



## Trabajo Fin de Grado

# SUPLEMENTO DE CREATINA Y PROTEÍNA COMO AYUDA ERGOGÉNICA EN EL DEPORTE: REVISIÓN SISTEMÁTICA

“CREATINE AND PROTEIN SUPPLEMENT AS  
ERGOGENIC AID IN SPORT: SYSTEMATIC REVIEW”

Autor/es

Samuel Molano Arbués

Director/es

Antonio De Arriba Muñoz

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte/

Curso académico 2016-2017

## Resumen

-INTRODUCCIÓN: El uso de suplementos de creatina y proteína está aumentando de forma considerable en los últimos años con el fin optimizar el rendimiento en deportes donde la fuerza y potencia son esenciales.

-MATERIAL Y MÉTODOS: Revisión sistemática de la evidencia existente acerca del uso de la creatina y de la proteína en la mejora del rendimiento físico, mediante búsqueda y análisis de la bibliografía existente al respecto.

2728 artículos fueron encontrados, de los cuales se seleccionaron 32 para la revisión.

-OBJETIVO: Encontrar los posibles beneficios/inconvenientes de los suplementos de proteína y creatina en el deporte.

-RESULTADOS: Se encontraron resultados positivos para la creatina en deportes de fuerza/potencia, pero no en deportes de resistencia; se utilizan distintos protocolos de toma en función de las características del deporte y del deportista. Los resultados para la proteína son dispares, variando su eficacia en función de la dieta habitual de los sujetos y sus necesidades diarias en función de altura, peso y deporte practicado.

-CONCLUSIÓN: La eficacia de la creatina y proteína en el deporte está altamente evidenciada, pero no se pueden generalizar sus resultados ya que éstos pueden variar o desaparecer dependiendo de muchos factores como edad, altura, peso, dieta y deporte practicado.

Palabras clave: Creatina, Proteína, Suplemento, Deporte, Fuerza

**Abstract**

-INTRODUCTION: The use of creatine and protein supplements is increasing significantly in recent years in order to optimize performance in sports where strength and power are essential.

-METHODS: Systematic review of the existing evidence on the use of creatine and protein in improving physical performance, through search and analysis of existing literature.

2728 articles were found, of which 32 were selected for review.

-OBJECTIVE: Find the potential benefits / disadvantages of protein and creatine supplements in sport.

-RESULTS: We found positive results for creatine in strength / power sports, but not in endurance sports; Different shooting protocols are used depending on the characteristics of the sport and the athlete. The results for the protein are different, varying its effectiveness depending on the habitual diet of the subjects and their daily needs in terms of height, weight and sport practiced.

CONCLUSION: The efficacy of creatine and protein in sports is highly evidenced, but their results can not be generalized since they can vary or disappear depending on many factors such as age, height, weight, diet and sports practiced.

“Keywords”: Creatine, Protein, Supplement, Sport, Strength.

**Índice**

1- Introducción.....págs. 6-11

2- Material y métodos.....págs. 12-14

3- Objetivos.....pág. 15

4- Resultados.....págs. 16-29

5- Discusión.....págs. 30-54

6- Conclusiones.....págs. 55-56

7-Bibliografía.....págs. 57-62

8-Anexos.....pág. 63

**Listado de abreviaturas**

WP- Proteína Whey

MD- Maltodextrina

Cr- Creatina

CMJ- Salto contra movimiento

IET- Prueba de resistencia intermitente

RM- Repetición máxima

VO<sub>2</sub>- Volumen de oxígeno

PRO- Proteína

# Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

PLA- Placebo

CHO- Carbohidratos

CP- Fosfocreatina

LP- Extensión de pierna

LE- Extensión de rodilla

MVIC- Fuerza extensora isométrica de extensor de rodilla máxima.

## **1- Introducción**

Se considera suplementación al aporte de sustancias nutricionales complementarias a la dieta, con el fin de mantener una buena alimentación y salud, una mejora del rendimiento deportivo o para prevenir o tratar enfermedades.

Los suplementos de proteínas son ampliamente consumidos por los atletas, los adultos de recreación activa, y los soldados, que generalmente creen que combinar el consumo de suplementos de proteínas con el ejercicio promoverá ganancias en masa magra, resultando en un mejor rendimiento físico. Esta creencia se basa en la información típicamente obtenida de entrenadores, compañeros de equipo, la publicidad, y la familia o amigos, y no basado en la comprensión de la base de pruebas revisadas por pares para la eficacia de la suplementación de proteínas. Esa base de evidencia puede no ser tan fuerte como los consumidores asumen. (Stefan, M. et al)

En el siguiente trabajo nos centraremos en uno de los aspectos donde existe mayor controversia y desconocimiento acerca de este tipo de sustancias, la suplementación en el rendimiento deportivo.

La suplementación se trata de un recurso ergogénico, que pretende mejorar el rendimiento deportivo. Se consideran recursos ergogénicos las sustancias, los procesos, o los procedimientos que pueden, o son percibidos como capaces de mejorar el desempeño deportivo (Williams, 1998).

El consumo de algunos de estos recursos puede haber resultado positivo para las pruebas de dopaje, por lo que son vetados por el Comité Olímpico Internacional (COI).

Los suplementos que vamos a tratar dentro de este trabajo se encuentran fuera de la lista de sustancias prohibidas por el COI, por lo que su consumo no se considera dopaje.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Antes de comenzar a realizar el trabajo, se realizó una búsqueda de artículos previa para tantear la cantidad de artículos y evidencia científica acerca de los diferentes suplementos que encontramos en el mercado actualmente. Esto me llevó a destacar dos de los suplementos por encima de los demás debido a la gran cantidad de artículos e información encontrada, lo que me permitía realizar una revisión mucho más completa.

Los dos suplementos con mayor evidencia son la “Creatina” y la “Proteína”, hablando de forma general, ya que dentro de las mismas encontraremos diferentes productos en función de su pureza, alimento del que se ha extraído, si se encuentran mezcladas con otros suplementos para facilitar su absorción, etc...

La creatina es un compuesto nitrogenado sintetizado en el hígado, páncreas y riñón que se encuentra en una dieta normal (carne y pescado). Una vez sintetizada, es transportada al músculo esquelético donde se fosforila para producir Fosfocreatina. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”)

En el medio deportivo, esta sustancia fue popularizada en los Juegos Olímpicos de 1992, en Barcelona, cuando el corredor británico Linford Christie, ganador de la medalla de oro en los 100 metros, acreditó su victoria al consumo de la creatina.

La creatina se puede encontrar en alimentos incluidos en una dieta sana y variada, como son los siguientes; Arenque 0.7 g / 100g, Cerdo 0.55 g / 100g, Vaca 0.45 g / 100g, Salmón 0.45 g / 100g, Atún 0.4 g / 100g, Conejo 0.35 g / 100g, Pollo 0.35 g / 100g, Bacalao 0.3 g / 100g.

Podemos diferenciar entre tres tipos de suplementos de creatina. Por un lado tenemos la creatina de “primera generación”, que es la base de todas las creatinas, y es que se trata de un monohidrato de creatina. Por otro lado tenemos las creatinas de “segunda generación” que son las que se crean a partir del monohidrato de creatina junto con

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

hidratos de carbono encaminados a aumentar la energía muscular. En último lugar tenemos las creatinas de “tercera generación” que van más allá y mezclan el monohidrato de creatina con otro tipo de sustancias como la l-glutamina, vitamina B o ácido lipoico.

La disponibilidad de fosfocreatina es una limitación importante en ejercicios breves de elevada intensidad, ya que su depleción reduce la resíntesis de ATP. El efecto beneficioso no solo se debe a la más rápida resíntesis de ATP, sino también a que la fosfocreatina tampona los iones hidrógeno intracelulares y reduce la fatiga muscular. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”)

La creatina viene siendo muy investigada debido a su efecto en el rendimiento físico de atletas involucrados en ejercicios de alta intensidad y corta duración, intermitentes y con cortos períodos de recuperación. Los estudios muestran que la suplementación con este compuesto puede aumentar las reservas orgánicas en un 10 a 20%, y este porcentaje es mayor en los atletas vegetarianos (hasta el 60%). Aún existe controversia respecto a los beneficios y riesgos de la suplementación con esta sustancia. (Peralta. J & Amancio. O, 2002).

La creatina fosforilada cumple varias funciones importantes relacionadas con la provisión de energía en el músculo. El papel más conocido es el que tiene como fuente inmediata y de vida media-corta de fosfato, para la regeneración del trifosfato de adenosina. El sistema de fosfato de creatina es la fuente más importante de energía para los sprints o los ejercicios de alta intensidad de una duración hasta 10 segundos. (“Nutrición en el deporte. Alimentos y suplementos para deportistas”).

Diversos estudios sugieren que los suplementos orales de monohidrato de creatina incrementan el contenido muscular de creatina en un 20%, y de éste aproximadamente



## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

el 20% en forma de fosfocreatina. Si durante el periodo de suplementación se realiza ejercicio submáximo se estimula aún más la captación de esta. La mayor parte de ésta tiene lugar en los primeros días de suplementación y un exceso se excretaría por vía renal. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

Además, se incrementan el volumen total de líquido y el contenido en las células del organismo así como el nitrógeno total, debido, bien a un aumento de la síntesis de las proteínas musculares, o bien a la disminución de su degradación. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

El contenido de creatina en los músculos varía entre los individuos, tal vez en relación con el sexo, la edad, o el tipo de fibras (Hespel y cols. 2001).

Las proteínas representan alrededor del 15% del peso total corporal y se encuentran fundamentalmente en el músculo. Nuestro organismo puede sintetizar proteínas a partir de aminoácidos, pero sólo es capaz de producir algunos de estos aminoácidos (aminoácidos no esenciales). Aquellos aminoácidos que no podemos sintetizar (esenciales o indispensables), deben ser aportados necesariamente por la dieta. Esto plantea que los requerimientos no sean estrictamente de proteínas, sino de aminoácidos. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

Sólo algunos alimentos contienen proteínas completas o de alto valor biológico y llevan en su composición todos los aminoácidos esenciales. Cuando la cantidad de estos alimentos incluida en la dieta no es adecuada, la biosíntesis de proteínas estará alterada. En esta situación se provoca un incremento de la degradación de proteínas y el contenido de estas en el cuerpo disminuye, lo que conduciría a una disminución de la fuerza o resistencia y podría repercutir además en la salud. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

La importancia de las proteínas-y la duda sobre si tomar proteínas extra- para mejorar el rendimiento deportivo constituyen dos de los temas más debatidos entre los científicos del deporte, entrenadores y deportistas. La proteína se ha asociado durante mucho tiempo con fuerza y potencia, por lo que parece lógico que un aumento de la ingesta de estas provoque un aumento del tamaño y fuerza de los músculos. (La guía completa de la nutrición del deportista. Anita Bean).

Tradicionalmente, los científicos han mantenido que los deportistas no necesitan consumir más que la ración diaria recomendada y que cualquier cantidad que la sobrepase no conllevará beneficio alguno. Sin embargo, los estudios realizados desde 1980 han puesto en duda esta opinión. Hay considerables pruebas de que las necesidades proteicas de una persona activa son bastante superiores a las de la población general. (La guía completa de la nutrición del deportista. Anita Bean).

Son múltiples los factores adicionales que afectan a las necesidades proteicas diarias, destacando el sexo, edad y dieta que son los más estudiados actualmente.

