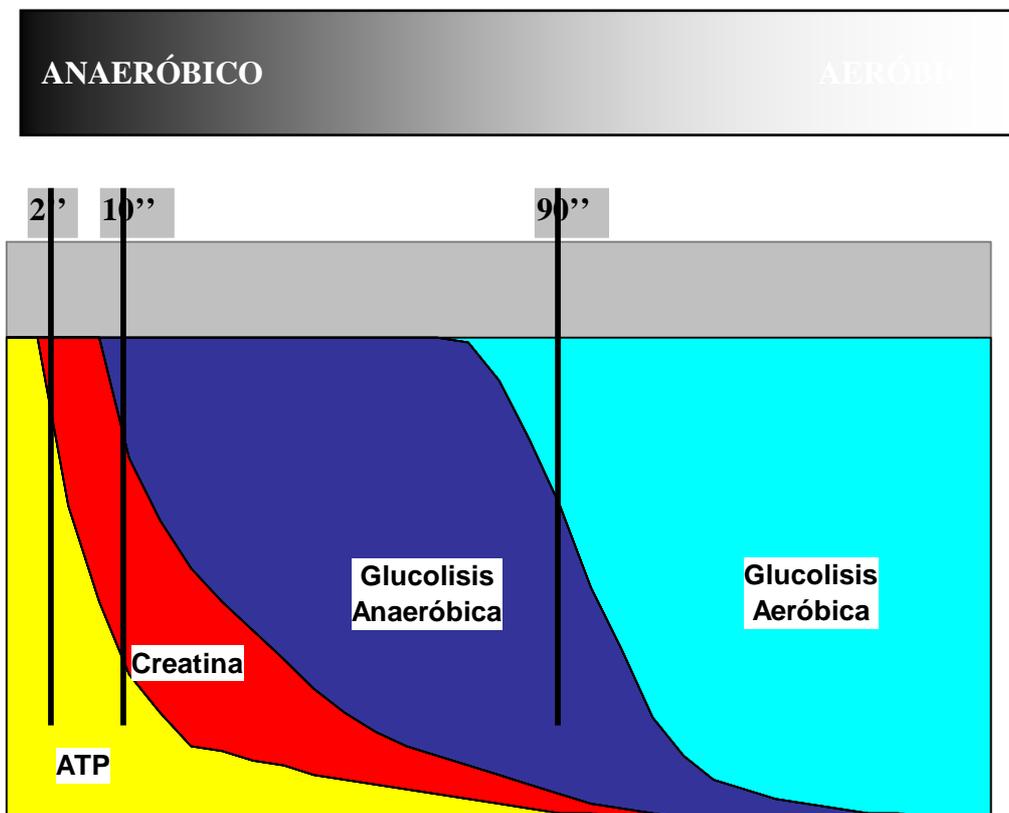
- Búfer de protones: En la hidrólisis de la fosfocreatina la reacción de la creatinquinasa utiliza iones de hidrógeno con un potencial tal que provoca una alcalinización de la célula muscular al comienzo del ejercicio.
- Controladora de la fosforilación oxidativa: Según el autor es probable que la creatina pueda ejercer un control del metabolismo aeróbico elevando la producción de ATP mediante la vía oxidativa en base a

estudios con animales en los que dosis de creatina aumentaban el VO_{2Max} , sin embargo es algo que aún no está demostrado en humanos.

● **Función anabólica:** La suplementación con creatina provoca un aumento de la masa muscular sin un incremento del volumen de agua, por lo que es probable que la creatina influya en dicho aumento especialmente en el diámetro de las fibras Tipo II (Mújika y Padilla, 1997; Rico-Sanz, 1997).

3. SUPLEMENTACIÓN CON CREATINA

Figura 3. Diagrama del requerimiento energético durante el ejercicio: puede apreciarse como el metabolismo anaeróbico aláctico juega un papel destacado en los primeros segundos del esfuerzo físico. Adaptado de Jenkins (1998).



En el ejercicio intenso de corta duración el metabolismo anaeróbico aláctico es capaz de suplir los requerimientos energéticos de la musculatura que está trabajando. Autores como Mesa y cols. (2001) indican que los depósitos de Cr y PCr alcanzan valores mínimos a los 5-10 segundos, tiempo hasta el cual el ejercicio físico no alcanzaría la fatiga por la depleción de los depósitos de fosfágenos. Otros autores como Dorado y cols. (1997) indican que este tiempo oscilaría entre los 10-30 segundos. Naclerio (2001) señala que

antes de los 5 segundos los depósitos de fosfágenos no están agotados. A partir de este umbral y hasta los 20-30 segundos, o incluso más, los depósitos de creatina descienden hasta quedar prácticamente agotados.

