



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesis de Belgrano

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Carrera Farmacia

Creatina: Concepto y Utilización

N° 639

Francesco Ricardo Zschach

Tutora: Dra. Natalia Nachon

Departamento de Investigaciones
Fecha defensa de tesina 15 de agosto de 2014

Universidad de Belgrano
Zabala 1837 (C1426DQ6)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
Tel.: 011-4788-5400 int. 2533
e-mail: invest@ub.edu.ar
url: <http://www.ub.edu.ar/investigaciones>

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios y mi Familia por haberme dado la oportunidad y el apoyo necesario en la carrera universitaria que elegí, Ester por acompañarme siempre, Yoyi por los mensajes siempre justos, mi Abuela María Aida por ser una segunda mama, a Freddy mi hermano y mejor amigo, siempre al lado mío con la fe y apoyo intacto en mí.

También agradezco a mi tutora Natalia Nachon, por aceptarme y la ayuda, paciencia, y el tiempo que me dedico en la elaboración de este trabajo.

Doy la gracias también a Manuel Klug, mi compañero, amigo y colega en toda mi vida universitaria. Quiero agradecerle a la Dra. Ana Belén Rodríguez Torriani y al Dr. Marcelo Gómez por ayudarme en el transcurso de la carrera con el estudio.

Por último no puedo dejar de mencionar a todos los docentes que he tenido a lo largo de la carrera que nos han enseñado y preparado para ser los mejores profesionales que podemos ser.

Índice:

1) Objetivo	4
2) Introducción	5
2.1. Un poco de historia.	6
3) Conceptos básicos	8
3.1 síntesis.	10
3.2 mecanismo de acción.	11
3.3 farmacocinética de la administración de creatina.	12
3.4 usos de la creatina y fosfocreatina.	14
3.5 creatina y fosfocreatina: importancia en ejercicios de alta intensidad.	14
4) Indicaciones y utilización de suplementos con Creatina.	16
4.1 forma de administración de creatina.	16
4.2 efectos de la suplementación con creatina.	17
4.3 efectos de la creatina sobre Fuerza/Potencia Máxima.	19
4.4 sprint / alta intensidad.	20
4.5 efecto clínico de la suplementación con creatina.	20
4.6 formulaciones y combinaciones de la creatina.	21
5) Efectos adversos.	26
5.1 Efectos adversos potenciales.	26
5.2 Consumo de creatina en niños y adolescentes.	28
6) Conclusión.	30
7) Bibliografía.	32

1) Objetivo

- Desarrollar los conceptos básicos de la creatina; definiendo sus características, función y efectos secundarios.
- Informar sobre la correcta utilización de la creatina en personas que desarrollan actividades deportivas de alta competencia.
- Describir y definir para que tipos de deportes y en qué momentos de la planificación de los entrenamientos es más adecuado acompañar con la suplementación de creatina.
- Describir si los deportistas que utilizan creatina aumentan su rendimiento en la competencia, y si lo usan para poder obtener sesiones de entrenamientos más intensas, reduciendo el tiempo de recuperación.

2) Introducción

La creatina (Cr) es una molécula presente en todo el tejido muscular esquelético, hígado, páncreas y en menor medida en testículo. Fue aislada por el científico francés Chevreul en 1832, pero fue estudiada y analizada con profundidad a partir de 1920.

Sus efectos están asociados al aumento de la fuerza, potencia, resistencia en ejercicios de alta intensidad y corta duración, de recuperación muscular, todo esto asociado a una mejora en el rendimiento de los atletas y su posterior resultado deportivo. Debido a sus efectos la creatina se volvió muy popular en la década del 80 y 90 entre los atletas de alto rendimiento, actualmente se puede adquirir en farmacias, gimnasios y/o dietéticas. Se ha masificado el consumo en cualquier tipo de deportista más allá del nivel de competencia. Las investigaciones indican que la Cr puede mejorar el rendimiento, motivo por el cual muchos atletas deciden utilizarla para suplementar su dieta, ya que sería difícil ingerir una cantidad suficiente a partir de los alimentos de la dieta.

En esta era de sospecha de consumo de esteroides en los deportes, la utilización de la creatina, y las sospechas de consumo de esteroides en el deporte, han despertado señales de alarma sobre la predisposición al consumo de otros suplementos y/o drogas más peligrosas para incrementar el rendimiento. Incluso se ha intentado directamente asociar la creatina con los esteroides anabólicos y/o estimulantes prohibidos y se ha reclamado una prohibición para el uso de Cr y otros suplementos entre atletas. Finalmente, luego de la prohibición de suplementos dietarios que contienen alcaloides de la efedrina, algunos han solicitado la prohibición de la venta de Cr argumentando aspectos relacionados con la seguridad. En la actualidad la suplementación con creatina no está prohibida por ninguna organización deportiva, pero por ejemplo la NCAA no permite que las instituciones proporcionen CM u otro "suplemento formador de músculo" a sus atletas (proteínas, aminoácidos, HMB, etc.). En este caso, los atletas deben comprar los suplementos que contienen creatina por sí mismos. El Comité de los Juegos Olímpicos Internacionales consideró estos argumentos y decidió que no había ninguna necesidad de prohibir los suplementos de creatina, ya que la creatina se encuentra naturalmente en la carne y en el pescado y no hay ninguna prueba válida para determinar si un atleta la está consumiendo. Sobre la base de las investigaciones que se han realizado sobre la Cr, parecería que aquéllos que solicitan su prohibición se basan en los mitos anecdóticos que existen sobre el suplemento y no en hechos reales.

Considero que es de vital importancia como profesional de la salud, despejar dudas, mitos y reafirmar los conceptos adecuados sobre la creatina, para de esa forma demostrar que es un suplemento seguro y eficaz, siempre que sea recomendado por un especialista.

2.1 Un poco de historia.

En 1832, la Creatina, una molécula de nitrógeno, fue identificada en Cannes por el científico francés Chevreul.

En 1847, Von Liebig confirmó que la creatina se encontraba en el músculo de los mamíferos, pero no en el resto de los órganos. (1).

Hacia 1880, Heintz y Pettenkofer descubrieron la creatinina en la orina. Posteriormente, sugirieron que la creatinina de la orina era probablemente un derivado de la creatina muscular. El problema era que, por aquel entonces, la extracción de creatina del músculo era un proceso muy caro. Lo que paralizó durante años la investigación sobre el tema. Hace casi 100 años que se conocen los efectos de la suplementación de creatina en el músculo, porque hacia 1912, Folin y Denis encontraron que la suplementación aumentaba hasta un 70% el contenido muscular de creatina en el gato. (2)

En 1923, Benedict y Osterberg demostraron que la creatinina de la orina proviene de la creatina. El mismo año, Hahn y Meyer estimaron que el contenido total de creatina de un hombre de 70 Kg de peso corporal era de unos 140 gramos. Esta estimación es muy próxima a las actuales. (3)

En 1926, Chanutin administró a un hombre un total de 270 gramos de creatina, a razón de 12 gramos diarios durante 20 días, y encontró que el 20% de la creatina administrada quedaba retenida en el organismo. El autor sugirió que la creatina es un “anabolito” que se asocia con el aumento del anabolismo muscular. (4)

En 1927, Fiske y Subbarow descubrieron la Fosfocreatina (PCr), forma fosforilada de la creatina, en el músculo en reposo del gato. Además, encontraron que durante la estimulación eléctrica del músculo del gato, la concentración muscular de PCr disminuía, aumentado luego durante la recuperación. Los autores concluyeron que la creatina y su forma fosforilada, la fosfocreatina, eran intermediarios con una función clave en el metabolismo del músculo esquelético. (2)