Las necesidades proteicas recomendadas se sitúan en torno a los 0.8 g/kg de peso a partir de los 19 años y alrededor de 1 g/kg entre los 11 y 14 años. Sin embargo, en deportistas que entrenan fuerza o potencia, existe un incremento en las necesidades de proteínas con respecto a sus homólogos sedentarios debido a un aumento en la síntesis de proteínas musculares. El entrenamiento de fuerza asociado con el aumento de la disponibilidad de estas proteínas o aminoácidos aportados por la dieta induce a un aumento de la biosíntesis de proteínas y/o disminución en la tasa de degradación proteica, que conduce a un mayor desarrollo muscular. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

El efecto más obvio del entrenamiento de fuerza es la hipertrofia muscular. Para compensar limitaciones genéticas en el estatus hormonal o en la situación muscular, muchos atletas utilizan esteroides anabólicos o androgénicos con el fin de maximizar el crecimiento muscular. Sin embargo, este tipo de sustancias están prohibidas, además de plantear problemas para la salud. Por tal razón, se ha extendido el uso de suplementos aminoacídicos o concentrados proteicos. El fenómeno se basa en la idea generalizada y errónea de que la ingestión de proteínas siempre lleva a un mayor desarrollo muscular o, peor aún, que cuanto mayor sea su consumo mayor será la masa muscular y la fuerza. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

Dentro del mundo de la “suplementación proteica” encontramos diferentes tipos de sustancias, en función del alimento o la forma de la que se ha extraído. Estos son varios de los tipos que vamos a encontrar en el mercado; Concentrado de suero de leche (WHEY PROTEIN CONCENTRATE), Aislados de suero de leche (WHEY PROTEIN ISOLATE), Hidrolizado de suero de leche (WHEY PROTEIN HYDROLYSATE), Caseína, Proteína de huevo, Proteína de soja, Concentrado de proteína de soja y aislado, Proteína de carne, Mezclas de proteínas...

Durante años se han comercializado suplementos proteicos para deportes de fuerza en forma de proteína en polvo o bebidas enriquecidas. Sin embargo el contenido proteico de estos suplementos suele derivar de la leche, huevos o proteína de soja, y no da ninguna ventaja sobre las fuentes naturales cuando se compara con cantidades equivalentes de proteínas aportadas por estas, siendo además más costoso. (“Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico”).

## **2- Material y métodos**

Para la realización de este trabajo se ha realizado una revisión sistemática de varios documentos científicos extraídos de diferentes revistas de divulgación con prestigio tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de extraer una serie de conclusiones acerca de la suplementación deportiva, y más en concreto, de la creatina y la proteína. También se han consultado además de artículos científicos, varias revisiones sistemáticas acerca del tema, metaanálisis y diferentes libros sobre los que apoyar de forma teórica todo lo buscado.

Para la búsqueda de toda la información que más tarde fue utilizada en el desarrollo del trabajo, fueron necesarias varias fuentes.

En primer lugar se realizó una búsqueda de libros, aconsejados por el tutor de la universidad, los cuales trataran el tema de la nutrición y suplementación en el deporte y en los que poderme apoyar en todo momento. Para conseguir los libros, fue necesario pedir un préstamo de los mismos a través de la plataforma electrónica facilitada por la Universidad de Zaragoza “AlcorZe” (Biblioteca Unizar).

Los libros escogidos para la realización del trabajo fueron los siguientes; “Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje”, “Nutrición en el deporte: un enfoque práctico” y “The Complete Guide to Sports Nutrition”, referenciados al final del trabajo.

En segundo lugar se realizó una búsqueda de artículos científicos, para lo que se utilizó varios buscadores electrónicos, algunos ya utilizados previamente y otros por primera vez. Los buscadores utilizados fueron los siguientes; Google Scholar (Google Académico), Dialnet, SciELO – Scientific Electronic Library Online (Biblioteca Científica Electrónica en Línea), PubMed NCBI, Scopus y Web of Science (WoS)

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

El sistema utilizado para la búsqueda de artículos óptimos y de rigor científico, fue básicamente no utilizar bases de datos, repositorios o buscadores que no estuviesen reconocidos a nivel nacional o internacional, utilizados previamente durante el transcurso del grado o recomendados por el tutor y profesores.

Para la búsqueda de los diferentes artículos, se utilizaron una serie de términos, tanto en español como en inglés, en función del buscador utilizado.

Estas palabras clave fueron; “creatina”, “deporte”, “ejercicio”, “suplemento deportivo”, “rendimiento”, “masa muscular”, que se utilizaron tanto de forma individual como combinadas; “creatina en deporte”, “suplementación proteica”, “efectos de suplementación en el deporte”, “creatina ganancia muscular”...

Antes de comentar el número de artículos encontrados y cuáles de estos fueron escogidos para la revisión, es necesario destacar que se abordaban dos temas como son la proteína y la creatina, como sustancias de suplementación en el ámbito del deporte.

En cuanto a la búsqueda realizada para la creatina, se encontraron 835 artículos (Anexo I) de los que finalmente se escogieron 18 debido a que no cumplían los requisitos necesarios para su inclusión en la revisión.

La mayoría de los estudios no utilizaban la creatina en el ámbito del deporte. Varios de estos hacían uso de animales como sujetos de pruebas o solo eran artículos de opinión que no ofrecían ninguna evidencia científica, por lo que fueron excluidos.

En la búsqueda realizada para la suplementación con proteína se encontraron un total de 1893 artículos (Anexo II), de los cuales fueron escogidos 14.

Para conocer si estos artículos cumplían o no los requisitos para ser incluidos en la revisión, se eliminó de forma directa todos los artículos cuyos títulos no hacían

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

referencia en ningún momento a términos como; suplementación, deporte, ejercicio, ganancia muscular, composición corporal, fuerza, resistencia... o que hicieran referencia a experimentos con animales o aplicaciones médicas, como he comentado anteriormente.

Además se incluyeron dentro de este grupo de artículos, estudios científicos, revisiones de artículos sobre el tema, y metaanálisis.

Tras esta criba se leyó de forma detenida los abstract/resúmenes de los artículos restantes, desechando artículos de opinión o no relevantes para dicha revisión.

Todos estos artículos escogidos han sido leídos en profundidad para la extracción de conclusiones acerca del tema a tratar en la revisión.

**3- Objetivos**

- Conocer las evidencias existentes en cuanto a los efectos de la suplementación con creatina y proteínas en el ámbito del deporte.
- Concretar los posibles beneficios de estos suplementos en las diferentes modalidades deportivas con factores de rendimiento similares.
- Identificar los aspectos más relevantes sobre la suplementación en el deporte.
- Proporcionar información indispensable sobre la suplementación en el deporte.
- Discutir de forma crítica los diferentes resultados obtenidos en la revisión.

#### **4- Resultados**

- Creatina:

##### **-Diferencias entre sujetos**

Suplementación Creatina		
30% población no produce aumentos significativos (Casey y cols., 1996).	Reservas previas: -Niveles bajos=mayor respuesta -Niveles altos=menor respuesta (Burke, Chilibeck y cols., 2003)	Vegetarianos => menores reservas=> mayores beneficios (Green y cols., 1997).

Existen evidencias científicas de que la suplementación con creatina produce efectos ergogénicos en el deporte como se ha comentado en la introducción. Dichas evidencias se ha demostrado que pueden variar entre sujetos, debido a la respuesta que tienen en las personas hacia éstos. Uno de los aspectos más importantes en esta “respuesta” al suplemento es la dieta.

Como observamos en la revisión realizada, alrededor de un 30% de la población no obtiene mejoras significativas con la toma de este suplemento, llegando a la conclusión de que niveles previos bajos de creatina provoca mayores respuestas que niveles altos previos.

Cabe destacar a los sujetos cuya alimentación rechaza alimentos como la carne y el pescado (principales fuentes de creatina), para los que este suplemento puede provocar mejoras significativas ya que aumentarán las reservas de fosfocreatina muscular de forma muy evidente.



**-Protocolo de toma**



**Dosis (Hultman y cols., 1996)**

- Aumento rápido (5 días, 5 tomas de 4 g/día)
- Aumento progresivo (28 días, 3g/día)

La eficacia de este suplemento ha provocado un aumento del consumo en los deportistas, sobre todo en el ámbito del fitness. Debido a este auge de la creatina, se ha comenzado a especular e inventar cual es la forma más óptima para tomarlo, en muchas ocasiones sin ningún tipo de respaldo científico. Es habitual encontrar varios protocolos de toma de creatina, pero se ha encontrado mayor evidencia científica en dos de éstos.

Diferenciaremos entre un protocolo de carga o aumento rápido, en el que tomaremos durante 5 días 5 tomas de 4g (por día) y un protocolo progresivo, en el que tomaremos pequeñas dosis de 3g por día durante 28 días.

**-Deportes de Fuerza/Potencia**

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Mujika, I. et al)</b>	CMJ, prueba de sprint repetida (6 x 15 s) con una recuperación de 30 s, prueba de resistencia intermitente 40 series de 15-s de alta intensidad con 10-s de baja	17 jugadores de fútbol masculino altamente entrenados	-Grupo de Cr (5 g 4 veces al día durante 6 d) -Grupo placebo (misma dosis de maltodextrinas)	Mejoras Cr: -Sprint 15 m -Degradación del salto tras IET Sin mejoras: -CMJ -IET

	intensidad de ejecución (IET) + 3 saltos CMJ (degradación en la capacidad de salto)			
<b>(Yáñez-Silva, A. et al)</b>	Prueba anaeróbica Wingate de 30 segundos (evaluar potencia máxima de salida, la potencia media, el índice de fatiga y el trabajo total)	Futbolistas juveniles de élite	0,3 g/kg/día de creatina, durante 14 días	Mejoras Cr: -Potencia máxima -Potencia media -Trabajo total Sin mejoras: -Índice de fatiga
<b>(Ziegentuss, TN. et al)</b>	- 6 sprints máximos de 10 s intercalados con 60 s de recuperación. -Volumen del muslo	20 atletas de élite (10 hombres y 10 mujeres)	-Grupo creatina: 3 días, 0,35 g / kg de masa sin grasa /día -Grupo placebo: Maltodextrina	Incrementos estadísticamente significativos (grupo creatina) en: -masa corporal (0,9 +/- 0,1 kg) -trabajo total durante el primer sprint -potencia máxima durante los sprints 2 a 6 -aumento del 6,6% en el volumen del muslo en cinco de seis sujetos suplementados
<b>(Izquierdo, M. et al)</b>	-fuerza máxima (RM media sentadilla y press banca) -episodios repetitivos de ejercicio de alta potencia -sprints repetidos 15 metros -resistencia -masa corporal	19 jugadores entrenados en el balonmano	20 g / día, durante 5 días de creatina	Cr aumentó significativamente: -masa corporal (de 79,4 +/- 8 a 80 +/- 8 kg) -número de repeticiones hasta la fatiga (21%) -valores de potencia media en episodios repetitivos de alta potencia (17%) -RM de media sentadilla (33%) -tiempos medios de carrera durante los primeros 5 m de los seis sprints repetidos de 15 m

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

				(3%). No aumentó: -fuerza máxima del cuerpo superior -resistencia.
<b>(Romer, LM. et al)</b>	-Sprint	Jugadores de squash	4 veces al día durante 5 días con 0,075 g / kg de masa corporal de monohidrato de creatina (Cr) y maltodextrina(con trol)	Grupo Cr mejoró el tiempo promedio de sprint en 3,2 +/- 0,8% por encima de los cambios observados para el grupo control
<b>(Burke, DG. et al)</b>	-resistencia en la fuerza de salida -potencia de salida -duración de la potencia media de salida -trabajo total realizado hasta la fatiga	Cuarenta y un atletas universitarios varones	21 días de dosis de Cr (7,7 g / día)	los sujetos suplementados realizaron más trabajo total hasta la fatiga, mejoraron significativamente la fuerza de pico y potencia de pico, y mantuvieron una potencia de pico media elevada durante más tiempo
<b>(Bosco, C. et al)</b>	-saltos continuos máximos de 45 s -sprint en cinta rodante a 20 km/h (inclinación de 5 grados, duración de 60s aprox.).	sprinters cualificados	20 g diarios durante 5 días	-mejoras en prueba de saltos (7%) durante los primeros 15 s y en un 12% durante los segundos 15 s, sin mejoras en los últimos 15 s. -sprint intensivo hasta el agotamiento mejoró en un 13%.

