

TRABAJO DE FIN DE GRADO



**AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO
DEPORTIVO**

Alumno: Lorenzo Cantarelli

Tutora: Elena María Rodríguez Rodríguez

Departamento: Ingeniería química y Tecnología farmacéutica

Trabajo de fin de grado. Facultad de Farmacia

19/05/2017

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

ÍNDICE

1. Abstract	3
2. Introducción	4
3. Objetivos	4
4. Materiales y métodos	5
5. Resultados y discusión....	5
5.1. Cafeína.....	5
5.2. Creatina.....	9
5.3. L-carnitina.....	12
5.4. Glutamina.....	16
6. Efectos adversos.....	19
7. Conclusiones.....	20
8. Bibliografía.....	21

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

1. ABSTRACT

The advertising of sports supplements, specialized magazines and the classic gymnasium environment has evolved the classic athlete's diet to a more complex and organized one, which is increasingly incorporating the presence of certain substances capable of helping to obtain more easily that desired goal for every person. These are the so-called ergogenic aids.

In this work it has been proposed to make a compilation of several scientific studies to verify the truth about the different effects, both positive and negative, that these aids may have in the body. An attempt has been made to put a little common sense into the world of supplementation, since most of the new trends in recent years have been based above all on miraculous allegations, complacent promises and secret potions. For this reason, a total of four substances have been analyzed, of the most used today in the field of sport, indicating their general use in sport, its content in common foods of daily use, its recommended daily intake and its adverse effects, if any. In addition, for each substance, a list has been made with the various commercial brands as well as the various prices that each of them have analyzed.

The conclusions reached, according to available research, are that all the substances studied have some controversy when verifying their effectiveness, since most of them need additional studies and more in depth. The only aids that have been observed to be most useful to the athlete have been creatine and caffeine, because most studies have supported their use and utility in sports. As for the others, the studies on carnitine and glutamine have been inconclusive, and for now imply that their use would not be of any help in the performance of any sport.

Key words: Caffeine, creatine, glutamine, L-carnitine, ergogenic aids.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

2. INTRODUCCIÓN

En la práctica habitual del deporte, es fundamental poder realizar entrenamientos intensos y a la vez evitar situaciones de fatiga crónica, lesión o enfermedad. Para ello, muchos deportistas recurren a las ayudas ergogénicas¹. La definición de ergogenia proviene de las palabras griegas, Ergon (trabajo) y Gennan (producción), es decir es todo aquello relacionado con los mecanismos de producción de trabajo físico². Dentro de estas ayudas se pueden incluir todas aquellas sustancias, métodos, fármacos, equipamientos, máquinas, etc., que contribuyen a mejorar la capacidad innata para la producción o generación de trabajo físico por el organismo. El grupo que evoluciona más rápidamente, es el de las ayudas farmacológicas (no nutricionales), que incluyen una enorme variedad de productos, tanto permitidos como dopantes. También existe una enorme cantidad de suplementos nutricionales, como los aminoácidos, que pretenden completar y mejorar la alimentación del deportista, optimizando su recuperación.

En este trabajo se estudian los efectos sobre tres tipos de actividades: potencia, fuerza y resistencia. En los de potencia o explosivos se aplica la fuerza máxima en el menor tiempo posible³ y en los de fuerza se observa la capacidad del músculo de ejercer fuerza para lograr la mayor resistencia con un solo esfuerzo⁴. En ellos se encuentran la mayoría de los ejercicios anaeróbicos como el press banca, sentadillas o el “peso muerto”. Por último, en los ejercicios de resistencia (en su mayoría aeróbicos), se busca realizar un esfuerzo durante el mayor tiempo posible, soportar la fatiga y recuperarse rápidamente del mismo⁵.

Casi todos los suplementos que se estudian (glutamina y L-carnitina) se proponen como ayudas en cualquier tipo de actividad física para la mejora de la fatiga post-ejercicio y la disminución del daño oxidativo ocasionado por el mismo, sin embargo hay algunos (creatina y cafeína) que resultan ser más eficaces cuando son enfocados hacia determinadas actividades concretas, pues el primero iría enfocado más en la mejora del rendimiento y masa muscular de ejercicios explosivos y de fuerza, y el segundo se centraría más en la mejora del rendimiento y disminución de la fatiga de ejercicios de resistencia.

3. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es revisar los efectos que tienen sobre la actividad deportiva el uso de cuatro suplementos. Así, se revisará que sustancias de las descritas poseen una clara relación causa-efecto en la práctica de la actividad física, y cuales, en cambio, no demuestran utilidad alguna como ayuda ergogénica. También se recopilarán diferentes productos comerciales, se compararán las dosis recomendadas por fabricantes y se compararán los distintos precios de venta, estableciendo un posible gasto mensual y anual.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó el punto Q como herramienta para la búsqueda de la bibliografía. La mayoría de los artículos encontrados estaban escritos en inglés y pertenecían a la base de datos de MEDLINE/PubMed. También se buscaron libros de la biblioteca y páginas de internet. La búsqueda abarcó desde 1980 hasta 2017. Para ello, se emplearon palabras clave como “glutamine”, “creatine”, “L-carnitine”, “caffeine”, que fueron combinadas con la palabra “exercise”. Dio un total de 36599 artículos (Tabla 1), aunque este número se redujo considerablemente (2454) a la hora de especificar más el criterio de búsqueda, mediante la inclusión de determinadas materias en la plataforma de búsqueda de la biblioteca de la ULL.

Tabla 1: Numero de artículos encontrados en el punto Q

Palabra clave	Nº Artículos totales	Nº Revistas reviewed	Peer- Nº Artículos según materia
Glutamine and exercise	5866	5359	Glutamine + exercise: 709
Creatine and exercise	14715	13921	Sport medicine and exercise sport science: 914
L-carnitine and exercise	422	400	L-Carnitine + exercise: 164
Caffeine and exercise	13450	12156	Sport medicine and exercise sport science: 667
Total	34453	31836	2454

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CAFEÍNA

La cafeína o 1,3,7-metilxantina es un alcaloide que pertenece a las metilxantinas⁶. Es probablemente la sustancia estimulante más utilizada en el mundo⁷. Los alimentos con mayor contenido son café y té (unos 100 mg y 30 mg por taza de café y té, respectivamente), bebidas refrescantes de cola (unos 40 mg/lata de 330 ml) y chocolate (unos 10 m/taza de chocolate)⁶ (Tabla 2).

Prácticamente el 90% de la cafeína ingerida alcanza el pico de concentración plasmática a los 40-60 min, siendo su vida media de 3-5 h^{10,11}. Su excreción en orina sólo representa el 1-3% del total ingerido⁶ (Tabla 3).

Efectos en el deporte

En la actualidad la cafeína no consta en la lista de sustancias prohibidas por el Comité Olímpico Internacional.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 2: Contenido en cafeína de distintas fuentes alimentarias y complementos dietéticos^{8,9}.

Producto	Contenido de cafeína (mg)
Café (150 ml)	106-164
Café instantáneo (150 ml)	47-68
Café descafeinado (150 ml)	2-5
Té negro (240 ml)	25-110
Té verde (240 ml)	8-36
Coca-Cola (330 ml)	42
Pepsi-cola (330 ml)	35
Chocolate con leche (28 g, una onza)	2-8
Chocolate negro (28 g, una onza)	5-25
Chocolate líquido (168 g)	2-8
Red Bull, bebida energética (250 ml)	80
Gel cafeinado (40 g)	25
Barrita cafeinada (65 g)	50

Tabla 3: Metabolización de distintas dosis de cafeína a partir de varias fuentes alimentarias^{10,11}.