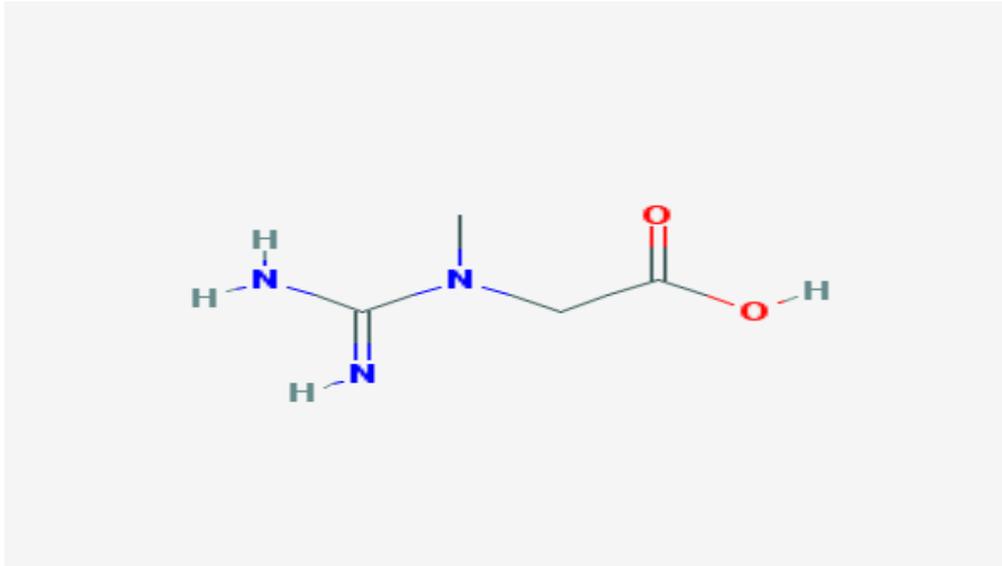
Por último, en 1992 Harris y sus colaboradores utilizando técnicas de punción biopsia muscular descubiertas por Bergström, confirmaron que la concentración muscular de creatina del músculo esquelético de los humanos puede ser aumentada con la suplementación oral de la misma. Este descubrimiento impulsó que se lleven a cabo un gran número de trabajos sobre la creatina y la aptitud física. (5)

Si bien no se conocían con exactitud los efectos en el rendimiento de los atletas, las empresas-laboratorios comenzaron inmediatamente a publicar y resaltar los potenciales efectos en el rendimiento.

A lo anterior debe sumarse que en los Juegos Olímpicos de 1992, el atleta británico Lindford Christie, medallista de oro en los 100 metros llanos, declaró haber utilizado Creatina. Los Juegos Olímpicos de Atlanta 1996 fueron denominados "The Creatine Games" debido a la masividad en el consumo que la sustancia presentaba en el mundo del deporte. (6).

3) Creatina: Conceptos básicos

La creatina es un compuesto nitrogenado natural que se encuentra en el músculo esquelético de los humanos, obtenido de la síntesis endógena y la dieta. La síntesis se produce a partir de 2 aminoácidos: la arginina, glicina y metionina. Es sintetizada en el cuerpo humano en el hígado, riñones, y en menor medida en el páncreas, luego transportada a los músculos a través de la sangre. (6)



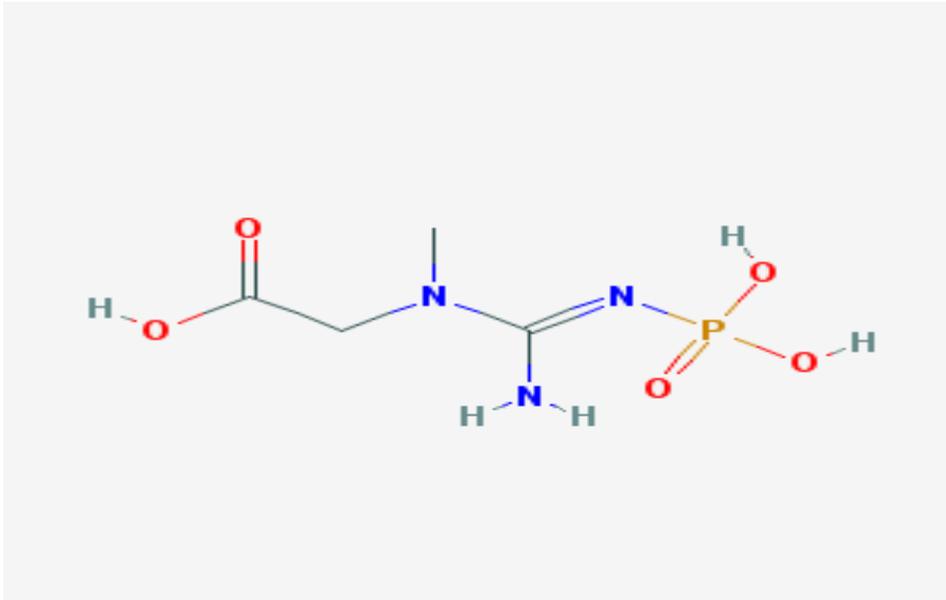
Creatina estructura.

http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=586&loc=ec_rcs#itabs-2d

La Cr (creatina) como suplemento es utilizado en el deporte para aumentar el rendimiento en los ejercicios de alta intensidad, (ej.: sprint de velocidad, levantamiento de pesas), y como catalizador de la velocidad de recuperación. El objetivo del uso de la Cr es poder lograr mayor intensidad en el ejercicio, ya sea en los entrenamientos o en las competencias, durante un mayor tiempo, demorando la aparición de la fatiga (la cual se aprecia con la aparición de ácido láctico), que es enemigo de la calidad en el ejercicio. Por lo tanto los médicos deportólogos, nutricionistas, entrenadores y atletas, utilizan la suplementación con Creatina con el único objetivo de mejorar la performance en los entrenamientos y/o competencias, en busca de su meta.

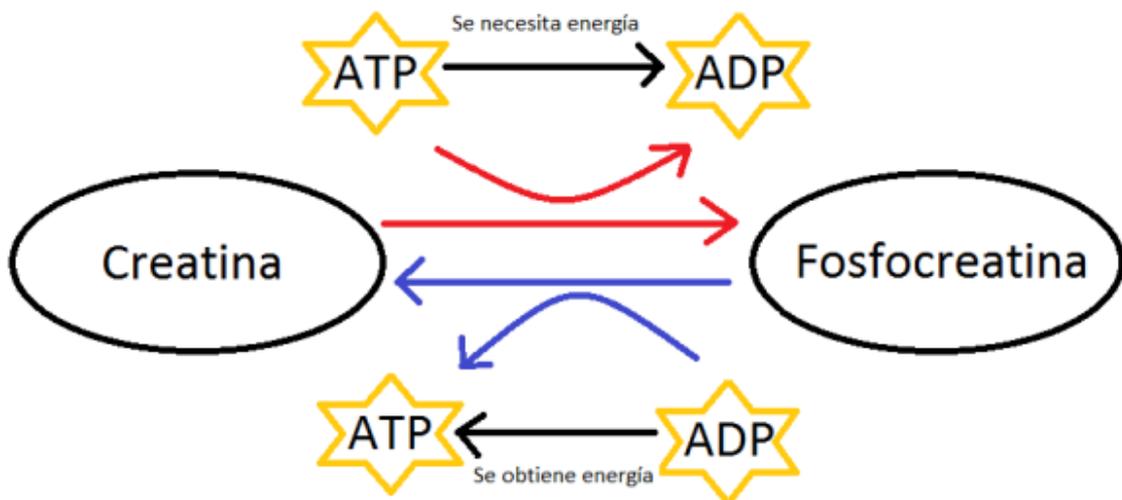
La creatina total en un individuo de 70kg es de 120g, y se requerimiento diario nutricional es de 2g. Esto se logra a través de la ingesta de carnes magras y/o pescados, y se estima que una persona con un consumo de carne promedio (250gr/día) obtendría de la dieta 1g diario; el gramo restante se obtiene de manera endógena producido por la síntesis en el hígado, páncreas y riñones, a partir de los amino ácidos arginina-glicina-metionina. Una vez sintetizada

la Cr es transportada por la sangre a su depósito, el musculo esquelético, donde se encuentra el 98% de la Cr total del organismo, donde el 60% se encuentra como PCr y el 40% restante como Cr libre. (6)



Estructura de la Fosfocreatina.

http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=9548602&loc=ec_rcs



Milano,M., Menendez , G. , Creatina, Serie Ergogenicos y Nutraceuticos. (1999)

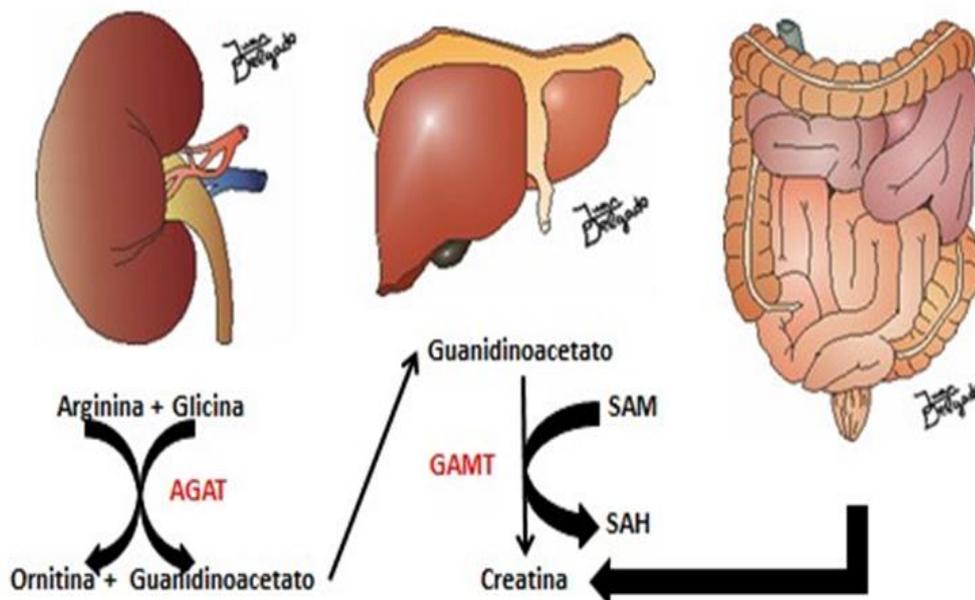
3.1 Síntesis.

