

LAS AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL DEPORTE: MITOS Y REALIDADES
CUARTA PARTE: ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS RELACIONADOS CON LA
CREATINA Y LA CARNITINA

ERGOGENIC AIDS IN SPORT: MYTHS AND REALTIES

FOURTH PART: COMPLEMENTARY STUDIES RELATED WITH THE CREATINE AND
CARNITINE

Víctor M Cabrera Oliva¹

**¹ Sub-Dirección de Investigaciones y Docencia, Instituto de Medicina del Deporte,
Ciudad de La Habana, Cuba**

RESUMEN

Actualmente existen criterios contradictorios relacionados con la utilización de las ayudas ergogénicas en la práctica del deporte y en la actividad física. Se ha incrementado en forma significativa la fabricación de ayudas del tipo nutricional, muchas de las cuales no han sido evaluadas totalmente y validadas bajo criterios científicos y nutricionales. Las ayudas ergogénicas nutricionales también han sido causa de dopaje en el deporte o se han utilizado para suministrar sustancias dopantes en forma enmascarada. Algunos resultados realizados con bases científicas más sólidas han demostrado la capacidad de algunas ayudas ergogénicas nutricionales para potenciar el balance energético y el rendimiento deportivo en algunos deportes. El presente trabajo de revisión no pretende establecer las reglas definitivas relacionadas con la utilización de las ayudas ergogénicas nutricionales, sino hacer una reflexión basada en datos concretos publicados con el objetivo de sacar a la luz las realidades relacionadas con la utilidad de las ayudas ergogénicas y aplicar las mismas de la forma más racional sólo en aquellos casos y situaciones que en realidad queden plenamente justificadas.

Palabras claves: Ayudas ergogénicas, deportes, nutrición, dopaje, actividad física

Correspondencia: Víctor Cabrera Oliva,

Departamento de Investigaciones,

Instituto de Medicina del Deporte,

Calle 10 esquina 100. Embil, La Habana, Cuba

Email: vcabrera@infomed.sld.cu

Recibido: 2 de Junio 2011

Aceptado: 2 Agosto 2011

ABSTRACT

At present they are contradictory criteria related with the utilization of ergogenical support in sports practice and physical activity. The production of nutritional support has been increased in significant magnitudes, many which have not been completely evaluated and validated according to scientific and nutritional criteria. The ergogenical nutritional supports also have been cause of doping in sports or have been employed to supply doping substances in masked form. Some results accomplished with more solid scientific bases had demonstrated the capability of some ergogenical nutritional supports to empower the energetic balance and sports performance in some sports. The present revision work does not pretend to establish the definite rules related to the utilization of ergogenical nutritional supports, but doing a reflection based in concrete data published with the aim to expose the realities related with the utility of ergogenical supports, and apply them in the most rational way only upon those cases and situations that reality get completely justified.

Keywords: Ergogenical supports, sports, nutrition, doping, physical activity

DESARROLLO

El objetivo fundamental de la suplementación con creatina es la elevación de sus niveles intra musculares, hasta la capacidad máxima fisiológica muscular (150 a 160 mmol/Kg músculo seco)

Hasta tiempos recientes se sugería que la metodología más efectiva para consumir la creatina era comenzar con un periodo de "**carga**" para forzar a la célula a absorber y almacenar creatina hasta llegar al máximo de su capacidad. Este período se prologaría durante de 5 a 6 días en los que se ingieren de 4 a 5 dosis con de aproximadamente 5 gr de monohidrato de creatina distribuidas a lo largo del día (En ayunas antes del desayuno, medio día, antes y después de entrenar y a la noche, antes de cenar).

Actualmente este período de carga se aplica en situaciones especiales donde el objetivo fundamental es la ganancia veloz de peso y masa muscular, en deportes donde las mecánicas o técnicas de movimiento no requieren técnicas muy exigentes, como por ejemplo el culturismo, deporte en el que según las características de los sujetos se pueden observar períodos de carga de hasta 7 días donde se ingieren hasta 6 tomas diarias de 5 gr de creatina, especialmente cuando se dispone de grandes volúmenes musculares. (Sujetos de más de 100 kg con un porcentaje graso estimado en no más de un 12%)

A esta fase inicial le debiera seguir el período de "mantenimiento" cuyo objetivo sería mantener los niveles de creatina logrados durante la fase de carga, ya que una vez que el organismo alcanza la máxima capacidad de almacenamiento, los depósitos no seguirán aumentando (al menos, hasta no inducir adaptaciones morfológicas a nivel de las células musculares) y el exceso de creatina ingerido se eliminará especialmente por vía renal, por lo cual en la fase de mantenimiento la suplementación se aplica para reestablecer los niveles de creatina degradados durante el día, y conservar la máxima saturación celular ya lograda anteriormente, por esto en esta fase se consume solo una dosis que aporte entre 2,5 a 5 gr. de creatina, la cual puede efectuarse durante o ni bien finaliza el entrenamiento.