Bebida	Dosis de cafeína (mg)	Cafeína en orina (µg /dl)
Café (1 taza)	100	1,5
Refresco de cola (1 lata)	45	0,7
Té (1 taza)	22-36	0,03

La mayor parte de los estudios sobre el efecto ergógeno de la cafeína se han centrado en ejercicios submáximos, cuya intensidad nunca excede el 85% del ritmo cardíaco máximo, con un elevado componente de resistencia. Estos parecen estar basados en la utilización de grasa y su metabolización durante la actividad física⁶. Se ha demostrado que la cafeína estimula la lipólisis de los depósitos adiposos y/o musculares debido al incremento de los niveles de adrenalina circulante o al bloqueo de los receptores de adenosina (aumenta el estado de vigilia). La movilización de la grasa hacia el musculo permite ahorrar glucógeno y por tanto, disminuir la fatiga post-ejercicio^{1,12,13,14}.

Se encontró¹⁵ una mejora del 20-50% en deportes de resistencia tras del consumo de cafeína (3-13 mg/kg) (correr o pedalear a un 80-90% del consumo máximo de oxígeno (VO₂máx). Davis et al.¹⁶ establecieron que retrasaba un 10-20% la aparición de fatiga en ejercicios de resistencia. Este efecto ergógeno podría prolongarse hasta 6 h después de la ingesta y, además, era mayor en las personas que normalmente no consumían esta sustancia.

Aunque hay estudios^{17,18} que han mostrado que la suplementación con cafeína podría mejorar el rendimiento en ejercicios de alta intensidad y corta duración (aprox. 100% del VO₂max), algunos trabajos^{19,20} concluyeron que la cafeína no mejoraba significativamente la resistencia en actividades de corta duración.

Por otro lado, se observó una ligera mejoría en los resultados a la hora de realizar ejercicios progresivos, en los cuales la resistencia del deportista aumentó significativamente^{20,21}.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

En cuanto al ejercicio anaeróbico, no se encontró ningún efecto ergógeno de la cafeína en la fuerza muscular, probablemente debido a que la mejora potencial era pequeña y difícil de medir debido a la naturaleza breve e intensa del ejercicio^{22,23}.

Dosis y momento de la ingesta

En la Tabla 4 se muestran las dosis recomendadas, las formas de su consumo así como el momento óptimo para su ingesta.

Tabla 4: Dosis, momento de la ingesta, formas de consumo y observaciones de los autores sobre la toma de cafeína^{13,14,26,27,28,29,30}.

Estudios	Dosis	Momento de la ingesta	Observaciones del autor/es
Graham et al. ²⁶ McLellan y Bell ²⁷	4,5 mg/kg		Forma óptima de consumo: La presencia en el café de compuestos disminuyen su efecto ergogénico. Se compararon los efectos de la cafeína en pastillas con la misma cantidad en una bebida de café obteniendo mejores resultados, en el metabolismo y rendimiento, en forma de pastillas.
Bell y McLellan ²⁸	Sin datos	Se llega más tarde a la fatiga cuando se toma la cafeína entre 1-3 h antes de realizar el ejercicio. Esto no ocurre al cabo de 6h de su consumo.	
Sökmen et al. ²⁹	Sin datos	Si la actividad requiere potencia y/o velocidad, se debe consumir 3 h antes, y si se trata de una actividad de resistencia, 1 h antes.	
Conway et al. ³⁰	Sin datos	Dividir la dosis en 2 tomas durante el ejercicio no proporciona efectos ergógenos adicionales frente a ingerir una dosis 1 h antes.	
Graham y Spriet ¹³ Pasman et al. ¹⁴	1-9 mg/kg (efecto en rendimiento, y mínimos efectos adversos)		Los consumidores habituales tienen una mayor tolerancia a la cafeína que quienes no suelen tomarla.
Sökmen et al. ²⁹	Sin datos		Los síntomas cognitivos que induce la cafeína están representados por una curva de dosis-respuesta en forma de U invertida, que depende de la edad, sexo y tamaño corporal, pudiendo, los varones, tolerar dosis más elevadas.
Graham y Spriet ¹³	Sin datos		Dosis superiores a 9 mg/kg no poseen efectos ergógenos especiales para los dos sexos.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

La mayoría de las marcas comerciales indican una ingesta diaria de 200-400 mg. Además, se puede apreciar que todas las presentaciones vienen en forma de capsulas (Tabla 5) y no está disponible en polvo. En la Tabla 6 se muestra el precio del producto así como el gasto mensual y anual con las dosis recomendadas por el fabricante así como el precio que costaría dicha suplementación dependiendo de las tomas diarias, pues no hay una dosis fija recomendada y puede cambiar según individuo, tolerancia, etc...

Tabla 5: Lista de productos comerciales que contienen cafeína anhidra pura^{24,25}.






Marca comercial	Presentación del producto	del	Tomas/ envase	Dosis diaria recomendada	Cantidad de cafeína/100 mg
CAFEINA HSN SPORTS 	200 mg (120 cápsulas)		120	200 mg	100 mg de cafeína
CAFEINA MARCA 3XL NUTRITION 	200 mg (100 cápsulas)		50-100	200-400 mg	100 mg de cafeína
CAFEINA SCITEC NUTRITION 	100 mg (100 cápsulas)		25-100	100-400 mg	100 mg de cafeína
CAFEINA NUTRYTEC 	200mg (100 cápsulas)		50-100	200-400 mg	100 mg de cafeína
CAFEINA PROZIS FOODS 	200 mg (90 cápsulas)		45-90	200-400 mg	100 mg de cafeína

Tabla 6: Precios del producto y posible gasto mensual y anual^{24,25}.

Marca comercial	Precio	Precio mensual	Precio anual
CAFEINA HSN SPORTS	6,90 €	1,7 €	20,7 €
CAFEINA MARCA 3XL NUTRITION	9,60 €	2,9 € (1 cáps/día) 5,8 € (2 cáps/día)	34,5 € 69,0 €
CAFEINA SCITEC NUTRITION	9,99 €	2,9 € (1 cáps/día) 4,0€ (2 cáps/día) 6,0 € (3 cáps/día) 12,0€(4 cáps/día)	34,4 € 47,6 € 71,8 € 144,5 €
CAFEINA NUTRYTEC	7,90 €	2,4€ (1 cáps/día) 4,7 € (2 cáps/día)	28,3 € 56,8 €
CAFEINA PROZIS FOODS	5,92 €	2,0 € (1 cáps/día) 4,0 € (2 cáps/día)	23,6 € 47,4 €

5.2. CREATINA

La creatina, ácido metil-guanidinoacético, se puede obtener tanto a través de la dieta, en alimentos de origen animal como carne, sobre todo roja y pescado (200 mg/100 g)² como de su síntesis endógena en hígado, páncreas y riñones a partir de arginina, glicina y metionina (1-2 g/día)¹.

La mayor concentración de creatina se encuentra en el músculo esquelético, representando el 95% del total, pudiendo acumularse 120-140 g en un hombre de 70 kg de peso. Los requerimientos diarios de esta sustancia se sitúan en torno a los 2 g¹.

Efectos en el deporte

Es una ayuda ergogénica eficaz usada por los que practican actividades “explosivas”, ya que permite incrementar la capacidad de realizar ejercicios anaeróbicos de elevada intensidad, y aumentar masa muscular¹.

El principal factor que determina cuánta creatina será aprovechada por el músculo después de la suplementación es el contenido inicial de creatina en dicho músculo^{32,33}. Los sujetos con reservas bajas presentarán mayor incremento, mientras que los sujetos con niveles superiores experimentarán poco o ningún incremento (Figura 1), aunque esto no puede explicar la gran variabilidad observada.