Cuando la PCr muscular alcanza valores mínimos el rendimiento deportivo disminuye debido a que el ATP no es resintetizado con tanta rapidez como es demandado por las células musculares, por lo que muchos autores sugieren que si se produce un incremento de los niveles normales de CR mediante una suplementación oral se provocaría un incremento de la PCr que atenuaría la rápida depleción de las reservas musculares durante el ejercicio, alterando en menor medida los niveles de ATP muscular, y con ello mejorando el rendimiento deportivo (Mújika y Padilla, 1997; Kreider y cols., 1998; Barbany, 2002; Izquierdo, y cols., 2002; Kilduff y cols., 2002; Newman y cols., 2003). Así en sprints con una duración inferior a 10 segundos en deportes como carrera, ciclismo, natación, tenis,... o en deportes de equipo con esfuerzos intermitentes como el fútbol o el baloncesto, la utilización de este sustrato energético es prioritario, el cual se ve favorecido por el entrenamiento y por un aporte diario de creatina no elevado.

Los requerimientos de creatina según Barbany (2002) son 2g diarios, los cuales pueden ser cubiertos si tenemos en cuenta su producción endógena y su aporte a través de la dieta. Según este autor se pueden producir cambios favorables en el rendimiento deportivo en pruebas cortas con un elevado nivel de carga si se ingiere creatina mediante dosis elevadas de 20g/día durante 6 días consecutivos y dosis menores de 2-3g en los días siguientes. Estos cambios pueden llegar a ser de un 20% en aportes de 100g administrados durante una semana y en ciclos mensuales entre suplementaciones (Mediplan Sport, 1996). En un estudio llevado a cabo por Harris y cols. (1992) se ha comprobado que el contenido de Cr del vasto externo aumenta entre un 20 y un 50% tras dos días suplementando al organismo con 20 g diarios de creatina, cuyo aumento es mayor si el periodo de suplementación se acompaña de un trabajo muscular submáximo. Este hecho ha sido confirmado en posteriores investigaciones en las que se hicieron suplementaciones estandarizadas de Cr de 20 g diarios durante 5 ó 6 días (Greenhaff y cols., 1994a; Greenhaff y cols., 1994b; Söderlund y cols., 1994; Balsom y cols., 1995; Febbraio y cols., 1995; Casey y cols., 1996 y Hultman y cols., 1996) de 20-30 g diarios durante al menos dos días (Dorado y cols., 1997) o de 20-30 g diarios durante 5-6 días (Preen y cols., 2002). Asimismo hay estudios en los que se ha constatado que la ingesta de 3 a 5 g de Cr administrados durante un periodo de 11 a 28 días produce también similares efectos de cara al rendimiento deportivo si se comparan con las dosis de mayor aporte y menor duración que veíamos en los estudios anteriores (Rico-Sanz, 1997).

Parece estar bastante aceptado por buena parte de la comunidad científica que el aumento de los depósitos de Cr así como la resíntesis de ATP a partir de



este compuesto en ejercicios de corta duración y alta intensidad se ve favorecido por una suplementación oral de creatina, sin embargo existen otros estudios que no son tan concluyentes al respecto al no observar aumentos significativos en la Cr total tras dicha suplementación. Así lo confirman Odland y cols. (1994) tras suplementar con 60 g diarios de Cr durante 3 días.

Lo que sí parece indiscutible es que la creatina es uno de los suplementos dietéticos más requeridos actualmente en el deporte debido, probablemente, a que es una de las pocas sustancias nutricionales capaces de tener un potencial de mejora del rendimiento deportivo, sin embargo los estudios que han analizado los efectos positivos de este compuesto también han recibido algunas críticas debido al poco rigor científico que se les ha achacado (Mediplan Sport, 1996; Mújika y Padilla, 1997; Arnaud, 2002; Barbany, 2002). Además, también se dice que los efectos de la creatina se han producido bajo unas condiciones estándar de estudio y en sujetos sedentarios o de bajo nivel de entrenamiento. Se pone en duda si en sujetos altamente entrenados y en condiciones reales de competición este compuesto podría llegar a tener los mismos efectos (Mediplan Sport, 1996; Mújika y Padilla, 1997; Barbany, 2002). Algunos autores han llegado a afirmar incluso que la suplementación con creatina en deportistas de resistencia altamente entrenados sería innecesaria (Mújika y Padilla, 2002). Tampoco se tiene claro en qué disciplinas podría ser más útil y si sus efectos pueden mantenerse o no a largo plazo (Barbany, 2002).