La creatina tiene 2 formas posibles de estar presente en el organismo: 1) endógena; 2) exógena.

1) Endógena: Su síntesis tiene lugar mediante un proceso en dos fases.

a. La primera fase tiene lugar en los riñones y consiste en una reacción en la que la AGAT (arginina-glicina amidinotransferasa) convierte arginina y glicina en ornitina y guanidinoacetato. Esta reacción es el paso limitante en la síntesis de creatina. La creatina es capaz de inhibir la AGAT, disminuyendo su síntesis a partir de mRNA .

b. La segunda fase tiene lugar en el hígado y consiste en la conversión del guanidinoacetato en creatina. Esta reacción es catalizada por la N-guanidinoacetato metiltransferasa y requiere de una molécula de S-adenosil-metionina, que se convierte en S-adenosil-homocisteína.



AGAT: Arginina-glicina aminotransferasa

GAMT: Guanidino-acetato metiltransferasa

Origen de la creatina. Juan José Delgado Moraleda (Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia (España)

- 2) Exógeno. La creatina está contenida en diversos alimentos de la dieta, como carnes y pescados. Es especialmente abundante en el salmón y en la carne vacuna.

Las vías de síntesis se regulan una a la otra, un aumento en la ingesta de creatina implica una disminución de la síntesis endógena, normalizándose una vez que cese la ingesta.

Se indica 2 formas de entrada de la creatina a las células musculares:

1. Transportador de creatina dependiente de sodio y cloro. También conocido como SLC6A8. Se expresa en el músculo esquelético, cerebro, riñón y placenta. Se transmite ligado al cromosoma X.
2. En animales, por ejemplo en ratas, se ha demostrado otro canal, el transportador de colina.

3.2 Mecanismos de acción

1.- La creatina se convierte en el interior de la célula muscular en fosfocreatina (también conocida como creatina-fosfato). Este compuesto permite una rápida fosforilación del ADP, convirtiéndolo en ATP mediante una reacción catalizada por la creatina kinasa.

Durante el ejercicio, la primera fuente de energía de la contracción muscular es el ATP, que se degrada a ADP. La función de la fosfocreatina es ceder su grupo fosfato al ADP para generar nuevo ATP, lo que permite que la contracción muscular pueda continuar.

Dado que esta forma de regeneración del ATP es rápida, constituye la principal fuente de ATP en los primeros segundos de realización de un ejercicio y, por tanto, en los ejercicios de alta intensidad y breve duración (como, por ejemplo, carreras cortas, saltos o levantamiento de pesas).

2.- La creatina ayuda a mantener el equilibrio ácido-base en el organismo durante el ejercicio de alta intensidad y corta duración. Esto lo consigue mediante dos mecanismos:

a. En cada reacción en la que se convierte ADP en ATP usando el fósforo de la fosfocreatina, se emplea a su vez un protón, lo que hace que disminuya la cantidad de hidrogeniones libres en el interior de la célula muscular.

b. El hecho de que se utilice a la fosfocreatina como forma de obtención rápida de energía evita que se lleve a cabo la glucólisis anaeróbica (o al menos aplaza su uso, mientras la fosfocreatina sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas de la célula muscular). El

resultado es una menor producción de ácido láctico, lo que implica una menor acidosis metabólica.

3.- La creatina regula el metabolismo de la glucosa y el glucógeno. Cuando los niveles de fosfocreatina bajan, se produce una estimulación de la enzima fosfofructoquinasa, enzima limitante de la glucólisis. El resultado es que, cuando la fosfocreatina ya no puede suministrar nuevo ATP a la célula muscular, la glucólisis anaeróbica es estimulada, lo que permite mantener elevada la producción de energía.

Por su parte, la disminución de la creatina en el músculo estimula enzimas implicadas en la respiración aeróbica y en la regeneración de fosfocreatina: Mi-CK, succinato deshidrogenasa, citrato sintasa y transportadores GLUT-4.

4.- La creatina favorece la difusión del ATP desde la mitocondria hasta las cabezas de miosina, lo que permite que se lleve a cabo el mecanismo de los puentes cruzados de la contracción muscular.

5.- La creatina es un compuesto osmóticamente activo. Por ello, al introducirse en el interior de las células musculares da lugar a una entrada de agua. El agua hace aumentar el volumen de las células musculares y las somete a un estrés que estimula la síntesis de proteínas y glucógeno e inhibe la degradación de proteínas. Aunque esto excede el propósito de esta revisión, se cree que esta acción la consigue mediante la activación selectiva de unos genes y la inhibición de otros. Es posible que esto esté relacionado con la función protectora de enfermedades neurodegenerativas que presenta la creatina.

6.- La creatina estimula la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico de las células musculares, lo que permite disminuir el tiempo de relajación entre dos contracciones isométricas de intensidad máxima.

3.3 Farmacocinética de la administración de creatina

1.- Absorción:

La creatina atraviesa por difusión desde la luz intestinal hasta la sangre. Su velocidad de absorción depende de si se administra en forma sólida o en solución. El experimento realizado por Harris et al. demuestra que la creatina administrada en forma de carne u otras formas sólidas se absorbe con mayor lentitud que la administrada en forma de solución. Esto es así ya que durante el proceso de digestión se deben romper un mayor número de moléculas en el

caso de haberlo ingerido de forma sólida (por ej.: carne) antes que la creatina quede libre y disponible para su absorción.

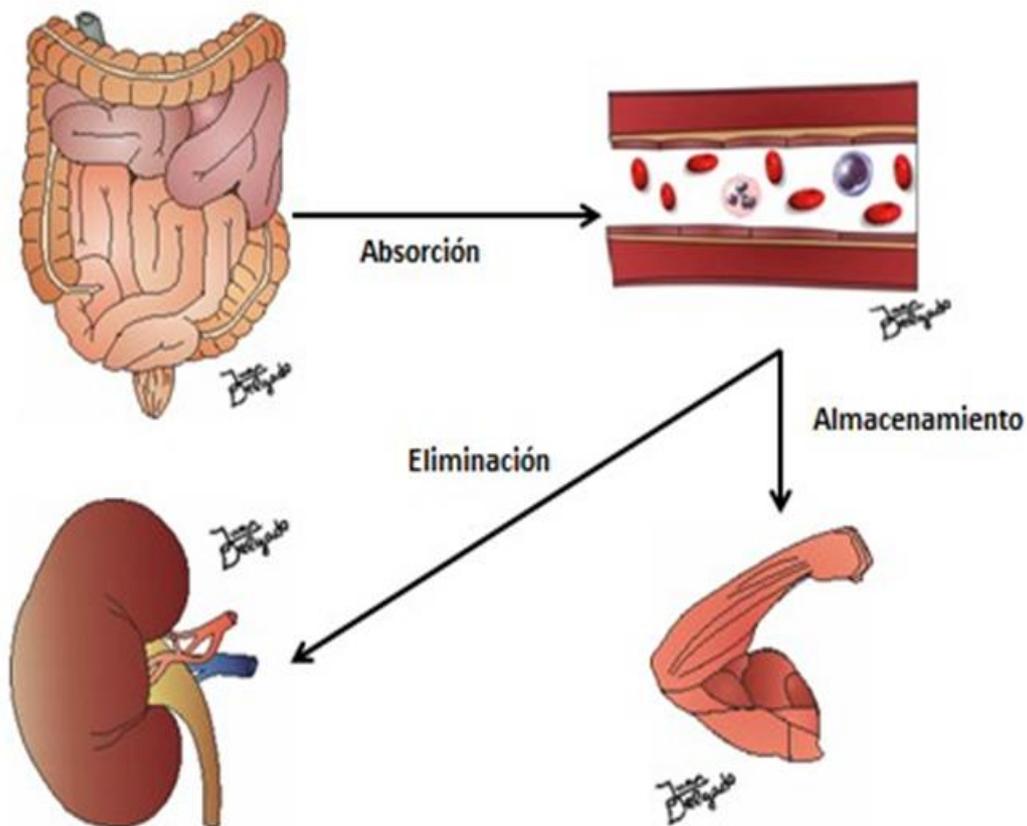
2.- Distribución:

La creatina alcanza su máxima concentración en la sangre tiempo después de su absorción. Este tiempo varía en función de la cantidad de creatina que se haya ingerido. Los estudios realizados sugieren que este tiempo es mayor cuanto mayor sea la dosis de creatina administrada. Así, para una dosis de 5 gramos, el pico se alcanzará aproximadamente en una hora tras la ingesta, mientras que para una dosis de 20 gramos, éste se alcanza a las 2-3 horas.