La principal función de este suplemento ergogénico es la mejora de las acciones explosivas, la mejor recuperación entre esfuerzos de gran intensidad o en las ganancias de masa muscular y fuerza. Por lo tanto, las mayores evidencias encontradas de los

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

beneficios de la creatina se han encontrado en deportes donde la fuerza y potencia son esenciales para un óptimo rendimiento.

En los diferentes artículos incluidos se han encontrado mejoras en deportes de velocidad, deportes de equipo (futbol, baloncesto, balonmano), deportes de raqueta, además de ser el ámbito con el mayor número de evidencia científica.

Estas mejoras se han producido en pruebas de salto (CMJ, saltos continuos durante un tiempo determinado), de sprint (15 m, 10 segundos con recuperación incompleta) de fuerza máxima (RM)...

### -Deportes de resistencia

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Van Loon, L.J. et al)</b>	-contenido de creatina muscular -composición corporal -la capacidad oxidativa muscular y corporal -ejercicio submáximo -sprint supramaximal repetido (cicloergómetro)	Veinte ciclistas	Carga de 5 días (20 g/día), después de lo cual se continuó la suplementación durante 6 semanas (2 g/día)	-aumento creatina libre de músculo y el contenido total de creatina -aumento de la masa corporal (negativo en este deporte) -mejoraron el rendimiento durante los sprints supramaximales -capacidad oxidativa de todo el cuerpo y el músculo y el rendimiento de la prueba submáxima (resistencia) no mejoraron.
<b>(Syrotuik, DG. et al)</b>	-composición corporal -rendimiento de remo repetido en intervalos -2000 metros remo -prueba resistencia	Veintidós remeros profesionales	carga de 5 días (0,3 g / kg y día) seguida de una dosis de mantenimiento de 5 semanas (0,03 g / kg x día)	5días de carga de Cr no cambiaron: -composición corporal -rendimiento de remo repetido en intervalos -tiempos de remo de 2.000 metros -rendimiento de

				<p>resistencia.</p> <p>Cinco semanas adicionales de entrenamiento con mantenimiento de Cr o placebo mejoraron significativamente en un grado similar en ambos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-composición corporal</li> <li>-VO2max</li> <li>-tiempos de remo de 2.000 metros</li> <li>-rendimiento repetido de intervalos</li> </ul> <p>Sujetos suplementados no tuvieron mejoras mayores.</p>
--	--	--	--	---

A pesar de que en deportes de largas distancias (maratón, ultra maratón, marcha...) no existen mejoras de rendimiento, incluso el aumento de peso producido por la ingesta de creatina podría empeorarlo, existen deportes en los que ciertos niveles de fuerza y potencia pueden ser decisivos en momentos puntuales como ciclismo o remo.

Por ello se ha pretendido encontrar cuáles son los resultados obtenidos en este tipo de disciplinas, cuya evidencia científica es mucho menor, considerando que sus posibles efectos son mucho menores en la mejora del rendimiento que en otros deportes.

En estos resultados se encontraron pequeñas mejoras en los sprints submáximos realizados en ciclismo, pero sin mejoras generales en el tiempo de prueba de resistencia. No se encontraron mejoras significativas en el grupo de remeros comparando el grupo suplementado y el no suplementado.

**-Eficacia en no deportistas**

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>Meta-análisis (Dempsey, RL et al)</b>	-peso máximo levantado (press banca y sentadilla) -potencia pico de sprint en cicloergómetro - dinamómetro isocinético	hombres jóvenes (menores de 36 años)	Diferentes protocolos	-peso máximo levantado 6,85 kg mayor con creatina sobre el placebo para el press de banca y 9,76 kg mayor para las sentadillas (7 de 10 artículos). -no hubo diferencias en el sprint desempeño en cicloergómetro o en dinamómetro isocinético
<b>(Casey, A. et al),</b>	-sesiones de ciclos isocinéticos máximos de 30 s -concentración total de creatina muscular	nueve sujetos masculinos	20 g de creatina (Cr) monohidrato / día durante 5 días	Ingestión de Cr produjo: -aumento de 23,1 +/- 4,7 mmol / kg en concentración total de creatina muscular - producción total de trabajo aumentó 4%
<b>(Tarnopolsky, MA.)</b>	-ensayo de ciclo anaeróbico de 30 s -dorsi-flexor: contracción voluntaria máxima -prueba de fatiga de 2 min -extensión de la rodilla isocinética -fuerza isquémica de agarre de 1 minuto	24 sujetos (n = 12 varones, n = 12 mujeres)	monohidrato de creatina (4 tomas de 5g / día, durante 4 días) y placebo (polímero de glucosa en mismas cantidades)	Grupo Cr: -aumento del pico y del pico relativo en el ciclo de potencia anaeróbica - mejora en contracción máxima dorsi-flexión (6,6%) sin respuestas específicas de género.

Además de en deportistas, este suplemento también es utilizado en personas que practican deporte en su tiempo de ocio o de forma semi-profesional y pretenden mejorar su rendimiento.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Los campos en los que la suplementación con creatina es más utilizado son en el deporte de equipo y en sujetos cuyo objetivo es el aumento de masa muscular, como se ha comentado anteriormente.

Tras la revisión realizada con este tipo de sujetos, se han encontrado las mejoras más significativas en la fuerza máxima en press banca y sentadillas, aumento en el pico de potencia y el trabajo total realizado hasta la fatiga.

Estos aspectos son de vital importancia, siendo determinante un aumento de la fuerza máxima para una mayor hipertrofia muscular, una mayor potencia para un mejor rendimiento en la disciplina correspondiente o mayor volumen de trabajo en la sesión, obteniendo mayores resultados.

### **-Efectos adversos**

#### Trastornos gastrointestinales y calambres musculares (Poortmans, JR. Et al)

- Efectos anecdóticos

#### Disfunciones hepáticas y renales (Poortmans, JR. Et al)

- Casi inexistentes y en estudios no controlados

A raíz de lo comentado en el apartado de “protocolo de toma”, son muchos los que pretenden ensalzar o criticar los posibles beneficios o contraindicaciones de este suplemento por determinados intereses.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Son habituales las continuas críticas sobre este suplemento, por los efectos secundarios o negativos para la salud del ser humano, pero nunca respaldada por evidencias científicas.

Como se ha demostrado en la revisión, las disfunciones hepáticas y renales son prácticamente inexistentes, además de producirse en ensayos no controlados.

Por otro lado existe la posibilidad de producir trastornos gastrointestinales y calambres musculares, aunque no existe ningún tipo de evidencia sobre estos posibles efectos negativos, son únicamente anecdóticos.

A pesar de esto es escasa la evidencia existente es insuficiente como para asegurar que la suplementación con creatina a largo plazo y en cantidades abultadas pueda provocar algún tipo de daño o efecto secundario. Falta un mayor número de ensayos controlados.

- Proteínas

### -Diferencias entre proteínas

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Jordan, M. et al)</b>	Entrenados 3 días a la semana durante 8 semanas en programa de entrenamiento de fuerza. Se midió: -composición corporal -fuerza en press banca y prensa de piernas	24 varones de edad universitaria	-Grupo 1: 48 g de proteína de arroz -Grupo 2: 48 g de proteína de suero  Ambos en los días de entrenamiento	Aumentos significativos en la ganancia de masa corporal magra, la masa muscular, la fuerza y potencia y la masa grasa disminuyó. Sin diferencias significativas entre grupos.
<b>(Babault, N. et al)</b>	Fuerza y volumen en los músculos del	161 varones de 18 a 35 años. Proteína de	25 g de las proteínas o placebo dos	-espesor del bíceps braquial aumentó de 24,9 ± 3,8 mm a 26,9 ± 4,1 mm



	<p>bíceps al inicio de la investigación, en mitad y al finalizar el entrenamiento</p>	<p>guisante (n = 53), proteína de suero (n = 54) o placebo (n = 54)</p>	<p>veces al día durante el período de 12 semanas de entrenamiento</p>	<p>y <math>27,3 \pm 4,4</math> mm en el inicio, mitad y final del estudio respectivamente.                  -aumentos de grosor fueron significativamente mayores en el grupo de proteína de guisante en comparación con el placebo, mientras que no hubo diferencia con el suero.                  -fuerza muscular también aumentó sin diferencias estadísticas entre los grupos.</p>
--	---	---	---	---

Como se ha comentado en apartados anteriores la proteína como suplemento (habitualmente en forma de polvo), se puede extraer de un buen número de alimentos. Encontramos desde alimentos animales o procedentes de estos (carne, huevo, leche...), hasta alimentos vegetales (arroz, guisante...).

El valor biológico de la proteína vegetal no es tan alto como el de la proteína animal, por lo que podríamos llegar a la conclusión de que las proteínas extraídas de las primeras no tienen tanta eficacia como las segundas.

Tras esta revisión se llega a la conclusión de que tanto el suplemento de proteína de guisante como la de arroz provocan mejoras muy similares a las producidas por los suplementos proteicos animales, considerándolo una buena opción como sustitutivo si se tiene una dieta vegetariana.

A pesar de esto existen varios estudios que determinan que la proteína animal y en concreto la de suero de leche, producen mejoras significativamente mayores que las vegetales, debido a su fácil digestión y a su alto valor biológico.

**-Suplemento de proteína no mejora**

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Verdijk, L. et al)</b>	-repetición máxima (1RM) -hipertrofia muscular	Ancianos sanos (n = 26) de 72 ± 2 años que consumen cantidades adecuadas de proteína en su dieta.	3 sesiones / semana, 20 g proteína / sesión durante 12 semanas	-1RM aumentó aproximadamente 25-35% en ambos grupos -aumentos similares en la masa muscular de las piernas
<b>(Erskine, R. et al)</b>	flexión del codo 3 días por semana durante 12 semanas se evaluó: -fuerza del músculo flexor del codo (1 repetición máxima unilateral y fuerza voluntaria máxima isométrica) y el tamaño (volumen total y área transversal anatómica máxima)	33 hombres jóvenes previamente no entrenados y sanos asignados al azar a proteína (PRO, n = 17) o grupos placebo (PLA, n = 16).	25 g de proteínas o placebo dos veces al día durante el período de 12 semanas de entrenamiento	aumentos similares en ambos grupos en: -volumen muscular -1repetición máxima -fuerza voluntaria máxima
<b>(Carleigh, H. et al)</b>	Extensión de pierna y extensión de rodilla (3 × 8-10, a 80% 1RM) 3 días / semana durante 4 semanas. Se analizaron: -1RM en ejercicios de extensión de pierna y de extensión de rodilla -fuerza extensora isométrica de extensor de rodilla máxima	18 hombres sin entrenamiento previo, asignados aleatoriamente a un entrenamiento de fuerza + grupo proteico (n = 9), y un grupo de entrenamiento de fuerza + grupo placebo (n = 9)	Proteína de suero lácteo, 17g por día.	Se produjeron aumentos significativos en todos los aspectos analizados pero sin diferencia entre grupo proteína y grupo placebo.

En cuanto a los estudios encontrados sobre la suplementación con creatina en el deporte, encontramos gran variedad de resultados, desde efectos positivos hasta estudios en los que no se encuentra efectos significativos en comparación con no tomar dicha suplementación.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

El objetivo de este tipo de suplementos es principalmente la recuperación muscular después de un ejercicio de alta intensidad, el aumento de la síntesis muscular, la hipertrofia de las fibras musculares después de entrenamiento de fuerza....

En esta tabla se recopilan todos los estudios utilizados que no consiguen mejoras significativas cuando comparan un grupo suplementado con proteína y otro sin suplementación tras un entrenamiento de fuerza.

El entrenamiento de fuerza realizado en los diferentes estudios provocó mejoras importantes en los niveles de fuerza, volumen muscular... pero sin encontrar cambios significativos entre los grupos que tomaban proteína tras el entrenamiento y los que no.

