



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

Facultad de Medicina

**NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA**

Curso 2018/19

**LA CREATINA COMO AYUDA  
ERGOGÉNICA NUTRICIONAL EN EL  
DEPORTISTA JÓVEN**

AUTORA: **HENAR GONZÁLEZ CANO**

TUTORA: **RAQUEL BLASCO REDONDO**



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, que siempre serán lo primero para mí, por darme el apoyo y la ayuda como mejor saben, en cualquier lugar y momento. En especial a Anabel, por ser la persona que mejor me cuida y más feliz me hace del mundo, sin ella no habría llegado aquí, porque no sería quien soy.

A Raquel Blasco, pues no sé si se puede ayudar en esto con tanto cariño y paciencia como ella. Gracias por la comprensión y aportarme tanto, y sobre todo por contagiarme la ilusión por el mundo de la nutrición deportiva.

A los profesores, por los cuatro años de ayuda y dedicación, por acompañarnos en una carrera tan bonita y hacer que la disfrutemos al máximo.

A mis amigos de toda la vida, a mis amigas de clase y demás compañeras, porque nada de esto hubiera sido tan especial sin ellos. Gracias por guiarme y disfrutar conmigo, no puedo haber tenido más suerte.



## ÍNDICE

<b>1. Resumen / Abstractc.</b>	<b>6</b>
<b>2. Abreviaturas.</b>	<b>7</b>
<b>3. Introducción.</b>	<b>8</b>
<b>4. Objetivos.</b>	<b>14</b>
<b>5. Metodología.</b>	<b>14</b>
<b>6. Desarrollo.</b>	<b>16</b>
<b>a. Síntesis de creatina.</b>	<b>16</b>
<b>b. Mecanismo de acción.</b>	<b>17</b>
<b>c. Errores innatos del metabolismo de la creatina.</b>	<b>18</b>
<b>d. Aporte dietético de creatina y biodisponibilidad.</b>	<b>19</b>
<b>e. Pautas de suplementación.</b>	<b>20</b>
<b>f. Efectos.</b>	<b>22</b>
<b>g. Seguridad.</b>	<b>23</b>
<b>7. Discusión.</b>	<b>25</b>
<b>8. Aplicaciones prácticas</b>	<b>27</b>
<b>9. Conclusiones.</b>	<b>28</b>
<b>10. Referencias bibliográficas.</b>	<b>29</b>



## **1. RESUMEN:**

La creatina es una de las ayudas ergogénicas más utilizadas en muchos deportes, con el objetivo de aumentar el rendimiento de los ejercicios de alta intensidad, mejorar la recuperación posterior al esfuerzo y prevenir lesiones. Su suplementación siempre ha estado enfocada en disciplinas de corta duración y alta intensidad, aunque en los últimos años ha mostrado conseguir mejoras del rendimiento en ejercicios anaeróbicos.

Lo más común es administrarla en forma de monohidrato de creatina, por ser la más segura y la que, hasta ahora, más eficacia ha mostrado. Por el contrario, aunque sea eficaz en un alto porcentaje de deportistas, hay personas que son no respondedoras, mientras que, a otras, les produce efectos adversos, como calambres musculares o daño gastrointestinal, entre otros. La suplementación con creatina no está, y nunca ha estado, prohibida, por ninguna asociación ni comité sobre la actividad física y el deporte, ni se considera dopaje, además de ser una de las ayudas ergogénicas que cuenta con más estudios de seguridad.

## **ABSTRACT:**

Creatine is one of the most widely used ergogenic aids in many sports to enhance performance in high-intensity exercises, to improve recovery afterwards and to prevent injuries. Although its supplementation has always been focused on short-term and high-intensity disciplines, in the last couple of years it has proven very useful in improving the performance during anaerobic exercises.

In most cases, it is given in creatine monohydrate form, since it is the safest and most effective one so far. However, although it is effective in a high proportion of athletes, there are some people who are resistant to it. Some people even show adverse effects such as muscle cramps or gastrointestinal damage. Creatine supplementation has never been banned by any physical activity association or committee nor considered as doping. Besides, it is one of the ergogenic aids with more security studies.

## 2. **ABREVIATURAS:**

- **PCr:** Fosfocreatina.
- **AGAT:** Glicina amidinotransferasa.
- **GAA:** Guanidinoacetato.
- **GAMT:** Guanidinoacetato N-metiltransferasa.
- **MM:** Masa muscular.
- **ASADA:** Autoridad de Deportes Antidopaje de Australia.
- **ISSN:** Journal of the International Society of Sports Nutrition
- **CCDS:** Síndromes de deficiencia de creatina cerebral
- **H-MRS:** Espectroscopia de RM cerebral.
- **EFSA:** European Food Safety Authority.
- **AESAN:** Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición.
- **MC:** Monohidrato de creatina.
- **AEPSAD:** Agencia española de protección de la salud en el deporte.



### 3. INTRODUCCIÓN:

La creatina es un compuesto natural que pertenece a la familia del guanidinafosfágeno, formado por aminoácidos no proteicos (metionina, arginina y glicina) que se encuentra de forma natural en la carne roja y el marisco, mayoritariamente en el músculo esquelético (95%, aproximadamente) y, en pequeñas cantidades, en el cerebro, corazón, retina y testículos (5%).

Aproximadamente, la mitad de las necesidades se obtienen de la dieta, mientras que el resto es sintetizado en el hígado y en el riñón a partir de dos aminoácidos: arginina y glicina que, mediante la enzima glicina amidinotransferasa (AGAT), pasa a guanidinoacetato (GAA), que se metila a guanidinoacetato N-metiltransferasa (GAMT) y, a partir de metilenoformol, se forma la creatina. (**Figura 1**)

Dentro de la creatina intramuscular, aproximadamente el 40% es fosfocreatina (PCr) y, el resto, creatina libre. De ella, el 1-2% se degrada en su producto metabólico: creatinina, la cual se excreta en orina. Por ello, teniendo en cuenta que un individuo puede almacenar hasta 160 mmol de creatina/kg de masa muscular seca y, en el caso de las personas vegetarianas, menos (110mmol/kg de MM), se debe reponer 1-3 g de creatina/día aproximadamente, en función de la cantidad de masa muscular del individuo.<sup>[1]</sup>

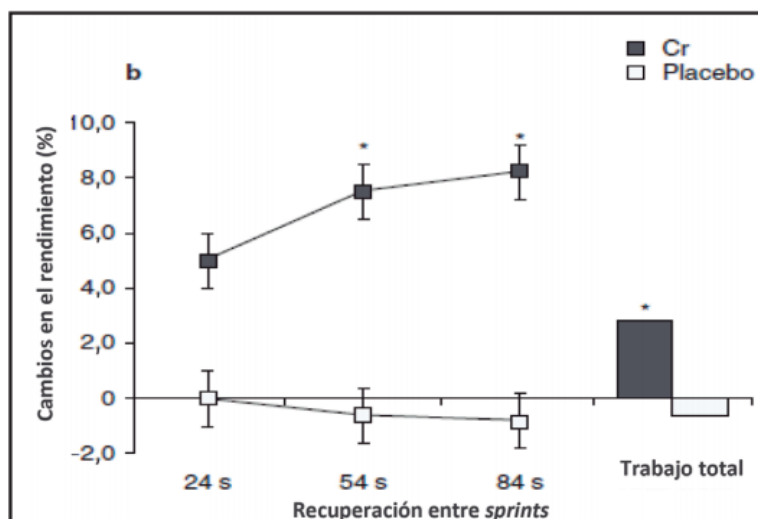
Por otro lado, algunas personas padecen errores innatos sobre AGT o GMAT por herencia autosómica recesiva, de forma que sintetizan creatina en cantidad deficiente, y dependen de la ingesta dietética de creatina para tener los niveles adecuados. Estos errores producen consecuencias graves que pueden conllevar a un retraso mental, convulsiones y retraso del habla, pero se ha observado que suplementar en estos casos con grandes dosis de creatina desde el nacimiento, normalizará el estado<sup>[1]</sup>. Otro error innato se puede producir en el transportador de creatina (CRTR) pero, hasta ahora, no hay un tratamiento satisfactorio.<sup>[2]</sup>