Según señalan Mújika y Padilla (1997) el potencial de la creatina como ayuda ergogénica en el deporte es algo que debe ser estudiado y analizado rigurosamente, ya que la mayoría de los estudios realizados no son concluyentes al respecto y no dejan de ser simples hipótesis que necesitan ser confirmadas.

4. ACTUALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Debido a la controversia suscitada nos hemos propuesto recoger algunas de las investigaciones realizadas en los dos últimos años que hayan analizado la suplementación oral con creatina como ayuda ergogénica de cara al rendimiento deportivo con el fin de poder discernir un poco más sobre su utilización.

Para una mejor comprensión hemos distribuido los estudios en dos categorías:

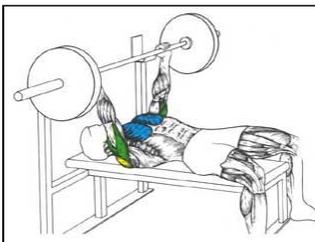
✚ **Estudios que reflejan mejoras en el rendimiento deportivo:** englobaría aquellos estudios cuyos resultados indicarían una mejora del rendimiento deportivo tras una suplementación con creatina.

✚ **Estudios que no reflejan mejoras en el rendimiento deportivo:** englobaría aquellos estudios cuyos resultados no demostrarían una mejora del rendimiento deportivo tras la suplementación con creatina.

4.1. Estudios que reflejan mejoras en el rendimiento deportivo



Izquierdo y cols. (2002) analizaron los efectos de la suplementación con 20 g de creatina administrada durante 5 días en 19 jugadores de balonmano entrenados (grupo experimental n = 9; grupo control n = 10). Para ello se midió la fuerza y potencia máximas y el nivel de fatiga en repeticiones máximas (RM) de press de banca y squat-jump (SJ). También se realizó un salto con contramovimiento en plataforma de contacto (CMJ), 6 sprints máximos de 15 m y un test de resistencia discontinuo ascendente hasta el agotamiento. Asimismo se tomaron muestras de sangre y de orina para determinar las concentraciones de lactato y Cr. El estudio se realizó a doble ciego registrando todos los datos antes y después del período de suplementación. Los resultados obtenidos indican que los sujetos que habían tomado creatina incrementaron significativamente la masa muscular, el número máximo de repeticiones hasta la fatiga y la potencia en press de banca y SJ, la fuerza máxima tras el SJ y el tiempo empleado en el primero de los 6 sprints. En el grupo que tomó el placebo no se produjeron cambios significativos, como tampoco en las demás variables analizadas en ambos grupos, por lo que según este estudio, la suplementación con creatina en jugadores de balonmano entrenados conduce a una mejora significativa en la fuerza máxima del tren inferior, en el número de repeticiones máximas del tren inferior y superior, en los ejercicios de potencia y en el número de repeticiones máximas hasta la fatiga en press de banca; se produce una mejora en el sprint y se atenúa la fatiga en el salto tras las repeticiones máximas. No se obtienen mejoras en la fuerza máxima del tren superior ni en la carrera de resistencia.



En un estudio a doble ciego similar al anterior Kilduff y cols. (2002) analizaron la influencia de la suplementación con creatina sobre la fuerza isométrica en press de banca en 32 corredores de resistencia entrenados. En este caso se realizaron cinco contracciones máximas y se determinó la composición corporal antes y después de la ingestión de 20 g de creatina diarios durante 5 días por parte de un grupo experimental y placebo en

un grupo control. Asimismo se analizó la excreción de creatina a través de la orina. Los resultados indicaron que la suplementación provocó un aumento significativo del pico de fuerza y del trabajo total durante la contracción isométrica en el grupo experimental respecto al grupo control. También aumentó el peso corporal y la masa muscular magra tanto en el grupo control como en el grupo experimental, si bien el incremento fue significativamente mayor en el grupo experimental. De este estudio se desprende que tanto el pico de fuerza máxima como la fuerza total en contracción isométrica se ven incrementados en corredores de fondo entrenados tras una suplementación con creatina, si bien también se produce un aumento del peso corporal que puede resultar limitante para el rendimiento deportivo en esta modalidad atlética.