3.- Eliminación:

La creatina es retirada del torrente sanguíneo de dos maneras:

- Hay creatina que se introduce en las células musculares, especialmente en las fibras de tipo II.
- El resto de la creatina es eliminado por la orina.



La creatina en el cuerpo humano. Juan José Delgado Moraleda (Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia (España))

3.4 Usos de la Creatina y Fosfocreatina

En los deportistas de mediano y alto rendimiento, es muy común la suplementación con creatina de forma exógena, el monohidrato de creatina (que es una versión sintética del fosfato de creatina) es un suplemento muy utilizado en la actualidad.

El objetivo de la suplementación es aumentar la concentración de Cr y PCr en el músculo, para de esta manera lograr la producción de energía en ejercicios de alta intensidad y la velocidad de recuperación.

La energía inmediata para la contracción muscular se obtiene del ATP, que se degrada en ADP y se regenera continuamente. Cuando se produce un incremento rápido de energía, la PCr se degrada y el fosfato libre se utiliza para a partir de ADP generar nuevamente ATP. Ahora bien es necesario destacar que la concentración disponible de PCr es una limitación en los ejercicios de corta duración y alta intensidad, esto se debe a que una vez que se degrada la PCr se presenta un problema para la síntesis de ATP en la cantidad necesaria.



La glucólisis anaeróbica y la degradación de la PCr durante ejercicios de alta intensidad son las dos vías metabólicas que aportan energía, sin embargo la degradación de la PCr ocurre de manera más rápida que la degradación glucogénica en los primeros 10 a 20 segundos del ejercicio. A medida que continúa la actividad la demanda de ATP es cubierta por la glucólisis anaeróbica.

Tanto la Cr como la PCr son degradadas a Creatinina, por medio de una reacción irreversible no enzimática, la Creatinina es filtrada en los riñones por difusión, donde luego es excretada por la orina. (5)

3.5 Creatina y Fosfocreatina: importancia en ejercicios de alta intensidad.

Para definir la importancia de la Cr y PCr en los ejercicios de alta intensidad, es primordial definir un concepto que se produce durante el ejercicio, que se denomina Fatiga. Podemos definir la Fatiga como la incapacidad para mantener la fuerza o potencia necesaria, o esperada, durante el ejercicio. Una vez definido esto, podemos asociar la aparición de la fatiga con la degradación y descenso de los niveles en el músculo esquelético de PCr, alteraciones de pH y la acumulación de lactato. La importancia de la PCr para mantener la potencia en sprint es fundamental, ya que luego de 7 segundos la concentración de PCr es nula en sprint de 100 metros. (6)

Se sabe que las fibras musculares de TIPO II (también denominadas fibras rápidas) tienen mayor nivel inicial de uso tanto de PCr como de glucógeno que las fibras musculares de TIPO I (también conocidas como fibras lentas); además de eso se conoce también que la recuperación de PCr es lenta en las fibras de TIPO II, esto podría estar asociado a la acumulación rápida de lactato debido al gran esfuerzo aplicado durante el ejercicio de alta intensidad, donde prevalece la utilización de las fibras TIPO II.

La resíntesis de PCr durante un proceso de recuperación depende directamente del oxígeno, que tiene un componente rápido que demora aproximadamente 20 segundos y otro componente lento que demora más de 2 minutos y medio en regenerarse. Para que la fuerza durante el ejercicio pueda ser sostenida y de esa forma mantener el rendimiento muscular, la resíntesis de PCr debe ir aumentando para satisfacer las demandas de energía solicitadas por el músculo activo, y así lograr el objetivo de mantener la potencia.

En ejercicios de alta intensidad el 80% del ATP proviene de la degradación de PCr, por ejemplo en los sprints de 6 segundos con 30 segundos de recuperación, en el 10mo sprint aun la fuente principal de energía sigue proviniendo de la PCr. (6)

Cuando los niveles de PCr no tienen el tiempo adecuado para su resíntesis, el rendimiento físico disminuye, se puede afirmar que la resíntesis de PCr requiere pausas prolongadas para regenerarse y cuando no se tiene el tiempo adecuado de recuperación la potencia durante el ejercicio se ve perjudicada notablemente. Para que se alcancen niveles adecuados de PCr es necesario periodos de 90 segundos como mínimo de descanso, incluso periodos superiores a los 3 minutos.

La pérdida de potencia observada en los esfuerzos musculares de alta intensidad, está asociado a la acumulación de Ácido Láctico en el músculo, el cual se disocia en Lactato (anión) e Hidrogeno (catión), disminuyendo el pH del músculo, acidificándolo. Esta acidosis en el músculo trae modificaciones intra y extracelulares, perjudicando la contracción muscular afectando al calcio o la miosina ATPasa, produciendo como resultado la aparición de la fatiga muscular.

La disminución del pH y aumento de protones en el músculo:

- 1) afecta el equilibrio de la reacción de la Creatina-Kinasa, dando como resultado una disminución de PCr más rápida en la sangre;

- 2) inhiben dos enzimas claves en la glucólisis, la fosforilasa y la fosfofructokinasa. Como resultado de estas dos acciones se ve que la tensión muscular es reducida cuando la concentración de lactato aumenta en la sangre y en el músculo, independientemente del cambio en el pH.

4) Indicaciones y utilización de los suplementos de Creatina

El monohidrato de creatina (forma sintética) es uno de los suplementos ergonómicos más consumido en la actualidad, sobre todo por atletas o en deportes donde lo que predomina es la potencia, fuerza, velocidad, también denominados deportes de acciones y reacciones “explosivas”, como ser atletismo (sprint, salto en alto y largo, lanzamiento de jabalina, etc.), básquet, natación, ciclismo de velocidad, vóley, levantamiento olímpico, powerlifting, etc.

La suplementación de Cr ha sido sugerida como una posibilidad de “carga muscular” de Cr y PCr en forma similar a los atletas que realizan deportes de resistencia, que “cargan” sus músculos de carbohidratos. (6).

La suplementación con monohidrato de Creatina incrementa un 20% la Cr total almacenada en el musculo, mejorando de esta manera la performance de los atletas durante periodos de ejercicios de alta intensidad en sucesivas series. La administración con Cr tiene como objetivo poder lograr un mejor y sostenido rendimiento de los atletas en series de ejercicios de alta intensidad.

4.1 Forma de administración de Creatina

La administración de la Cr se divide en dos fases: una primera fase de “carga”, y otra segunda fase de “mantenimiento”. El concepto de “carga” surge ya que diferentes estudios e investigaciones demostraron que dosis de 1 gramo diario, no producen incrementos plasmáticos de Cr y casi nulo incremento en el musculo. (6)

Un estudio donde se administraron entre 4 y 6 dosis diarias de 5 gramos por día, según el peso y la masa muscular del individuo, donde se observó un aumento sustancial en los niveles sanguíneos y una acumulación de Cr en musculo muy significativa. También se pudo determinar que para obtener estos niveles elevados de Cr en el musculo debe existir un constante incremento de creatina por un espacio de tiempo prolongado en sangre. En este mismo estudio se analizó la capacidad del musculo de incorporar Cr, y demostró que no podían incorporar la totalidad en esta fase de carga, la cual era de 30 gramos diarios. Luego de llegar al máximo nivel en musculo la Cr sobrante es convertida en creatinina y eliminada por orina. En el presente trabajo se describe que en el primer día de suplementación el 40 % de la dosis fue eliminada, en el segundo el 61% y en el tercer día un 68% de la dosis. (7)

Una investigación demostró la efectividad del concepto de fase de “carga y mantenimiento” sobre los niveles de Cr en musculo. Durante el mismo los participantes recibieron 0.3g de Cr por kg de peso durante 6 días (por ejemplo para una persona de 70kg se administró 21g por día). Esta dosis produjo un incremento significativo de los niveles de Cr total en el musculo. Luego de estos 6 días, tiempo que duro la fase de carga, se le administro a los participantes

0.03g de Cr por kg de peso, equivalente a 2g por día en una persona de 70kg. Con la disminución de la dosis, se observó que los niveles se mantuvieron en valores similares a los obtenidos durante la fase de carga. El trabajo demostró que altas dosis de Cr oral no necesitan ser administradas por largos periodos de tiempo. Por lo tanto, luego de una fase de carga, no es necesario dosis altas de Cr por un periodo de tiempo prologando, ya que no se lograrían mayores beneficios en cuanto a su almacenamiento en el musculo. (2)

La dosis de carga debe dividirse en 2 o 4 tomas diarias, en dosis que no superen los 7g, ya que una mayor cantidad podría producir diarrea.