Estos casos, conocidos como síndromes de deficiencia de creatina cerebral (CCDS), se caracterizan por discapacidad intelectual y convulsiones, principalmente y, aunque la edad de diagnóstico varía en función de cuál se padezca, la prueba principal es una espectroscopia de RM cerebral (H-MRS), y el tratamiento consiste en suplementar con monohidrato de creatina oral para reponer los depósitos necesarios de creatina cerebral.<sup>[3]</sup>

En cuanto al aporte dietético, a través del consumo de leche, carne, pescado y moluscos, se pueden obtener 1-2g de creatina/día<sup>[4]</sup> aunque, cabe destacar que, como otros compuestos bioactivos endógenos disponibles en la carne (carnosina, ubiquinona, betaína, carnitina, etc.), la creatina disminuye con la cocción del alimento, principalmente por una conversión no enzimática de creatina a creatinina.<sup>[5]</sup>

Respecto al deporte, la creatina, junto a la PCr, es fundamental para el metabolismo energético del músculo esquelético al proporcionar una rápida resíntesis de ATP, de forma que los deportistas recurren a su suplementación para mejorar su rendimiento al ser una fuente de combustible importante para los sprints o rachas de ejercicios que duren hasta 10 segundos<sup>[5]</sup>, convirtiéndose en uno de los suplementos dietéticos deportivos más populares desde su uso general en los Juegos Olímpicos de Barcelona de 1992.<sup>[6]</sup>

En este ámbito, los efectos deseados al tomar creatina como suplemento son: aumento de fuerza, potenciar la salida, el rendimiento del sprint (**figura 1**), disminuir el umbral de lactato, aumentar el peso y la masa corporal grasa, y aumentar el trabajo total hasta llegar a la fatiga o potencia máxima, lo que puede ayudar a soportar una mayor carga de entrenamientos, mejorando el rendimiento físico en la competición. Por otro lado, también podemos encontrar efectos adversos como la deshidratación, calambres musculares, problemas gastrointestinales y, con mayor gravedad, un golpe de calor<sup>[7][8]</sup>.



**Figura 1.** Resultados significativos sobre cambios en el rendimiento (%) en sprints repetidos con diferentes tiempos de recuperación entre ellos, tras la suplementación con creatina (Cr).

Tomado de: Santesteban[14]

Respecto a los menores de 18 años, no hay evidencias de que la suplementación con creatina pueda producir efectos adversos pero, por precaución legal, la EFSA advierte de que algunos críticos advierten sobre que los jóvenes no deberían tomar creatina salvo si existen razones que lo justifiquen, ya que la evaluación de la seguridad de su uso se refiere a adultos con una situación fisiológica normal<sup>[9]</sup>. A pesar de esto, en la práctica, sí es utilizado en aquellos deportistas que practican entrenamientos competitivos de alto reconocimiento y conocen las pautas adecuadas de la suplementación de creatina<sup>[10]</sup>.

En base a esto, un estudio en deportistas de 10 a 18 años de Nueva York los cuales fueron encuestados de manera confidencial, mostró que el 5,6% tomaba creatina, siendo más común en deportistas varones<sup>[11]</sup>, así como existen estudios de suplementación en deportes de equipo juveniles de 14 a 19 años, como es el caso de la 1ª Liga Juvenil Yugoslava de fútbol en 2004, el cual consistió en hacer una prueba de conducción de balón, de sprint, un salto vertical y una prueba de resistencia antes y después de la suplementación con creatina o placebo, mostrando unos resultados significativamente superior en el grupo que tomó creatina, respecto al que tomó placebo<sup>[12]</sup>.

Por todo ello, la administración de la suplementación de creatina ha aumentado al aplicarse tanto al deporte aeróbico como al anaeróbico, pues anteriormente se aplicaba más la suplementación en ejercicios de índole anaeróbica, mientras que desde hace años se usa cada vez más en deportes de resistencia, al aumentar la resistencia proteica y el almacenamiento de glucógeno, de forma que, actualmente, es utilizada en cualquier modalidad de entrenamiento<sup>[13]</sup>.

Por tanto, hasta ahora la mayoría de estudios se han centrado en analizar este suplemento respecto a su eficacia en sprints gracias a la resíntesis de PCr, pero se conoce que esta resíntesis comienza a producirse tras 60-120 segundos de recuperación, de forma que en aquellos estudios en los que el tiempo de recuperación entre sprints repetidos es menor a 30 segundos, no se han encontrado resultados positivos, al igual que en sprints aislados. Por otra parte en aquellos en los cuales se estudian sprints repetidos, cortos, con un periodo de recuperación de 50 a 120 segundos, observan incrementos en el rendimiento en torno al 1-2%, lo cual puede resultar determinante en una competición de élite.<sup>[14]</sup>

Según esto, a través de la utilización de la creatina podríamos cubrir dos objetivos: en el caso de ejercicios aeróbicos (sprints, resistencia, etc.), actúa aumentando la

resíntesis de fosfocreatina, esencial para sintetizar ATP y, para ejercicios anaeróbicos, como la halterofilia, la creatina provoca hipertrofia muscular.

La administración de creatina se realiza en forma de monohidrato de creatina. Según AESAN, hasta ahora se suplementaba una cantidad máxima diaria de 3.000mg<sup>[9]</sup>, que suele administrarse a partir de dos fases: una de carga rápida de 5-7 días con dosis de 20g de monohidrato de creatina en 4 tomas diarias, y una de mantenimiento durante unas 4 semanas<sup>[10][15]</sup> y según Noonan y cols<sup>[16]</sup> se recomendaba distribuirlo, durante los días de entrenamiento en: 25% en el desayuno, 25% 1h antes del entrenamiento y el 50% restante justo después del entrenamiento. Por otro lado, también es frecuente suplementar MH siguiendo un protocolo de carga lenta con resultados similares, en los que durante 4 semanas se aportan unos 3g diarios (0,04g/kg/día) en una sola dosis<sup>[15]</sup>, aunque deberían realizarse más estudios para asegurarse de que el uso crónico de creatina no tenga efectos nocivos para la salud<sup>[17]</sup>.