Ööpik y cols. (2002) estudiaron el efecto de la suplementación con creatina junto con la ingesta de carbohidratos sobre la recuperación de masa corporal y el aumento del rendimiento deportivo tras una pérdida de peso post-ejercicio en un grupo de 5 luchadores entrenados. Para ello, meses antes se les pidió que redujesen al menos un 15% de su peso a base de entrenamiento y de un control personal de la dieta sin ingerir fármacos durante dos meses. Tras este periodo

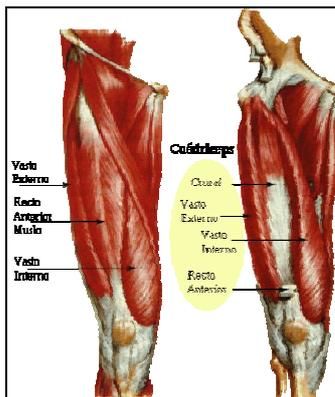


se elaboró una dieta suplementada con hidratos de carbono y creatina para ser ingerida durante las 17 horas siguientes y administrada a doble ciego en un grupo experimental y en un grupo control. Asimismo se midió la fuerza máxima, submáxima y trabajo total de extensión de rodilla antes de la pérdida de peso, tras el periodo de reducción de peso y tras el periodo de suplementación. Por último se tomaron muestras de sangre y orina para comprobar las concentraciones de NH_3^+ , lactato, glucosa y urea. Los resultados obtenidos son en parte contrarios al estudio de Kilduff y cols. (2002) ya que señalan que la suplementación con creatina junto con hidratos de carbono mejora la recuperación del nivel de fuerza máxima y la capacidad total de trabajo en los sujetos estudiados debido a una mayor retención de creatina en la musculatura y no al aumento de masa muscular, ya que no se encontraron variaciones de peso significativas durante el periodo de recuperación en ambos grupos. Este hecho también contradice en parte lo señalado en el punto 2.2. (funciones metabólicas de la creatina) en cuanto a la función anabólica de esta sustancia en las fibras musculares tipo II (probablemente más desarrolladas en las modalidades deportivas de lucha), lo cual podría suponer un factor de rendimiento a tener en cuenta en este tipo de disciplinas deportivas. En definitiva podemos decir en base a este estudio que la suplementación con creatina y carbohidratos mejora el rendimiento deportivo en luchadores entrenados, si bien los resultados deben ser tomados con cierta cautela debido al reducido número de sujetos en la muestra.



Gothshalk y cols. (2002) comprobaron los efectos de la suplementación con Cr en ancianos físicamente activos en un estudio a doble ciego en el que se administraron 3 g por Kg de peso corporal de Cr durante 7 días en un grupo experimental y placebo en un grupo control. Para determinar los efectos de la suplementación ambos grupos realizaron una batería de ejercicios consistente en una prueba máxima de fuerza dinámica en press de banca y press de pierna, una prueba de fuerza máxima isométrica de rodilla, un test de fuerza explosiva mediante sprints sobre cicloergómetro y dos pruebas de coordinación general. Asimismo se tomaron muestras de sangre y biopsias musculares para analizar diferentes compuestos. Los resultados indican que la suplementación con creatina provocó grandes incrementos en la masa corporal y en el tejido muscular, en la fuerza dinámica máxima y en la fuerza máxima isométrica así como en la fuerza explosiva y capacidad funcional del tren inferior en el grupo experimental respecto el grupo control. Al igual que en estudios anteriores también hubo un incremento del peso corporal total y del peso magro en los sujetos que tomaron creatina. A raíz de este estudio puede decirse que la creatina suplementada por vía oral es probable que incremente el rendimiento deportivo en las personas mayores.