Estos resultados pueden deberse a que los sujetos ya ingerían cantidades necesarias de proteína mediante la dieta, por lo que un exceso solo provocaría su excreción por el sistema urinario. Otra hipótesis es que los sujetos incluidos en estos estudios eran sujetos no entrenados, por lo que un mínimo estímulo provocado por el entrenamiento de fuerza produjera mejoras importantes en su sistema muscular sin importar que un grupo ingiriese más cantidad de proteínas que el otro.

### -Suplemento de proteína sí mejora

<b>Estudio</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Dosis/Toma Cr</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Lemuel, W. et al)</b>	4 días / semana de entrenamiento anaeróbico y de fuerza durante 8 semanas. Se analizó: -composición corporal -1RM en press banca y prensa de piernas -prueba de	Jugadoras de baloncesto femenino de la División III de la NCAA. Grupo proteína de suero (n = 8, edad, 20 ± 2 años, altura, 170 ± 6 cm, peso, 66.0 ± 3.1 kg) Grupo placebo o	24 g de proteína de suero o maltodextrina inmediatamente antes y después del entrenamiento	-El grupo suplementado ganó masa magra (+1,4 kg aprox.), mientras que el grupo placebo tendió a ganar masa magra (+0,4 kg aprox.). -El grupo suplementado también perdió masa grasa mientras que el grupo placebo no -El grupo de proteína presentó mayores

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

	<p>agilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-salto vertical</li> <li>-salto horizontal</li> </ul>	<p>maltodextrina (n = 6, edad, 21 ± 3 años, 169 ± 6 cm de peso, 68,2 ± 7,6 kg)</p>		<p>ganancias en el press banca de 1 repetición máxima (1RM) (+4,9 kg) en comparación con el grupo de maltodextrina (+2,3 kg).</p> <p>-El grupo WP mejoró la agilidad de mientras que el grupo MD no lo hizo</p> <p>Ambos grupos también aumentaron la 1RM en prensa de piernas, salto vertical, y saltos de salto horizontales</p>
<p><b>(Hulmi, J. et al)</b></p>	<p>cuatro semanas de entrenamiento de fuerza</p> <p>Se analizaron:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-composición corporal (por DXA)</li> <li>-área transversal del músculo cuádriceps femoral (por ecografía panorámica)</li> <li>-fuerza máxima (mediante prensa de piernas)</li> </ul>	<p>47 hombres anteriormente no entrenados</p>	<p>2-3 veces por semana, tres grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-30 g de proteínas de suero de leche (n = 22)</li> <li>-carbohidratos (maltodextrina, n = 21)</li> <li>-proteína 30 g + carbohidratos (n = 25).</li> </ul>	<p>Aumento de la masa libre de grasa, tamaño muscular y fuerza independiente de la ingesta de nutrientes después del ejercicio.</p> <p>La proteína de suero de leche redujo la grasa total y abdominal en comparación con el grupo de carbohidratos. Por lo tanto, se observó un aumento relativo mayor (por kg de peso corporal) en la masa sin grasa en el grupo de proteína frente a carbohidrato sin diferencias significativas con el grupo combinado.</p>
<p><b>(Carleigh, H. et al)</b></p>	<p>Este estudio examinó el apetito y la ingesta de energía después del consumo de bebidas que contenían proteínas y carbohidratos después del ejercicio de resistencia</p>	<p>15 hombres, entrenamiento de fuerza (edad 21 ± 1 años, masa corporal 78,0 ± 11,9 kg, estatura 1,78 ± 0,07 m)</p>	<p>proteína de suero (PRO 23,9 ± 3,6 g de proteína) o dextrosa (CHO 26,5 ± 3,8 g de carbohidratos)</p>	<p>-Menor cantidad de ingesta subsiguiente</p> <p>-Pérdida de peso</p>

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

A pesar de los resultados obtenidos en el apartado anterior, existe un gran número de evidencias de la eficacia de los suplementos de proteína en la mejora de fuerza y masa muscular, además de una óptima recuperación muscular tras ejercicios de alta intensidad.

Este tipo de suplementos se han vuelto indispensables para muchos de los deportistas, tanto de élite como de ocio. Al igual que con la creatina, en los últimos años se ha producido un aumento masivo en sujetos cuyo objetivo es el aumento de masa muscular y fuerza mediante el entrenamiento de fuerza-hipertrofia en el gimnasio.

Los objetivos principales de estos estudios eran la mejora en la fuerza (RM), potencia de salto, agilidad, e incluso la influencia de este tipo de suplemento en la pérdida de peso, esencial en muchos deportes.

Estos estudios demuestran los aumentos significativos en masa muscular, en fuerza, en agilidad y en pérdida de grasa, en el grupo suplementado con proteína, si lo comparamos con los grupos no suplementados (grupo placebo), los cuales normalmente tomaban las mismas cantidades de un hidrato de carbono como la maltodextrina.

## **5- Discusión**

- Creatina:

Mientras que la creatina ha sido conocida por el hombre desde 1835, cuando un científico francés informó de encontrar este constituyente de la carne, su presencia en el atletismo como un potenciador de rendimiento es relativamente nuevo. En medio de afirmaciones de aumento de potencia y fuerza, disminución del tiempo de ejecución y aumento de la masa muscular, la creatina está siendo aclamada como una verdadera ayuda ergogénica. La creatinina se sintetiza a partir de los aminoácidos glicina, arginina y metionina en los riñones, hígado y páncreas, y se encuentra predominantemente en el músculo esquelético, donde existe en 2 formas. Aproximadamente el 40% está en forma de creatina libre (Crfree), mientras que el 60% restante está en la forma fosforilada, el fosfato de creatina (CP). Aunque la concentración de creatina (Cr) es mayor en las fibras musculares de contracción rápida, las fibras de contracción lenta tienen una mayor capacidad de resíntesis debido a su mayor capacidad aeróbica. Parece que no hay diferencia significativa entre los hombres y las mujeres en Cr, y el entrenamiento no parece afectar a la creatina. (Demant, TW. et al)

La creatina es uno de los suplementos naturales más populares y ampliamente investigados. La mayoría de los estudios se han centrado en los efectos de la creatina monohidrato en el rendimiento y la salud; Sin embargo, muchas otras formas de creatina existen y están comercialmente disponibles en el mercado de nutrición deportiva / suplemento. Independientemente de la forma, la suplementación con creatina se ha demostrado regularmente para aumentar la fuerza, la masa libre de grasa y la morfología del músculo con entrenamiento de fuerza pesado, además de otro tipo de ejercicios de alta intensidad. Sin embargo, parece que los efectos de la creatina

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

disminuyen a medida que aumenta el tiempo de ejercicio. A pesar de que no todos los individuos responden de manera similar a la suplementación con creatina, generalmente se acepta que su suplementación aumenta el almacenamiento de creatina y promueve una regeneración más rápida del trifosfato de adenosina entre los ejercicios de alta intensidad. Estos resultados mejorados aumentarán el rendimiento y promoverán mayores adaptaciones de la capacitación. (Cooper, R. et al)

La suplementación de creatina de 20 g por día durante al menos 3 días ha dado lugar a aumentos significativos en el total de Cr para algunos individuos, pero no otros, lo que sugiere que hay "respondedores" y "no respondedores". Estos aumentos en la concentración total entre los respondedores son mayores en individuos que tienen el nivel de creatina inicial más bajo total, como los vegetarianos. Se cree que las concentraciones incrementadas de creatina libre y fosfato de creatina ayudan al rendimiento proporcionando energía a más corto plazo, así como aumentan la velocidad de resíntesis durante los intervalos de descanso. La suplementación con creatina no parece ayudar a la resistencia y ejercicios de tipo incremental, e incluso puede ser perjudicial. El único efecto secundario asociado con la suplementación de creatina parece ser un pequeño aumento en la masa corporal, que se debe a la retención de agua o al aumento de la síntesis de proteínas. (Demant, TW. et al)

Una de las revisiones encontradas, incluyó toda la investigación disponible que ha examinado el valor ergogénico potencial de la suplementación con creatina (CrS) en el rendimiento del ejercicio y en las adaptaciones de entrenamiento. Se ha reportado que la suplementación con creatina a corto plazo mejora la potencia / fuerza máxima, el trabajo realizado durante series de contracciones musculares de esfuerzo máximo, el rendimiento de sprint de un solo esfuerzo y el trabajo realizado durante el rendimiento repetitivo de sprint. Durante el entrenamiento, se ha reportado que la creatina promueve

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

ganancias significativamente mayores en la fuerza, masa libre de grasa y desempeño de ejercicio principalmente de tareas de alta intensidad. Sin embargo, no todos los estudios demuestran un efecto beneficioso en el rendimiento del ejercicio, ya que no parece ser eficaz para mejorar el funcionamiento y el rendimiento de la natación. Ésta parece no plantear graves riesgos para la salud cuando se toma a las dosis descritas en la literatura y puede mejorar el rendimiento del ejercicio en individuos que requieren un esfuerzo único máximo y / o repetitivo como sprint, combates. (Stephen, P)

### **-Diferencias entre sujetos**

Uno de los principales temas a tener en cuenta dentro de este tipo de suplemento y que, en ocasiones, provoca dudas en su eficacia, es la diferencia encontrada en sus posibles efectos beneficiosos en función de cada persona.

El contenido de creatina de los músculos varía entre los individuos, tal vez en relación con el sexo, la edad, o el tipo de fibras (Hespel y cols., 2001). La dieta carnívora aporta aproximadamente 2 gramos de creatina por día, pero los vegetarianos tienen reservas corporales menores, lo que sugiere que la producción endógena no alcanza a compensar la falta de ingesta (Green y cols., 1997). La ingesta dietaria elevada suprime temporalmente la producción endógena de creatina, pero aumenta el contenido muscular de creatina y fosfocreatina. (Hultman y Greengaff, 2000)

Existe una variabilidad considerable en la respuesta a la suplementación con creatina, algunas personas (30% de la población) no logran aumentar el contenido muscular de creatina en una cantidad suficientemente elevada como para modificar el rendimiento del ejercicio (Casey y cols., 1996).



## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

La respuesta a los suplementos de creatina puede relacionarse con las reservas previas, siendo los individuos con niveles más bajos quienes muestran la mayor respuesta. Esto puede incluir a los vegetarianos (Burke, Chilibeck y cols., 2003). Es poco probable que los individuos con reservas previas de creatina cercanas al umbral muestren un beneficio adicional con la suplementación.

### **-Protocolo de toma**

Dentro de la literatura científica encontrada, existen diferentes protocolos de toma, encontrando muy pocas diferencias entre éstos. Diferenciaríamos entre dos protocolos, que son los más utilizados; protocolo de carga, en el que se toman grandes cantidades durante una serie corta de días (5-7 días) para realizar una carga y continuar con un mantenimiento, de menor cantidad y diariamente y protocolo extensivo, en el que tomaremos menores cantidades de creatina pero durante un largo periodo de tiempo (aprox. 1 mes).

La creatina, para una persona no atlética o ligeramente atlética, se necesita únicamente en una dosis de 2-3 gramos diarios (Rawson et al, 2011; Terjung et al, 2000). Para los deportistas que tengan una tasa alta de pérdida de creatina en el tejido muscular (la mayor reserva de creatina en el cuerpo), se necesita una dosis mínima de 5 gramos diarios

Puede lograrse un aumento rápido con 5 días de dosis repetidas de creatina (por ejemplo; cuatro dosis de 5 g). Un aumento similar se logra en un periodo más prolongado (28 días) con un protocolo más lento, utilizando una dosis de 3gramos / día. (Hultman y cols., 1996)

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Las estrategias para mejorar los resultados de las dosis elevadas de creatina incluyen la ingesta conjunta de cantidades importantes de carbohidratos (50-100 g). Estas estrategias pueden ayudar a los individuos a responder a la suplementación de creatina y a alcanzar el umbral de reserva muscular de esta sustancia. (Green y cols., 1996)

### **-Deportes de Fuerza/Potencia**

Cuando nos referimos a deportes de Fuerza/Potencia nos referimos a aquellos deportes donde los factores de rendimiento más importantes son la fuerza, la potencia, mantenimiento de potencia durante varias repeticiones, la ganancia muscular o hipertrofia, etc...