En cuanto a la respuesta a la suplementación con creatina hay gran variabilidad individual, ya que cerca del 30% de la población que recurre a la suplementación de creatina, no incrementan los niveles de creatina suficientes como para mejorar su rendimiento deportivo, pero esto depende de los depósitos de fosfocreatina iniciales del individuos, de forma que, a mayor depósito de fosfocreatina, menor incremento producirá la creatina, de forma que aquellos individuos menos entrenados o al comienzo de las temporadas, serán los que se beneficien en mayor cantidad.<sup>[15]</sup> Además de esto, también hay evidencia de variabilidad en la acumulación de creatina intramuscular por género (las mujeres tienen mayores concentraciones) y por edad (disminuye con la edad), aunque se desconoce la causa exacta<sup>[18]</sup>

Además, la ISSN considera que la suplementación de creatina es fundamental en niños y adolescentes que practican deportes que puedan suponer un riesgo de traumatismo craneoencefálico y/o lesiones neurológicas y medulares, ya que suplementarla ha demostrado proporcionar una neuroprotección significativa contra los ataques sistémicos y oxidativos, pues ensayos actuales sobre la suplementación de creatina después de una lesión cerebral traumática mostraron que la administración crónica de creatina mejoró el daño cortical en ratones hasta un 36%, lo que parece relacionarse al mantenimiento de la bioenergética mitocondrial, pues disminuye los niveles intramitocondriales de especies reactivas de oxígeno y calcio<sup>[10]</sup>.

Respecto a su uso, varios organismos como la EFSA, la Autoridad de Deportes Antidopaje de Australia (ASADA), la AEPSAD o el Colegio Americano de Medicina del

Deporte, categorizan el uso de Creatina como un suplemento eficaz y seguro de acuerdo a protocolos de prácticas para deportistas<sup>[19][20][21]</sup>, a pesar de que, a lo largo de los años, el uso de creatina ha estado rodeado de mitos y controversias respecto a su eficacia y seguridad<sup>[22]</sup>.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la EFSA advierte de la importancia de la composición del suplemento, de forma que hay que evitar que haya impurezas para prevenir posibles efectos adversos de estas como creatinina, dicianidamida, dihidro-1,3,4-triazina, metales pesados, mercurio, cadmio, plomo, arsénico, etc.<sup>[23]</sup>

El hecho de que la creatina no se comercialice en estado puro se debe a su inestabilidad. Por ello se suele administrar en forma de monohidrato de creatina, ya que la molécula de agua proporciona estabilidad. Esta se administra en forma de polvo, pero también existe creatina administrable de forma intravenosa, aunque solo se emplea en intervenciones quirúrgicas cardiovasculares.

Hay muchas formas de presentación de la creatina, que varían en función de la solubilidad en el agua, la permeabilidad celular, la absorción, la dosis, la efectividad, y la seguridad. Dentro de ellas, el monohidrato de creatina es la más utilizada, y se caracteriza por contener un 88% de creatina y un 12% de agua. Además de ser la más estudiada, es la más económica, aunque puede causar retención de líquidos y molestias gastrointestinales e, incluso, hay personas que no son respondedoras. Otro tipo es la Creatina alcalina o “bufferada”, la cual es la más pura y es resistente al pH ácido del estómago, de forma que llega en su estado puro a la sangre y el músculo lo aprovecha en su totalidad. Por ello, al tener una absorción mayor, la dosis necesaria para suplementar es menor, y no produce tanta retención de líquidos ni molestias gastrointestinales, pero el precio es más elevado que el de MC.

Además de estas principales, hay derivados de creatina considerados como “nuevas generaciones”. Este es el caso de la Creatina HCL o Clorhidrato, la creatina etil-éster, creatina malato, fosfato de creatina, nitrato de creatina, creatina Magna Power, Citrato de creatina, o Gluconato de Creatina. De ellas, el clorhidrato destaca por su excelente solubilidad y es recomendada para los “no respondedores”. La creatina Etil-Éster se forma al esterificar el MC con metanol o etanol, favoreciendo su biodisponibilidad y aumentando su capacidad para penetrar en las membranas celulares, de forma que también requiere menos dosis. La creatina malato se forma a partir de creatina y ácido málico y, en función de las moléculas que se unan al ácido málico, se conoce como creatina Di- y Tri-malato; este procesado suele utilizarse para tratar personas con

fatiga crónica y fibromialgia, pero aún se está estudiando si se disuelve mejor que la MC. Respecto al fosfato de creatina, se urgió uniendo fosfatos a la creatina con el objetivo de superar los resultados que produce la MC, pero nunca se consiguieron, por lo que es poco utilizada, al ser una variación más del suplemento cuyo precio es aún mayor.

Aproximadamente una hora después de la ingesta de creatina, se produce el mayor pico plasmático, lo que influye en la determinación de la pauta de suplementación en función de la especialidad deportiva practicada. De forma que para ejercicios de fuerza cortos e intensos, se consume durante los primeros instantes de entrenamiento; para entrenamientos más largos, durante el mismo entrenamiento y, para aquellos de resistencia con gran componente anaeróbico (intensidad moderada y mayor volumen), inmediatamente después.

#### 4. OBJETIVOS:

##### OBJETIVO PRINCIPAL:

Revisar la evidencia científica sobre la eficacia, mecanismos de acción, dosis, efectos adversos y prevalencia de uso de la suplementación con creatina

##### OBJETIVO ESPECÍFICOS:

Mejorar el rendimiento del ejercicio físico en deportistas de 14 a 16 años.

#### 5. METODOLOGÍA:

Tipo de diseño: El diseño metodológico con que fue realizada la presente revisión bibliográfica, la cual es selectiva y crítica, trata de analizar e integrar la información esencial de los estudios científicos de investigación. La revisión se basó fundamentalmente en criterios determinados por la estrategia de búsqueda de la información y posterior selección. La metodología que se utilizó fue la determinación de la calidad de la información obtenida.

Fuente de obtención de datos: Todos los datos utilizados se obtuvieron de la consulta directa y acceso, vía Internet, a la literatura científica indexada en la base de datos PubMed.

Tratamiento de la información: La revisión se basó fundamentalmente en criterios determinados por la estrategia de búsqueda de la información y posterior selección. La metodología que se utilizó fue la determinación de la calidad de la información obtenida. Para ello, se analizaron los artículos publicados por instituciones o investigadores individuales, cuyo idioma fuera inglés o castellano, preferentemente publicados en los últimos 5 años. La combinación de descriptores y operadores booleanos utilizados, así como el número de artículos que se obtuvieron como resultado se muestran en la **tabla 1**.

<b>Tabla 1.</b> Resultados para la combinación de descriptores y operadores booleanos utilizados	
<b>Combinación para la búsqueda</b>	<b>Resultados</b>
<i>“creatine” AND “young people”</i>	2726
<i>“creatine” OR “ergogenic aids” AND “muscular performance”</i>	310
<i>“creatine supplementation” AND “exercise performance”</i>	502
<i>“creatine” AND “performance” AND “young people”</i>	8
<b>TOTAL:</b>	<b>3546</b>

Selección final de los artículos: Los documentos debieron cumplir con unos criterios de inclusión y exclusión (**Tabla 2**).

- Criterios de inclusión: Ensayos clínicos aleatorizados, revisiones bibliográficas y sistemáticas y metaanálisis publicados en los últimos 5 años.
- Criterios de exclusión: Documentos de interés que no basaban su estudio en personas mayores.

