

[r e v i s i ó n]

Ayudas ergogénicas nutricionales en el deporte. Necesidades fisiológicas y cómo cubrirlas. Parte tercera

Raquel Blasco Redondo

Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León. Gerencia Regional de Salud.
Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid. España.

Palabras clave

suplementos deportivos, ayudas ergogénicas, rendimiento deportivo

>>RESUMEN

En el deporte de élite, las diferencias en el rendimiento físico habitualmente son mínimas, pero pueden jugar un papel importantísimo en el resultado de la competición, y pequeños factores pueden ser determinantes en el desarrollo de la misma. No todos los deportistas tienen los conocimientos adecuados en materia de nutrición y, por este motivo, la opción de utilizar suplementos dietéticos puede parecer muy atractiva. Entre el 40% y el 100% de los atletas usan suplementos deportivos (SD), que son diferentes dependiendo del tipo de deporte y de nivel de competición. Sin embargo, a no ser que el deportista tenga una deficiencia nutricional, la suplementación no suele mejorar el rendimiento deportivo y puede tener un efecto perjudicial tanto sobre el rendimiento como sobre la salud.

Por otro lado, los SD están clasificados como una subcategoría de alimento, por lo que no requieren que los fabricantes proporcionen pruebas de seguridad del producto ni de su eficacia, ni obtengan la aprobación de regulación de la publicidad previa a la venta de los suplementos. Esto genera un potencial peligro para la salud, existiendo numerosas publicaciones sobre los graves efectos adversos producidos por los SD.

Al mismo tiempo, no debemos olvidar que en los deportistas que compiten bajo el código antidopaje, el empleo de SD los expone a un riesgo de ingerir sustancias prohibidas o precursores de sustancias prohibidas. Abundando en el tema, recordemos que los sistemas de regulaciones no incluyen exámenes de laboratorio específicos para sustancias prohibidas según la lista de WADA.

Sin embargo, y pese a todo, en la cultura de alto rendimiento típica del deporte de élite, y cada vez más en el deporte *amateur*, los deportistas utilizan SD independientemente de los posibles riesgos. Es imprescindible dotar a los deportistas y a sus responsables de información veraz, basada en la evidencia científica, sobre los factores médicos, fisiológicos y legales que conlleva el uso de SD con el fin de que puedan realizar una elección informada.

Nutr Clin Med 2018; XII (3): 109-127
DOI: 10.7400/NCM.2018.12.3.5066

Correspondencia

Raquel Blasco Redondo
Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León. Avenida Real de Burgos s/n. 47071 Valladolid.
Email: rblasco@saludcastillayleon.es / raquelblasco92@hotmail.com

Key words

sports supplements,
ergogenic aids,
sports performance

>> ABSTRACT

In elite sport, the differences in the physical performance habitually are small but potentially make valuable contribution to successful result of the competition, some factors can be significant and can make the difference between success and failure. Not all the athletes have sufficient knowledge of nutrition and, for this motive, the option to use dietetic supplements can seem to be very attractive. Supplement use is widespread at all levels of sport. Between 40 % and 100 % of the athletes use supplements Sports (SD), which are different depending on the type of sport and on level of competition. Nevertheless, unless the athlete has a nutritional deficiency, supplementation does not usually improve the sports performance and can have a detrimental effect on both performance and health, and/or livelihood and reputation (if an anti-doping rule violation results).

On the other hand, the SDs are classified as a food subcategory, so they do not require manufacturers provide evidence of product safety or effectiveness, or obtain approval of regulation of advertising prior to the sale of supplements. This generates a potential health hazard, they are numerous publications on the serious adverse effects produced by the SD.

At the same time, we must not forget that in athletes who compete under the anti-doping code, the use of SD exposes them to a risk of ingesting prohibited substances or substance precursors prohibited. Abounding in the topic, let's remember that the systems of regulations do not include exams laboratory specific tests for banned substances according to the WADA list.

However, and despite everything, in the high performance culture typical of elite sport, and increasingly in amateur sports, athletes use SD regardless of the possible risks. It is imperative provide athletes and their managers with truthful information, based on the evidence scientific, on the medical, physiological and legal factors involved in the use of SD in order to can make an informed choice.