La creatina se absorbe a través del sistema digestivo, entra en sangre y desde allí es absorbida en las células o filtrada a través del sistema renal, para su eliminación, por lo que cuando esta no es absorbida por los tejidos su filtrado por el sistema renal aumenta notablemente, por lo cual para disminuir su aporte excesivo, y su elevada excreción por vía renal, se han establecido unas dosificaciones teniendo en cuenta el peso corporal y los niveles de masa magra (peso corporal menos la grasa).

En el período de carga se recomiendan 0,3 gr de creatina por kilo de peso. Por ejemplo para un sujeto de 80 kg se calcula la ingesta total diaria en $(80 \times 0,3 = 24 \text{ gr})$, las cuales pueden fraccionarse en 5 tomas de 5 gr aproximadamente)

Para el período de mantenimiento se aconsejan 0,03 gr por kilo de peso, por lo cual éste sujeto de 80 kg ingeriría aproximadamente 2,5 gr, aunque en general se toma una dosis de 5 gr al final o durante el entrenamiento.

La creatina se absorbe a través del sistema digestivo, entra en sangre y desde allí es absorbida en las células o filtrada

En el periodo de mantenimiento, en lugar del monohidrato de creatina en sí, puede recomendarse ingerir algunas mezclas que aportan creatina junto de Hidratos de Carbono, y otras sustancias con efecto anticatabólico y anabólico natural como ciertos aminoácidos (taurina, glutamina, Ramificados, especialmente la Leucina o uno de sus metabolitos El HMB", Alanina, Arginina, Acetil L-Carnitina, antioxidantes, y vitaminas, etc.) que ejercen una acción sinérgica muy poderosa en proteger, estimular, y mejorar los procesos de recuperación y la ganancia de masa muscular durante los períodos de ejercicios intenso.

Debe tenerse en cuenta que las dosis determinadas en base peso corporal pueden considerarse solo en sujetos que no superen un 12% de grasa en varones, o un 20% en mujeres.

Si se disponen de datos fiables acerca del nivel de masa magra (estudio Antropométrico) las dosificaciones pueden determinarse considerando el peso magro, así en el período de carga se aportan de 300 a 400 mg por kilo de masa magra y en mantenimiento entre 50 a 100 mg por kilo de masa magra.

Las últimas investigaciones (2, 20) han mostrado que la ingesta de creatina en dosis de "carga" (20 a 25 gr por día durante 4 a 6 días) induce un aumento del peso corporal debido a su necesidad de agua para almacenarse, lo que determina un efecto "hidro osmótico" que atrae y retiene agua intracelular que a su vez expande el sarcoplasma de la célula y aumenta su volumen. No obstante no se ha podido demostrar que este periodo tan corto de suplementación tenga un efecto directo sobre el aumento de proteínas contráctiles, (hipertrofia proteica), por lo cual el principal efecto morfológico de la carga de creatina radica en una saturación máxima de sus depósitos intracelulares, que induce una retención de líquido y expansión sarcoplasmática de las células implicadas.

Al aumento del pool de creatina intracelular se le han otorgado beneficios metabólicos energéticos como:

- Aceleración de la reposición de Fosfocreatina, que a su vez facilita la más rápida reposición de energía (ATP) dando mayor potencia y capacidad de trabajo.
- Atenuación de la subida del amonio y la bajada del pH, intracelular y sanguíneo, limitando la fatiga y la inhibición inducida por estos factores y

otros metabolitos producidos en gran cantidad durante esfuerzos intensos y prolongados o repetidos como el ácido láctico, de modo de mejorar la eficiencia de los ejercicios realizados a máxima intensidad.