<b>Tabla 2.</b> Resultados para la combinación de descriptores y operadores booleanos utilizados después de añadir los criterios de inclusión	
<b>Combinación para la búsqueda</b>	<b>Resultados</b>
<i>“creatine” AND “young people”</i>	1001
<i>“creatine” OR “ergogenic aids” AND “muscular performance”</i>	92
<i>“creatine supplementation” AND “exercise performance”</i>	154
<i>“creatine” AND “performance” AND “young people”</i>	1
<b>TOTAL:</b>	<b>938</b>

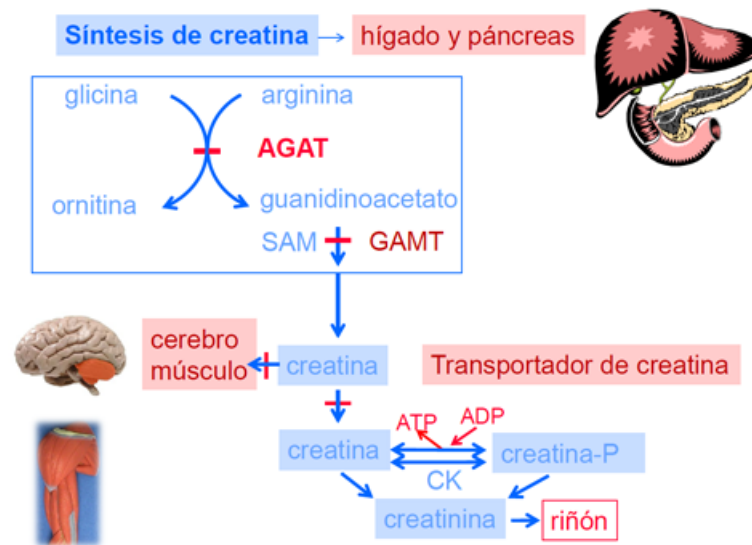
**Palabras clave:** Creatina, seguridad, jóvenes, deporte, ayuda ergogénica.



## 6. DESARROLLO:

### a) **Síntesis de creatina.**

La creatina se sintetiza usando como sustrato los aminoácidos arginina y glicina, y utilizando dos enzimas (AGAT y GAMT) a partir de dos pasos. La principal vía de biosíntesis de creatina implica la formación de guanidino acetato en el riñón, su transporte a sangre y su metilación en el hígado, desde el cual se exporta la creatina y se transporta por la sangre hasta los tejidos que más la requieren (**Tabla 3**).<sup>[9]</sup>



**Figura 2.** Vida de la creatina.<sup>[13]</sup>

### NIVELES DE CREATINA EN EL ORGANISMO DE MAMÍFEROS

**Más altos:** Músculo esquelético, corazón, espermatozoides y células fotorreceptoras de la retina.

**Medios:** Cerebro, tejido adiposo, intestino, vesículas seminales, células endoteliales y macrófagos.

**Bajos:** Pulmón, bazo, riñón e hígado.

**Tabla 3.** Niveles de creatina en el organismo Tomado de: (AESAN) [9]

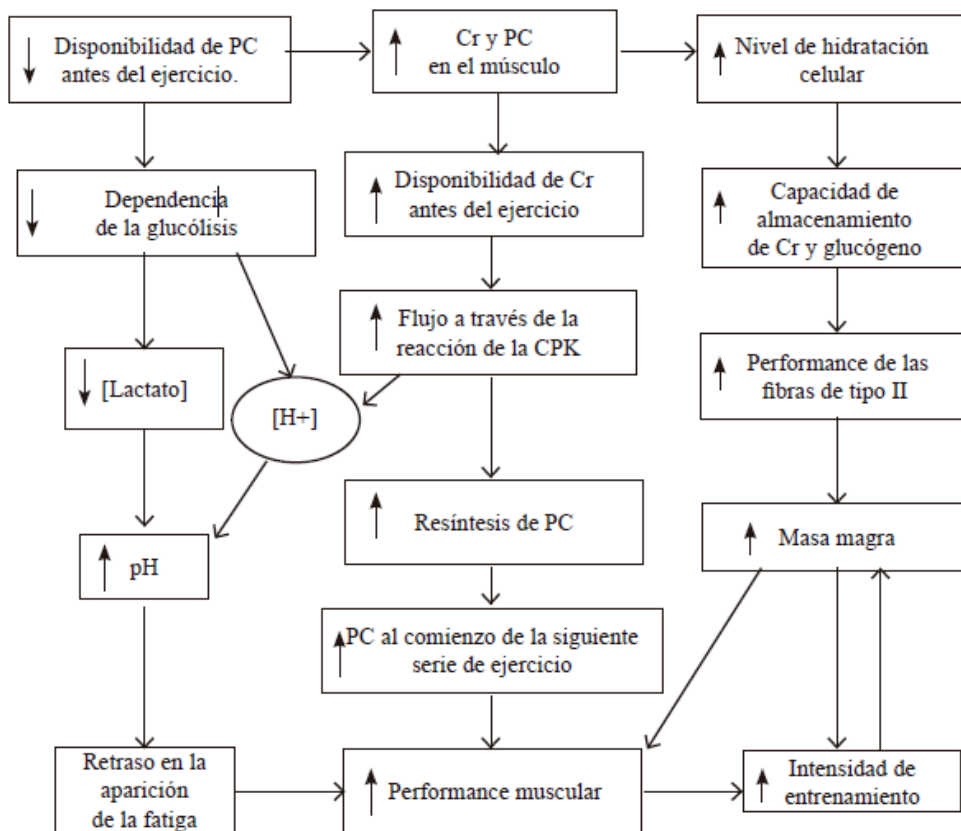
Además, cabe destacar que la presencia de sustancias como la insulina y la vitamina E, o la práctica de ejercicio físico para estimular al organismo, también pueden incrementar el transporte de creatina al músculo.<sup>[16][23]</sup> En el caso de la insulina, se explica porque, al acompañar el aporte de MC junto a hidratos de carbono y proteínas, se observa mayor retención de creatina en el músculo ya que la proteína transportadora que media el aporte de creatina al músculo esquelético

es saturable, dependiente de sodio, y se produce en contra de gradiente y, parece, según Steenge y cols.<sup>[22]</sup>, que la insulina aumenta la actividad de la bomba sodio/potasio, facilitando este aporte.

**b) Mecanismo de acción:**

El monohidrato de creatina incrementa los niveles de fosfocreatina en el músculo, esencial para resintetizar el ATP, incrementa la expresión de genes encargados en el control de la osmolaridad y la transducción genética, como la integrina-1, produciendo una retención intracelular que induce hipertrofia muscular, es decir, aumenta el volumen muscular, gracias al cual aumenta la capacidad de almacenar glucógeno en el músculo.<sup>[23]</sup>

Respecto a la disminución del umbral del lactato que produce la suplementación de creatina, consiste en reducir la disminución de la potencia que se observa durante ejercicios intensos debidos a la acumulación de ácido láctico en el músculo, por el cual disminuye el pH del músculo y contribuye a la aparición de fatiga y a la disminución de las capacidades del músculo para producir fuerza. (**Figura 3**).