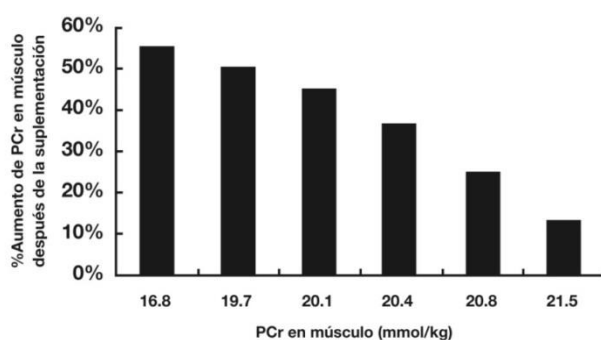


Figura 1: Aumento de PCr (fosfocreatina) en músculo después de la suplementación³⁴.

En una revisión de 300 estudios se evaluó el valor ergogénico de su suplementación, encontrando resultados estadísticamente significativos en el 70%, produciéndose ganancias mayores en fuerza, masa magra y en ejercicios de alta intensidad³⁵.

Se demostró que la suplementación combinada con entrenamiento de fuerza aumentaba el número de células satélites, localizadas en la periferia de fibras esqueléticas maduras, y la concentración de mionúcleos de las fibras musculares esqueléticas humanas, logrando un mayor crecimiento (14.17%) de las fibras musculares³⁶.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Además, se evaluaron los efectos tanto de una dosis alta y aguda de creatina como una de una suplementación prolongada en el almacenamiento de glucógeno muscular y en el contenido de ARNm y proteínas de GLUT-4 en humanos, concluyendo que su ingestión estimulaba el almacenamiento de glucógeno muscular, obteniendo un mayor volumen muscular al favorecer el aumento del glucógeno muscular y retención de agua intracelular optimizando la síntesis de proteína^{37,38}.

Por otro lado, se vio que su consumo después del entrenamiento resultaba más efectivo que su ingesta durante el periodo de pre-entrenamiento, en lo que a fuerza y composición corporal se refiere³⁹.

La creatina puede mejorar el rendimiento en sesiones de ejercicio intermitente de alta intensidad (sprints en bicicleta estática o levantamiento de pesas), al retrasar la aparición de síntomas de fatiga por una reducción del lactato en sangre, por la mayor disponibilidad inicial de creatina-fosfato, así como por un mayor ritmo de re-síntesis de la misma en los periodos de recuperación cortos².

Dosis y momento de la ingesta

En la Tabla 7 se muestran las dosis recomendadas de creatina, las formas y maneras consumirla así como el momento óptimo para su ingesta.








Tabla 7: Dosis, momento de la ingesta, formas y maneras de consumo y observaciones de los autores sobre la toma de creatina^{2,40,41,42}.

Estudios	Dosis	Momento de la ingesta	Observaciones del autor/es
Barber et al. ⁴⁰		Con estómago vacío (pH bajo) o con bicarbonato (pH alto), ya que el pH del estómago influye en el equilibrio creatina-creatinina maximizando la degradación de la creatina.	
Barbany ⁴¹	2 g/día (cubiertos por producción endógena y dieta)		
Barbany ⁴¹ Odrizola Lino ²			Se pueden producir cambios favorables, tanto en la proporción de creatina muscular (20-30%) como en el rendimiento deportivo en pruebas cortas, si se ingiere a dosis elevadas (20 g/día) durante 6 días consecutivos, y dosis menores (2-3 g) en los días siguientes (fases de carga y de mantenimiento, respectivamente).
Rico-Sanz ⁴²			Una ingesta de 3-5 g de creatina durante 11-28 días no mejora el rendimiento deportivo respecto a una dosis mayor pero de menor duración.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Las marcas de productos comercializados sugieren una ingesta de 3-5 g/día (Tabla 8), e indican que se debería consumir la que posea el sello Creapure®, porque garantiza la calidad y pureza del producto. También sugieren la creatina alcalina (Creatina evokalyn o Kre-Alkalyn), porque no se convierte en creatinina al ponerse en contacto con el pH estomacal, de forma que se consumiría en menores dosis que la convencional (creatina monohidrato)²⁴. Sin embargo, de momento no ha demostrado su mayor efectividad y no cuenta con estudios de seguridad a largo plazo^{43,44}.

Tabla 8: Lista de productos comerciales que contienen creatina pura^{24,25,46}.

Marca comercial	Presentación del producto	Tomas/ envase	Dosis recomendada	diaria	Cantidad de Creatina/ 100 g
	500 g (polvo para diluir en agua)	167	3 g (1/2 dosificador)		100 g de creatina
 EVOKALYN CAPSULAS HSN SPORTS	120 cápsulas; (1500 mg cada una)	60	3- 4,5 g (la toma de la segunda cápsula dependerá de si es un día de entrenamiento o no).		100 g de creatina
	500 g (polvo para diluir)	100- 167	3-5 g		100 g de creatina
	60 g (Tabletas)	20	3 g/día (Tomar 3 tabletas después del entrenamiento)		100 g de creatina
	CREATINA MONOHIDRATO 300 g (Polvo para diluir)	60	5 g/día		100 g de creatina
	300 g (polvo para diluir)	60	5 g/día		100 g de creatina
	500 g (polvo para diluir)	100	Fase carga: 20 g/día repartida en 4 tomas, durante 10 días Fase mantenimiento: 5 g/día		99,9 g de creatina

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Algunas marcas, indican que sería necesario realizar un descanso tras 4-6 meses de suplementación constante, ya que podría producirse un déficit de su producción endógena⁴⁵, lo cual no ha sido demostrado.

Por último, en la Tabla 9 se muestra el precio del producto así como el gasto mensual y anual con las dosis recomendadas por el fabricante., el cual oscila bastante en función de la marca, situándose entre 30 y 200€ al año.

Tabla 9: Precios del producto y posible gasto mensual y anual^{24,25,46}.

Marca comercial	Precio	Precio mensual	Precio anual
CREAPURE HSN RAW (POLVO)	14,89 €	2,7 €	32,1 €
CREATINA OKYGEN (POLVO)	14,85 €	7,4 €	89,1 €
CREATINA PROZIS SPORT (POLVO)	6,00 €	3,0 €	36,0 €
	8,00€ (Con sabor)	4,0 €	48,0 €
EVOKALYN HSN SPORTS (CAPSULAS)	15,90 €	8,0 €	95,4 €
SCIENTIFFIC NUTRITION (POLVO)	19,90 €	6,0 €	71,6 €
CREATINA GOLD (TABLETAS)	11,75 €	17,6 €	211,5 €
CREATINA OLIMP (POLVO)	16,90 €	5,0 € (5 g/día)	60,8 €
		3,0 € (3 g/día)	36,5 €

5.3. L-carnitina

La L-Carnitina es una amina cuaternaria que se puede sintetizar en hígado, riñones y cerebro a partir de lisina y metionina⁵⁸ y está presente en músculo cardiaco y esquelético. Participa en la generación de energía por la célula, pues participa en las reacciones de transferencia de ácidos grasos libres de cadena larga del citosol para las mitocondrias bajo la forma de acilcarnitina, facilitando su oxidación y generación del ATP⁵⁹. La principal fuente son las carnes rojas, mientras que los vegetales contienen cantidades muy pequeñas (Tabla 10).

Tabla 10: Contenido L-carnitina de diversos alimentos⁶⁰.

Alimento	L-Carnitina (mg/100 g)
Asado de vaca/buey	143,0
Picadillo de vaca/buey	47,0
Filete de ternera	105,0
Pierna de cordero	181,0
Lomo de cerdo	19,3
Filete de cerdo	27,4
Caldo de carne, granulado	205,3
Extracto de carne	3686,0
(Los valores corresponden a alimentos cocidos).	

Efectos en el deporte

Entre los efectos que se le atribuyen está que favorece la pérdida de grasa, que mejora la resistencia en esfuerzos prolongados retrasando la aparición de fatiga y que reduce la sensación de dolor muscular².