Nutr Clin Med 2018; XII (3): 109-127

DOI: 10.7400/NCM.2018.12.3.5066

ESTADO ACTUAL DEL TEMA

La influencia que la alimentación del deportista tiene sobre el rendimiento físico ha sido reconocida desde siempre, aunque en cierta medida esta consideración se mantenía circunscrita a los deportistas de élite. Sin embargo, hoy día esta preocupación ha sobrepasado con creces el ámbito de la competición, extendiéndose ampliamente entre las personas que practican deporte de ocio y actividades de musculación¹.

La forma más eficaz de desarrollar las capacidades y conseguir las metas deportivas se basa en un buen entrenamiento combinado con una nutrición óptima. No obstante, actualmente existe una amplia variedad de suplementos deportivos (SD) dirigidos a complementar la dieta de los deportistas. Muchas de las personas que practican deporte de forma habitual, ya sea en competición o a nivel recreativo, consideran que los suplementos son un componente esencial para

el éxito deportivo, y se estima que la mayoría de los deportistas de élite utilizan alguna forma de ayuda ergogénica². En un estudio canadiense con deportistas universitarios, se comprobó que el 98,6% consumía habitualmente algún tipo de SD³, y otro estudio realizado en jóvenes atletas de élite en Alemania mostró un consumo de al menos un SD en un 80%⁴. Recientemente, (2018) se ha detectado que el consumo de SDs entre deportistas de élite oscilaba entre el 40-100%, dependiendo del tipo de deporte y del nivel de competición⁵. Según Maughan et al, el consumo de SDs por parte de atletas de múltiples disciplinas, es un reflejo de la prevalencia de uso de estas sustancias a nivel general. Según estos autores, aproximadamente el 50% de la población norteamericana utiliza de forma habitual suplementos para mejorar directamente el rendimiento deportivo o bien para obtener beneficios indirectos como un apoyo para el duro entrenamiento, el alivio del dolor musculoesquelético, una rápida recuperación de lesiones y/o una mejora del estado de ánimo⁶.

PROBLEMAS DE LAS PRÁCTICAS ACTUALES DE SUPLEMENTACIÓN

Las estrategias que realmente mejoran el rendimiento (entrenamiento, nutrición, descanso y equipamiento adecuado) se pasan a menudo por alto, a favor del uso de suplementos.

Los deportistas a menudo se ven arrastrados hacia nuevos suplementos con promociones exageradas, que frecuentemente no cuentan con suficiente aval de la evidencia científica.

Los productos de poco valor implican una pérdida de recursos (el dinero, el tiempo y el interés, no debemos olvidar que son recursos limitados).

El uso de suplementos no probados por parte de deportistas (e instituciones) con aparentes buenos resultados, es un aval a los ojos de otros deportistas y mantiene falsas expectativas.

Los suplementos entrañan riesgo que padecer efectos adversos e interacciones con otras ayudas ergogénicas nutricionales o farmacológicas. Y nunca debemos olvidar que existe un riesgo real de resultados positivos adversos en los controles de dopaje.

OBJETIVO DE LA REVISIÓN

El objetivo de esta revisión sobre suplementos deportivos es analizar su eficacia, mecanismos de acción, dosis, efectos adversos y algunos deportes que se pueden beneficiar de su consumo.

DESARROLLO DEL TEMA

La mayoría de los trabajos publicados sobre SD clasifican estas sustancias dependiendo del grado de evidencia científica de su eficacia. Reseñándose sólo las sustancias que presentan suficientes evidencias científicas para ser recomendadas como ayudas ergogénicas en el deporte.

Sin duda esta es una manera práctica y académica de plantearlo, pero desde aquí os queremos proponer otra clasificación: Teniendo en cuenta que los propósitos básicos de la ayuda ergogénica nutricional en el ámbito deportivo son: 1.-Aportar energía 2.-Garantizar una buena recuperación y regeneración, y 3.-Regular los procesos metabólicos.

Iremos indicando en cada uno de estos apartados las sustancias que presentan suficientes evidencias científicas para ser recomendadas como SD en cada uno de los anteriores apartados. Por limitaciones de espacio, las no reseñadas o bien carecen de evidencia científica o no están recomendadas.

Suplementos deportivos para aportar energía

Productos alimenticios energéticos ricos en hidratos de carbono

Como ya se indicó en el tema previo, hidratos de carbono, grasas y proteínas pueden usarse como combustibles permitiendo la obtención de energía necesaria para las funciones del organismo. En función de lo anteriormente citado, los macronutrientes son los que aportan toda la energía al organismo, esto es el 100%. Ahora bien, cada macronutriente es aconsejable que aporte un determinado porcentaje del total, no siendo bueno desde un punto de vista de una nutrición saludable que no sea así.