**Figura 3.** Posibles mecanismos por los que niveles elevados de creatina y PCr podrían mejorar el rendimiento muscular. Tomado de: [24]

Es decir, la creatina actúa de varias maneras: almacén de energía en forma de PCr, que será responsable para la resíntesis de ATP a partir de ADP; transportar fosfatos de alta energía (creatina y PCr) de la mitocondria a las miofibrillas, donde será necesaria durante la contracción muscular; búfer de protones, ya que al hidrolizar la PCr, se utilizan iones de hidrógeno de tal forma que se alcaliniza la célula muscular al comenzar el ejercicio; controlar la fosforilación oxidativa aumentando la producción de ATP, y mejorar la función anabólica al provocar un aumento de masa muscular sin incrementar el volumen de agua.

**c) Errores innatos del metabolismo de la creatina.**

Los errores innatos del metabolismo de la creatina pueden deberse a trastornos en la biosíntesis por deficiencia de GAMT o de AGAT, o deficiencia del transportador CRTR y, en función de cuál se padezca, se diferencian según unas características específicas.

La deficiencia de AGAT es la menos común y, por tanto, la más desconocida. Por otro lado, en el caso de la deficiencia de GAMT pueden padecer conductas propias del autismo y automutilación, y suele iniciarse entre los 3 meses y los 3 años mientras que, en el caso de la deficiencia de CRTR, varía en función del fenotipo ya que, en caso de que los afectados sean varones, pueden padecer desde una discapacidad intelectual leve junto a retraso del habla, hasta una discapacidad intelectual grave acompañada de trastornos del movimiento y de la conducta, mientras que en el caso de las mujeres, pueden ser asintomáticas o padecer un fenotipo grave semejante al masculino. En este caso, la edad de diagnóstico varía desde los 2 hasta los 66 años.<sup>[3]</sup>

La deficiencia de GAMT y de AGAT se trata con monohidrato de creatina, teniendo en cuenta que la deficiencia de GAMT también requiere suplementar con ornitina y restringir arginina o proteína en la dieta. En el caso de la deficiencia de CRTR, no se conoce un tratamiento satisfactorio<sup>[2]</sup> ya que, la suplementación con monohidrato de creatina no recarga los depósitos de creatina cerebral y, la suplementación con aminoácidos como la L-arginina o la L-glicina no ha demostrado una mejoría en los resultados clínico o bioquímicos.<sup>[3]</sup>

Padecer estos errores innatos se debe a causa genética. En el caso de la deficiencia de GAMT y AGAT, se hereda de manera autosómica recesiva en los

genes implicados en el cromosoma 19p13.3 y 15q15.3, respectivamente, y en el caso de la deficiencia de CRTR, se hereda de forma ligada al cromosoma Xq28, y el gen se denomina SLC6A8.<sup>[25][27]</sup>

d) **Aporte dietético de creatina y biodisponibilidad.**

Por su eficacia clínica y deportiva, la suplementación de creatina se ha convertido en una de las ayudas ergogénicas más populares tanto en deportistas como en personas ancianas y enfermas<sup>[28]</sup>. El interés de su suplementación está basado en que ha demostrado ser capaz de aumentar el contenido intramuscular y mejorar el rendimiento y la masa corporal magra<sup>[29]</sup>.

En dietas omnívoras se debe aportar aproximadamente 1-2g de creatina al día, aportada fundamentalmente a partir del pescado y de la carne en cantidades variables. (**TABLA 4**).

<b>Alimento</b>	<b>Concentración de creatina (g/100g)</b>
Arenque	0.65-1.00
Carne de cerdo	0.50
Carne de bovina	0.45
Salmón	0.45
Atún	0.40
Bacalao	0.40
Lenguado	0.20
Leche	0.01

**TABLA 4.** *Contenido de Cr en algunos alimentos. Tomado de: Gualano 2010<sup>[28]</sup>.*

Hay que tener en cuenta que no es cuestión de consumir excesivas cantidades, ya que ya que el organismo no puede utilizarlas y las excreta por la orina, de forma que sobrecargan la función renal y, en sujetos que padecen daño renal previo, puede producir efecto nocivos severos.<sup>[20]</sup>

e) **Pautas de suplementación.**

Según la declaración del consenso del COI <sup>[31]</sup>, se recurre a la creatina para mejorar el rendimiento en ejercicios repetidos de alta intensidad y los resultados conducen a mayores ganancias de masa magra, fuerza muscular y potencia al aumentar la tasa de resíntesis de PCr.

Se ha demostrado que la suplementación con creatina mejora la fuerza isométrica en series de alta intensidad (<150s de duración) y, de forma menos común, aumenta/mejora la síntesis de proteínas, el almacenamiento de glucógeno la termorregulación. Además, muestra efectos antiinflamatorios y antioxidantes potenciales<sup>[31]</sup>.

Aunque en la mayoría de casos la creatina se suplementa en forma de monohidrato de creatina por ser la forma que mayor eficacia ha mostrado, hay diferentes formas de administrar la creatina con diferencias en su seguridad.<sup>[29]</sup> (**TABLA 5**).

<b>Forma de creatina (g/mol)</b>	<b>Co-moléculas</b>	<b>Cantidad correspondiente a 3 g de creatina (g)</b>	<b>Seguridad en función de la cantidad indicada</b>
<b><i>Creatina</i></b>		3.0	
<b><i>Creatina monohidrato</i></b>	Agua	3.4	Sin preocupaciones de seguridad.
<b><i>Piruvato de creatina</i></b>	Ácido pirúvico	5g con 2g de piruvato	No hay preocupación de seguridad con respecto a la ingesta de piruvato
<b><i>Citrato de creatina (1:1)</i></b>	Ácido cítrico	7.4 con 4.4 de citrato	No hay preocupación de seguridad con respecto a la ingesta de piruvato
<b><i>Tricreatina</i></b>	Ácido málico	4g con 1g de malato	No hay preocupación de seguridad con respecto a la ingesta de piruvato
			No hay preocupación de seguridad con respecto a la

<b><i>Taurinato de creatina</i></b>	Taurina	5.9g con 2.9g de taurinato	ingesta de taurina. Cuando hay una ingesta adicional de taurina a través de bebidas energéticas, la ingesta diaria total de taurina debe tenerse en cuenta por razones de seguridad.
<b><i>Creatina fosfato</i></b>	Ácido fosfórico	4.8g con 1.8g de fosfato con 0.7g de fósforo	En algunos individuos se han reportado síntomas gastrointestinales leves después de la administración de más de 750 mg de fósforo por día
<b><i>Oroato de tricreatina</i></b>	Ácido orótico	4.4g con 1.2g de oroato	Importantes preocupaciones de seguridad debido a los efectos promotores de tumores del ácido orótico.
<b><i>Creatina etil éter</i></b>	Etanol	3.6g con 1g de etanol	No hay preocupación de seguridad, pero el aumento de los niveles de creatina en el suero después de la ingesta de esta creatina forma, probablemente debido a la alta conversión de éster etílico de creatina a la creatina en el tracto gastrointestinal.
<b><i>Piroglutamato de creatina</i></b>	Ácido piroglutámico	6g con 3g de piroglutamato	No hay preocupación de seguridad con respecto a la ingesta de ácido piroglutámico, pero papel poco claro en las enfermedades neurológicas.
			Probablemente no hay

<b>Gluconato de creatina</b>	Ácido glucónico	7.5g con 4.5g de gluconato	preocupación de seguridad debido a la ya alta síntesis endógena (≈20-30g/día).
<b>Creatina quelada (ratio ligado a mineral 1:1; 2:1 o 3:1)</b>	Magnesio	3.6 g con 0.6 de Mg (1:1) 3.3 g con 0.3g de Mg (2:1) 3.2g con 0.2g de Mg (3:1)	Posible incidencia de efectos adversos gastrointestinales en algunos individuos cuando se supera el nivel tolerable de ingesta superior de la ingesta de magnesio (250 – 350 mg) (refiriéndose a sales de magnesio fácilmente disociables)

**TABLA 5.** *Diferentes formas de creatina-dosis y seguridad. Tomado de: [29].*

Cabe destacar que el nivel de intensidad del entrenamiento puede afectar a la absorción de creatina durante la fase de carga (20g de creatina durante 5-7 días), ya que los deportistas altamente entrenados poseen niveles intramusculares de creatina elevados, de forma que no requieren periodos de carga, aunque sí de mantenimiento<sup>[24]</sup>.