Se encontró que su suplementación (0,2 g/kg/día) en ratas sometidas a ejercicio aeróbicos, ejercía un efecto protector sobre el músculo esquelético y reducía su pérdida, y además reducía la masa de grasa y mantenía niveles aceptables de masa magra, previniendo parcialmente el efecto inducido por el ejercicio físico⁶¹.

Asimismo, se evaluó el efecto de la suplementación, pero en humanos, sobre los marcadores de la peroxidación lipídica (TAC y TBARS) (Figura 2) y de daño muscular (CK y LDH) (Figura 3), observando que los suplementados con L-carnitina, aumentaron significativamente el TAC y disminuyeron los valores de TBARS, LDH y CK tras 24 h. Esto parece indicar que L-carnitina puede tener efectos mitigadores sobre la peroxidación lipídica y los marcadores de daño muscular después de la realización del ejercicio⁶².

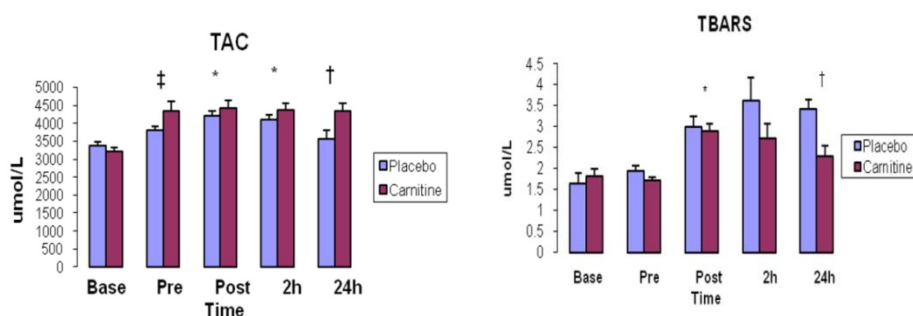


Figura 2: Concentración en plasma de TAC (capacidad total de antioxidante del plasma) y de TBARS (sustancia reactiva al ácido tiobarbitúrico) en suero⁶².

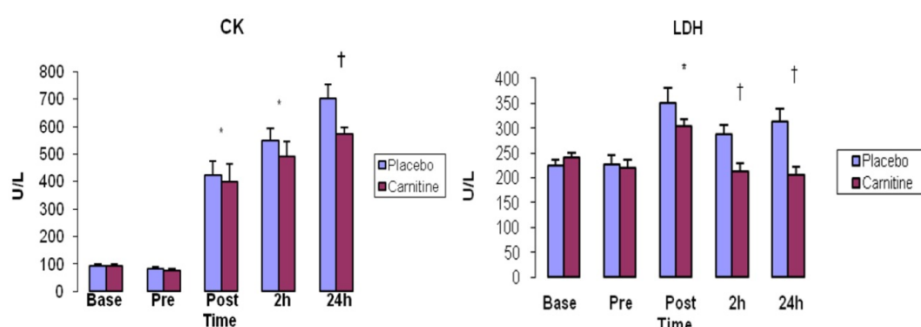


Figura 3: Actividad LDH (lactato deshidrogenasa) y concentración de CK (Creatina quinasa) en suero⁶².

Sin embargo, en un estudio⁶³ con ratas sometidas a fatiga no se encontraron diferencias en las concentraciones musculares de L-carnitina entre los grupos control, placebo y suplementados.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

La administración en humanos de dosis puntuales (2 g, 2-5 h antes del ejercicio) no mejoró el rendimiento ni la duración del ejercicio⁶⁴. Además, en otros estudios realizados en deportistas^{65,66}, se encontró que su ingesta no provocaba cambios en los niveles de lactato, VO_2 máx, ni del rendimiento y solo se encontraron leves aumentos de los niveles intramusculares y plasmáticos de la misma, pero que no afectaron la oxidación de los ácidos grasos.

En cuanto a los ejercicios de resistencia, su ingesta aumentó la concentración total de carnitina en músculo y la tasa de oxidación de los ácidos grasos intramusculares, reduciendo así la degradación del glucógeno muscular y posponiendo la fatiga^{67,68}.

Su efecto sobre la pérdida de peso se basa en que su ingestión oral regular aumenta su concentración intracelular, lo que desencadenaría una mayor oxidación de las grasas y una reducción gradual de los depósitos de grasa. Sin embargo, varios estudios han demostrado que su ingestión (hasta 6 g/día durante 14 días) no cambiaba la concentración de carnitina en humanos sanos no obesos ni producía pérdida de peso^{65,69}.

Uno de los inconvenientes de este suplemento es su captación por el músculo, ya que el incremento de la concentración libre en humanos es compleja⁷⁰, por la baja biodisponibilidad de los suplementos y la dificultad para atravesar el músculo^{70,71}. Se ha descrito que se podría mejorar su paso al interior del músculo en una situación de hiperinsulinemia (3 g de L-carnitina en 4 tomas con 500 ml de agua y 94 g de azúcares) (Figura 4).

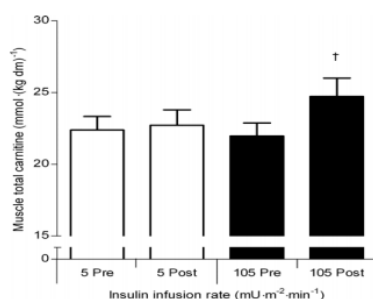


Figura 4: Concentraciones de L-carnitina libre en el músculo esquelético antes y después de la inyección de distintas concentraciones de insulina⁷¹.

Dosis

En la Tabla 11 se observa la dosis diaria recomendada y la cantidad segura para una ingesta a largo plazo. No obstante, estas dosis pueden variar dependiendo del tipo de carnitina que se consume⁷² (Tabla 12).

En cuanto a los productos que se pueden encontrar en el mercado, indican una ingesta diaria de 1500-3000 mg dependiendo de la marca comercial (Tabla 13), lo que puede llegar a suponer un gasto anual de unos 464€ (Tabla 14).

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 11: Dosis y observación de los autores sobre la toma de L-carnitina⁷².

Estudios	Dosis	Observaciones del autor/es
Mawer ⁷²	500-2000 mg/día (Incluso 3 g/día es una dosis segura para un consumo a largo plazo).	El cuerpo parece procesar hasta dos veces mejor cuando se consume a través de fuentes naturales y no como suplemento

Tabla 12: Dosis recomendadas según el tipo de carnitina consumida⁷².

Tipo de carnitina	Dosis recomendada
Acetil L-Carnitina	600-2500 mg
L-Carnitina L-Tartrato	1000-4000 mg
Propionil L-Carnitina	400-1000 mg.

Tabla 13: Lista de productos comerciales que contienen cafeína^{24,25}.

Marca comercial	Presentación del producto	Tomas/ envase	Dosis diaria recomendada	Cantidad de L-carnitina/ 1000 mg
EVO L-CARNITINA 3000 HSN SPORTS 	2500 mg (20 viales)	20	2500 mg	820 mg Cada vial posee 2500 mg de carnitina junto a 500 mg de arginina, 50 mg de cafeína y 1,4 mg de vit B ₆ .
CARNITINA TARTRATO HSN SPORTS 	1000 mg (120 cápsulas)	40	3000 mg (3 cápsulas)	1000 mg
ACETIL L-CARNITINA NOW FOODS 	500 mg (100 cápsulas)	33- 100	500-1500 mg (entre 1 y 3 cápsulas)	1000 mg
CARNITINA GOLD NUTRITION 	750 mg (60 cápsulas)	30	1500 mg (2 cápsulas)	1000 mg
ACETIL L-CARNITINA DYMATIZE NUTRITION 	500 mg (90 cápsulas)	90	500 mg	865 mg Este envase posee L Carnitina, vitamina B ₁ y metionina.
CREATINA CORE MUSCLEFARM 	500 mg (60 cápsulas)	10- 30	1000-3000 mg (entre 2 y 6 cápsulas)	1000 mg de carnitina. Este envase contiene Acetil-l-carnitina, L-carnitina-l-tartrato, y propionil-l-carnitina.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 14: Precios del producto y posible gasto mensual y anual^{24,25}.