Teniendo en cuenta que la aparición de fatiga durante el ejercicio prolongado a menudo se asocia con el agotamiento del glucógeno muscular y la reducción de las concentraciones de glucosa en la sangre, acompañados de forma casi invariable con cierto grado de deshidratación, los niveles de ingesta de carbohidratos durante el ejercicio y el entrenamiento⁷, son sin duda elementos clave a tener en cuenta como ayuda ergogénica nutricional.

Concentrados de proteínas y alimentos con alto contenido proteico

Por otro lado, también en el tema previo se comentaba que mientras que en el sujeto sedentario el equilibrio nitrogenado se logra con un porcentaje de un 8-10% de las calorías totales derivadas de las proteínas, en el deportista, este equilibrio puede verse multiplicado por dos, es decir, entre un 15 y un 20% del total energético.

Al mismo tiempo, mantener una baja ingesta de grasa es obligado y, teniendo en cuenta que las proteínas normalmente van asociadas a la grasa (fundamentalmente animal), es habitual considerar los suplementos de proteína pura (exenta de grasa), como una buena manera de llegar a la cifra de ingesta de 1,8 g/kg/día con un máximo

del 30% de kcal derivadas de la grasa⁸ como ya se expresó en el capítulo previo.

Grasas

Durante muchos años el tejido adiposo ha sido considerado como un depósito inerte de grasa sin participación alguna en la síntesis ni movilización de la misma. Hoy se sabe que en este tejido existen enzimas activas, y que hay hormonas adipocinéticas o lipolíticas que tienen como función movilizar la grasa del tejido adiposo.

Durante el trabajo muscular prolongado, la proporción de grasa oxidada aumenta de una forma importante al cabo de un cierto tiempo, convirtiéndose el tejido adiposo en una fuente casi inagotable de energía: El depósito graso total puede estimarse en unas 135.000 kcal⁹, suficientes para correr varias decenas de maratones seguidos.

Se han realizado estudios sobre la adaptación a corto plazo de deportistas a una dieta rica en grasas y baja en HC. Los resultados demostraron que, aunque los deportistas de competición pudieron realizar ejercicios aeróbicos de alta intensidad con tasas de oxidación de grasas muy elevadas, éstas por sí solas no pueden sostener el ejercicio a niveles de potencia que requieren más del 60-65% VO₂ pico, incluso en atletas altamente entrenados y adaptados a una dieta rica en grasas. Además la percepción del esfuerzo en los deportistas alimentados con este tipo de dietas ricas en grasas resultó muy superior frente a la misma carga pero con una alimentación equilibrada¹⁰. La conclusión fue que la ingesta elevada de grasas y baja en HC no mejora el rendimiento deportivo, con lo que no lo incluiremos dentro de los SD que mejoran la capacidad ergogénica.

Suplementos precisados por déficit nutricional

Antes de pasar al siguiente apartado consideramos oportuno no olvidar que existen SD para prevenir o tratar deficiencias nutricionales que sólo serán eficaces en el caso de que exista tal déficit y que ubicaremos en este apartado pese a que en sí no aportan energía.

Muchas microsustancias nutritivas juegan un papel importante en la regulación de los procesos que sostienen el funcionamiento deportivo, en los límites de la producción de energía a la fabricación de nuevas células y proteínas. Una

deficiencia franca de una o varias de estas sustancias nutritivas puede conducir a un daño mensurable de funcionamiento deportivo, directamente o reduciendo la capacidad del atleta de entrenarse con eficacia (ej, la anemia de deficiencia de hierro, el impacto de deficiencia de vitamina D sobre la salud ósea, etc). Los atletas no son inmunes a prácticas inadecuadas de alimentación, bien por mantener exigencias de peso o, más frecuentemente, habida cuenta que sus requerimientos son superiores a los de la población general que no realiza estos esfuerzos tan elevados y mantenidos en el tiempo, de forma que pueden presentar un riesgo superior de carencias.