- Mejora de la capacidad y velocidad de transporte de substratos energéticos entre los compartimientos celulares (mitocondria y citoplasma) facilitando la recuperación del ATP en las pausas de esfuerzos intensos y repetidos, dando mayor capacidad de trabajo a las intensidades adecuadas.
- Mejora la disponibilidad de energía, para realizar los procesos de regeneración luego de los entrenamientos.
- Facilita la liberación de iones de calcio desde el retículo sarcoplasmático lo cual agiliza los procesos de contracción-relajación ya que los puentes de actino-miosina se forman y rompen más rápido facilitando la capacidad de la fibra para volver a estimularse rápidamente y mejorar la eficiencia del trabajo.

Según algunos autores los últimos dos factores serían las causas principales por las cuales la creatina tiene un efecto positivo sobre el rendimiento ya que al mejorar la capacidad de recuperación tanto entre esfuerzos como entre las sesiones de entrenamiento mejorará la capacidad de trabajo de alta calidad, y se obtendrán mayores beneficios.

No obstante un rápido aumento de los niveles de creatina intracelular puede acarrear consecuencias no deseadas, para la mecánica y coordinación de movimientos complejos, ya que las acciones intra- e inter musculares pueden sufrir alteraciones en su dinámica, especialmente si la carga de creatina se acompaña de un aumento excesivo de glicógeno intramuscular (como sucede en especialidades como el culturismo).

Por otro lado el aumento de peso y densidad muscular que induce la carga de creatina sería deletéreo para especialidades donde se transporta el peso corporal durante periodos prolongados, o en las que una alta densidad corporal puede ser un factor negativo para el rendimiento (carreras de fondo, 5000, 10000, maratón, o natación) especialmente si el aumento de peso se produce en forma repentina como cuando se realiza una "carga" de 5 a 7 días, donde la expansión celular influye negativamente en la mecánica muscular.

Se ha visto que la creatina es absorbida casi en un 100% por el intestino, por lo cual al efectuar una carga de creatina de 20 ó 25 gr por día, la mayor absorción a nivel muscular se realiza en los primeros 2 a 3 días, pero luego si se continua con el aporte masivo, aproximadamente el 90% de la creatina consumida no se absorberá, ya que los depósitos celulares están al máximo y los sistemas de transporte de creatina hacia la célula, no permitirán su absorción, salvo para reestablecer la degradada durante las actividades.

Actualmente se han desarrollado innumerables investigaciones sobre las diversas formas de suplementar la creatina llegándose a la conclusión que el suministrar una única dosis diaria 0,033 gr por Kg de peso corporal (aproximadamente 2,5 a 3 gr) durante 30 días induce un aumento gradual y saturación máxima de sus depósitos hacia el fin del período, al mismo tiempo que se evita su excreción exagerada por vía renal, reduce la elevada retención de agua intramuscular, y se reducen sus aspectos negativos sobre la mecánica muscular (2). Por otro lado una vez que se suspende la suplementación los niveles se mantienen altos por más tiempo respecto a cuándo se aplica la metodología de carga

brusca, luego de la cual, ya en 4 semanas se recobran los niveles normales, previos a la carga.

La suplementación a bajas dosis y a largo plazo favorecería especialmente la velocidad de re síntesis de ATP tanto durante los esfuerzos como en las pausas de recuperación, al mismo tiempo que potenciaría los procesos regeneración del pool de proteínas contráctiles en las horas posteriores a los entrenamientos, mientras que no se produciría una violenta expansión celular por retención agua, ya el aumento del pool de creatina se desarrolla en una forma más paulatina y en equilibrio con las adaptaciones morfológicas inducidas en las proteínas contráctiles, por lo cual esta metodología sería preferible respecto a realizar una carga introductoria y luego un período de mantenimiento.

La suplementación con Creatina junto a un entrenamiento adecuado es un apoyo "amplificador" del rendimiento que mejora la ganancia de masa muscular y fuerza, especialmente si el tratamiento se mantiene por periodos largos de 4 a 12 ó más semanas (tres meses aproximadamente).

Se ha visto que en ciertos sujetos la suplementación con creatina tanto en forma de carga como en bajas dosis no han producido mejoras en el rendimiento o en la composición corporal, lo cual ha sido vinculado a diversas causas tanto de orden protocolar, (forma de administración) como morfológicas, (propias del sujeto).

Los sujetos que inicialmente presentan niveles de creatina naturalmente más elevados (cerca de su límite máximo de almacenamiento celular) no obtendrían beneficios significativos al ingerirla ya que no ampliarían sus depósitos en forma importante.