Producto comercial	Precio	Precio mensual	Precio anual
EVO L-CARNITINA 3000 HSN SPORTS	17,90 €	26,8€	322,0 €
CARNITINA TARTRATO HSN SPORTS	14,89 €	11,1 €	133,4 €
ACETIL L-CARNITINA NOW FOODS	13,90 €	12,6 € (3 cáps/día)	151,6 €
		8,3 € (2 cáps/día)	99,8 €
		4,2 € (1 cáps/día)	49,9 €
CARNITINA GOLD NUTRITION	17,99 €	18,0 €	215,9 €
ACETIL L-CARNITINA DYMATIZE NUTRITION	15,99 €	5,3 €	64,0 €
CREATINA CORE MUSCLEFARM	12,90 €	12,9 € (2 cáps/día)	154,8 €
		25,8 € (4 cáps/día)	309,6 €
		38,7 € (6 cáps/día)	464,4 €

5.4. GLUTAMINA

Es el aminoácido no esencial libre más abundante del cuerpo humano. Debido a su participación en la síntesis de aminoácidos, ácidos nucleídos, glucógeno y otras moléculas biológicamente importantes en el metabolismo celular^{73,74,75}, se ha considerado como posible estimulante para el anabolismo proteico, adjudicándole beneficios potenciales sobre el tejido muscular en diversas condiciones médicas^{76,77}. Además, es importante en la regulación ácido-base, la gluconeogénesis, y como un precursor de las bases de nucleótidos y el antioxidante glutatión⁷⁸.

Se encuentra en carnes (res, cerdo, aves de corral), huevos y lácteos (leche, yogur, queso "ricotta", requesón), y en vegetales tales como espinaca, perejil y col⁷⁹.

Efecto en el deporte

Al participar en el metabolismo de las proteínas, podría proporcionar un efecto antiproteolítico en deportistas sometidos a entrenamientos con gran destrucción muscular, por lo que su administración podría evitar la aparición de fatiga, favorecer la recuperación de las fibras musculares, evitar procesos catabólicos en situaciones de estrés metabólico y, con ello, disminuir la incidencia de infecciones^{80,81}. El incremento de los niveles de glutamina intramuscular ha sido directamente ligado con el volumen celular⁸² con el incremento de la síntesis proteica y el tamaño muscular dando como posible resultado el aumento de masa y fuerza muscular⁸³, evitando la degradación de proteínas musculares que conduce a la pérdida de fuerza del musculo esquelético^{84,85} sobre todo en situaciones posteriores a una lesión o traumatismo^{86,87,88}.

Se concluyó⁸⁹ que la suplementación oral aguda en un ejercicio aeróbico, podía prevenir un aumento en la permeabilidad intestinal y suprimir la activación de NF-kB (factor de transcripción nuclear kappa B) en células mononucleares de sangre periférica, el cual ha sido ligado a un sinnúmero de enfermedades metabólicas, inflamatorias y diversos tipos de cáncer⁹⁰. Gleeson⁹¹ indicó que, aunque su concentración plasmática podía mantenerse constante durante y después

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

de un ejercicio extenuante prolongado, su suplementación no prevenía los cambios post-ejercicio en varios aspectos de la función inmune.

Además, se propuso examinar el efecto de la suplementación en los índices de recuperación después de la realización de HIIT (High intense interval training) o ejercicio excéntrico, hallando que, inmediatamente y después del ejercicio, la ingesta de glutamina proporcionó menor dolor muscular comparada con el placebo. Aun así, indicaron que se requiere investigación adicional pues en estos ejercicios, la mayoría de estudios afirman que no hay beneficio alguno en términos de rendimiento y recuperación a medio plazo⁹².

En cuanto a deportes anaeróbicos, se mostró que una suplementación con maltodextrina y glutamina antes del ejercicio era más eficaz en la prevención de la disminución de potencia anaeróbica y en el aumento del rendimiento que el consumo de ambas sustancias por separado, aunque indicaron que era necesario hacer más estudios⁹³.

En otro estudio⁹⁴ basado en levantamiento de pesas, no se encontraron diferencias en el número de repeticiones máximas tras la ingesta de 0,3 g/kg. Igualmente, otro informe⁹⁵ sostuvo que las mejoras en cuanto a fuerza y aumento de masa magra (Figura 5) fueron semejantes con placebo (maltodextrina) y con glutamina (aplicando intensidades del 60% al 90% con 1 repetición).

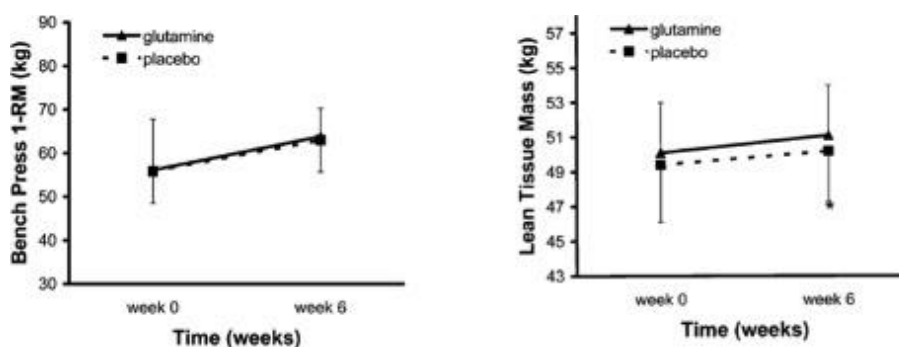


Figura 5: Mejoras asociadas al placebo (maltodextrina) y a la glutamina en cuanto a fuerza (izquierda) y a aumento de la masa magra (derecha)⁹⁵.

Por último, se observó que si se suministraba después del ejercicio (dosis de 0,1 g/kg peso/día) podía servir como una ayuda para la recuperación de energía y aumentar la re-síntesis de glucógeno después del ejercicio exhaustivo, pues promovía el almacenamiento de glucógeno muscular en una extensión similar al polímero oral de glucosa⁹⁶.

Dosis

En la Tabla 15 se observa la dosis recomendada de glutamina, incluida la cantidad para aumentar el crecimiento muscular sin causar efectos nocivos. Los suplementos se presentan como comprimidos/cápsulas (250, 500, 1000 mg), polvo (Tabla 16), o como proteína de suero e hidrolizados de proteínas⁹⁷.


AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 15: Dosis recomendadas sobre la toma de glutamina^{91,97,98}.

Estudios	Dosis	Observaciones del autor/es
Manninen ⁹⁷	3-6 g/día	Cantidad que se puede obtener a partir de la dieta
Manninen ⁹⁷	0,1 y 0,3 g/kg	No ha mostrado evidencia clínica de toxicidad
Piattoly ⁹⁸	0,285 y 0,570 g/kg/día (5 días) y 20-30 g (14 días)	No ha mostrado evidencia clínica de toxicidad.
	0,2-0,6 g/kg/día	Provoca un efecto positivo sobre el balance del nitrógeno (estado óptimo para el crecimiento muscular).
Gleeson ⁹¹	0,65 g/kg	No genera cambios anormales en los niveles plasmáticos de amonio.

Las páginas que ofrecen este tipo de productos sugieren dosis de 3 g hasta 15 g (Tabla 16) según la marca comercial, pudiendo llegar a ser su coste anual de unos 270€ (Tabla 17).

Tabla 16: Lista de productos comerciales que contienen glutamina^{24,25}.