Es imprescindible que recordemos que no está recomendada la suplementación con cualquiera de estas sustancias nutritivas, sin haber determinado previamente la carencia. Las carencias primero deberían ser identificadas por la evaluación alimenticia, que incluye la entrada dietética y las determinaciones en sangre o el marcador urinario, de estar disponible.

Calcio

La escasa o nula ingesta de productos lácteos y otros productos de alimentación ricos en calcio, la disminución de la ingesta energética total y alteraciones en los hábitos alimenticios aumentan el riesgo de niveles subóptimos de calcio¹¹.

Diagnóstico y resultados de insuficiencia. No hay ningún indicador apropiado del estado del calcio. Nos puede ayudar la exploración de densidad de mineral de hueso, una ingesta baja crónica, así como niveles bajos de vitamina D.

Protocolos y resultados de la suplementación.

Está indicado el aporte de calcio de 1500 mg/día y 1500-2000 UI de vitamina D, especialmente en deportistas que tienen escaso aporte energético y/o disfunción menstrual¹¹.

Vitamina D

Su insuficiencia/deficiencia puede afectar de forma notable dado que ocupa un papel importante en la regulación transcripción génica en numerosos sistemas.

Diagnóstico y resultados de insuficiencia. No existe acuerdo general sobre las concentraciones

en suero de D 25-hydroxyvitamin (el marcador de estado de vitamina D) que definan deficiencia, insuficiencia y un límite tolerable superior. La necesidad de complementar depende de la exposición a los rayos UVA y el tipo de la piel del individuo.

Protocolos y resultados de la suplementación. Se recomiendan la suplementación con dosis entre 800 UI y 1000-2000 UI/día en población general de riesgo, pero no están establecidas en el momento actual las directrices de suplementación en deportistas.

A corto plazo, la suplementación con dosis altas puede ser apropiado para restaurar niveles adecuados en deportistas con déficit. En este caso, se debe de realizar con 50000 UI/semana durante 8-16 semanas o 10000 UI/día durante varias semanas. Es imprescindible recordar que es precisa una supervisión cuidadosa con el fin de evitar la toxicidad¹².

Hierro

El estado subóptimo de hierro puede ser resultado numerosos factores: ingesta limitada, biodisponibilidad disminuida, descenso en la ingesta energética total, o como consecuencia de que el individuo está en fase de crecimiento rápido o, cómo no, por el entrenamiento, estar sometido a altitud, pérdida de sangre menstrual, hemólisis en los grandes marchadores, o incluso a un incremento de pérdida por sudor, orina o heces¹¹.

Diagnóstico y resultados de insuficiencia. Existen numerosos marcadores fiables y sensibles que determinan los niveles de la bioquímica del hierro. Varias medidas realizadas simultáneamente proporcionan sin duda, una mejor evaluación y determinan el grado de deficiencia. Las variables recomendadas en suero incluyen: ferritina, transferrina, índice de saturación, hierro circulante, protoporfirina, hemoglobina, hematocrito, reticulocitos y volumen corpuscular medio.

Protocolos y resultados de la suplementación. Los deportistas con déficit de hierro pueden necesitar una suplementación superior a las indicadas para población general, esto es sus RDA, que son sin duda superiores a más de 18 mg/día para mujeres y más de 8 mg/día para hombres. Además los deportistas con déficit de hierro precisan un seguimiento clínico, que puede incluir la suplementación crónica con hierro¹¹.

Existen numerosos preparados orales de hierro, todos ellos con eficacia similar¹³, sin embargo, queremos insistir en que no deberán ser tomados a no ser que la deficiencia de hierro esté presente.

SUPLEMENTOS DEPORTIVOS PARA GARANTIZAR UNA BUENA RECUPERACIÓN Y REGENERACIÓN

En general debemos de decir que únicamente se han de utilizar aquellos SD que han demostrado la mejora del rendimiento deportivo en base de pruebas con fuerte evidencia científica y que además su empleo sea legal y eficaz, y por supuesto tras habernos asegurado que la alimentación del deportista es correcta.

Los SD que han demostrado que pueden ayudar con la capacidad que se entrenamiento, facilitando, la recuperación, minimizando el dolor y el daño muscular son fundamentalmente: Cretina HMB y Omega 3 (ω -3).

Los SD que facilitan la recuperación y la regeneración, facilitan al deportista un entrenamiento más eficaz, facilitando la recuperación del mismo y previniendo o minimizando el daño muscular acaecido por él. Previenen, por tanto la aparición de lesiones y facilitan la vuelta al entrenamiento cuando esta se he producido.