Dentro de este grupo encontraremos deportes de equipo (fútbol, baloncesto y balonmano son los más estudiados por la literatura científica), deportes de raqueta (pádel, tenis, squash...), deportes de salto (longitud, altura...), deportes de velocidad (longitudes cortas de atletismo) y deportes donde el entrenamiento de fuerza es esencial (powerlifting, halterofilia, culturismo...).

Dentro del deporte de equipo, y más en concreto en el fútbol, se encontró una investigación que examinó los efectos de la suplementación de creatina (Cr) en actividades de ejercicio de alta intensidad intermitentes específicas para el fútbol competitivo. (Mujika, I. et al)

En dos ocasiones, con 7 d de distancia entre estas, 17 jugadores de fútbol masculino altamente entrenados realizaron una prueba de salto de contra-movimiento (CMJ), una prueba de sprint repetida consistente en seis carreras máximas de 15 m con una recuperación de 30 s, una prueba de resistencia intermitente, que consta de cuarenta series de 15-s de alta intensidad de ejecución entremezclados con 10-s de baja

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

intensidad de ejecución (IET), tras la que realizarán 3 saltos CMJ, para observar la degradación en la capacidad de salto. Los jugadores fueron incluidos de manera uniforme y aleatoria en el grupo de creatina (5 g de Cr, cuatro veces al día durante 6 d) o en el grupo placebo o control (misma dosis de maltodextrinas) usando un diseño de investigación doble ciego.

Los tiempos promedio del grupo “creatina” en sprints de 15 m fueron consistentemente más rápidos después de la intervención. Ninguno de los dos grupos mostró cambios significativos en el CMJ o el IET.

La suplementación aguda de creatina afectó favorablemente el rendimiento repetido del sprint y limitó la desintegración en la capacidad de salto después del IET en jugadores de fútbol altamente entrenados. El rendimiento intermitente de resistencia no se vio afectado por la suplementación con creatina. (Mujika, I. et al)

En un estudio realizado en futbolistas juveniles de élite, cuyo objetivo era determinar los efectos de una suplementación de monohidrato de creatina (Cr) de dosis baja a corto plazo (0,3 g/kg/día, durante 14 días) sobre la producción de potencia muscular, se obtuvieron los siguientes resultados.

Se asignaron al azar a grupos Cr (N = 9) o placebo (N = 10) a 19 jugadores de fútbol masculino (edad media =  $17,0 \pm 0,5$  años). Antes y después de la suplementación, los participantes realizaron una prueba anaeróbica Wingate de 30 segundos para evaluar la potencia máxima de salida, la potencia media, el índice de fatiga y el trabajo total.

Hubo aumentos significativos en potencia máxima y potencia media después del período de suplementación de Cr ( $P \leq 0.05$ ) pero no en el período de placebo. También

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

hubo incrementos significativos en el trabajo total, pero no en el índice de fatiga, después de los períodos de suplementación de Cr y placebo ( $P \leq 0.05$ ).

Existen pruebas sustanciales que indican que una dosis baja a corto plazo, de suplementación con creatina oral, beneficia la potencia muscular en los jugadores de élite de fútbol juvenil. (Yáñez-Silva, A. et al)

Otro estudio incluido en la revisión (Ziegantuss, TN. et al), pretendía encontrar un aumento en el rendimiento repetido de sprint y el volumen muscular del muslo en atletas de élite con únicamente 3 días de suplementación.

Se compararon 10 varones y diez mujeres. Los sujetos completaron seis sprints máximos de 10 s intercalados con 60 s de recuperación, antes y después de 3 d de suplementación con creatina (0,35 g / kg de masa sin grasa) o la ingestión de un placebo (maltodextrina). Antes y después de la suplementación, se obtuvieron 10 imágenes transaxiales contiguas de ambos muslos con resonancia magnética.

La suplementación con creatina resultó en incrementos estadísticamente significativos en la masa corporal, en el trabajo total durante el primer sprint y potencia máxima durante los sprints 2 a 6. Como era de esperar, los valores de trabajo total y de potencia de pico de los hombres fueron mayores que los de sus homólogos femeninos durante el sprint inicial. Sin embargo, lo contrario ocurrió durante los últimos tres sprints. Los datos de imágenes mostraron un aumento del 6,6% en el volumen del muslo en cinco de seis sujetos suplementados.

Estos datos indican que 3 d de suplementación de Cr puede aumentar el volumen muscular del muslo y puede mejorar el rendimiento del sprint en atletas de potencia de élite. Además, este efecto es mayor en las hembras a medida que se repiten los sprints. (Ziegantuss, TN. et al)

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Otro de los artículos encontrados en el ámbito de los deportes de equipo, fue el estudio realizado por (Izquierdo, M. et al), en el que pretendían determinar los efectos de la suplementación con creatina (Cr) (20 g / día, durante 5 días) en la fuerza máxima, la producción de energía muscular durante los episodios repetitivos de ejercicio de alta potencia, los sprints repetidos y la resistencia en los jugadores de balonmano.

Diecinueve jugadores entrenados en el balonmano fueron asignados aleatoriamente de una manera doble-ciega al grupo de la creatina (N = 9) o del placebo (N = 10).

La suplementación con Cr aumentó significativamente la masa corporal, el número de repeticiones realizadas hasta la fatiga y los valores de potencia media total en los episodios repetitivos de alta potencia (21% y 17%, respectivamente), la RM de media sentadilla (33%), y los tiempos medios de carrera durante los primeros 5 m de los seis sprints repetidos de 15 m (3%). No se observaron cambios en las medidas de fuerza, velocidad de avance o masa corporal en el grupo placebo durante el período experimental. (Izquierdo, M. et al)

El suplemento de Cr a corto plazo conduce a mejoras significativas en la fuerza máxima de la parte inferior del cuerpo, en los ejercicios máximos de alta potencia repetitivos en las partes superior e inferior y en las repeticiones totales realizadas hasta la fatiga, también en sprints repetidos. La suplementación con creatina no resultó en ninguna mejoría en la fuerza máxima del cuerpo superior y en el rendimiento de funcionamiento de la resistencia. (Izquierdo, M. et al)

En el estudio realizado por (Romer, LM. et al) en jugadores de squash, cuyos grupos experimentales y control se suplementaron 4 veces al día durante 5 días con 0,075 g / kg de masa corporal de monohidrato de creatina y maltodextrina, respectivamente, el grupo experimental mejoró el tiempo promedio de sprint en 3,2 +/- 0,8% por encima de

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

los cambios observados para el grupo control. Los grupos suplementados completaron el ejercicio en un tiempo significativamente más corto después de la suplementación de creatina en comparación con la condición placebo.

Los resultados obtenidos entre los grupos suplementados con creatina y no suplementados, apoyan la evidencia existente de que la suplementación con creatina mejora el desempeño del ejercicio intermitente de alta intensidad. (Romer, LM et al.)

Este estudio (Burke, DG. et al) examinó el efecto de 21 días de dosis baja de suplemento de Cr (aproximadamente 7,7 g / día) y el entrenamiento de resistencia en la fuerza de salida, la potencia de salida, la duración de la potencia media de salida de pico y el trabajo total realizado hasta la fatiga en atletas. Cuarenta y un atletas universitarios varones fueron asignados aleatoriamente a Cr (n = 20) o placebo (n = 21). En el primer y último día del estudio, los sujetos realizaron movimientos concéntricos en la prensa hasta el agotamiento en un dinamómetro isocinético. El dinamómetro estaba conectado a una computadora personal, que proporcionaba medidas de fuerza, velocidad y duración.

Los resultados revelaron que los sujetos de Cr realizaron más trabajo total hasta la fatiga, experimentaron mejoras significativamente mayores en la fuerza de pico y potencia de pico, y mantuvieron una potencia de pico media elevada durante un periodo de tiempo más largo. Estos resultados indican que la suplementación con creatina puede mejorar significativamente los factores asociados con la actividad de corta duración y de alta intensidad. (Burke, DG. et al)

El estudio realizado por (Bosco, C. et al) fue diseñado para investigar el efecto de la ingestión de monohidrato de creatina (20 g diarios durante 5 días) sobre el rendimiento

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

en saltos continuos máximos de 45 s y en sprint en la cinta rodante a 20 km/h (inclinación de 5 grados, duración de 60s aprox.). Los participantes fueron sprinters cualificados. El efecto de la creatina se comparó con placebo en un diseño doble ciego.

La suplementación con creatina (Cr) condujo a un aumento significativo de la capacidad de rendimiento en la prueba de saltos en un 7% durante los primeros 15 s y en un 12% durante los segundos 15 s del ejercicio. El efecto positivo de la suplementación de Cr no se observó en el último tercio del ejercicio de salto continuo, cuando la contribución del metabolismo anaeróbico fue disminuyendo. El tiempo de sprint intensivo hasta el agotamiento mejoró en un 13%. Los resultados muestran que la suplementación de Cr ayuda a prolongar el tiempo durante el cual la tasa máxima de potencia podría mantenerse. (Bosco, C. et al)

### **-Deportes de resistencia**

En cuanto a deportes de resistencia, apenas se ha encontrado evidencia científica y únicamente artículos que trataban deportes en los que la potencia puede ser importante en partes específicas de la competición, a pesar de ser de larga duración, como puede ser el ciclismo o el remo.

Debido a esta deficiencia, se encontró un artículo (Van Loon, LJ. et al) en el que se han evaluado los efectos tanto de la carga de creatina como de la suplementación prolongada en el contenido de creatina muscular, la composición corporal, la capacidad oxidativa muscular y corporal, la utilización de sustrato durante el ejercicio submáximo y el sprint supramaximal repetido.

Veinte ciclistas ingirieron creatina o un placebo durante un período de carga de 5 días (20 g/día), después de lo cual se continuó la suplementación durante 6 semanas (2 g/día). La carga de creatina aumentó la creatina libre de músculo, el fosfato de creatina

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

(CrP) y el contenido total de creatina. El uso subsiguiente de una dosis de mantenimiento de 2 g/día, tal como sugirió una Mesa Redonda de la American College of Sports Medicine, resultó en una disminución tanto del contenido elevado de CrP como del contenido total de creatina y el mantenimiento de la concentración de creatina libre.

Tanto la administración de suplementos de creatina a corto como de largo plazo mejoraron el rendimiento durante los sprints supramaximales repetidos en un cicloergómetro. Sin embargo, la capacidad oxidativa de todo el cuerpo y el músculo, la utilización del sustrato y el rendimiento de la prueba de tiempo no se vieron afectados. El aumento de la masa corporal después de la carga de creatina se mantuvo después de 6 semanas de suplementación continua y se explica por un aumento correspondiente en la masa sin grasa. Este estudio proporciona evidencia definitiva de que la suplementación prolongada de creatina en humanos no incrementa la capacidad oxidativa del músculo o cuerpo entero y, como tal, no influye en la utilización o el rendimiento del sustrato durante el ejercicio de ciclismo de resistencia. Además, nuestros hallazgos sugieren que la ingestión prolongada de creatina induce un aumento en la masa libre de grasa, algo negativo en este tipo de deportes de larga duración donde el peso corporal es esencial. (Van Loon, LJ. et al)

Otro estudio incluido en la revisión investigó el efecto de la suplementación de creatina monohidrato (Cr) sobre el rendimiento y el volumen de entrenamiento en los remeros. (Syrotuik, DG. et al)

Veintidós remeros fueron entrenados con entrenamiento continuo, en intervalos y de fuerza durante 6 semanas. La suplementación con Cr se realizó con una carga de 5 días (0,3 g / kg y día) seguida de una dosis de mantenimiento de 5 semanas (0,03 g / kg x



## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

día). Cinco días de carga de Cr no cambiaron la composición corporal, el rendimiento de remo repetido en intervalos, los tiempos de remo de 2.000 metros o el rendimiento de resistencia. Cinco semanas adicionales de entrenamiento con una dosis de mantenimiento de Cr o placebo mejoraron significativamente la composición corporal, el VO<sub>2</sub>max, los tiempos de remo de 2.000 metros, el rendimiento repetido del intervalo de potencia y la fuerza en un grado similar en ambos grupos. El entrenamiento de los sujetos con Cr no realizó más repeticiones por conjunto de ejercicios de fuerza ni produjo o mantuvo mayores salidas de potencia durante las sesiones de remo repetidas. (Syrotuik, DG. et al)

La suplementación de Cr no aumentó el rendimiento ni el volumen de entrenamiento en una diferencia al grupo de placebo en remeros que realizaron un programa combinado de remo y fuerza de alta intensidad. (Syrotuik, DG. et al)

### **-Eficacia en no deportistas**

La eficacia de la creatina también ha sido demostrada en varios estudios, en sujetos que no han realizado deporte previamente o lo hacen en su tiempo de ocio.