Marca comercial	Presentación del producto	Tomas/ envase	Dosis diaria recomendada	Cantidad de Glutamina/100 g
GLUTAMINA MICRONIZADA HSN STORE RAW 	500 g-150 g (polvo para diluir)	100 (500 g) 30 (150 g)	5 g	100 g de glutamina
L-GLUTAMINA OLIMPS 	250 g (polvo para diluir)	20-31	8-12 g	100 g de glutamina
GLUTAMINA GOLD NUTRITION 	1000 mg (90 capsulas)	30	3 g	89,4 g de glutamina (no indican los otros componentes)
GLUTAMINA PROZIS 	150 g y 300 g (polvo para diluir)	10 (150 g) 20 (300 g)	15 g	100 g de glutamina
GLUTAMINA MULTIPOWER 	500 g (polvo para diluir)	100	5 g	100 g de glutamina
GLUTAMINA NUTRITION UNIVERSAL 	300 g (polvo para diluir)	60	5 g	100 g de glutamina

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 17: Precios del producto y posible gasto mensual y anual^{24,25}.

Producto comercial	Precio	Precio mensual	Precio anual
GLUTAMINA MICRONIZADA HSN	4,90 € (150 g)	4,90 €	58,8 €
STORE RAW	13,89 € (500 g)	4,2 €	49,9 €
L-GLUTAMINA OLIMPS	14,91 €	14,9 € (8 g/día) 22,4€ (12 g/día)	178,9 € 268,4 €
GLUTAMINA GOLD NUTRITION	16,75 €	16,8 €	201,0 €
GLUTAMINA PROZIS	6,99 € (150 g) 8,99 € (300 g)	20,9 € 13,5 €	251,2 € 161,8 €
GLUTAMINA MULTIPOWER	33,89 €	10,2 €	121,8 €
GLUTAMINA UNIVERSAL NUTRITION	18,90 €	9,5 €	113,4 €

6. Efectos adversos

A continuación, se muestran los efectos adversos encontrados de cada una de las ayudas ergogénicas descritas en el trabajo (Tabla 18).

Se puede observar que la mayoría de los efectos negativos encontrados son, o bien leves, o muy conocidos, como en el caso de la cafeína, o no se han estudiado en profundidad, como es el caso de la creatina y taurina. Por otro lado, también se encuentran sustancias sin efectos adversos observados, como L-carnitina y glutamina.

Tabla 18: Principales efectos adversos descritos^{6,24,25,31,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57}

Sustancia	Estudios	Efectos adversos
Cafeína	Jeukendrup y Gleeson ³¹	General: En general, si no se ingieren dosis altas, no parece tener efectos secundarios más graves que una cierta intolerancia gastrointestinal en algunas personas. Al ser una sustancia estimulante, se han descrito cuadros de ansiedad, dolor de cabeza, hipertensión tanto en reposo como durante el ejercicio, taquicardia, inquietud, nerviosismo, dificultad para concentrarse, insomnio e irritabilidad. Las dosis excesivas pueden causar úlcera péptica, ataques epilépticos, coma e incluso la muerte.
	Palacios Gil-Antuñano et al. ⁶	Deshabitución: No interrumpir de forma brusca su ingesta, para evitar los efectos secundarios de la deshabitución (dolor de cabeza, irritabilidad, fatiga, dificultad de concentración, etc.)
	Prozis ²⁵ HSN Store ²⁴	Sistema nervioso: Es una sustancia psicotrópica, esto quiere decir que puede alterar el funcionamiento del sistema nervioso (percepción, reflejos o incluso estado anímico), y que por tanto su uso debe estar controlado.
Creatina	Mesa Mesa et al. ⁴⁷ ; Vanderberie et al. ⁴⁸ ; Terjung et al. ⁴⁹	Gastrointestinal: Consumida en grandes cantidades (40 g/día) o a largo plazo (más de 3-4 meses), podría llegar a producir alteraciones gastrointestinales, si se consume simultáneamente con grandes cantidades de glucosa.
	Greenhaff ⁵⁰ ; Grindstaff ⁵¹ ; Kreider et al. ⁵⁷ ; Vandenberghe et al. ⁵² ; Volek et al. ⁵³	No refieren efectos tras la ingesta de creatina.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

Tabla 18 (continuación)

Sustancia	Estudios	Efectos adversos
Creatina	Robinson et al. ⁵⁴	Función renal: tanto la fase de carga (20 g/día, durante 5 días) como la de mantenimiento (3 g/día, durante 63 días) no produce efectos adversos en esta función, y aseguró como no daña una dosis inferior a 10 g/día.
	Mesa Mesa et al. ⁴⁷	No es recomendable una ingesta de 20 g durante más de 10 días dados sus potenciales efectos negativos sobre la función renal.
	Kuehl et al. ⁵⁵	Función renal: No existen evidencias científicas suficientes para afirmar que no afecta a la función renal.
	Poortmans y Francaux ⁵⁶	Calambres musculares: La aparición podría ser debida a la intensidad del ejercicio más que a la propia ingesta de creatina.
	Robinson et al. ⁵⁴	Función hepática: La suplementación a corto plazo (20 g/día, durante 5 días) o a largo plazo (3 g/día, durante 63 días) no produce efectos adversos obvios sobre la función hepática. No existen evidencias científicas de que la suplementación con creatina altere patológicamente la función hepática.
L-Carnitina		No se han descrito efectos adversos
Glutamina		No se han descrito efectos adversos

7. CONCLUSIONES

Tanto la cafeína como la creatina pueden resultar eficaces como ayudas ergogénicas para la práctica deportiva pues sugieren mejoras en las cualidades de la fuerza y la resistencia así como mejoras en el aumento de masa muscular, reducción de la fatiga post-ejercicio y prevención del daño celular, respectivamente. Los efectos negativos de la creatina deben ser investigados más profundamente, pues de la cafeína ya se han descrito en su totalidad.

En cuanto a L-carnitina y glutamina, no parecen resultar eficaces, puesto que no está demostrado que reduzcan la fatiga muscular, que eviten la pérdida de músculo o que, en el caso de la carnitina, favorezca la pérdida de grasa. La glutamina parece ser más efectiva en ejercicios prolongados que en anaeróbicos y excéntricos. En ambas, no se han descrito efectos adversos.

Como conclusión global, conviene recordar las dos reglas básicas del profesor Ronald Maughan, miembro condecorado del American College of Sports Medicine, que ha consagrado gran parte de su vida al tema del rendimiento deportivo, el uso de suplementos y la lucha contra el dopaje⁹⁹:

1º: Si el suplemento funciona, probablemente esté prohibido.

2º: Si el suplemento no está prohibido, probablemente no funcione.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz Romero C. (coord.). (2016). Nutrición en estados fisiológicos y patológicos. Servicio de publicaciones universitarias. Materiales didácticos universitarios. Serie medicina/5, San Cristóbal de La Laguna.
2. Odriozola Lino JM. (2000). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Arbor* CLXV, 650, 171-185.
3. Stone M, Stone M, Lamont H. (2004). Explosive Exercise. Disponible desde internet: http://www.elitetrack.com/article_files/explosive-strength.pdf. [Acceso 11/03/2017].
4. Voza L. (2010). Define Strength, Power & Muscular Endurance. Disponible desde internet: <http://www.livestrong.com/article/115549-define-strength-power-muscular-endurance>. [Acceso 12/05/2017]
5. Educacion física y plus. (2012). Disponible desde internet: <https://educacionfiscaplust.wordpress.com/2012/11/09/la-resistencia>. [Acceso 23/03/2017]
6. Palacios Gil-Antuñano N, Iglesias-Gutiérrez E, Úbeda Martín N. (2008). Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. *Medicina Clinica*, 131(19), 751-755.
7. Maughan R. (2006). *Výživa ve sportu, příručka pro sportovní medicínu*. Praha, Galén, 220- 223.
8. Australian Sport Comission. Australian Institute of Sport. (2007). Caffeine, supplement overview. Disponible desde internet, http://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/supplement_fact_sheets/group_a_supplements/caffeine. [Acceso 17/03/2017].
9. Bernadot D. (2006). *Advanced sports nutrition (1º ed)*. Human Kinetics, United States of America, pp. 101-122.
10. Gutiérrez Sainz A. (2006). Ayudas ergogénicas y rendimiento deportivo. En: *Fisiología del ejercicio*, López-Chicharro J, Fernández Vaquero A (eds.). Médica Panamericana, Madrid, pp. 811-842.
11. Keisler BD, Armsey TD II. (2006). Caffeine as an ergogenic aid. *Current Sports Medicine Reports*, 5, 215-219.
12. Graham TE. (2001). Caffeine and exercise, metabolism, endurance and performance. *Sports Medicine*, 31, 785-807.
13. Graham TE, Spriet LL. (1991). Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 2292-2298.
14. Pasman WJ, Van Baak MA, Jeukendrup AE, Haan A. (1995). The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 225-230.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