La fase de carga debe extenderse por un tiempo de 5 a 7 días en personas/atletas que consuman carne habitualmente (algo muy común en países como Argentina), y en el caso de personas que tengan un perfil de alimentación vegetariana, la fase de carga ideal es de 7 a 9 días, debido a que los niveles de Cr almacenados en el musculo son menores.

Esta determinación de la duración de la fase de carga está basada en dos conceptos:

- 1) La cantidad de Cr acumulada por el organismo es directamente proporcional a la masa muscular, debido a que el 95% de la Cr está presente en el musculo esquelético. El otro 5 % está presente en testículos, cerebro y corazón.
- 2) Es necesario analizar el programa de entrenamiento y/ o ejercicio, así como también el peso corporal, porcentaje de masa muscular, y la intensidad del ejercicio (sprint de corta duración, media o larga duración, ejercicios de fuerza/potencia, etc.) que realiza el atleta. Una persona que realiza actividad física normal utiliza 3g de creatina por día, este valor aumenta en personas y atletas que realicen programas de entrenamientos más intensos y constantes, debido a que tienen un metabolismo aumentado.

La fase de mantenimiento es un periodo de tiempo que viene después de la fase de carga, en donde se administra una dosis menor (también ligada al peso corporal, porcentaje de masa muscular, nivel de ejercicio), con el objetivo de mantener los niveles de Cr alcanzados en el musculo durante la fase de carga. La dosis de mantenimiento se calcula en +/- 0.03g por kg de peso corporal del individuo.

4.2 Efectos de la suplementación con creatina

Se han realizado estudios que reportan los efectos de la suplementación con Cr sobre la composición corporal demostrando un incremento del peso luego de periodos cortos. Este aumento de peso se debe a la acción de la Cr sobre la retención de agua y síntesis proteicas (8).

Este estudio reportó que 5 días de suplementación incrementaron los niveles de nitrógeno, por aumentar la síntesis proteica y la degradación de las proteínas. El aumento de peso fue acompañado por un aumento del 7% del volumen muscular del muslo determinado por resonancia nuclear magnética y un 2-3% del aumento del volumen intra y extracelular. (8)

Otro trabajo reportó que 28 días de suplementación con Cr (15,75 gr/día) provocó el aumento de 1,1 kg en la masa libre de grasa en jugadores de fútbol americano, durante el periodo de vacaciones. (9)

Por otro lado un ensayo realizado en mujeres no entrenadas que ingirieron Cr (20gr/día durante 4 días seguidos por 5gr/día durante 66 días), durante el entrenamiento de resistencia obtuvieron ganancias significativamente mayores de masa libre de grasa (1 kg), que en atletas que ingirieron placebo durante el entrenamiento. (10)

Podemos concluir que la suplementación con Cr durante el entrenamiento favorece el aumento de la masa muscular.

En un estudio a doble ciego de Kilduff y cols. (2004) se analizó 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 resistencia, 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.

Kambis y Pizzedaz analizaron 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 estudios anteriores, no 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 los resultados, la suplementación con creatina en mujeres jóvenes mejora el rendimiento físico ante acciones explosivas del tren inferior sin provocar un aumento del peso corporal. (12)

Derave y cols. 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. 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. (13)

4.3 Efectos de la Cr sobre la Fuerza/potencia máxima

Para un levantador olímpico o atleta crossfit la ganancia de fuerza/potencia está asociado a la hipertrofia muscular, para poder hacer una repetición máxima es necesario poder reclutar la mayor cantidad de fibras musculares para lograr la mayor eficiencia. En consecuencia la ingesta de un suplemento nutricional que pueda promover la mayor fuerza durante el entrenamiento sería particularmente beneficioso.

Por ejemplo, Earnest y col., reportaron que 28 días de suplementación de Cr (20 g/d) durante el entrenamiento de resistencia promueve un beneficio significativo en una repetición máxima.

Vandenburghe y col. Indicaron que la administración de Cr (20 g/d durante 4 días, seguidos de 5 g/d durante 66 días) promovieron la ganancia del 20% a 25 % de fuerza en una repetición máxima de fuerza en mujeres participantes de un programa de entrenamiento de resistencia contra otras que recibieron placebo.

Esto indica que la Cr promueve un significativo incremento en la fuerza en entrenamientos de resistencia. A su vez estos estudios mostraron que la suplementación durante periodos cortos pueden aumentar el pico de potencia, esto indica que durante el ejercicio explosivo único (como ser una repetición máxima de levantamiento olímpico) no depende primordialmente de la concentración de ATP y PCr en el musculo esquelético.

4.4 Sprint /alta intensidad

Los diferentes estudios y trabajos realizados y mencionados anteriormente, han descripto que la suplementación con Cr mejora los esfuerzos únicos y/o el rendimiento en sprint repetitivos, particularmente en sprint de 6 a 30 segundos de duración con 5 minutos de recuperación entre cada sprint, debido a que el sistema energético involucrado en este tipo de ejercicios es principalmente ATP-PCr, y la suplementación con Cr genera reservas acortando los tiempos de recuperación.

4.5 Efectos clínicos de la suplementación con Creatina.

Efectos sobre los niveles de creatinina: cuando una persona decide suplementarse con Cr, y consume dosis de 5g, los niveles séricos de Cr se incrementan por un tiempo determinado. Este es el motivo de consumir cada 6 horas durante la “fase de carga”, logrando que la Cr se almacene en el musculo durante los primeros días de la suplementación. El exceso de Cr que no es utilizado y/o almacenado luego de las sucesivas administraciones es excretado como Cr en la orina con pequeñas cantidades convertidas en creatinina y urea.

Los niveles séricos de creatinina muestran un leve incremento en controles realizados a los 28, 56 días, y luego de un año de suplementación.

Este aumento leve de los niveles séricos-urinarios de creatinina, demuestra un incremento de la liberación y del ciclo de Cr intramuscular, como consecuencia de aumentar la reposición muscular proteica, en respuesta a la suplementación de Cr y no a un origen patológico.

Estos incrementos han sido demostrados por médicos en análisis de casos de atletas o pacientes con enfermedad renal que ingieren Cr. La razón de esto es que los niveles séricos y urinarios de creatinina se utilizan como marcadores básicos de degradación de tejidos y/o stress renal. Sin embargo, estos mismos análisis han sido criticados, porque el ejercicio intenso y la deshidratación durante el mismo, puede ser el motivo de dicho incremento de creatinina. En individuos que realizan ejercicios, dichos incrementos reflejan un mayor catabolismo de proteínas musculares, por lo que estos resultados son completamente normales.

Esto hace reflexionar que, si la Cr permite al atleta tener entrenamientos más duros y de mayor calidad, los niveles de creatinina pueden elevarse como consecuencia del mismo entrenamiento, por catabolismo lógico que produce el stress del esfuerzo físico realizado en cada sesión de entrenamiento.

Efectos sobre las enzimas musculares y hepáticas: las enzimas hepáticas y musculares se incrementan como respuesta al ejercicio, y es lógico que suceda esto ya que estas enzimas

median los procesos metabólicos que permiten obtener la energía necesaria e inmediata que utiliza un atleta durante sus acciones en los entrenamientos.

Los estudios han descripto que la suplementación de Cr no tiene efecto o puede incrementar moderadamente las enzimas Creatinkinasa, lactato deshidrogenasa y aspartato amino transferasa, luego de 28 y 56 días de suplementación. (9)

El incremento de las tres enzimas se ubicó entre límites normales para atletas que realizaban entrenamiento importante y puede reflejar una mayor concentración/actividad de creatinkinasa para mantener un mayor volumen de entrenamiento.

Efecto sobre perfil lipídico: la suplementación de Cr ha modificado positivamente el perfil lipídico en pacientes, mujeres y hombres, con triglicéridos elevados y en atletas masculinos.

En ese sentido, un estudio reportó que 56 días con suplementación de Cr produce una disminución significativa en el colesterol total (5% y 6% al día 28 y 56 respectivamente), en pacientes con elevación moderada. Una respuesta similar fue observada con las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). (14).