Por otro lado los factores que determinan la captación y retención creatina en la célula no son solo el nivel de saturación de sus depósitos antes de iniciar la suplementación, sino también los vinculados a la forma de administrarla, como:

- Horas a que ingiere y distancias de las comidas, y de los entrenamientos,
- Tipo de entrenamiento (intensidad, volumen, densidad, etc.),
- Actividad desarrollada antes, durante y luego de ingerirla,
- Aporte simultáneo de hidratos de carbono, y otros sensibilizadores celulares que facilitan su absorción lo cual depende en gran medida de que el organismo secrete niveles de insulina adecuada que aseguren el transporte y asimilación en la célula.
- Grado de irrigación sanguínea de las masas musculares, que favorece el abastecimiento y asimilación de sustratos como la glucosa, creatina y otros aminoácidos que mejoran los procesos de recuperación.

Es poco probable que los aumentos de creatina y fosfocreatina citoplasmático induzcan mejoras del rendimiento en esfuerzos de muy baja intensidad (debajo del Umbral de Máximo estado estable del lactato UMEEL), ya en condiciones normales los niveles de Creatina almacenados en la célula serían suficientes para satisfacer las demandas de transporte de los nucleótidos energéticos desde la mitocondria al citoplasma para regenerar el ATP.

No obstante es de considerar que una mejora de la velocidad de transporte de estos nucleótidos a través de los organoides y compartimientos celulares sería beneficiosa en intensidades superiores de esfuerzo (sobre el UMEEL), especialmente cuando éstos son realizados en forma intermitente o fraccionada no obstante aunque si el ejercicio es

fraccionado y con pausas completas de recuperación como para reponer totalmente el ATP requerido, puede que tampoco sea significativo los beneficios otorgados al aumentar los depósitos de creatina, pero si las pausas son escasas o incompletas, si sería beneficioso, ya que la mayor velocidad de reposición de los sustratos energéticos favorecería una adecuada disponibilidad de energía en menos tiempo.

De todos modos y a pesar de las numerosas investigaciones realizadas, los beneficios directos de la suplementación de creatina sobre el rendimiento son difíciles de cuantificar, siendo mayoritariamente aceptados para los esfuerzos intensos, intermitentes con pausas incompletas de recuperación.

Aumentar los niveles de creatina celular no mejora la disponibilidad de energía potencial, ya que el aumento radica en los niveles de creatina y fosfocreatina almacenada, siendo más importante en la creatina libre, lo cual favorecerá la velocidad y capacidad de "reposición" del ATP que es el sustrato que libera energía (no la creatina) así mismo ésta no tiene efectos anabólicos directos sobre la masa muscular y solo se le han otorgado beneficios indirectos que obedecen a una mayor capacidad de trabajo a intensidades óptimas y a ofrecer un rápido abastecimiento de energía para desarrollar los procesos de regeneración de síntesis proteica, vista especialmente en las Fibras Rápidas (FTF2) que son las que más capacidad de almacenar creatina han mostrado.

La ingestión de 5 gr de creatina en forma de solución lleva a un aumento de la creatina plasmática de 15 a 20 veces por sobre los niveles normales (desde 40 Micromoles por litro a 600 a 800 Micromoles por litro) luego de una hora de haberla consumido, el retorno a los valores normales se produce luego de aproximadamente 5 horas, de allí que en la metodología de carga se aplican dosis cada 4 a 5 horas de modo de mantener saturado al máximo la concentración plasmática. No obstante la mayor absorción de creatina se realiza en los dos primeros días por lo que en los 3 a 4 días subsiguientes lo único que se logra es aumentar exageradamente la excreción urinaria, por lo que en los casos en los que se decida aplicar la carga (culturismo), se aconseja extenderla por 2 ó máximo 3 días y luego continuar con las dosis típicas de mantenimiento.

Considerando que la capacidad de asimilación de la creatina al nivel muscular es altamente dependiente de la presencia momentánea de niveles relativamente elevados de insulina, es recomendable ingerirla con hidratos de carbono en una relación aproximada de 1/ 6, es decir que para 2,5 gr de creatina se debieran aportar simultáneamente 15 gr de hidratos de carbono puros (unos 200 ml de zumo de naranja o piña puro) no frío, ya que las temperaturas bajas disminuyen su absorción a través del estómago. El zumo provocará una respuesta del páncreas que aumentará los niveles plasmáticos de insulina que estimula la absorción de glucosa, aminoácidos y creatina en los tejidos, ya que si esta no se absorbe queda en sangre y es posteriormente eliminada por vía renal.