En un meta-análisis de 16 estudios realizado por (Dempsey, RL et al) cuyo objetivo era investigar si la suplementación con creatina aumenta la fuerza y el poder máximos en adultos sanos, se midieron el cambio de pre-suplementación y post-suplementación en el peso máximo levantado, la potencia pico de sprint en ciclo ergómetro y el par máximo del dinamómetro isocinético.

La diferencia en el peso máximo levantado fue de 6,85 kg mayor después de la suplementación con creatina sobre el placebo para el press de banca y 9,76 kg mayor para las sentadillas. En 7 de 10 estudios en los que se evaluó el peso máximo levantado, los sujetos eran hombres jóvenes (menores de 36 años) que participaban en

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

entrenamiento de fuerza. No hubo diferencias en el desempeño del cicloergómetro o del dinamómetro isocinético. (Dempsey, RL. et al)

La suplementación con creatina oral combinada con entrenamiento de resistencia aumenta el peso máximo levantado en los hombres jóvenes. No hay evidencia de un mejor desempeño en individuos mayores o mujeres o para otros tipos de ejercicios de fuerza y potencia. Además, la seguridad de la creatina sigue sin probarse. Por lo tanto, hasta que se aborden estas cuestiones, su uso no puede ser universalmente recomendado. (Dempsey, RL. et al)

Otro de los estudios concluyó en que la suplementación de creatina puede aumentar la fuerza muscular (aliada con 4 semanas de entrenamiento de fuerza), pero sólo en sujetos cuya absorción estimada de Cr y masa corporal aumentan significativamente; Cuanto mayor sea la absorción de Cr y los cambios de masa corporal asociados, mayores serán las ganancias de fuerza y rendimiento. (Kilduff, LP. et al)

Un estudio realizado con nueve sujetos masculinos (Casey, A. et al), que realizaron dos sesiones de ciclos isocinéticos máximos de 30 s antes y después de la ingestión de 20 g de creatina (Cr) monohidrato / día durante 5 días. La ingestión de Cr produjo un aumento de materia seca en la concentración total de creatina muscular. La producción total de trabajo aumentó en aproximadamente 4%, y los aumentos acumulados tanto en el pico como en la producción total de trabajo durante los dos episodios de ejercicio se correlacionaron positivamente con el aumento de creatina muscular. La fosfocreatina en reposo (PCr) aumentó en las fibras de tipo I y II.

En este estudio (Tarnopolsky, MA.) se investigó el efecto de la suplementación con creatina sobre el rendimiento de ejercicio de alta intensidad en 24 sujetos (n = 12 varones, n = 12 mujeres). Se proporcionaron monohidrato de creatina (4 tomas de 5g /

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

día, durante 4 días) y placebo (polímero de glucosa en mismas cantidades) usando un diseño cruzado doble ciego aleatorizado. Las medidas de resultado incluyeron: ensayo de ciclo anaeróbico de 30 s, con lactato de plasma antes y después del ensayo; Dorsi-flexor: contracción voluntaria máxima, prueba de fatiga de 2 min y extensión de la rodilla isocinética y fuerza isquémica de agarre de 1 minuto.

Los principales efectos del tratamiento con Cr fueron: aumento del pico y del pico relativo en el ciclo de potencia anaeróbica (3,7%,  $p < 0,05$ ) y dorsi-flexión (6,6%,  $p < 0,05$ ) sin respuestas específicas de género. Llegamos a la conclusión de que a corto plazo de suplemento de creatina puede aumentar los índices de alta intensidad de rendimiento de ejercicio, tanto para hombres y mujeres. (Tarnopolsky, MA.)

### **-Efectos adversos**

El consumo de creatina oral monohidrato se ha vuelto cada vez más común entre los atletas profesionales y aficionados. A pesar de numerosas publicaciones sobre los efectos ergogénicos de esta sustancia natural, hay poca información sobre los posibles efectos adversos de este suplemento. (Poortmans, JR. Et al)

Sobre este tema se encontró una revisión (Poortmans, JR. Et al), que pretendía identificar los hechos científicos y contrastarlos con los informes en los medios de comunicación que han enfatizado repetidamente los riesgos para la salud de la suplementación con creatina y no dudan en sacar conclusiones generales de los informes de casos individuales.

Trastornos gastrointestinales y calambres musculares se han informado de vez en cuando en individuos sanos, pero los efectos son anecdóticos. También se han sugerido disfunciones hepáticas y renales sobre la base de pequeños cambios en los marcadores de la función de los órganos y de informes de casos ocasionales, pero los estudios bien

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

controlados sobre los efectos adversos de la suplementación exógena de creatina son casi inexistentes. (Poortmans, JR. Et al)

Se ha estudiado la suplementación oral de creatina a corto plazo (5 días), a medio plazo (9 semanas) y a largo plazo (hasta 5 años) en pequeños grupos de atletas cuya función renal fue monitorizada por métodos de depuración y tasa de excreción de proteínas de orina. No se encontraron efectos adversos sobre la función renal. (Poortmans, JR. Et al)

Por último, si bien la ingesta actual de creatina como suplemento oral se considera segura y ética, no se puede garantizar la percepción de seguridad, especialmente cuando se administra durante un período prolongado a diferentes poblaciones (atletas, sedentarios, pacientes, activos, jóvenes o ancianos). (Cooper, R. et al)

- Proteínas

La creciente evidencia apoya la conclusión de que el consumo de proteínas en estrecha proximidad temporal a la realización del ejercicio de fuerza promueve una mayor hipertrofia muscular. También podemos afirmar con buena certeza que meramente consumir energía, como carbohidratos por ejemplo, tampoco es suficiente para maximizar la síntesis de proteínas musculares, conduciendo al anabolismo y la acumulación neta de proteína muscular. Trabajos recientes también indican que ciertos tipos de proteínas, en particular las que son digeridas rápidamente y altas en contenido de leucina (es decir proteína de suero de leche), parecen ser más eficientes para estimular la síntesis de proteínas musculares. La práctica continua del consumo de estos tipos o proteínas después del ejercicio debe conducir a una mayor hipertrofia. Las revisiones de numerosos estudios de entrenamiento indican que los estudios en los cuales las proteínas de la leche y principalmente la proteína del suero muestran una

ventaja de estas proteínas por encima de los carbohidratos isoenergéticos y la proteína de soja en la promoción de la hipertrofia. Por lo tanto, la evidencia combinada sugiere una ventaja estratégica de practicar el consumo post-ejercicio temprano de proteína de suero de leche o de proteína basada en productos lácteos para promover la síntesis de proteínas musculares, la acumulación neta de proteínas musculares y, en última instancia, la hipertrofia (Stuart, M., Conference on “Nutrition and health”).

En toda la literatura científica encontramos un buen número de artículos de investigación acerca de la eficacia o no de este suplemento, algo que todavía no está claro, de ahí el objetivo de esta revisión.

### **-Diferencias entre proteínas**

La proteína intacta, los hidrolizados de proteínas y los aminoácidos libres son ingredientes populares en nutrición deportiva contemporánea, y se han sugerido para aumentar la recuperación. La ingestión de proteínas y / o aminoácidos estimula la síntesis de proteínas del músculo esquelético, inhibe la descomposición de las proteínas y, como tal, estimula la acumulación de proteínas musculares después del ejercicio de resistencia y resistencia. La proteína del suero parece ser más eficaz en la estimulación de la síntesis de proteínas musculares durante la recuperación posterior al ejercicio. Esto es probablemente atribuible a su rápida digestión y cinética de absorción y composición específica de aminoácidos. (Maughan, RJ. & Burke, LM.)

Un creciente cuerpo de evidencia sugiere que el suplemento de proteínas lácteo y el suero de leche en particular pueden: 1) estimular el mayor aumento de síntesis de proteínas musculares; 2) dar lugar a una mayor área de sección transversal muscular cuando se combina con entrenamiento de fuerza crónica; y 3) Mejorar la recuperación del ejercicio. (Juha, J. et al)

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Se ha demostrado que el consumo de cantidades moderadas de proteína derivada de animales influye de forma diferente en la hipertrofia del músculo esquelético durante el entrenamiento de fuerza cuando se compara con cantidades nitrogenadas e isoenergéticas de proteína a base de plantas administradas en dosis pequeñas a moderadas. Por lo tanto, el propósito del estudio (Jordan, M. et al) fue determinar si el consumo posterior de ejercicio de aislamiento de proteína de arroz podría aumentar la recuperación y provocar cambios adecuados en la composición corporal en comparación con el aislamiento de proteína de suero de leche igualmente dosificado si se administra en grandes dosis isocalóricas.

Se reclutaron 24 varones de edad universitaria, entrenados en fuerza para este estudio. Los sujetos fueron aleatoriamente e igualmente divididos en dos grupos, ya sea consumiendo 48 g de proteína de arroz o aislado de proteína de suero (isocalórico e isonitrogenado) en los días de entrenamiento. Los sujetos entrenados 3 días a la semana durante 8 semanas como parte de un programa de entrenamiento de fuerza. Los suplementos de proteína de arroz y suero de leche se consumieron inmediatamente después del ejercicio. Las calificaciones de recuperación percibida, dolor y preparación para entrenar se registraron antes y después de la primera sesión de entrenamiento. Se determinó la composición corporal, y el banco de prensa y prensa de piernas para la fuerza superior e inferior del cuerpo se registraron durante las semanas 0, 4 y 8.

No hubo diferencias detectables en los puntajes psicométricos de recuperación percibida, dolor o preparación para el entrenamiento. Se observaron efectos significativos en la ganancia de masa corporal magra, la masa muscular, la fuerza y el poder aumentaron y la masa grasa disminuyó, pero no hubo diferencias significativas entre grupos.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Tanto el suero y el arroz aislados de proteínas de administración post entrenamiento de fuerza mejoraron los índices de composición corporal y el rendimiento de ejercicio; Sin embargo, no hubo diferencias entre los dos grupos. (Jordan, M. et al)

El presente estudio (Babault, N. et al) tuvo como objetivo comparar el impacto de una suplementación oral con proteína de guisante vegetal (NUTRALYS®) frente a proteína de suero y placebo sobre el espesor y la fuerza del músculo bíceps braquial después de un programa de entrenamiento de resistencia de 12 semanas.

Se incluyeron ciento sesenta y un varones de 18 a 35 años en el estudio y se sometieron a 12 semanas de entrenamiento de fuerza en los músculos de las extremidades superiores. De acuerdo con la aleatorización, se incluyeron en el grupo de proteína de guisante (n = 53), proteína de suero (n = 54) o placebo (n = 54). Todos tuvieron que tomar 25 g de las proteínas o placebo dos veces al día durante el período de 12 semanas de entrenamiento. Se realizaron pruebas en los músculos bíceps en el inicio de la investigación, en mitad y al finalizar el entrenamiento. El espesor muscular se evaluó mediante ultrasonografía, y se midió la resistencia en un dinamómetro isocinético.