Otro análisis informó que 28 días de suplementación incrementa el 13% las lipoproteínas de alta densidad (HDL), disminuye la VLDL en un 13% y la relación colesterol total/HDL un 7%. (9).

4.6 Formulaciones y Combinaciones de la Creatina

En el mercado existen muchas formas de creatina y éstas alternativas pueden ser muy confusas para los consumidores. Algunas de estas formas y combinaciones incluyen fosfato de creatina, creatina + β -hydroxi- β -metilbutirato (HMB), creatina + bicarbonato de sodio, creatina + quelato de magnesio, creatina + glicerol, creatina + glutamina, creatina + β -alanina, ester etílico de creatina, creatina con extracto de cinulina, así como también preparados "efervescentes" y de "suero". En lo que respecta al aumento de la fuerza o del rendimiento, en la mayoría de estas formas de creatina, no se ha demostrado que puedan ejercer mejores efectos que la Cr tradicional. Todavía no se han publicado estudios confiables sobre el ester etílico de creatina y sobre la creatina con extracto de cinulina. (28)

Por otra parte, estudios recientes sugieren que la adición de β -alanina a la Cr puede producir mayores efectos que la Cr sola. Estas investigaciones indican que la combinación podría producir mayores efectos sobre la fuerza, masa magra y porcentaje de grasa corporal, además de demostrar la fatiga neuromuscular.(28) Hay tres formas alternativas de creatina que se consideran prometedoras, pero hasta el momento no se dispone de la suficiente evidencia para garantizar su recomendación en lugar

de la Cr. Por ejemplo se ha informado que el fosfato de creatina sería tan eficaz como la Cr para aumentar la masa magra muscular (LBM) y la fuerza, aunque esto sólo se informó en un estudio. Además, en la actualidad es más difícil y costoso producir fosfato de creatina que Cr. La combinación entre la Cr y el fosfato de sodio, la cual ha sido reportada que mejoraría el rendimiento en los ejercicios de resistencia de alta intensidad, podría ser una alternativa más económica al fosfato de creatina. En segundo lugar, se ha informado que la combinación entre creatina y HMB sería más efectiva para mejorar la LBM y la fuerza que cualquiera de estos suplementos solo, pero otros trabajos han sugerido que la combinación no ofrece beneficios en lo que respecta al aumento en la capacidad aeróbica o anaeróbica. Por lo tanto, la falta de concordancia entre los datos no garantiza la recomendación de utilizar la combinación entre creatina y HMB en lugar del Cr (28).

Por último, se ha informado que la combinación de creatina con glicerol, utilizada como método de hiperhidratación previa al ejercicio en condiciones calurosas, aumentaría el contenido de agua corporal total, pero éste también es el primer estudio de su tipo. Además, esta combinación no logró mejorar las respuestas térmicas y cardiovasculares en mayor grado que el CM solo (28).

En los últimos años la adición de nutrientes que aumenten los niveles de insulina y/o mejoren la sensibilidad a la misma, ha sido uno de los aspectos que más ha interesado a los científicos que buscan optimizar los efectos ergogénicos de la creatina. La adición de ciertos macronutrientes parecería aumentar significativamente la retención muscular de creatina. Green et al. informaron que la adición de 93 g de carbohidratos a 5 g de CM aumentó en un 60% la creatina muscular total. De igual manera, Steenge et al. informaron que la adición de 47 g de carbohidratos y 50 g de proteínas a la Cr era tan eficaz para promover la retención muscular de creatina como la adición de 96 g de carbohidratos. Investigaciones adicionales realizadas por Greenwood y colegas revelaron que con la adición de dextrosa o cantidades bajas de D-pinitol (un extracto vegetal con propiedades semejantes a las de la insulina) se observó una mayor retención de creatina. Si bien la adición de estos nutrientes ha demostrado aumentar la retención muscular, numerosas investigaciones recientes, han informado que estas combinaciones no serían más efectivas para aumentar la fuerza y resistencia muscular o el rendimiento deportivo. Sin embargo otros estudios recientes, han informado un beneficio potencial sobre la potencia anaeróbica, hipertrofia muscular y la fuerza muscular en 1 RM cuando se combinan proteínas con la creatina.(28)

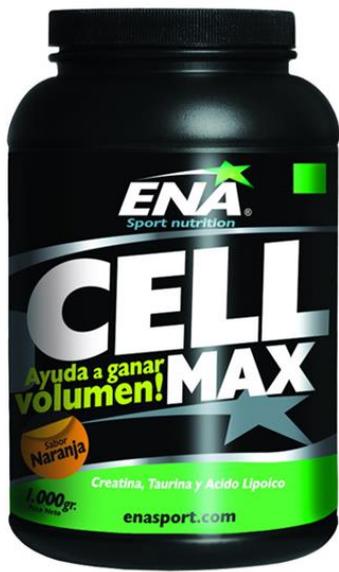
Aparentemente la combinación de Cr con carbohidratos o carbohidratos y proteínas produciría resultados óptimos. Los estudios sugieren que un incremento en la incorporación de creatina en el músculo esquelético podría aumentar los beneficios del entrenamiento. (28)

La creatina se puede obtener en diferentes presentaciones y formas farmacéuticas, por ej.; en capsulas, polvo, comprimidos masticables, y como se mencionó anteriormente en combinación y/o asociado a otras sustancias como ser BCAA (Branched Chain Amino Acids), que son aminoácidos entre los que se encuentran Leucina-Isoleucina-Valina; otras veces se puede encontrar a la Cr combinado a NO (óxido nítrico), vitaminas, enzimas y coenzimas que mejorar la absorción y aprovechamiento de la misma.



Creatina en capsulas.

www.twinlab.com



Complejo de creatina y asociados.

www.enasport.com



Creatina en comprimidos masticables.

www.universalusa.com



Supplement Facts			
Serving Size 1 Scoop (23 g)			
Servings Per Container 40			
Amount Per Serving	% Daily Value	Amount Per Serving	% Daily Value
Calories 80		Phytosterol complex	†
Total Carbohydrates 17 g	6%*	Supplying 90% phytosterols (40% beta-sitosterol, 20% campesterol, 14% stigmasterol)	
Sugars 4 g	†	Bark of <i>Ptychopetalum oleoides</i> (muira puama)	†
Thiamin (as thiamin mononitrate) 0.5 mg	33%	L-carnitine tartrate	†
Riboflavin 0.56 mg	33%	Dicalcium phosphate dihydrate	†
Vitamin E ₂ (as pyridoxine hydrochloride) 0.88 mg	34%	Disodium phosphate dihydrate	†
Vitamin E ₁₂ (as cyanocobalamin) 20 mcg	333%	Dipotassium phosphate anhydrous	†
Calcium (as dicalcium phosphate dihydrate, calcium silicate) 40 mg	4%	Malic acid	†
Iron 0.2 mg	2%	L-carnosine	†
Sodium 125 mg	5%	Gamma-oryzanol	†
Anabolic Halo™ Hardcore Pro Series	†	AMINO+	†
Proprietary Blend (featuring		BCAA-FX	†
Micro-Diffuse™ Technology) 3,922 mg		L-leucine	†
CreaSAT	†	L-valine	†
Creatine monohydrate	†	L-isoleucine	†
Inosine anhydrous	†	Amino Amp	†
L-ornithine HCl	†	L-aspartic acid	†
ARCTIC-21	†	L-alanine	†
L-carnitine fumarate	†	L-glutamic acid	†
		Glycine	†
		L-serine	†
		Myoviol XT	†
		Taurine	†
		L-glutamine	†
		L-tyrosine	†
		L-histidine	†
		L-proline	†
		EAAs-Pro	†
		L-lysine HCl	†
		L-threonine	†
		L-phenylalanine	†
		L-methionine	†
		InsuloKIC	†
		L-arginine	†
		Alpha-ketoglutarate	†
		Fruit of <i>Malpighia glabra</i> concentrate (Acerola)	†
		Choline bitartrate	†
		Inositol	†
		L-arginine pyroglutamate	†
		L-ornithine alpha-ketoglutarate	†
		Alpha lipoic acid	†

* Percent Daily values are based on a 2,000 calorie diet. † Daily Value not established.

Complejo compuesto por creatina, aminoácidos, vitaminas y carbohidratos.

www.muscletech.com



Creatina monohidrato en polvo.

www.saturnargentina.com.ar

5) Efectos Adversos

Aumento de peso: para muchos entrenadores que sus atletas aumenten de peso puede considerarse un efecto adverso, debido que muchos atletas en diferentes deportes, como por ejemplo boxeo, natación ,etc., un aumento de peso repercute en el rendimiento. Ahora estos atletas deciden utilizar la suplementación con Cr en ciertos periodos del ciclo de entrenamiento, porque logran mejorar las sesiones de sprint, potencia. El aumento de peso también está muy relacionado con la alimentación, la combinación de la Cr con otros suplementos, y la propia genética del atleta, por esto mismo es muy cuestionable y no hay una postura definida respecto a este efecto de la suplementación con Cr.