En estudios aun más recientes como el de Kambis y Pizzedaz (2003) se analizó el efecto de la suplementación con creatina sobre la función muscular, el perímetro del muslo y el peso corporal en 22 mujeres jóvenes. En un diseño a doble ciego se administraron 0,5 g de creatina por Kg de peso corporal en un grupo experimental y placebo en un grupo control. Asimismo se realizó un test de valoración de la función muscular del tren inferior y un test de fuerza máxima del cuádriceps antes y después de la suplementación. Pudo observarse que en el grupo experimental el tiempo de extensión del cuádriceps descendió y la potencia de trabajo tanto en flexión como en extensión aumentó. Al igual que en algunos estudios anteriores tampoco se produjeron variaciones en el porcentaje graso, ni en el diámetro del cuádriceps ni en el peso total de las mujeres en ambos grupos. En base a este estudio parece ser que la suplementación con creatina en mujeres jóvenes mejora el rendimiento físico ante acciones explosivas del tren inferior sin provocar un aumento del peso corporal.



Watsford y cols. (2003) en un estudio a doble ciego analizaron si la suplementación con creatina aumenta la probabilidad de lesión debido a una mayor rigidez muscular. Para ello se eligió una muestra de 20 sujetos distribuidos en dos grupos, experimental y control. Ambos realizaron una serie de saltos a partir del protocolo de Bosco antes y después de la suplementación

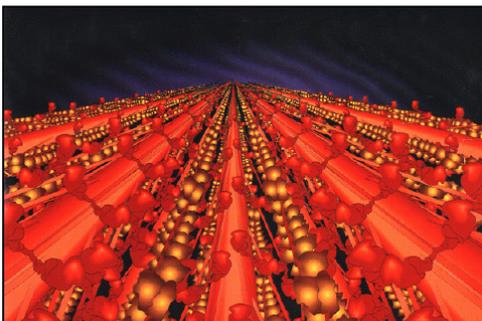
con creatina en el grupo experimental y placebo en el grupo control. En el grupo experimental se produjo un incremento significativo del peso corporal y de la altura de salto en el CMJ y en el DJ respecto al grupo control. En ambos grupos no se produjeron aumentos en la rigidez muscular. En este estudio no se ha podido demostrar que la suplementación con creatina aumente el riesgo de lesión debido a un incremento de la rigidez muscular, si bien se ha observado una ganancia en la altura de salto por lo que es probable que en aquellos deportes cuyo factor de rendimiento sea ésta dicha suplementación, en principio, sería aconsejable.



En un estudio a ciego simple Newman y cols. (2003) comprobaron si la suplementación con creatina en dosis elevadas durante unos pocos días seguida de otra más ligera y continuada en el tiempo, alteran la tolerancia a la glucosa y la acción de la insulina en adultos no entrenados. Para ello se eligió una muestra de 17 sujetos (grupo experimental $n = 8$; grupo control $n = 9$). El grupo experimental tomó una dosis de 20 g de creatina durante 5 días seguida de otra de 3 g durante 28 días. El grupo control tomó similares cantidades de glucosa durante el mismo periodo de tiempo. Los datos se tomaron a partir un test de tolerancia a la glucosa ingerida por vía oral, análisis de sangre y biopsias musculares antes y después de la suplementación. Los resultados reflejan que la ingesta de creatina no influye en el contenido muscular de glucógeno, en la concentración de glucosa ni en los niveles de insulina en sangre, sin embargo la Cr y la PCr del músculo se vieron incrementadas en el grupo que tomó creatina respecto al grupo control. En este estudio la suplementación con Cr aumentó las reservas de Cr y PCr musculares en sujetos no entrenados, lo cual puede suponer un incremento en el rendimiento físico en actividades con un elevado componente anaeróbico aláctico.

Este aumento de los depósitos de Cr y PCr tras una suplementación oral con creatina también ha sido confirmado recientemente por Powers y cols. (2003) en un estudio similar con atletas de fondo entrenados.

Derave y cols. (2003) realizaron un estudio cuyo objetivo fue comprobar los efectos de la suplementación con Cr y de Cr más proteínas sobre las reservas de hidratos de carbono musculares comparando la musculatura entrenada con la no entrenada del propio sujeto. Para ello se eligieron 33 individuos y se dividieron en tres grupos.