El espesor del bíceps braquial aumentó de  $24,9 \pm 3,8$  mm a  $26,9 \pm 4,1$  mm y  $27,3 \pm 4,4$  mm en el inicio, mitad y final del estudio respectivamente, con sólo una tendencia hacia diferencias significativas entre los grupos ( $P = 0,09$ ). Los aumentos de grosor fueron significativamente mayores en el grupo de proteína de guisante en comparación con el placebo, mientras que no hubo diferencia con el suero. La fuerza muscular también aumentó con el tiempo sin diferencias estadísticas entre los grupos.

Además de un entrenamiento adecuado, la suplementación con proteína de guisante promovió un aumento mayor del espesor muscular en comparación con el placebo y especialmente para las personas que comenzaron o regresaron a un fortalecimiento

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

muscular. Dado que no se obtuvo ninguna diferencia entre los dos grupos de proteínas, las proteínas de guisantes vegetales podrían usarse como una alternativa a los productos dietéticos basados en suero, para personas veganas o intolerantes a la lactosa. (Babault, N. et al).

### **-Suplemento de proteína no mejora**

Existe discrepancia considerable en la literatura sobre los beneficios propuestos de la suplementación proteica en la respuesta adaptativa del músculo esquelético al entrenamiento con ejercicios de fuerza, ya que en muchas ocasiones la suplementación con este tipo de sustancias puede mejorar la síntesis de proteínas, hipertrofia muscular y ganancias de fuerza, pero en muy pocas ocasiones se tiene en cuenta la cantidad de proteínas tomadas por estas personas en su dieta normal.

No está claro si la suplementación con proteínas aumenta las ganancias en la fuerza muscular y el tamaño observadas después del entrenamiento de fuerza debido a que las limitaciones a estudios previos incluyen grupos pequeños, medidas imprecisas del tamaño y fuerza muscular y apenas control del ejercicio previo ni de la ingesta habitual de proteínas. (Erskine, R. et al)

El objetivo del presente estudio (Verdijk, L. et al) fue evaluar los beneficios de la suplementación cronometrada de proteínas en el aumento de la masa muscular y la fuerza durante el entrenamiento de ejercicio de fuerza prolongada en hombres sanos que consumen habitualmente cantidades adecuadas de proteína en sus dietas.

Los ancianos sanos ( $n = 26$ ) de  $72 \pm 2$  años fueron asignados aleatoriamente a un programa de entrenamiento progresivo de resistencia de 12 semanas con (grupo de proteínas) o sin (grupo placebo) antes y después de cada ejercicio (3 sesiones / semana, 20 g proteína / sesión). Se realizaron pruebas de una repetición máxima (1RM) con



## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

regularidad para asegurar una carga de trabajo progresiva durante la intervención. La hipertrofia muscular se evaluó a nivel de cuerpo entero (absorciometría de rayos X de energía dual), de extremidad (tomografía computada) y de fibra muscular (biopsia).

La resistencia a 1RM aumentó aproximadamente 25-35% en ambos grupos. La absorciometría de rayos X de energía dual y la tomografía computarizada mostraron aumentos similares en la masa muscular de las piernas y en los cuádriceps. La hipertrofia de las fibras musculares fue mayor en el tipo II que en el tipo I, pero la diferencia entre los grupos no fue significativa.

La suplementación de proteínas temporizadas inmediatamente antes y después del ejercicio no aumenta aún más el aumento de la masa y la fuerza del músculo esquelético después de un entrenamiento prolongado de fuerza en hombres sanos que consumen habitualmente cantidades adecuadas de proteína dietética.(Verdijk, L. et al)

Otro estudio (Erskine, R. et al) tenía por objetivo determinar si la suplementación con proteína de suero afectó los cambios inducidos por el entrenamiento de fuerza y el tamaño del músculo flexor del codo.

Se compararon 33 hombres jóvenes previamente no entrenados y sanos asignados al azar a proteína (PRO, n = 17) o grupos placebo (PLA, n = 16). Los participantes realizaron posteriormente flexión del codo 3 días por semana durante 12 semanas y consumieron PRO o PLA inmediatamente antes y después de cada sesión de entrenamiento. Se evaluó la fuerza del músculo flexor del codo (1 repetición máxima unilateral y fuerza voluntaria máxima isométrica) y el tamaño (volumen total y área transversal anatómica máxima determinada con resonancia magnética) antes y después del entrenamiento de 12 semanas.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

PRO y PLA demostraron aumentos similares en el volumen muscular, anatómica sección transversal, 1 repetición máxima, y fuerza voluntaria máxima.

En el contexto de este estudio, la suplementación con proteínas no aumentó más la fuerza del músculo flexor del codo en comparación con el grupo placebo, ni produjo mayores cambios de tamaño. (Erskine, R. et al)

El propósito de esta investigación (Carleigh, H. et al) fue examinar los efectos de 4 semanas de entrenamiento de fuerza con suplementación de proteínas en la fuerza y los cambios de morfología muscular en hombres sin entrenamiento previo. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un entrenamiento de fuerza + grupo proteico (n = 9, suero lácteo (17 g) y un grupo de entrenamiento de fuerza + grupo placebo (n = 9).

Se analizaron; fuerza máxima de una repetición máxima (1RM) en ejercicios de extensión de pierna (LP) y de extensión de rodilla (LE), fuerza extensora isométrica de extensor de rodilla máxima (MVIC) y morfología muscular (espesor (MT), sección transversal (CSA). Los participantes realizaron ejercicios de extensión de pierna y extensión de rodilla (3 × 8-10, a 80% 1RM) 3 días / semana durante 4 semanas. Cuatro semanas de entrenamiento de resistencia resultaron en aumentos significativos en todos los aspectos analizados, sin diferencias significativas entre grupos.

Aunque la nutrición puede afectar significativamente a las adaptaciones de entrenamiento, estos resultados sugieren que el entrenamiento de fuerza a corto plazo aumenta la fuerza muscular y el tamaño en hombres previamente sin entrenamiento sin ningún beneficio adicional de la suplementación de proteínas después del ejercicio. (Carleigh, H. et al)

### **-Suplemento de proteína sí mejora**

Es habitual el uso de los suplementos proteicos en una gran cantidad de deportistas, sobre todo en deportes de fuerza y potencia, ya que la principal función de las proteínas es la recuperación muscular y la síntesis de proteínas musculares tras el ejercicio.

Se ha observado un incremento mayor en la masa muscular a las cuatro semanas de entrenamiento de fuerza cuando se aumenta la ingesta de proteínas con respecto a las recomendaciones en sedentarios. Se ha comprobado que la síntesis de proteínas corporales se incrementa paralelamente al aumentar su ingesta diaria de 2 g de proteína por kg en sujetos que realizan entrenamiento de fuerza. Por el contrario, al consumir dietas que aportan 2,4 g de proteínas por kg se incrementa la oxidación de aminoácidos, sin que se observe un incremento adicional en la biosíntesis proteica. (Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje).

En ejercicios de resistencia también puede ser necesaria una cierta cantidad de proteína extra debido a la oxidación de aminoácidos de cadena ramificada en el músculo. Si el ejercicio es muy prolongado, la reducción en la disponibilidad de glucógeno y, por tanto, de glucosa, lleva a una mayor oxidación de aminoácidos musculares.

Esta revisión (Stefan, M. et al) proporciona un análisis sistemático y exhaustivo de la literatura que puso a prueba la hipótesis de que los suplementos proteicos aceleran las ganancias en la masa muscular y la fuerza que resulta en mejoras en la potencia aeróbica y anaeróbica.

Para individuos no entrenados, el consumo de proteína suplementaria probablemente no tiene ningún impacto en la masa magra y la fuerza muscular durante las semanas iniciales de entrenamiento de fuerza. Sin embargo, a medida que aumenta la duración, la frecuencia y el volumen del entrenamiento de fuerza, la suplementación proteica puede

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

promover la hipertrofia muscular y aumentar las ganancias en la fuerza muscular en individuos tanto entrenados como no entrenados. (Stefan, M. et al)

En un estudio realizado por (Lemuel, W. et al) se examinó si 8 semanas de suplementación con proteína de suero (WP) mejoraron la composición corporal y las medidas de rendimiento en las jugadoras de baloncesto femeninas de la División III de la NCAA. Los sujetos fueron asignados a consumir 24 g de proteína de suero (n = 8, edad,  $20 \pm 2$  años, altura,  $170 \pm 6$  cm, peso,  $66.0 \pm 3.1$  kg) o 24 g de maltodextrina (n = 6, edad,  $21 \pm 3$  años,  $169 \pm 6$  cm de peso,  $68,2 \pm 7,6$  kg) inmediatamente antes y después del entrenamiento (4 días / semana de entrenamiento anaeróbico y de fuerza) durante 8 semanas. Antes de la intervención (T1) y 8 semanas después de la suplementación (T2), los sujetos fueron sometidos a las pruebas para comprobar la composición corporal, así como pruebas de rendimiento.

El grupo suplementado ganó masa magra de T1 a T2 mientras que el grupo placebo (MD) tendió a ganar masa magra. El grupo WP también perdió masa grasa de T1 a T2, mientras que el grupo MD no. El grupo de WP presentó mayores ganancias en el banco de prensa de 1 repetición máxima (1RM) (+4,9 kg) en comparación con el grupo de MD (+2,3 kg). Además, el grupo WP mejoró la agilidad de T1 a T2, mientras que el grupo MD no lo hizo. Ambos grupos también aumentaron la presión de las piernas 1RM, salto vertical, y saltos de salto anchos. Este estudio demuestra que 8 semanas de suplementos WP mejora la composición corporal y seleccionar las variables de rendimiento en atletas previamente entrenados. (Lemuel, W. et al)

Los efectos individuales y combinados de la proteína del suero y los carbohidratos en las adaptaciones de entrenamiento a largo plazo de la resistencia son mal entendidos. (Hulmi, J. et al)

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Un período de cuatro semanas de entrenamiento de fuerza se llevó a cabo en los hombres anteriormente no entrenados. Posteriormente, los sujetos fueron asignados al azar en tres grupos: 30 g de proteínas de suero de leche (n = 22), carbohidratos isocalóricos (maltodextrina, n = 21) o proteína + carbohidratos (n = 25). Dentro de estos grupos, los sujetos fueron aleatorizados en 12 semanas de duración con el objetivo de hipertrofia muscular y fuerza. La bebida siempre fue ingerida inmediatamente después del ejercicio, 2-3 veces por semana, dependiendo del período de entrenamiento. Se analizaron la composición corporal, el área transversal del músculo cuádriceps femoral, la fuerza máxima antes y después de la intervención.

El programa de 12 semanas condujo a un aumento de la masa libre de grasa, tamaño muscular y fuerza independiente de la ingesta de nutrientes después del ejercicio. Sin embargo, el grupo de proteína de suero de leche redujo la grasa total y abdominal en comparación con el grupo de carbohidratos independientemente del tipo de entrenamiento. Por lo tanto, se observó un aumento relativo mayor (por kg de peso corporal) en la masa sin grasa en el grupo de proteína frente a carbohidrato sin diferencias significativas con el grupo combinado.

La suplementación post-ejercicio con proteínas de suero cuando se comparó con carbohidratos o combinación de proteínas e hidratos de carbono no tuvo un efecto importante en el tamaño o fuerza muscular cuando se ingiere dos o tres veces a la semana. Sin embargo, las proteínas del suero pueden aumentar la pérdida de grasa abdominal y las adaptaciones relativas de masa sin grasa en respuesta al entrenamiento de fuerza en comparación con los carbohidratos de acción rápida. (Hulmi, J. et al)

A raíz de este estudio, el cual concluye en que la proteína de suero puede aumentar la pérdida de grasa abdominal y provocar adaptaciones mayores de masa sin grasa en

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

respuesta a un entrenamiento, se encontró otro estudio con objetivos de pérdida de peso, algo esencial en deportes donde el control del peso es exhaustivo y en ocasiones las restricciones calóricas pueden llevar a una pérdida de masa muscular.