Es esencial que al tomar creatina se mantenga un elevado aporte de líquido ya que ésta requiere agua para almacenarse, por lo cual si el aporte de líquidos es limitado también disminuye su absorción y retención de la creatina en la célula.

Por cada 2,5 gr de creatina deberían agregarse unos 200 a 250 ml de agua al consumo habitual.

Se recomienda que durante los períodos de suplementación con creatina se reduzca o elimine al máximo la ingesta de café ya que este disminuye su absorción intestinal y retención de creatina en la célula, por sus efectos diuréticos que afectan el nivel de hidratación celular, especialmente en sujetos con gran desarrollo muscular.

De acuerdo a las nuevas investigaciones la forma más idónea de ingerir la creatina, (salvo que se persigan objetivos específicos) sería una sola dosis diaria, que incluso puede limitarse a los días de entrenamiento, donde el momento puede variar dependiendo del tipo de actividad a desarrollar.

Considerando que el pico de creatina plasmático se produce aproximadamente 1 hora después de su ingesta, el momento de su consumo puede variar en cada caso, por ejemplo:

- Para entrenamientos de fuerza cortos e intensos, inmediatamente antes de comenzar.
- Para entrenamientos de resistencia de fuerza o resistencia específica aplicada a una actividad deportiva (más largos) durante el mismo entrenamiento
- Para entrenamientos de resistencia con gran componente aeróbico (intensidad moderada, y mayor volumen) inmediatamente después (o incluso hacia el final de la sesión según criterio del entrenador), aunque si el objetivo es favorecer la velocidad de transferencia energética intracelular durante el desarrollo de la actividad podría ingerirse 60 a 30 min. antes.
- Para personas que realicen entrenamientos sistemáticos, y deportistas, en general, teniendo en cuenta que la forma de dosificación puede variar de acuerdo a los objetivos perseguidos.
- **En deportes de fuerza y velocidad**, para favorecer aumentos significativos de masa muscular. (culturismo) o para deportes intermitentes para mejorar el rendimiento y recuperación entre esfuerzos intensos.
- **En deportes de equipo (Fútbol, baloncesto, etc.)** para mejorar la eficiencia en los sprints, saltos y movimientos veloces y la recuperación entre esfuerzos, e incluso en deportistas de larga duración para mejorar el rendimiento en las fases veloces de la carrera (Sprint final, adelantamientos, etc.).
- **En deportes de larga duración**, como corredores de 10.000 m y maratón, se han observado beneficios de la suplementación de creatina, en bajas dosis, para mejorar la eficiencia de las vías energéticas durante el trabajo.

Los poco entrenados, en general, responden muy bien a la administración de creatina, aunque su respuesta puede variar por factores genéticos, nutricionales, etc.

Debe considerarse que su suplementación sistemática, en la mayoría de los casos ha producido aumentos de peso que en ciertas especialidades (deportes de larga duración) puede ser perjudicial ocasionar pérdida de la coordinación y eficiencia mecánica por elevada expansión de las células musculares. (No obstante esto va unido a una conducta dietética y entrenamiento, (especialmente de fuerza), orientado a esos objetivos.

Hasta ahora no se han visto contraindicaciones, incluso se están comprobando sus beneficios en el plano de la salud en general aplicado a todo tipo de personas, especialmente en sujetos de mediana edad en adelante (más de 30 años). No obstante las últimas recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recalcan que su uso indiscriminado o abusivo tanto en cantidad como en tiempo, y sin control o asesoramiento profesional podrían desencadenar efectos negativos para la

salud, ya que las investigaciones todavía no se consideran concluyentes en esta área, por lo cual su suplementación no se considera totalmente libre de riesgos sobre los que hasta el momento hay reportes no comprobados científicamente.

Diarrea y náuseas. Sólo hay datos anecdóticos, pero cuando se producen se recomienda suspender o reducir las dosis antes o durante los entrenamientos.

Función Renal. El aumento de Creatinina plasmática no tiene porque ser deletérea para el riñón, no aumenta ni altera la filtración glomerular.