15. Graham TE, Spriet LL. (1996). Caffeine and Exercise Performance. *Sports Science Exchange*, 60(9), 1, 1-5.
16. Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Regulatory, integrative and comparative physiology. American journal*, 284, 399-404.
17. Jackman M, Wendling P, Friars D, Graham TE. (1996). Metabolic catecholamine and endurance responses to caffeine during intense exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81, 1658-1663.
18. Wiles JD, Bird SR, Hopkin J, Riley M. (1992). Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running. *British Journal of Sports Medicine*, 26,116-191.
19. Collomp K, Caillaud C, Audran M, Chanal JL, Prefaut C. (1990). Influence de la prise aiguë ou chronique de caféine sur la performance et les catécholamines au cours d'un exercice maximal. *Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales*, 184 (1), 87-92.
20. Marsh GD, McFadden RG, Nicholson RL, Leasa DJ, Thompson RT. (1993). Theophylline delays skeletal muscle fatigue during progressive exercise. *The American Review of Respiratory Disease*, 147, 876-879.
21. Flinn S, Gregory J, McNaughton LR, Tristram S, Davies P. (1990). Caffeine ingestion prior to incremental cycling to exhaustion in recreational cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 188-193.
22. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K, Kelly S. (2007). Caffeine-induced changes in cardiovascular function during resistance training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, 468-477.
23. Williams AD, Cribb PJ, Cooke MB, Hayes A. (2008). The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 464-470.
24. HSN Store. (2017). Disponible desde internet: <https://www.hsnstore.com/> [Acceso 20/03/2017].
25. Prozis. (2017). Disponible desde internet: <https://www.prozis.com/es/es/> [Acceso 20/03/2017].
26. Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P. (1995). Caffeine Vs. coffee, coffee isn't an effective ergogenic aid. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, S224.
27. McLellan TM, Bell DG. (2004). The impact of prior coffee consumption on the subsequent ergogenic effect of anhydrous caffeine. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14, 698-708.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

28. Bell DG, McLellan TM. (2002). Exercise endurance 1, 3 and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and no users. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1227-1234.
29. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, Maresh CM. (2008). Caffeine use in sports, considerations for the athlete. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 978-986.
30. Conway KJ, Orr R, Stannard SR. (2003). Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. *Journal of Applied Physiology*, 94, 1557-1562.
31. Jeukendrup A, Gleeson M. (2004). Nutrition supplements. *Sport nutrition. Human Kinetics*, 239- 243.
32. Harris RC, Söderlund K, Hultman E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinic Science*, 83, 367-374.
33. Hultman E, Söderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology*, 81, 232-237.
34. Rawson ES, Clarkson PM, Price TB, Miles MP. (2002). Differential response of muscle phosphocreatine to creatine supplementation in young and old subjects. *Acta Physiologica Scandinavica Journal*, 174, 57-65.
35. Kreider RB. (2003) Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular Cellular Biochemistry*, 244(1-2), 89-94.
36. Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, Suetta C, Kjær M. (2006). Creatine supplementation augments the increase in satellite cell and myonuclei number in human skeletal muscle induced by strength training. *Journal of Physiology*, 573(2), 525-534.
37. Nelson AG, Arnall DA, Kokkonen J, Day R, Evans J. (2001). Muscle glycogen supercompensation is enhanced by prior creatine supplementation. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(7), 1096-1100.
38. Van Loon LJ, Murphy R, Oosterlaar AM, Cameron-Smith D, Hargreaves M, Wagenmakers AJ, Snow R. (2004). Creatine supplementation increases glycogen storage but not GLUT-4 expression in human skeletal muscle. *Clinical Science*, 106(1), 99-106.
39. Antonio J, Ciccone V. (2013). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 36.
40. Barber JJ, McDermott AY, McGaughey KJ, Olmstead JD, Hagobian TA. (2013). Effects of Combined Creatine and Sodium Bicarbonate Supplementation on Repeated Sprint Performance in Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 252–258.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

41. Barbany J.R. (2002). Alimentación para el deporte y la salud. Colección deporte y rendimiento. Ed. Martínez Roca, Barcelona.
42. Rico-Sanz J. (1997). Efectos de suplementación de creatina en el metabolismo muscular y energético. Archivos de Medicina del Deporte, 61, 391-396.
43. Jagim AR, Oliver JM, Sanchez A, Galvan E, Fluckey J, Reichman S, Talcott S, Kelly K, Meininger C, Rasmussen C, Kreider RB. (2012). Kre-Alkalyn® supplementation does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations in comparison to creatine monohydrate. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 9(1), 11.
44. Jagim AR, Oliver JM, Sanchez A, Galvan E, Fluckey J, Riechman S, Greenwood M, Kelly K, Meininger C, Rasmussen C, Kreider RB. (2012). A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine monohydrate. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 9(1), 43.
45. De Hon O, Coumans B. (2007). The continuing story of nutritional supplements and doping infractions. British Journal of Sports and Medicine, 41(11), 800-805.
46. Scientiffic Nutrition. (2017). Disponible desde internet: <http://scientiffic.com/productos> [Acceso 20/03/2017].
47. Mesa Mesa JL, Ruiz Ruiz J, Hernández Martos J, Mula Pérez FJ, Castillo Garzón MJ, Gutiérrez Sáinz A. (2001). Creatine as ergogenic aid. adverse effects. Archivos de Medicina del Deporte, 86, 613-619.
48. Vanderberie F, Vandeneynde BM, Vandenberghe K, Hespel P. (1998). Effect of creatine on endurance capacity and sprint power in cyclists. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 8, 2055-2063.
49. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, Kraemer WJ, Meyer RA, Spriet LL, Tarnopolsky MA, Wagenmakers AJ, Williams MH. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. Medicine and science in sports and exercise, 32(3), 706-717.
50. Greenhaff PL. (1998). Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements (letter). Lancet, 352, 233-234.
51. Grindstaff PD, Kreider R, Bishop R, Wilson M, Wood L, Alexander C, Almada A. (1997). Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 7(4), 330-346.
52. Vandenberghe K, Gillis N, Van Leemputte M, Van Hecke P, Vanstapel F, Hespel P. (1996). Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. Journal of Applied Physiology, 80, 452-457.