Uno de ellos tomó placebo, otro creatina y el tercero creatina junto con el transportador de glucosa GLUT-4. A su vez los sujetos fueron sometidos a un programa de resistencia muscular en su pierna derecha manteniendo la otra en reposo,

tomando los datos a partir de biopsias musculares. Los resultados obtenidos difieren en parte de los obtenidos por Newman y cols. (2003) ya que en la pierna entrenada los niveles de glucógeno muscular aumentaron en los grupos que tomaron creatina respecto al grupo que tomó placebo. En cuanto al transportador GLUT-4 ocurrió lo mismo, sin embargo ninguno de estos efectos tuvo lugar en la pierna no entrenada. Por tanto, en este estudio la suplementación oral con creatina mejoró la cantidad de GLUT-4 y glucógeno presentes en el músculo realizando ejercicio físico de forma paralela. Asimismo la Cr combinada con un suplemento de GLUT-4 mejoró también la tolerancia a la glucosa.

En principio la práctica de ejercicio físico induce a un aumento de las reservas de glucógeno muscular, sin embargo en base al estudio de Newman y cols. (2003) sería necesario comprobar de nuevo si este aumento se debe solamente al estímulo físico del entrenamiento o también al efecto conjunto de la suplementación con creatina.

4.2. Estudios que no reflejan mejoras en el rendimiento deportivo



Preen y cols. (2002) realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar si la ingestión oral de creatina momentos antes de realizar ejercicio físico mantiene un nivel óptimo en la eficacia de acciones explosivas intermitentes durante el mismo. Para ello se eligieron 8 varones no entrenados que practicaban actividad física con los que se hizo una prueba a doble ciego en la que el grupo experimental tomó 15 g de creatina 2h antes de realizar 10 series de 5-6 sprints máximos en cicloergómetro y el grupo control un placebo. Los datos se obtuvieron a partir del trabajo total realizado y potencia de trabajo de los sujetos, biopsias musculares del vasto lateral y muestras de sangre y de orina en las que se determinaron las concentraciones de diferentes metabolitos. Los resultados obtenidos indican que tras la ingestión de creatina se obtuvieron cambios favorables en los metabolitos sanguíneos resultantes del trabajo realizado en el grupo que tomó creatina respecto al que no tomó, sin embargo no hay diferencias significativas en los datos recogidos a través de las biopsias musculares ni tras los resultados de los test físicos, por lo que no se ha podido demostrar que los esfuerzos máximos e intermitentes prolongados en el tiempo alcancen una mayor eficacia tras la ingesta de creatina momentos antes de realizar ejercicio, probablemente debido bien al poco tiempo transcurrido desde su administración hasta el aprovechamiento total por la musculatura esquelética o bien por la poca cantidad de creatina ingerida.

Doherty y cols. (2002) estudiaron los efectos a corto plazo de la ingestión de cafeína tras un periodo de suplementación con creatina y

abstinencia en cafeína. Para ello se eligieron 14 sujetos entrenados que siguieron un periodo de suplementación con creatina de 3 g por Kg de peso corporal diarios sin ingestión de cafeína. Se calculó el VO_{2Max} mediante una prueba de esfuerzo máximo antes y después de la suplementación, así como a las 12-24 horas y a los 3-5 días previa ingestión a doble ciego de 5 mg/Kg de cafeína una hora antes de ambos test en un grupo experimental y placebo en un grupo control. Asimismo se tomaron muestras de sangre para analizar diversos metabolitos. Los resultados obtenidos en relación con la creatina indican que tras una suplementación con este compuesto se aumentó la masa corporal de los sujetos, sin embargo no hubo mejoras en el rendimiento tras la prueba de esfuerzo, probablemente debido a la poca fiabilidad del protocolo utilizado, según estos autores.

Dentro de este apartado también hemos querido destacar un estudio realizado por Mesa y cols. (2001) en el que, a pesar de no estar en relación con el análisis experimental de la suplementación con creatina en el deporte, se destacan una serie de efectos negativos en el uso de esta sustancia. En este sentido los autores consideran que a pesar de haber estudios en los que se indica que la suplementación con creatina a largo plazo no provoca consecuencias adversas para los atletas, no existen suficientes evidencias científicas con las que se demuestre que un consumo libre e indiscriminado de creatina no iría en perjuicio de la salud. Según ellos, la suplementación con creatina (fundamentalmente a largo plazo) puede ser una práctica de riesgo para el síndrome de la encefalopatía espongiiforme bovina, puede tener efectos cancerígenos y se han descrito alteraciones gastrointestinales, musculares y renales en los sujetos.