Hay casos aislados de deterioro de la función renal por la ingesta de creatina, pero no se ha visto que esta sea la causa directa, si bien las alteraciones tienden a disminuir o desaparecer cuando se suspende su ingesta. Por estas razones se ha sugerido que la ingesta de creatina puede agravar los procesos de filtración renal en los sujetos con una disfunción ya existente, por lo cual es recomendable limitar su ingesta en personas con problemas renales o tendencia a desarrollarlos. Calambres musculares, y contracturas. No se ha demostrado una relación de causa efecto entre las ingesta de creatina y los episodios de calambres musculares, por lo cual solo se recomienda mantener una adecuada hidratación y aporte de electrolitos junto a su suplementación.

Actualmente se han desarrollado innumerables investigaciones sobre las diversas formas de suplementar la creatina llegando a la conclusión que el suministrar una única dosis diaria 0,033 gr por Kg de peso corporal (aproximadamente 2,5 a 3 gr) durante 30 días induce un aumento gradual y saturación máxima de sus depósitos hacia el fin del período, al mismo tiempo que se evita su excreción exagerada por vía renal, reduce la elevada retención de agua intramuscular, y se reducen sus aspectos negativos sobre la mecánica muscular. Por otro lado una vez que se suspende la suplementación los niveles se mantienen altos por más tiempo respecto a cuándo se aplica la metodología de carga brusca, luego de la cual, ya en 4 semanas se recobran los niveles normales, previos a la carga.

La suplementación a bajas dosis y a largo plazo favorecería especialmente la velocidad de re-síntesis de ATP tanto durante los esfuerzos como en las pausas de recuperación, al mismo tiempo que potenciaría los procesos de regeneración del pool de proteínas contráctiles en las horas posteriores a los entrenamientos, mientras que no se produciría una violenta expansión celular por retención de agua, debido a que el aumento del pool de creatina se desarrolla en una forma más paulatina y en equilibrio con las adaptaciones morfológicas inducidas en las proteínas contráctiles, por lo cual esta metodología sería preferible respecto a realizar una carga introductoria y luego un período de mantenimiento. La suplementación con Creatina junto a un entrenamiento adecuado es un apoyo "amplificador" del rendimiento que mejora la ganancia de masa muscular y fuerza, especialmente si el tratamiento se mantiene por periodos largos de 4 a 12 ó más semanas (tres meses aproximadamente)

2-L-Carnitina

Suplemento nutricional, su forma activa es la L-Carnitina. La Carnitina la encontramos en los productos cárneos y en la leche. Se utiliza para aumentar la capacidad aeróbica y para la mayor utilización de los ácidos grasos. Es un Metabolito transportador de los ácidos grasos hacia el interior de la mitocondria.

Es un constituyente usual de la dieta, pero también se sintetiza por la propia fibra muscular esquelética a partir de los aminoácidos metionina y lisina.

La carnitina ubicada en la membrana mitocondrial se une al Acil-CoA para que entre a la matriz mitocondrial y forme parte del ciclo del ácido cítrico, por lo cual se especuló que una mayor o menor ingestión de L-Carnitina regulaba la cantidad de grasa a utilizar, y se empezó a comercializar la carnitina con la intención de producir una mayor lipólisis y producir efectos estéticos.

Una vez dentro de dichas organelas, la carnitina se transforma en Acil-carnitina mediante la acción de la aciltransferasa. Para que los AG puedan sufrir la beta-oxidación necesitan separarse de la Carnitina para lo que colabora otra aciltransferasa.

Por último, la Carnitina libre debe abandonar la célula. La beta - oxidación de los AG libera grupos acetilos que penetran en el Ciclo de Krebs. Hoy se sabe, que la Carnitina favorece la oxidación de los aminoácidos ramificados.

La suplementación de L-Carnitina estimula el metabolismo de ácidos grasos al facilitar la transferencia de ácidos grasos de cadena larga al interior de la mitocondria para producir energía. Esta estimulación del aprovechamiento de los ácidos grasos, disminuye la utilización del glucógeno muscular, permitiendo que la reserva de glucógeno dure más tiempo.

Los tejidos que la precisan pero no la sintetizan, como el músculo cardíaco, la incorporan directamente del plasma.

En la actividad deportiva se administra con la intención de potenciar el metabolismo oxidativo aerobio de la fibra, aumentar la participación relativa de los ácidos grasos como combustible y de esta manera ahorrar glucosa.