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

53. Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, Kraemer WJ. (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(8), 1147-1156.
54. Robinson TM, Sewell DA, Casey A, Steenge G, Greenhaff PL. (2000). Dietary creatine supplementation does not affect some haematological indices, or indices of muscle damage and hepatic and renal function. *British Journal of Sports Medicine*, 34(4), 284-288.
55. Kuehl KS, Goldberg L, Elliot D. Re. (2000). Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes” (letter). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 248-249.
56. Poortmans JR, Francaux M. (2000). Adverse effects of creatine supplementation. fact or fiction?. *Sports Medicine*, 30(3), 155-170.
57. Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, Reinardy J, Cantler E, Almada AL. (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(1), 73-82.
58. Nelson DL, Cox MM, Cuchillo CM. (2006). Lehninger. Principios de bioquímica (4ª ed). Ediciones Omega, Barcelona.
59. Coelho C, Mota J, Bragança E, Burini R. (2005). Aplicações clínicas da suplementação de L-carnitina. *Revista de Nutrição, Campinas*, 18(5), 651- 659.
60. Gustaven HSM. (2000). Bestimmung des L-Carnitingehaltes in rohen und zebereiteten pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln. Dissertation, TH Hannover. Disponible desde internet: http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/gustavsenh_2000.pdf. [Acceso 14/03/2017].
61. Gómez R, De Arruda M, Borges F, Cossio MA. (2011). Efectos de la suplementación de la L-carnitina sobre la composición corporal de ratas entrenadas y sedentarias. *Biomecánica*, 19(1), 7-13.
62. Parandak K, Arazi H, Khoshkharesh F, Nakhostin-Roohi B. (2014). The Effect of Two-Week L-Carnitine Supplementation on Exercise -Induced Oxidative Stress and Muscle Damage. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(2), 123–128.
63. Heinonen OJ, Takala J, Kvist MH. (1992). Effect of carnitine loading on long-chain fatty acid oxidation, maximal exercise capacity, and nitrogen balance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(1), 13-17.
64. Stuessi C, Hofer P, Meier C, Boutellier U. (2015). L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise, a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 95, 431-435.
65. Barnett C, Costill DL, Vukovich MD, Cole KJ. Goodpaster BH, Trappe SW, Fink WJ. (1994). Effect of L-carnitine supplementation on muscle and blood carnitine content and lactate

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

accumulation during high-intensity sprint cycling. *International Journal of Sport Nutrition*, 4, 280-288.

66. Decombaz J, Deriaz O, Acheson K, Gmuender B, Jequier E. (1993). Effect of L-carnitine on submaximal exercise metabolism after depletion of muscle glycogen, 25(6), 733-740.

67. Karlic H, Lohninger A. (2004). Supplementation of L-Carnitine in Athletes, Does It Make Sense? *Nutrition*, 20, 709-715.

68. Lancha Jr AH, Recco MB, Abdalla DSP, Curi R. (1995). Effects of aspartate, asparagine and carnitine supplementation in the diet on metabolims of skeletal muscle during a moderate exercise. *Physiology and Behavior*, 57(2), 367-371.

69. Villani RG, Gannon J, Self M, Rich PA. (2000). L-carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10, 199-207.

70. Stephens FB, Teodosiu D, Greenhaff PL. (2007). New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. *Journal of Physiology*, 581(2), 431- 444.

71. Lee JK, Lee JS, Park H, Cha YS, Yoon CS, Kim CK. (2007). Effect of L-carnitine supplementation and aerobic training on FABPc content and b-HAD activity in human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 99(2), 193-199.

72. Mawer R. (2016). L-Carnitine – A Review of Benefits, Side Effects and Dosage. Authority Nutrition. Disponible desde internet: <https://authoritynutrition.com/l-carnitine>. [Acceso 20/03/2017].

73. Agostini F, Gianni B. (2010). Effect of physical activity on glutamine metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 13, 58-64.

74. Kim H. (2011). Glutamine as an immunonutrient. *Yonsei Medicine Journal*, 52(6), 892-897.

75. Philips GC. (2007). Glutamine, The Nonessential Amino Acid for performance enhancement. *Current Sports Medicina Reports*, 6, 265-268.

76. Piattoly T, Parish TR and Welsch MA. (2013). L-Glutamine Supplementation, effects on endurance, power and recovery. *Current topics in nutraceutical research*, 11 (12), 55-62.

77. Todero A. (2014). The benefits of L-Glutamine supplementation in athletes-A literature review. *The Australian Strength and Conditioning Association*, 22(1), 69-77.

78. Ardawi MS, Newsholme EA. (1983). Glutamine metabolism in lymphocytes of the rat. *Biochemical journal*, 212, 835-842.

79. University of Maryland Medical Center. (2017). Disponible desde internet: <http://www.umm.edu/health/medical/altmed/supplement/glutamine>. [Acceso 20/03/2017].

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

80. Castell LM, Poortmans JR, Newsholme EA. (1996). Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73, 488-490.
81. Castell LM, Newsholme EA. (1997). The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. *Nutrition*, 13, 738-742.
82. Dos Santos R, Caperuto ET, De Mello M, Bastia ML, Rosa L. (2009). Effect of exercise on glutamine synthesis and transport in skeletal muscle from rats. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*, 36, 770-775.
83. Waddell D, Fredricks K. (2005). Effects of a Glutamine Supplement on the Skeletal Muscle Contractile Force of Mice. *Undergraduate Research American Journal*, 4, 11-18.
84. Cermak NM, Res PT, Groot L, Saris WHM, Van Loon L. (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training, a metaanalysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96, 1454-1464.
85. Pasiakos SM, McLellan TM, Lieberman HR. (2015). Effects of Protein Supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults-A Systematic Review. *Sports Medicine*, 45(1), 111-131.
86. Delfino GB, Peviani SM, Durigan JLQ, Russo TL, Baptista IL, Ferretti M, Moriscot AS, Salvini TF. (2013). Quadriceps muscle atrophy after anterior cruciate ligament transection involves increased mRNA levels of atrogen-1, muscle ring finger 1, and myostatin. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(5), 411-419.
87. Hsiao SF, Chou PH, Hsu HC, Lue YJ. C. (2014). Hanges of Muscle Mechanics Associated with Anterior Cruciate Ligament Deficiency and Reconstruction. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 390-400.
88. Rice DA, McNair PJ. (2010). Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition, Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 40(3), 250-266.
89. Zuhl M, Dokladny K, Mermier C, Schneider S, Salgado R, Moseley P. (2015). The effects of acute oral glutamine supplementation on exercise-induced gastrointestinal permeability and heat shock protein expression in peripheral blood mononuclear cells. *Cell Stress Chaperones*, 20(1), 85-93.
90. Escárcega RO. (2010). El factor de transcripción nuclear kappa en las enfermedades humanas. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 48 (1), 55-60.
91. Gleeson M. (2008). Dosing and Efficacy of Glutamine Supplementation in Human Exercise and Sport Training. *Journal of Nutrition*, 138, 2045S–2049S.
92. Street B, Byrne Cr, Eston R. (2011). Glutamine supplementation in recovery from eccentric exercise attenuates strength loss and muscle soreness. *Journal of Exercise Science and Fitness*,

AYUDAS ERGOGÉNICAS EN EL ÁMBITO DEPORTIVO

9(2), 116-122.

93. Khorshidi-Hosseini M, Nakhostin-Roohi B. (2013). Effect of Glutamine and Maltodextrin Acute Supplementation on Anaerobic Power. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(2), 131-136.

94. Antonio J, Sanders MS, Kalman D, Woodgate D, Street C. (2002). The effects of high-dose glutamine ingestion on weightlifting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 157-160.

95. Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Davison SK, Smith-Palmer T. (2001). Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *European journal of applied physiology*, 86(2), 142-149.

96. Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M, Rennie MJ. (1999). Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1770-1777.

97. Manninen AH. (2004). Protein hydrolysates in sports and exercise, a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 60-63.

98. Piattoly T. (2005). L-Glutamine Supplementation, Effects on Recovery from Exercise. Master Dissertation. Louisiana, The Department of Kinesiology at Louisiana State University. Disponible desde internet: http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-06162005-142747/unrestricted/Piattoly_thesis.pdf [Acceso 20/03/2017].

99. López Iturriaga et al. (2017). Los últimos tiempos de la alimentación para deportistas. El comidista, el país. Disponible desde internet: http://elcomidista.elpais.com/elcomidista/2017/03/14/articulo/1489527521_989939.html. [Acceso 14/04/2017].