Por ello, para mejorar el rendimiento, se debe hacer una valoración de las características del deportista, como la edad, el deporte practicado, el nivel de entrenamiento, etc.

**f) Efectos.**

En general, el uso consumo de creatina siguiendo los protocolos establecidos es seguro. El efecto adverso más común son los calambres musculares, que pueden deberse a la deshidratación o alteración del balance hídrico que puede provocar esta sustancia, pero que se soluciona fácilmente ingiriendo más cantidad de agua.<sup>[14]</sup>

Se suele cuestionar el daño de la función renal que, potencialmente puede provocar la suplementación con creatina, al aumentar la excreción de creatinina en orina, la cual es un indicador de la función renal, pero solo ocurre en el caso de que la persona que esté recibiendo la suplementación tenga daño renal previo <sup>[20]</sup>

Por otro lado, parece que al aumentar la hipertrofia muscular, aumenta la rigidez, de forma que algunos estudios han demostrado que disminuye el rango de extensión y abducción de algunas partes del cuerpo, resultando contraproducente en deportes en los que la flexibilidad puede ser un factor importante.<sup>[30]</sup>

Respecto a la composición corporal, parece que la creatina eleva la masa corporal total y la masa magra. Es decir, al ser hidrofílica, los cambios se deben a la variaciones en la masa libre de grasa pero, pero respecto a la masa grasa parece haber controversias, pues en algunos estudios de suplementación con creatina, la masa grasa se mantiene estable mientras que, en otros, disminuye<sup>[24]</sup>.

Debido a la variabilidad interindividual respecto a la acción de la suplementación de creatina, hay en personas en quienes puede producir efectos adversos aislados, como es el caso de las mujeres postmenopáusicas, a quienes suele causarles malestar gastrointestinal y calambres musculares.<sup>[31]</sup>

#### g) **Seguridad.**

La mayoría de estudios realizados sobre la suplementación con creatina no presentan ningún riesgo para salud y, el único efecto secundario suele ser el aumento de peso debido a sus propiedades hidrofílicas. Existen algunos trabajos de dudosa calidad científica, y en casos aislados, que sugieren la posibilidad de que la creatina aumenta el riesgo de padecer lesiones músculo-esqueléticas, deshidratarse, sufrir calambres musculares, molestias gastrointestinales, o afectar a la función renal. Sin embargo, han sido ampliamente refutados por varios estudios clínicos realizados acerca de la tasa de filtración glomerular, el flujo de plasma renal, el aclaramiento de creatina, la reabsorción tubular o la permeabilidad de la membrana glomerular, mostrando, en todo caso, que no presenta ningún riesgo<sup>[10]</sup>, así como otros estudios han comprobado que tampoco produce ningún riesgo en índices hematológicos, y en la función hepática y muscular.<sup>[32]</sup>

La comercialización y diferente procesamiento que dieron lugar a otras formas de creatina (*clorhidrato, creatina etil-éster, creatina malato, fosfato de creatina, nitrato de creatina, creatina Magna Power, Citrato de creatina y Gluconato de Creatina*), tienen como objeto mejorar las propiedades fisicoquímicas, biodisponibilidad, eficacia y seguridad, pero respecto a esta última, los datos sobre la suplementación a largo plazo y dosis altas son limitados, por lo que se necesitan



estudios de toxicidad en animales, así como de intervención a largo plazo en humanos.<sup>[33]</sup>

<i>Descripción</i>	Compuesto nitrogenado que existe de forma natural en el músculo esquelético, cerebro y testículos, en equilibrio con fosfocreatina (PCr), que mejora el rendimiento en deportes de alta intensidad y esfuerzo repetido (como deportes de equipo), logrando adquirir un aumento mayor de la masa muscular y de la fuerza.
<i>Mecanismo de acción</i>	Aumenta la cantidad de creatina almacenada en el músculo, ayuda a regenerar el ATP en esfuerzos intensos de corta duración y alta intensidad.
<i>Protocolo de uso</i>	<p>Forma: monohidrato de creatina. Post ejercicio físico.</p> <p>Protocolo rápido: 20 g/d durante 5-7 días, 4 tomas de 5 g. Dosis mantenimiento 3-5 g/d, 4-12 semanas.</p> <p>Protocolo lento: 3-6 g/d durante 4-12 semanas. Ingesta conjunta con hidratos de carbono y proteínas.</p>
<i>Impacto en el rendimiento</i>	Aumento del rendimiento de sprint individual o repetido (<150 segundos, y con efectos evidentes más pronunciados en ejercicios menores a 30s), del trabajo durante series de contracción en esfuerzo máximo, de la masa muscular y fuerza, de la síntesis de glucógeno, del almacenamiento de glucógeno, el umbral anaeróbico, la capacidad aeróbica por mayor transporte de ATP, la capacidad de trabajo y la tolerancia al calor por hiperhidratación. Tiene propiedades de tampón, antiinflamatorias, y antioxidantes, y reduce el daño muscular.
<i>Consideraciones y efectos secundarios sobre la salud y el rendimiento</i>	Aumento del peso corporal por retención de líquidos a nivel intramuscular, aumento de la rigidez muscular, calambres musculares, y problemas GI leves.

Evidencia científica de la creatina como ayuda ergogénica nutricional. Modificada de Maughan<sup>[13]</sup>.

## 7. DISCUSIÓN.

La creatina ha demostrado con fuerte evidencia científica ser eficaz en el transporte de fosfatos de la mitocondria a las miofibrillas musculares para la contracción, búffer de protones, control de la fosforilación oxidativa, así como aumentar la masa muscular.