Existen numerosos SD que pueden estar incluidos en este grupo, pero los que con más evidencia han demostrado resultados de eficacia son: monohidrato de creatina, BetaHidroximetilButirato (HMB), ácidos grasos ω -3, Vitamina D (si hay déficit), evidencia limitada la utilidad de Condrotectores+Vitamina C, suplementos antiinflamatorios.

Creatina

Revisión

La creatina (Cr), un nutriente natural que se encuentra en alimentos de origen animal, es una eficaz ayuda ergogénica nutricional para mejorar el rendimiento deportivo.

La suplementación con monohidrato de creatina por vía oral aumenta la creatina total del músculo (TCr), tanto la creatina libre (FCr) como la fosfocreatina (PCr).

Los requerimientos diarios se sitúan en torno a 2 gr, de ellos, el 50% proviene de la síntesis endógena en hígado, páncreas y riñones a partir de los aminoácidos arginina, glicina y metionina y el otro 50% debe de ser aportado a través de la dieta (carnes y pescados).

La suplementación con creatina aumenta el rendimiento deportivo en acciones de elevada intensidad y de corta duración, que dependen fundamentalmente del sistema ATP-PCr de obtención de energía, esto es, en donde el metabolismo anaeróbico aláctico es prioritario. Alcanza por lo tanto eficacia máxima en aquellos ejercicios que impliquen *sprints* repetidos o episodios de esfuerzos de alta intensidad que duren entre 2-30 segundos y separados por intervalos de recuperación cortos.

- La suplementación con creatina no actúa igual sobre todos los tipos de fuerza. Mientras que para las contracciones dinámicas o isotónicas su efecto está bien probado, los resultados son mucho más discutidos para la fuerza isométrica o isocinética.
- Por tanto, el aporte de creatina puede mejorar todos los programas de entrenamiento que incluyan modalidades de trabajo intermitente de alta intensidad con períodos de recuperación breves (<1 min), o programas de entrenamiento de resistencia. En este tipo de trabajo se ha observado mejoría en el rendimiento como resultado de protocolos de carga aguda.

Mecanismo de acción propuesto

1. La PCr proporciona una rápida resíntesis de ATP en el músculo, convirtiéndose en fuente de fosfato para regenerar el ATP. La disponibilidad de la PCr supone pues una limitación importante en ejercicios breves y de elevada intensidad, ya que su depleción reduce la resíntesis de ATP. Así, la PCr es la fuente de combustible más importante para los *sprints*, o rachas de ejercicio de alta intensidad que duren entre 2-30 segundos¹³. De estos datos aparece la primera indicación, la más conocida: Es la fuente de energía casi exclusiva para los esfuerzos de una intensidad superior al 90%, de muy alta intensidad.
2. Por otro lado, la Cr atenúa la acidosis intramioctaria que se da en el músculo en ejercicio, ya que utiliza los iones de Hidrógeno

intracelulares (H⁺) para producir ATP, de modo que disminuye por este proceso la fatiga muscular; por ello es considerada como un SD anticatabolizante, esto es, un elemento reparador, que disminuye notablemente la fatiga muscular¹⁴⁻¹⁵.

Protocolos de uso

El monohidrato de creatina es la forma más práctica para suplementar con creatina. Existen dos protocolos de administración de eficacia demostrada:

1. Protocolo de *carga rápida*: Se realiza en 5 días con una dosis de 20-30 gr de creatina (habitualmente monohidrato) repartida en 4 tomas diarias.
2. Protocolo de *carga lenta*: Resultados similares al protocolo de carga rápida. Se lleva a cabo a lo largo de 4 semanas administrando 3 gr diarios en monodosis.

La administración asociada de 50-100 g de hidratos de carbono de medio-alto índice glucídico y proteína, potencia el efecto anabólico de la creatina, ya que se elevan los niveles de insulina, lo que consigue un aumento de la permeabilidad de la membrana muscular a la creatina. Mediante este proceso aumenta significativamente la creatina intramuscular total, tanto la PCr como la FCr, especialmente en aquéllos individuos que consumen una dieta no muy elevada en creatina.