5. CONCLUSIONES

1. Existen numerosos estudios en los que se demuestra que la suplementación oral con creatina durante un periodo de tiempo aproximado de una semana provoca un aumento de las reservas de Cr y PCr musculares. Asimismo se han podido constatar mejoras en diversas manifestaciones de la fuerza relacionadas principalmente con la fuerza explosiva, en ejecuciones en las que interviene la potencia muscular y se ha observado un retraso de la fatiga muscular en acciones repetidas de alta intensidad y corta duración.

2. En las acciones deportivas que intervienen las cualidades anteriormente señaladas como saltos o levantamientos de peso, la suplementación con creatina mejora el desempeño físico, principalmente en trabajos del tren inferior, sin embargo los resultados todavía no han sido extrapolados fuera de los test de laboratorio ya que no está documentado en qué deportes este tipo de suplementación supondría una ayuda ergogénica útil para mejorar el rendimiento deportivo.

3. Los beneficios de la suplementación con creatina pueden potenciarse si además se combina con otros compuestos como carbohidratos o cafeína y si además se realiza actividad física de forma paralela.

4. Existe una gran controversia en cuanto a si la creatina provoca o no un aumento del peso corporal debido a su función anabólica sobre las fibras rápidas y a su influencia sobre el aumento del glucógeno muscular ya que en estudios realizados con varones dicho aumento se constata, sin embargo en mujeres todavía no ha sido del todo demostrado.

CONCLUSIÓN FINAL



La suplementación oral con creatina mejora el rendimiento deportivo en acciones explosivas y de corta duración, sin embargo sigue existiendo cierta controversia al respecto debido, principalmente, a determinados estudios en los que la metodología utilizada no ha seguido unos criterios adecuados. Por otro lado, resulta necesario mejorar la estandarización de los protocolos y variables utilizados en los estudios de laboratorio así como realizar trabajos de campo en diferentes deportes para comprobar los efectos de dicha suplementación en el entrenamiento y en la competición.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arnaud M.R.; Mataix, J.; Galván, C.; Mañas, M. y Martínez de Vitoria, E. (2002). Consumo de alimentos y ayudas ergogénicas en culturistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 88, 93-100.
- Balsom, P.D.; Söderlund, K.; Sjödín, B. y Ekblom, B. (1995). Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 14, 303-310.
- Barbany, J.R. (2002). *Alimentación para el deporte y la salud*. Barcelona: Martínez Roca.
- Casey, A.; Constantin-Teososiou, D.; Howell, S.; Hultman, E. y Greenhaff, P.L. (1996). Creatine ingestion favourably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology*, 271, 31-37.
- Derave, W.; Eijnde, B.O.; Verbessem, P.; Ramaekers, M.; Van Leemputte, M.; Richter, E.A. y Hespel, P. (2003). Combined creatine and protein supplementation in conjunction with resistance training promotes muscle

- GLUT-4 content and glucose tolerance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 5, 1910-1916.
- Doherty, M.; Smith, P.M.; Davison, R.C. y Hughes, M.G. (2002). Caffeine is ergogenic after supplementation of oral creatine monohydrate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11, 1785-1792.
- Dorado, C.; Sanchis, J. y López-Calbet, J.A. (1997). Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento. *Archivos de Medicina del Deporte*, 59, 213-221.
- Febbraio, M.A.; Flanagan, T.R.; Snow, R.J.; Zhao, S. y Carey, M.F. (1995). Effect of creatine supplementation on intramuscular TCr, metabolism and performance during intermittent, supramaximal exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 155, 387-395.
- Gotshalk, L.A.; Volek, J.S.; Staron, R.S.; Denegar C.R.; Hagerman, F.C. y Kraemer, W.J. (2002). Creatine supplementation improves muscular performance in older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 3, 537-543.
- Guillén del Castillo, M. y Linares, G. (2002). *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano*. Madrid: Panamericana.
- Greenhaff, P.L.; Bodin, K.; Söderlund, K. y Hultman, E. (1994a). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology*, 266, 725-730.
- Greenhaff, P.L.; Constantin-Teodosiu, D.; Casey, A. y Hultman, E. (1994b). The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle ATP degradation during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Journal of Physiology*, 476, 84P.
- Harris, R.C.; Söderlund, K. y Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinic Science*, 83, 367-374.
- Hultman, E.; Söderlund, K.; Timmons, J.A.; Cederblad, G. y Greenhaff, P.L. (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology*, 81, 232-237.
- Izquierdo, M.; Ibáñez, J.; González-Badillo, J.J. y Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2, 332-343.
- Jenkins, M.A. (1998). *Creatine Supplementation in Athletes: Review*. SportsMed Web. <<http://www.rice.edu/~jenky/sports/creatine.html>> [03/07/03].
- Kambis, K.W. y Pizzedaz, S.K. (2003). Short-term creatine supplementation improves maximum quadriceps contraction in women. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 13, 87-96.
- Kilduff, L.P.; Vidakovic, P.; Cooney, G.; Twycross-Lewis, R.; Amuna, P.; Parker, M.; Lorna, P. y Pitsiladis, Y.P. (2002). Effects of creatine on isometric