Una postulada actividad potenciadora de la conversión de piruvato en acetyl-CoA reduciría el riesgo de formación de lactato. Estudios posteriores comprobaron que una mayor ingesta de carnitina no influía en la utilización de triglicéridos como energía. Su uso como ergógeno se halla muy extendido, especialmente en deportes de larga duración como el ciclismo, esquí de fondo, pruebas atléticas de larga distancia etc. Estuvo de moda hace años en el fútbol y en los deportes de velocidad. Aumenta de forma significativa la captación de oxígeno y la producción de energía. De todas formas, tampoco hay déficit endógenos (internos) de carnitina. La posología es dosis de 500 mg/día, llegando hasta 2-3 g/día, en periodos de dos semanas.

Académicamente se puede decir que una ingesta de proteínas de alta calidad suficientes (2 gr./Kg./día) suministra suficiente lisina y metionina como para sintetizar la carnitina necesaria para el transporte de ácidos grasos al interior de la mitocondria. Tras múltiples investigaciones, no se ha llegado a un consenso que admita que los deportistas de grandes distancias necesiten un aporte exógeno de carnitina. Aunque no hay una clara constancia de su eficacia, es una sustancia carente de toxicidad siempre que se utilice el isómero natural L-Carnitina (la D-carnitina, sintética, puede ser tóxica). Su uso no tiene riesgo de dopaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Astrand, Per-Olof y Kaar Rodahl. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. 3ra. ed.; New York: McGraw-Hill Book Company, págs. 605-610, 1986.
- 2-Barbany JR. "Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento. Ed Paidotribo, Barcelona, 2002.
- 3-Barrallo Villar, Guillermo. *Dopaje*. Bilbao, España: Editorial la Gran Enciclopedia Vasca, 98 págs,1989.
- 4-Bris JM. "Fisioterapia en la vida de la mujer" Ed. Editores Médicos, 2001
- 5-Brooks, George A. y Thomas D. Fahey. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*. New York: Macmillan Publishing Company, Págs. 443-469, 1985.
- 6-Brooks, George A. y Thomas D. Fahey. *Fundamentals of Human Performance*. New York: Macmillan Publishing Company, Págs. 265-281, 1987.
- 7-Brouns F "Necesidades nutricionales de los atletas" Rev. Diario México, 2003
- 8-De Vries, Herbert A. *Physiology of Exercise: for Physical Education and Athletics*. 4ta. ed.; Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers, págs. 508 – 523, 1986.
- 9-Font Moreno C. "Psicología del Deporte" Rev. Diario de México, 2003
- 10-Fox, Edward L., Richard W. Bowers y Merle L. Foss. *The Physiological Basis of Exercise Physiology and Sport*. 5ta. ed.; Madison, Wisconsin: Wm C. Brown Communications, Inc, Págs. 472-509, 1993.
- 11-González GallegoG, Garrido Pastar G, Mataix Verdú J, Villegas García J, Villa Vicente J. "Nutrición y ayudas ergogénicas en el deporte" Arc. Med del Deporte, 1988
- 12-González Ruano E. "Alimentación del Deportista". Ed. Eunsa, Barcelona, 1988.
- 13-Lamb, David R. *Physiology of Exercise: Responses & Adaptations*. 2da. ed.; New York: Macmillan Publishing Company, págs. 221-238, 1984.
- 14-Lyon J. "El libro de las vitaminas". Ed. Ene, Madrid, 1990.
- 15-McArdle, William D., Frank I Katch y Victor L. Katch. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. 3ra. ed.; Philadelphia: Lea & Febiger, Págs. 547-579, 1991.
- 16-Milano N, Menéndez G "Manual de farmacología del doping".Rev de Farmacología Clínica, 1998.

17-Noble, Bruce J. *Physiology of Exercise and Sport*. St. Louis: Times Mirror/Mosby College Publishing, págs. 383-405, 1986.

18-Powers, Scott K. y Edward T. Howley. *Exercise Physiology: Theory and Applications*. Dubuque, I.A.: Wm. C. Brown Publishers, págs.251-266, 507-514,1990.

19-Shephard, Roy J. *Physiology and Biochemistry of Exercise*. New York: Praeger Publishers, págs 399-411, 1982.

20-Silvia Morales S. "Psicología del Deporte". Rev. Diario Médico, 2000.

21-Willmore y Costill. "Fisiología del esfuerzo y el Deporte". Ed. Paidotribo, Barcelona, 2001.

22-Wilmore. Jack H. y David Costill. *Training for Sport and Activity*. 3ra. ed.; Madison, WI: Wm. C. Brown Publishers, págs. 185-191, 1988.