El consumo de proteínas después del ejercicio de fuerza y potencia tiene por objetivo la síntesis de proteínas musculares, pero sus efectos sobre el apetito subsiguiente en este contexto son desconocidos. Este estudio examinó el apetito y la ingesta de energía después del consumo de bebidas que contenían proteínas y carbohidratos después del ejercicio de resistencia.

Después de la familiarización, 15 hombres de entrenamiento de fuerza (edad  $21 \pm 1$  años, masa corporal  $78,0 \pm 11,9$  kg, estatura  $1,78 \pm 0,07$  m) completaron dos ensayos aleatorizados, doble ciego, consistentes en ejercicios de fuerza del tren inferior, seguido de consumo de proteína de suero (PRO  $23,9 \pm 3,6$  g de proteína) o dextrosa (CHO  $26,5 \pm 3,8$  g de carbohidratos)

Los resultados obtenidos sugieren que el consumo de proteína de suero después de ejercicio de fuerza reduce la ingesta de energía subsiguiente, y esto podría ser parcialmente mediado por una reducción de la tasa de alimentación. Si bien esta reducción de la ingesta de energía es poco probable que perjudique la hipertrofia, puede ser de valor en el apoyo a un déficit de energía para la pérdida de peso. (Monteyne, A. et al).

## **6- Conclusiones**

-La suplementación con creatina aumenta las reservas de creatina muscular en el 70% de los casos, siendo estas mejoras todavía más evidentes si se trata de sujetos que no ingieren proteína animal en su dieta (vegetarianos), debido a las bajas reservas de creatina corporal.

- La suplementación con creatina produce además mejoras significativas en varios de los factores de rendimiento determinantes en deportes de fuerza/potencia; potencia máxima, potencia media, número de acciones hasta la fatiga, fuerza (RM), velocidad y capacidad de salto, además de un aumento de volumen muscular notable.

-En deportes donde la fuerza y potencia pierde importancia el uso de creatina no provoca mejoras significativas, incluso pudiendo ser negativo por el aumento de peso que le acompaña.

-Las creencias y especulaciones de los efectos negativos sobre la toma del suplemento de creatina son solamente anecdóticos aunque es necesaria mayor investigación sobre los posibles efectos a largo plazo, debido a la escasez de evidencias científicas.

-Los suplementos de proteína extraídos de vegetales (arroz, guisante...) pueden ser un buen sustitutivo en caso de intolerancias o dietas vegetarianas, aunque varios estudios demuestran que los suplementos de proteína animal, y sobre todo el extraído del suero de leche, tienen mayores efectos gracias a su mejor digestión y alto valor biológico de sus aminoácidos.

-Las evidencias de la suplementación proteica son dispares, encontrando resultados significativamente mejores en unos estudios y sin diferencias significativas en otros, comparándolos siempre con un grupo control o placebo.

## Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

-No se puede asegurar la efectividad de la suplementación de proteína en el deporte sin un control exhaustivo de la dieta de cada uno de los sujetos y las necesidades proteicas diarias de los mismos.



**7- Bibliografía**

1. Green, A. et al. (1996). Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feeding in humans. *Acta Physiologica*, 158, 195-202.
2. Burke, DG. et al (2003). Effect of Creatine Supplementation and Resistance-Exercise Training on Muscle Insulin-Like Growth Factor in Young Adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 389-398.
3. Javier González Gallego, Pilar Sánchez Collado, José Mataix Verdú. (2006). *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. España: Fundación Universitaria Iberoamericana.
4. Burke, Louise. (2010). *Nutrición en el deporte : un enfoque práctico*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
5. Chad M. et al (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 643-653.
6. Peralta. J & Amancio. O, (2002). A creatina como suplemento ergogênico para atletas. *Revista de Nutrição*, 15, 83-93.
7. Williams, M. (1998). Rating the sports ergogenics. The ergogenic edge. *Human Kinetics*, p.178-182.
8. Hespel. P y cols. (2001). Creatine Supplementation: Exploring the Role of the Creatine Kinase/Phosphocreatine System in Human Muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*, p. 79-102.
9. Bean, Anita (2005). *The Complete Guide to Sports Nutrition*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

10. Romer, LM. et al. (2001 Nov). Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *International Journal of Sports Medicine*, p. 46-52.
11. Dempsey, RL. et al. (2002 Nov). Does oral creatine supplementation improve strength? A meta-analysis. *The Journal of Family Practice*, p. 45-51.
12. Kilduff, LP. et al. (2003 Dec). Effects of creatine on body composition and strength gains after 4 weeks of resistance training in previously nonresistance-trained humans. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, p. 4-20.
13. Bosco, C. et al. (1997 Jul). Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *International Journal of Sports Medicine*, p. 69-72.
14. Mujika, I. et al. (2000 Feb). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, p. 18-25.
15. Burke, DG. et al. (2000 Sep). The effect of continuous low dose creatine supplementation on force, power, and total work. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise metabolism*, p. 35-44.
16. Ziegenfuss, TN. et al. (2002 May). Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA Division I athletes. *Nutrition*, p. 397-402.
17. Poortmans, JR. & Francaux, M. (2000 Sep). Adverse effects of creatine supplementation: fact or fiction?. *Sports Medicine*, p. 55-70.

18. Casey, A. et al. (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 271, 31-37.
19. Syrotuik, DG. et al. (2001 Dec). Effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, p. 27-42.
20. Tarnopolsky, MA. & MacLennan, DP. (2000 Dec). Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise metabolism*, p. 52-63.
21. Izquierdo, M. et al. (2002 Feb). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, p. 32-43.
22. Demant, TW. & Rhodes, EC. (1999 Jul). Effects of creatine supplementation on exercise performance. *Sports Medicine*, p. 49-60.
23. Van Loon, LJ. et al. (2003 Feb). Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. *Clinical Science*, p. 53-62.
24. Stephen, P. (2003). CREATINE SUPPLEMENTATION AND EXERCISE PERFORMANCE: A BRIEF REVIEW. *Journal of Sports Science and Medicine*, p. 123-132.
25. Cooper, R. et al. (2012). Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, p. 9-33.

26. Yáñez-Silva, A. et al. (2017). Effect of low dose, short-term creatine supplementation on muscle power output in elite youth soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, pp. 14-5.
27. Maughan, RJ. & Burke, LM. (2011). Dietary Protein to Support Muscle. *Sports Nutrition*, vol 69, pp. 79–95.
28. Jordan, M. et al. (2013). The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal*, p. 12-86.
29. Juha, J. et al. (2009). Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids*, vol. 37, pp. 297-308
30. Verdijk, L. et al. (2009 Feb). Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, pp. 8-16.
31. Erskine, R. et al. (2012 Sep). Whey protein does not enhance the adaptations to elbow flexor resistance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, vol. 3, pp. 791-800.
32. Lemuel, W. et al. (2015 Sep). Eight weeks of pre- and postexercise whey protein supplementation increases lean body mass and improves performance in Division III collegiate female basketball players. *Applied Physiology and Nutrition Metabolism*, vol. 41, pp. 249-254.
33. Ryan, P. et al. (2013). Effects of 8 weeks of Xpand® 2X pre workout supplementation on skeletal muscle hypertrophy, lean body mass, and

- strength in resistance trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, pp. 10-44.
34. Carleigh, H. et al. (2015). Muscle strength and hypertrophy occur independently of protein supplementation during short-term resistance training in untrained men. *Applied Physiology and Nutrition Metabolism*, vol. 40, pp. 797–802.
35. Babault, N. et al. (2015). Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, Placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, pp. 3-12.
36. Monteyne, A. et al. (2016). Whey protein consumption after resistance exercise reduces energy intake at a post-exercise meal. *European Journal Nutrition*.
37. Hulmi, J. et al. (2015). The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* , pp.-12:48
38. Stuart M. (2011). Conference on ‘Nutrition and health: cell to community’ Symposium 2: Exercise and protein nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 70, pp. 100–103.
39. Stefan, M. et al. (2014). The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sports Medicine*.
40. Juha, J. et al. (2010). Effects of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition & Metabolism*, pp. 7-51.

41. Casey, A. & Greenhaff, P (2000). Does dietary creatine supplementation play a role in skeletal muscle metabolism and performance? *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 72, pp. 607-617.
42. Burke, DG. et al (2003 Nov). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, pp. 46-55.
43. Preen, D. et al (2002). Pre-exercise oral creatine ingestion does not improve prolonged intermittent sprint exercise in humans. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 42, pp. 320-329.
44. Rawson ES, et al (2011). Low-dose creatine supplementation enhances fatigue resistance in the absence of weight gain. *Nutrition*.
45. Terjung RL, et al. (2000). The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.

**8- Anexos**

This screenshot shows a PubMed search for "creatine supplementation exercise". The search results are displayed on page 1 of 42, with 835 items found. The top results include:

- 1. **NMR-based metabolomic analysis for the effects of creatine supplementation on mouse myoblast cell line C2C12.** Xu W, Lin D, Huang C. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*. 2017 May 5;1-11. doi: 10.1093/abbs/gmx043. [Epub ahead of print] PMID: 28475656
- 2. **Supplementation with Huailian No. 4 wild bitter gourd (*Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser.) extract increases anti-fatigue activities and enhances exercise performance in mice.** Hsiao CY, Chen YM, Hsu YJ, Huang CC, Sung HC, Chen SS. *J Vet Med Sci*. 2017 May 1. doi: 10.1292/jvms.17-0079. [Epub ahead of print] PMID: 28458274
- 3. **Effects of creatine supplementation on cardiac autonomic functions in bodybuilders.** Mert KU, Ilgity S, Dural M, Mert GO, Ozakin E. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2017 Apr 24. doi: 10.1111/pace.13096. [Epub ahead of print] PMID: 28436092
- 4. **Creatine supplementation reduces sleep need and homeostatic sleep pressure in rats.** Dworak M, Kim T, Mccarley RW, Basheer R. *J Sleep Res*. 2017 Jun;26(3):377-385. doi: 10.1111/jsr.12523. Epub 2017 Apr 11.

The interface includes filters for article types, text availability, and publication dates, along with a "Results by year" bar chart and "Related searches" for "effects creatine supplementation exercise".

This screenshot shows a PubMed search for "protein supplementation exercise". The search results are displayed on page 1 of 95, with 1893 items found. The top results include:

- 1. **High-Protein Foods and Physical Activity Protect Against Age-Related Muscle Loss and Functional Decline.** Bradlee ML, Mustafa J, Singer MR, Moore LL. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2017 May 25. doi: 10.1093/geronl/glv070. [Epub ahead of print] PMID: 28549098
- 2. **Tenogenic differentiation of human embryonic stem cells.** Dale TP, Mazher S, Webb WR, Zhou J, Maffulli N, Chen GO, El Haj AJ, Forsyth NR. *Tissue Eng Part A*. 2017 May 26. doi: 10.1089/ten.TEA.2017.0017. [Epub ahead of print] PMID: 28548630
- 3. **Neuroprotective Benefits of Aerobic Exercise and Organoselenium Dietary Supplementation in Hippocampus of Old Rats.** Cecchella JL, Leite MR, Pinton S, Zeni G, Nogueira CW. *Mol Neurobiol*. 2017 May 25. doi: 10.1007/s12035-017-0600-9. [Epub ahead of print] PMID: 28540659
- 4. **Role of nutrition on anemia in elderly.** Bianchi VE.

The interface includes filters for article types, text availability, and publication dates, along with a "Results by year" bar chart and "Related searches" for "why protein supplementation exercise".