- bench-press performance in resistance-trained humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 7, 1176-1183.
- Kreider, R.B.; Ferreira, M. y Wilson, M. (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 1770-1777.
- Locati, A. (2003). Creatina e ATP. Chimica della creatina. *Body building Italia. Sport and Fitness*.
<<http://www.abodybuilding.com/ChimicaCreatina.htm>> [03/07/03].
- MCDB (2003). Molecular Cellular and Developmental Biology. *University of Colorado* <mcdb.colorado.edu/courses/3280/class06-1.html> [Consulta: 21/10/03].
- Mediplan Sport (1996). *La suplementación con creatina como ayuda ergogénica para el rendimiento deportivo*. Diputación foral de Álava.
- Mesa, J.L.; Gutiérrez-Sainz, A. y Castillo, M.J. (2001). Suplementación oral de creatina y rendimiento deportivo. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 36, <<http://www.efdeportes.com/efd36/creatin1.htm>> [26/06/03].
- Mújika, I. y Padilla, S. (1997). Creatine Supplementation as an Ergogenic Aid for Sports Performance in Highly Trained Athletes: A Critical Review. *International Journal of Sports Medicine*, 18, 491-496.
- Naclerio, F. (2001). Conceptos fundamentales acerca de la Creatina como suplemento o integrador dietético. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 30, <<http://www.efdeportes.com/efd30/creatina.htm>> [26/06/03].
- Newman, J.E.; Hargreaves, M.; Garnham, A. y Snow, R. (2003). Effect of Creatine Ingestion on Glucose Tolerance and Insulin Sensitivity in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1, 69-74.
- Odland, L.M.; McDougall, J.D.; Tarnopolsky, M.; Elorriaga, A; Borgmann, A. y Atkinson, S. (1994). The effect of oral Cr supplementation on muscle PCr and power output during a short term maximal cycling task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, S:23.
- Ööpik, V.; Pääsuke, M.; Timpmann, L.; Ereline, J. y Gapejeva, J. (2002). Effects of creatine supplementation during recovery from rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 330-339.
- Preen, D.; Dowson, B.; Goodman, C.; Lawrence, S.; Beilby, J. y Ching, S. (2002). Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 320-329.
- Powers, M.E.; Arnold, B.L.; Weltman, A.L.; Perrin, D.H.; Mistry, D.; Kahler, D.M.; Kraemer, W. y Volek, J. (2003). Creatine supplementation increases total body water without altering fluid distribution. *Journal of athletic training*, 38, 44-50.

- Rico-Sanz, J.(1997). Efectos de suplementación de creatina en el metabolismo muscular y energético. *Archivos de Medicina del Deporte*, 61, 391-396.
- Söderlund, K.; Balsom, P.D.y Ekblom, B. (1994). Creatine supplementation and high intensity exercise: influence on performance and muscle metabolism. *Clinical Science*, 87, S:120-121.
- Waldron, J.E.; Pendlay1, G.W.; Kilgore, T.G.; Haff, G.G; Reeves, J.S. y Klgoe, J.L. (2002). Concurrent creatine monohydrate supplementation andresistance training does not affect markers of hepatic function intrained weightlifters. *Journal of Exercise Physiology*, 1, 57-64.
- Watsford, M.L.; Murphy, A.J.; Spinks, W.L. y Walshe, A.D. (2003). Creatine supplementation and its effect on musculotendinous stiffness and performance. *Journal of strength and conditioning research*, 17, 26-33.
- Williams, M.H. (1992). Ergogenic and ergolitic substances. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, S:344-348.