Por ello, aunque siempre se ha recurrido a la creatina para mejorar los ejercicios de fuerza, pero recientemente ha demostrado su eficacia para mejorar la resistencia. Así, la suplementación de creatina es comúnmente utilizada en deportes como el fútbol o el rugby<sup>[24]</sup> y, en menor medida, en otros deportes<sup>[34]</sup>, como el voleibol, en el cual parece efectivo para mejorar el rendimiento respecto a la fuerza máxima en saque y remate y el salto vertical; en balonmano ha demostrado que incrementa significativamente la masa muscular, el número máximo de repeticiones hasta la fatiga y la potencia en press banca. En lucha, mejora la recuperación del nivel de fuerza máxima y la capacidad total de trabajo; y, en el caso de la natación, no mejora el rendimiento cuando se realiza un único sprint, pero sí en series repetidas y, parece ser, que es aún más efectivo en estilo pecho y mariposa que en el estilo libre.<sup>[24]</sup>

La eficacia de la creatina es debido a su mecanismo de acción, el cual consiste fundamentalmente en aumentar la cantidad de fosfocreatina almacenada en el músculo, lo que ayuda a regenerar el ATP en esfuerzos intensos de corta duración. Así mismo, facilita la hidratación y expansión celular, atenúa el catabolismo y estimula la síntesis proteica, favoreciendo los procesos de regeneración e hipertrofia, mejora la estabilidad de las membranas celulares, y facilita la liberación de iones de calcio del retículo sarcoplasmático agilizando los procesos de contracción-relajación mejorando la eficacia del trabajo al disminuir el tiempo para volver a estimular la fibra.<sup>[13]</sup>

A la hora de administrarlo, lo más común y seguro es el monohidrato de creatina. Según el protocolo de Maugham<sup>[13]</sup>, se recomienda suministrarla después de realizar el ejercicio físico y puede realizarse según una pauta rápida o una lenta. En el caso de la rápida, consiste en aportar 20g/día durante 5-7 días, a partir de 4 tomas al día de 5g, y seguido de unas dosis de mantenimiento de 3-5g/día durante 4-12 semanas. Respecto al protocolo de suplementación lenta, consiste en administrar 3-6g/día durante 4-12 semanas.

No todos los estudios incluidos reportan beneficios ergogénicos, posiblemente debido a diferencias intrasujeto en la respuesta a la suplementación con creatina, la duración de la suplementación, el criterio de evaluación de los ejercicios y/o la duración de las

pausas entre las series repetidas de ejercicios, pero todos garantizan que su uso es seguro a las dosis recomendadas.

Aunque hay gran controversia acerca de los posibles efectos adversos de la suplementación con creatina, numerosos estudios han demostrado que no produce ningún riesgo a nivel hepático o renal y que, aunque debido al aumento del volumen de agua intracelular, puede aumentar el riesgo de calambres y deshidratación, ninguna de estas reacciones adversas ha sido apoyada.

En base a esto, cabe destacar que los efectos adversos pueden variar en función de la población a la que se dirija la suplementación, de forma que hay individuos más vulnerables, como las personas polimedamentadas. La población de más edad suele padecer comorbilidades que obligan a tratamiento farmacológico, aumentando el riesgo de efectos adversos a la creatina; no obstante existen pocos estudios científicos que establezcan con coherencia estos posibles efectos. Sin embargo, en el caso de personas que padecen déficits o mutaciones genéticas, la evidencia científica es mayor. El conocimiento del metabolismo y transporte de la creatina en el sistema nervioso central, permite entender mejor las consecuencias de los síndromes de deficiencia de creatina, y contribuye a descifrar mejor el papel de la creatina en la regeneración de ATP y como neurotransmisor. El hecho de que la síntesis de creatina esté comprometida en algunos individuos con mutaciones genéticas, muestra la necesidad de suplementar creatina y ha dado lugar a numerosas líneas de investigación a propósito de la seguridad de la misma

La prevalencia de la toma de suplementación de creatina es mucho más alta en varones. No obstante, esta condición podría cambiar en breve debido al aumento de mujeres que entrenan en gimnasios con el objetivo de mejorar su musculatura. Además, cada vez se recurre más a la suplementación con creatina porque ha demostrado ser eficaz en ejercicios anaeróbicos y anticatabolizantes, como deportes de raqueta, de pelota o de equipo. Estas modalidades son practicadas con mayor prevalencia por población joven, de forma que la creatina muestra una mejora del rendimiento y una disminución del riesgo de lesiones.

Respecto a los niños y adolescentes, la tendencia es que dado que las personas que aún están en fase de maduración y desarrollo presentan unas condiciones diferentes y más estrictas en la prescripción de creatina. No hemos de entender este supuesto más que como una precaución legal, dado que, como hemos comentado anteriormente no hay evidencia de efectos adversos en su uso a las dosis recomendadas.

## **8. APLICACIONES PRÁCTICAS.**

Por lo anteriormente descrito, la suplementación con creatina cumple dos estrategias, pues ha mostrado tener un efecto mixto con resultados a nivel deportivo y terapéutico.

En el campo estrictamente deportivo, no sólo va a ser eficaz como ayuda ergogénica nutricional para prevenir la aparición de lesiones, sino que además mejora el rendimiento. Por este motivo se usa en deportes que recurren a su utilización con la finalidad de aumentar la capacidad para realizar sprints individuales o repetidos, aumentar el trabajo durante series de contracción de esfuerzo máximo, aumentar la masa muscular y la fuerza, la síntesis y el almacenamiento de glucógeno, el umbral anaeróbico, la capacidad aeróbica para realizar un mayor transporte de ATP, la capacidad de trabajo y de tolerancia, la tolerancia al calor por hidratación, y su capacidad para actuar como buffer, recuperador de lesiones, antioxidante, y disminución del daño muscular<sup>[13]</sup>.

En el ámbito terapéutico, gracias a sus efectos sobre la masa y fuerza muscular, ha resultado ser un exitoso tratamiento adyuvante en varias enfermedades como distrofias musculares, citopatías, miopatías inflamatorias y trastornos de neuropatía periférica. Respecto a trastornos óseos, se ha especulado que la creatina podría utilizarse en el tratamiento de la osteoporosis y osteoartritis, pero la evidencia es escasa. En cuanto a los trastornos cerebrales, suficientes estudios comprueban la relación entre la administración de creatina y la reversión de síntomas en pacientes con síndromes de deficiencia de creatina, el retraso mental, el autismo, el retraso del habla y la atrofia cerebral, y puede aliviar la fatiga mental que producen algunos estímulos estresores, como, por ejemplo, el cálculo matemático.<sup>[28]</sup>

Por otro lado, la creatina también incrementa el rendimiento deportivo en ancianos físicamente activos, pues un estudio en el que se realizaron varias pruebas de fuerza dinámica, de fuerza máxima isométrica y de coordinación, comprobaron, gracias a muestras de sangre y biopsias musculares, incrementos de la masa corporal y en el tejido muscular, en la fuerza dinámica máxima y en la fuerza isométrica máxima, así como en la fuerza explosiva y en la capacidad funcional del tren inferior en un grupo experimental, respecto a un grupo control que tomaba placebo.<sup>[35]</sup>

Además, en este último grupo poblacional, la creatina ha mostrado que, en combinación con un entrenamiento de fuerza, ayuda a aumentar los niveles de fosfágeno de la masa muscular, mejorar el rendimiento del ejercicio de alta intensidad y promover mayores adaptaciones al entrenamiento, de forma que puede ayudar a

aquellas personas que padecen sarcopenia, es decir, que están sufriendo una pérdida involuntaria de masa muscular y, por tanto, una disminución de la fuerza.<sup>[37]</sup>