Síntesis endógena de Cr: otro tema de discusión ha sido la suplementación de Cr produce una supresión de la síntesis de Cr endógena. Los estudios han demostrado que luego de la ingesta oral de Cr son necesarias cuatro semanas para que los niveles de Cr y PCr retornen a sus niveles iniciales, aunque así mismo no existen evidencias que la suplementación de Cr produzca una supresión prolongada de la síntesis endógena (6).

5.1 Efectos adversos potenciales

Los efectos adversos de la suplementación con Cr no han sido extensamente estudiados, se han sin embargo realizados trabajos antes ocasiones en los que los atletas y/o entrenadores reportaron la aparición de síntomas o efectos nocivos que se han relacionado con la administración de Cr. En los Estados Unidos, Europa y también en la Argentina, la Cr es considerada como suplemento dietario, debido a esto la eficacia y la seguridad del suplemento, no necesita ser sustentado ante los diferentes organismos de control, como son la FDA (Administración de alimentos y drogas de E.U.) o la ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica).

A pesar de que el único efecto colateral clínicamente significativo informado en la bibliografía de investigación, es la ganancia de peso, todavía existen en los medios de comunicación y en la bibliografía popular muchas afirmaciones anecdóticas acerca de efectos colaterales entre los que se incluyen la deshidratación, calambres, daños en los riñones y en el hígado, lesiones músculo- esqueléticas, afecciones gastrointestinales. Aunque los atletas que están consumiendo Cr pueden experimentar estos síntomas, la información científica sugiere que estos atletas no poseen un riesgo mayor si no que posiblemente, poseen un riesgo menor de presentar estos síntomas que aquéllos que no están consumiendo el suplemento con Cr. (15)

Muchos de estos temores han sido generados por los medios de comunicación y por datos obtenidos en estudios de casos (n=1). Poortmans y Francaux informaron que las afirmaciones que indican que los suplementos con creatina tenían efectos deletéreos sobre la función renal, comenzaron en 1998 (16).

Estas afirmaciones surgieron luego de un informe donde la suplementación con creatina afectó la tasa de filtración glomerular renal (GFR) de un hombre 25-años de edad que previamente había presentado enfermedad renal (glomeruloesclerosis y síndrome nefrítico sensible a esteroides) [17].

La mayor demanda sobre la suplementación con Cr y la función renal, se ha centrado en la preocupación relacionada con los mayores niveles de creatinina sérica. Si bien la creatinina demanda una parte de la GFR y debe ser excretada por los riñones, no hay ninguna evidencia que sustente la idea que indica que la ingesta normal de creatina ($<25 \text{ g.d}^{-1}$) en adultos saludables provoque trastornos renales. De hecho, Poortmans et al. no observaron efectos perjudiciales sobre la función renal luego de la suplementación con CM a corto (5 días), medio (14 días) o largo plazo (10 meses a 5 años) [18, 19].

Notablemente, Kreider et al. no observaron diferencias significativas en los niveles de creatinina entre los consumidores de Cr y los controles, aun así, la mayoría de los atletas (independientemente de si consumían Cr o no) presentaron niveles elevados de creatinina y un *clearance* adecuado durante el entrenamiento de alta intensidad. Los autores señalaron que, si como única medida de la función renal, se evaluara la creatinina sérica, se observaría que aparentemente casi todos los atletas (independientemente del consumo de Cr) presentan afecciones renales. Aunque los estudios de caso han reportado problemas, estos estudios realizados a gran escala y controlados, no han demostrado ninguna evidencia que indique que la suplementación con Cr en individuos saludables afecta el funcionamiento de los riñones (9).

Otra denuncia anecdótica sobre la suplementación con creatina es que no se conocen los efectos a largo plazo. El uso generalizado del Cr comenzó en 1990. En los últimos años varios investigadores han comenzado a publicar los resultados de pruebas de inocuidad de largo plazo. Hasta ahora, no se ha observado ningún efecto colateral a largo plazo en atletas (hasta en 5 años), niños con deficiencia en la síntesis de creatina (hasta 3 años) o en poblaciones de pacientes bajo tratamiento médico (hasta 5 años).

Dichas investigaciones han demostrado varias aplicaciones médicas del Cr, potencialmente útiles en pacientes con problemas cardíacos, niños y pacientes con deficiencias en la síntesis de creatina, pacientes que tienen lesiones ortopédicas y pacientes con diferentes enfermedades neuromusculares. Las potenciales aplicaciones médicas de los suplementos con creatina han sido investigadas desde mediados de los años setenta. Inicialmente, las investigaciones se centraron en el papel del Cr y/o del fosfato de creatina en la reducción de las arritmias cardíacas y/o en la mejora de la función cardíaca en los eventos isquémicos (19).

El interés en las aplicaciones médicas de los suplementos de creatina se ha incrementado con el fin de incluir a aquellos que tienen deficiencias de creatina, lesiones cerebrales y/o de la columna vertebral, distrofia muscular, diabetes, elevados niveles de colesterol o triacilglicéridos

y enfermedades pulmonares entre otros. Aunque se necesita una mayor cantidad de investigaciones para determinar la magnitud de la utilidad clínica, se han observado algunos resultados prometedores en numerosos estudios, que sugieren que los suplementos con creatina podrían tener un beneficio terapéutico en ciertas poblaciones de pacientes. Junto con estudios a corto y largo plazo en poblaciones saludables, esta evidencia sugiere que la suplementación con creatina sería segura en la medida en que se consuma respetando las pautas de consumo recomendadas.

5.2 Consumo de Creatina en Niños y Adolescentes

Quienes se oponen a la suplementación con creatina, han proclamado que no es segura para niños y adolescentes. Si bien se han realizado pocas investigaciones utilizando participantes jóvenes, ningún estudio ha demostrado que el Cr tuviera efectos adversos en los niños. De hecho, la suplementación con Cr a largo plazo (por ejemplo, 5-10 g/día durante 3 años) ha sido utilizada como terapia adicional para diferentes deficiencias en la síntesis de creatina y desórdenes neuromusculares en los niños. También se han realizado ensayos clínicos en niños con distrofia muscular de Duchenne. Sin embargo, debido a que se conoce poco acerca de los efectos de la suplementación con creatina en niños y adolescentes, la opinión de la ISSN es que los atletas más jóvenes deben considerar la suplementación con creatina sólo si se cumplen las siguientes condiciones:

1. El atleta debe haber pasado la pubertad y estar realizando entrenamiento serio/competitivo que pueda beneficiarse a partir de la suplementación con creatina;
2. El atleta consume una dieta correctamente equilibrada para aumentar el rendimiento;
3. El atleta y sus padres conocen la verdad sobre los efectos de la suplementación con creatina;
4. Los padres del atleta aprueban que su hijo consuma suplementos con creatina;
5. La suplementación con creatina puede ser supervisada por padres, entrenadores, preparadores físicos y/o médicos de los atletas;
6. Se consumen suplementos de calidad; y,
7. El atleta no superará las dosis recomendadas.(4)

Si estas condiciones se cumplen, entonces parecería razonable que los atletas de escuela secundaria puedan consumir un suplemento de creatina. Esto realmente podría proporcionar una alternativa nutricional segura frente a los esteroides anabólicos ilegales u otras drogas potencialmente perjudiciales.

De modo contrario, si no se cumplieran las condiciones anteriores, entonces la suplementación con creatina no sería apropiada. Esto no sería diferente a enseñar a los deportistas jóvenes cuál es el entrenamiento y cuáles son las estrategias dietarias apropiadas para optimizar el rendimiento. La creatina no es una panacea ni un atajo al éxito deportivo. Sin embargo, puede proporcionar algunos beneficios para optimizar el entrenamiento de atletas que realizan ejercicios de alta intensidad del mismo modo, que el consumo de una dieta rica en carbohidratos, de bebidas deportivas y/o de carga con carbohidratos, pueden optimizar el rendimiento de un deportista de resistencia.

6) Conclusión

La creatina es un suplemento nutricional que permite mejorar el rendimiento físico y que aparentemente no entraña peligros para la salud del ser humano. Así lo afirman los estudios publicados, a pesar de no contar con estudios recientes realizados ni publicados en la bibliografía científica investigada hasta la fecha.