Si durante el período de suplementación se realizan ejercicios submáximos, se optimiza la captación de Cr hasta en un 10% sobre los niveles basales. La mayor parte de la captación se realiza en los primeros momentos de la suplementación y el exceso se elimina por vía renal. Una vez que el contenido de creatina muscular ha sido saturada se necesitan unas 4 semanas para volver a los niveles basales.

Dosis de mantenimiento: Una dosis diaria de 3 g (dosis de mantenimiento) permitirá mantener niveles satisfactorios de PCr.

Es imprescindible reseñar que el músculo tiene un límite, máximo de almacenamiento de creatina (en torno a 150-160 mmol/kg), por encima del cual, el exceso de creatina carece de beneficio y se excreta por vía renal, sobrecargando esta función¹⁶.

En la actualidad, la tendencia a no *¿¿ciclar??* la creatina ha demostrado conseguir la misma eficacia, aplicando dosis de entre 5-10 mgr/kg de peso previo al entrenamiento exclusivamente los días en donde se vayan a desarrollar entrenamientos con las características indicadas previamente de mejora de rendimiento¹⁷.

Impacto en el rendimiento deportivo

Mejoría de la fuerza máxima isométrica y por lo tanto en los ejercicios intensos y repetitivos de elevada intensidad de menos de 150 segundos de duración. El efecto más evidente es en tareas cortas y explosivas de hasta 30 segundos.

Facilita las adaptaciones crónicas al entrenamiento mejorando la masa magra así como facilitando el desarrollo de la fuerza¹⁸.

Menos común es la mejoría en el trabajo de resistencia a través del incremento de la síntesis de proteína muscular y del aumento de glucógeno muscular¹⁶.

Reduce los síntomas y facilita la recuperación por mecanismos antiinflamatorios así como cierta capacidad antioxidante¹⁷.

Consideraciones. Efectos secundarios

Los estudios de seguridad no encuentran efectos de salud negativos con el empleo a largo plazo de creatina (hasta 4 años) siempre y cuando los protocolos de carga sean apropiados.

Hay que tener en cuenta que siempre va a existir un incremento mínimo del peso corporal de entre 1-2 kg, (principalmente como consecuencia de retención hídrica ya que la creatina es altamente hidrofílica); esto tendrá especial relevancia y puede llegar a ser perjudicial en las competiciones de resistencia o cuando el cuerpo deba de ser movido contra la gravedad (salto de altura o salto con pértiga) o en acontecimientos en donde el deportista esté limitado por categorías de peso.

Beta Hidroxi Beta Metil Butirato (HMB)

Revisión

El HMB es la abreviatura del ácido β -Hidroxi- β -Metil-Butírico, cuya forma estable y comercial es la sal cálcica, es decir, el β -Hi-

droxi- β -Metil-Butirato de Calcio. El HMB es un metabolito natural del aminoácido, esencial y ramificado, leucina, que se produce a partir α -cetisocaproico (CIC).

La forma química comercial del HMB es en sal. Puede ser sal de sodio (Na-HMB) o sal de calcio (Ca-HMB), ambas hidrosolubles, con buena absorción tanto en el estómago como en el intestino. Se utiliza más el Ca-HMB porque precipita menos que el Na-HMB y, por tanto, puede mantenerse más tiempo seco, sin formar grumos y con una consistencia de polvo finamente dividido, aumentando la estabilidad del producto, así como su digestibilidad y tolerancia¹⁹.

Se ha demostrado que la suplementación con HMB en sujetos no entrenados aumenta la masa magra y la fuerza de los mismos en tan sólo tres semanas junto con un programa de entrenamiento de fuerza²⁰. Sin embargo, la suplementación con HMB en individuos entrenados, no muestra eficacia en tan pocas semanas. La tasa de adaptación se retrasa notablemente en individuos entrenados, por lo que es probable que los efectos del HMB en esta población sean más optimizados a través de protocolos de mayor duración (más de seis semanas), en donde generalmente provocan efectos positivos en la masa magra y en la fuerza²¹. No obstante, los efectos de la suplementación con HMB en atletas son menos claros. La mayoría de los estudios realizados en sujetos entrenados muestran aumentos no significativos de la masa muscular, posiblemente debido a una mayor variabilidad en la respuesta de la suplementación con HMB entre los atletas²¹. Por lo tanto, hay evidencia de que el HMB puede mejorar las adaptaciones al entrenamiento en personas que lo inician. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para determinar si el HMB puede mejorar las adaptaciones al entrenamiento en atletas entrenados.