## 9. **CONCLUSIONES.**

1. La evidencia científica ha demostrado que la suplementación con creatina es altamente eficaz tanto a nivel deportivo como terapéutico.
2. A nivel deportivo, ha mostrado ser eficaz a la hora de disminuir lesiones por sus funciones como bomba de protones y antioxidante y, por otro lado, produce una mejora del rendimiento al mejorar la capacidad de resíntesis del ATP, convirtiéndose en un buen combustible energético.
3. Es necesario efectuar investigaciones que demuestren los efectos que puede producir la suplementación crónica de creatina, ya sea en deportistas recreacionales como de elite, ya que el uso a corto plazo se considera seguro y sin efectos adversos. Sin embargo, a largo plazo los datos son limitados.
4. Con respecto a la seguridad, la creatina ha mostrado ser una ayuda ergogénica nutricional a las dosis recomendadas válida y segura en aquellos individuos que siguen una dieta adecuada y participan en un programa de entrenamiento intenso, de calidad y supervisado
5. Respecto al grupo poblacional elegido, los deportistas jóvenes de 14-16 años, la revisión de la bibliografía ha mostrado que la suplementación con creatina tiene una eficacia similar a la de en adultos, ya que no hay datos de que el almacenamiento de creatina sea menor en jóvenes.
6. Por todo ello, cabe destacar que para llevar a cabo una correcta suplementación de creatina y mejorar el rendimiento a nivel deportivo, es necesaria la existencia de un profesional del tema, que sepa cómo dirigir las pautas de suplementación de cada paciente individuo, de forma que consideramos esencial la figura de un dietista-nutricionista en estos casos.

## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. Brosnan ME, Brosnan JT. The role of dietary creatine. Springer link. 2016; 58 (8), pp1785-1791.
2. Braissant O, Henry H, Béard E, Uldry J. Creatine deficiency syndromes and the importance of creatine synthesis in the brain. Springer link. 2011; 40(5), pp1315-1324.
3. Mercimek-Mahmutoglu. Creatine Deficiency Syndromes. GeneReviews. 2015.
4. Butts J, Jacobs B, Silvis M. Creatine Use un Sports. SAGE. 2018; 10(1), pp31-34
5. Dinesh DJ, Jung S, Sik Bae Y, et al. Changes in endogenous bioactive compounds of Korean native chicken meat at different ages and during cooking. Poultry Science. 2014; 93(7), pp1842-1849.
6. Eichner ER. Ergogenic Aids: What Athletes Are Using-and Why. Phys Sportsmed. 1997; 25(4), pp70-83.
7. Momaya A, Fawal M, Estes R. Performance-Enhancing Substances in Sports: A Review of the Literature. Sports Medicine. 2015; 45(4), pp 517-531.
8. Mas Meleru C. ¿Influye el género en los hábitos y efectos de la suplementación deportiva en adultos jóvenes? Universitat de les Illes Balears. 2018.
9. FarréRovira R, Martín Bermudo F, CameánFernandez AM, et al. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre condiciones de uso de determinadas sustancias distintas de vitaminas, minerales y plantas para ser empleadas en complementos alimenticios. 2012.
10. Kreider RB, Kalman DS, Ziegenfuss TN, Wildman R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport and medicine. BMC. 2017.
11. Metzl, JD, Small E, Levine Sr, Gershel JC. Creatine Use Among Young Athletes. AAP. 2011; 108(2).
12. Kirkendall, D. Creatina, carbohidratos y líquidos ¿Son importantes para la nutrición en el fútbol?. Sports science Exchange. 2014; 17(3).
13. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. IOC Consensus statement: dietary supplements and the high performance athlete. Br J Sports Med. 2018
14. Santesteban V, Ibáñez J. Ergogenic aids in sports. Nutr. Hosp. 2017; 34(1).
15. Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte. FMD. Disponible en: [http://femedede.es/documentos/CANH-Tema\\_15.pdf](http://femedede.es/documentos/CANH-Tema_15.pdf)

16. Noonan D, Berg K, Latin RW, et al. Effects of varying dosages of oral creatine relative to fat free body mass on strength and body composition. *J Strength Cond Res* 1998;12:104-8.
17. Oöpik V, Pääsuke M, Timpmann S, et al. Effects of creatine supplementation during recovery from rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002; 42(3).
18. Olivos C, Cuevas A, Álvarez V, Jorquera C. Nutrition for training and competition. *Rev. Med*. 2012; 23(3).
19. Sport Aus. The AIS Sports Supplement Framework. 2007. Disponible en: [https://www.sportaus.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/698557/AIS\\_Sports\\_Supplement\\_Framework\\_2019.pdf](https://www.sportaus.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/698557/AIS_Sports_Supplement_Framework_2019.pdf)
20. Mata, F. Creatina: mucho más que una ayuda ergogénica. *NutriScience*. 2017. Disponible en: <https://nutriscience.es/2017/11/05/creatina-mucho-mas-que-una-ayuda-ergogonica/>
21. Resolución de 21 de diciembre de 2018, de la Presidencia del Consejo Superior de Deportes, por la que se aprueba la lista de sustancias y métodos prohibidos en el deporte. BOE, 31 de diciembre de 2018, nº 315, pp 131001-131011.
22. Steenge GR, Lambourne J, Casey A, et al. Stimulatory effect of insulin on creatine accumulation in human skeletal muscle. *Am J Physiol* 1998;275:974-9
23. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*. 2007; 4(6)
24. Carrillo P, Gilli MV. Los efectos que produce la creatina en la performance deportiva. *Invenio*. 2011; 14(26).
25. Campsitol J, González MJ, Arias A, y Ribes A. Deficiencia cerebral de creatina. Reunión de la Asociación de Padres con PKU y OTM. *SJD*. 2011.
26. Braissant O, Henry H. AGAT, GAMT and SLC6A8 distribution in the central nervous system, in relation to creatine deficiency syndromes: a review. *J Inher Metab Dis*. 2008; 31(2).
27. Gualano B, Ferreira DC, Sapuenza MT, Seguro AC, Lancha AH Jr. Effect of short-term high-dose creatine supplementation on measured GFR in a young man with a single kidney. *Am J Kidney Dis*. 2010; 55(3).
28. Gualano B, Roschel H, Herbert A, Brightbill CE, Rawson ES. In sickness and in health: the widespread application of creatine supplementation. 2012; 43(2), pp 519-529.

29. Creatina. Química.es. 2018. Disponible en: <http://www.quimica.es/enciclopedia/Creatina.html#Historia>
30. Sculthorpe N, Grace F, Jones P, et al. The effect of short-term creatine loading on active range of movement. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;35(4):507-11.
31. Andres S, Ziegenhagen R, Trefflich I, Prevny S. et al. creatine and creatine forms intended for sports nutrition. WOL. 2016.
32. [Robinson](#) T, Sewell D, Casey A, Steenge G, Greenhaff P. Dietary creatine supplementation does not affect some hematological indices, or indices of muscle damage and hepatic and renal function. *Br J Sports Med.* 200; 34(4), pp 284-288.
33. González R, García D, Guerrero JA. Creatine La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. 2003; 3(11).
34. Benton D, Donohoe R. La influencia de la suplementación con creatina en el funcionamiento cognitivo de los vegetarianos y omnívoros. *Br J Nut.* 2010.
35. Padilla CJ. Efectos de un entrenamiento de fuerza y de la utilización de creatina en la prevención de la sarcopenia en personas de edad avanzada. *Dialnet.* 2014.