El uso de creatina como suplemento nutricional dentro de las pautas establecidas es seguro, eficaz y ético. A pesar de los mitos persistentes acerca de la suplementación con creatina asociada con el ejercicio, la Cr sigue siendo una de las ayudas ergogénicas más eficaces y extensamente estudiadas, disponible para los atletas. Cientos de estudios han demostrado la efectividad de la suplementación con Cr para aumentar la capacidad anaeróbica, la fuerza y la masa magra corporal junto con el entrenamiento. Además, se ha informado en varias oportunidades, que la Cr es segura y potencialmente beneficiosa para prevenir lesiones.

En conclusión, la carga aguda y a corto plazo de Cr (20-25g Cr/día durante 5-10 días) produce efectos beneficiosos sobre la performance en:

1. Ejercicios de alta intensidad y corta duración, donde la hidrólisis de PCr contribuye de forma predominante en la producción de ATP requerido, con mínima participación de la fosforilación oxidativa, debido a que la ingesta de Cr incrementa los depósitos intramusculares de PCr.
2. Ejercicios donde se produzca una excesiva bajada del pH intracelular, ya que la hidrólisis de PCr actúa como buffer del descenso del pH, debido a que se consume un hidrogenión.
3. Ejercicios donde el transporte de fosfatos de alta energía en el interior de la célula muscular sea importante, como ocurre en ejercicios intensos separados entre sí por pequeños períodos de recuperación o en ejercicios donde predomine la fosforilación oxidativa, ya que el incremento de la Cr total intracelular facilita el transporte de ATP desde los sitios de producción hasta los de su utilización.

Aunque la suplementación con creatina a largo plazo (9.7 ± 5.7 g/d, 0.8-4 años) no produce efectos adversos sobre los atletas y que la ingesta de creatina durante 4 a 12 semanas mejora las adaptaciones fisiológicas para el entrenamiento de fuerza sin producir efectos adversos, considero que no existen suficientes evidencias científicas para permitir un consumo libre e indiscriminado de creatina como ayuda ergogénica. Igualmente, un uso abusivo de la misma puede tener efectos carcinogénicos. También, se han descrito la existencia de alteraciones gastrointestinales, renales y musculares ligadas al consumo de creatina; En este sentido, siempre es preferible el consumo a corto plazo, dado que sus efectos están mejor caracterizados que el consumo crónico. A pesar de ello, no se puede garantizar que no se padezca alguna de las disfunciones anteriormente descritas. Futuras investigaciones, sobre

todo analizando el consumo de creatina a largo plazo, decidirán el destino de la creatina, ya sea como ayuda ergogénica, o como doping.

La Cr es un suplemento que, utilizado correctamente, favorece al atleta/individuo en busca del objetivo de mejorar su rendimiento tanto en las competencias como en los entrenamientos. Ahora la utilización correcta y precisa no puede estar librada a posologías generales, ya que cada atleta tiene un metabolismo diferentes, por esta razón siempre la mejor opción para la utilización tanto de la Cr como de cualquier otro suplemento es estar asesorado por un médico deportólogo (y no de otra especialidad), para que el uso sea el correcto y en el momento más adecuado de la preparación del mismo. También es fundamental que la adquisición del suplemento sea en un lugar correcto, en este caso las farmacias, donde además los profesionales detrás del mostrador deben estar preparados para guiar al atleta/paciente en la obtención del suplemento adecuado para sus objetivos.

7) Bibliografía

- 1) Williams, M. H. & Kreider, R. B. Creatine. The power supplement. Champaign (1999).
- 2) Balsom, P. D., Soderlund, K. & Ekblom, B. Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Med.* 18, 268-280 (1994)
- 3) Benedict, S. R. & Ostergerg, E. The metabolism of creatine. *J. Biol. Chem.* 56, 229-252 (1993).
- 4) Greenhaff, P. L. Creatine and its application as an ergogenic aid. *Int. J. Sports Nutr.* 5, S100-S110 (1995).
- 5) Harris, R. C., Soderlund, K. & Hultman, E. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Sci.* 83, 367-374 (1992).
- 6) Milano, M., Menendez, G., Creatina, Serie Ergogenicos y Nutraceuticos. (1999).
- 7) Harris RC, Nevill M, Harris DB, et al. Absorption of creatine supplied as a drink, in meat or in solid form. *J Sports Sci*; 20: 147-51 (2002).
- 8) Ziegenfuss, T., Lemon, P., Rogers, M., Ross, R., Yarasheski, K., Acute creatine ingestión: effects on muscle volume, anaerobic power, fluid volumes, and protein turnover. *Medicine & Science in Sports & EXERCISE*, 29, S127. (Abstract) (1997).
- 9) Kreider R. B., Leutholtz B. C., Greenwood M. Creatine. In *Nutritional Ergogenic Aids* Edited by: Wolinsky I, Driskel J. CRC Press LLC: Boca Raton, FL; 81-104 (2004).
- 10) Vandenberghe K., Goris M., Van Hecke P., Van Leemputte M., Vangerven L., Hespel P. *Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training.* *J Appl Physiol*, 83:2055-63. (1997).
- 11) Kilduff L. P., Georgiades E., James N., Minnion R. H., Mitchell M., Kingsmore D., Hadjicharlambous M., Pitsiladis Y. P. The effects of creatine supplementation on cardiovascular, metabolic, and thermoregulatory responses during exercise in the heat in endurance-trained humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 14:443-60. (2004).
- 12) 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.

- 13) 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.
- 14) Earnest C. P., Almada A., Mitchell T. L (1996). *High-performance capillary electrophoresis-pure creatine monohydrate reduced blood lipids in men and women*. *Clinical Science*, 91:113-118.
- 15) Greenwood M., Kreider R. B., Melton C., Rasmussen C., Lancaster S., Cantler E., Milnor P., Almada A (2003). *Creatine supplementation during college football training does not increase the incidence of cramping or injury*. *Mol Cell Biochem*, 244: 83-88
- 16) Poortmans J. R., Francaux M (2000). *Adverse effects of creatine supplementation: fact or fiction?* *Sports Med*, 30:155-170
- 17) Pritchard N. R., Kalra P. A (1998). *Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements*. *Lancet*, 351:1252-1253
- 18) Poortmans J. R., Francaux M (1999). *Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes*. *Med Sci Sports Exerc*, 31:1108-1110.
- 19) Kreider R. B (2007). *Creatine in Sports*. In *Essentials of Sport Nutrition & Supplements* Edited by: Antonio J, Kalman D, Stout J, et al. Humana Press Inc., Totowa, NJ; in press
- 20) Schilling B. K., Stone M. H., Utter A., Kearney J. T., Johnson M., Coglianese R., Smith L (2001). O Bryant H. S., Fry A. C., Starks M., Keith R., Stone M. E. *Creatine supplementation and health variables: a retrospective study*. *Med Sci Sports Exerc*, 33:183-188
- 21) Ensenauer R., Thiel T., Schwab K. O., Tacke U., Stockler-Ipsiroglu S., Schulze A., Hennig J., Lehnert W (2004). *Guanidinoacetate methyltransferase deficiency: differences of creatine uptake in human brain and muscle*. *Mol Genet Metab*, 82:208-13
- 22) Ganesan V., Johnson A., Connelly A., Eckhardt S., Surtees R. A (1997). *Guanidinoacetate methyltransferase deficiency: new clinical features*. *Pediatr Neurol*, 17:155-157
- 23) Zhu S., Li M., Figueroa B. E., Liu A., Stavrovskaya I. G., Pasinelli P., Beal M. F., Brown R. H (2004). *Jr, Kristal B. S., Ferrante R. J., Friedlander R. M. Prophylactic creatine administration mediates neuroprotection in cerebral ischemia in mice*. *J Neurosci*, 24:5909-12

- 24) Jacobs P. L., Mahoney E. T., Cohn K. A., Sheradsky L. F., Green B. A (2002). *Oral creatine supplementation enhances upper extremity work capacity in persons with cervical-level spinal cord injury*. Arch Phys Med Rehabil, 83:19-23
- 25) Matsumura T (2004). *A clinical trial of creatine monohydrate in muscular dystrophy patients*. Clin Neurol (Japan), 44(10):661-666
- 26) Op t Eijnde B., Urso B., Richter E. A., Greenhaff P. L., Hespel P (2001). *Effect of oral creatine supplementation on human muscle GLUT4 protein content after immobilization*. Diabetes, 50:18-23
- 27) Buford Thomas W., Richard B. Kreider, Jeffrey R. Stout, Mike Greenwood, Bill Campbell, Marie Spano, Tim Ziegenfuss, Hector Lopez, Jamie Landis and Jose Antonio. International Society of Sports Nutrition Position Stand: Creatine Supplementation and Exercise. J. Int. Soc. Sports Nutr., 4: 6,(2007).
- 28) 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.