Mecanismo de acción propuesto

Uno de los posibles mecanismos de actuación del HMB es el efecto anabolizante, esto es, la estimulación de la síntesis proteica a través de la estimulación del IGF-1: La unión del IGF-1 con su receptor (mTORC1) inicia una cascada de eventos que llevan a un incremento en el tamaño de la célula muscular.

Existe también una importante correlación entre HMB y el mTOR dado que la suplementación

con HMB no sólo atenúa la degradación de proteína, sino que además incrementa su síntesis.

Lo anteriormente citado muestra que la suplementación con HMB tiene un efecto directo sobre la vía anabólica del mTOR. Sin embargo, no es el único mecanismo que explica los efectos del HMB y posiblemente estos efectos no estén mediados principalmente por rutas anabólicas, sino por una disminución en la proteólisis del músculo esquelético²².

Protocolos de uso

Se presupone que la eficacia biológica del HMB al igual que la de la creatina se intensifica mediante un trabajo de fuerza-resistencia²³, esto hace que esté indicada la administración previa a la realización de un programa de fuerza si éste va a formar parte del tratamiento.

En resumen, los picos máximos de HMB en plasma más rápidos se consiguen con la ingesta de 3 g, con una retención de 71 a 86%. Su vida media es de aproximadamente 2,5 horas y alcanza niveles de referencia 9 horas después del consumo.

La mayoría de los estudios publicados concluyen que la dosis más segura y eficaz para suplementar y obtener el máximo beneficio sea cual sea el grupo poblacional (jóvenes, adultos, hombres, mujeres, entrenados y no entrenados) es de 3 gramos de HMB al día²³.

Impacto en el rendimiento deportivo

La unión del entrenamiento de fuerza más la suplementación con HMB puede frenar el proceso de catabolismo muscular especialmente en los individuos menos entrenados.

El empleo potencial del HMB durante la inactividad/desuso extrema o bien tras la recuperación de una lesión, ha sido descritos fundamentalmente en individuos mayores, con lo que tendremos que tenerlo en cuenta para el tratamiento de la sarcopenia a través de un programa de trabajo de fuerza en nuestra población más envejecida.

Las ventajas de suplementación HMB, especialmente en deportistas jóvenes, podrían ser obtenidas de la proteína normal de la alimentación o mediante suplementos de proteína enteros.

Consideraciones. Efectos secundarios

En estudios realizados en humanos, no se observan efectos adversos con posterioridad a la ingesta de HMB en los marcadores asociados a la función renal y hepática, ni en los índices hematológicos. Por lo que, a dosis de entre 3 y 6 g/día, durante hasta 8 semanas, el HMB no muestra peligrosidad para su consumo como suplemento nutricional²⁴.

Ácidos grasos ω -3

Revisión

Ocasionalmente a lo largo de la actividad física intensa existe disminución en la fluidez de la membrana eritrocitaria, que condiciona un incremento de la percepción de fatiga del trabajo realizado. Por otro lado, existe en determinados deportes el riesgo de microlesiones cerebrales mínimas (contacto/colisión).

Así mismo es bien sabida la aparición de DOMS (dolor muscular de aparición tardía) en ciertos entrenamientos con fuerte componente excéntrico.

Mecanismo de acción propuesto

Existen trabajos que demuestran que la ingesta continuada de ácidos grasos ω -3 producen un incremento de la Capacidad Antioxidante Total del plasma de forma generalizada, siendo, asimismo el daño oxidativo a lípidos, menor. Todos estos datos son especialmente relevantes en el caso de deportistas aficionados, cuyo nivel de daño oxidativo es mayor al no tener entrenadas las defensas antioxidantes del organismo²⁵.

A pesar de que existen numerosos trabajos que indican que la suplementación con ácidos grasos ω -3 mejora las cualidades cognitivas en los individuos con cierto grado de microlesión cerebral, no existe suficiente evidencia científica a día de hoy si estas ventajas ocurrirían en atletas jóvenes, sanos, o como esto podría traducirse en una mejora del rendimiento²⁶.

Protocolos de uso

La mejor recomendación puede deber incluir las fuentes ricas de ω -3, como el pescado graso en la dieta en vez de SD.

No obstante la mayoría de los trabajos en materia de suplementación recomiendan 2 g al día de DHA durante dos meses en forma de triglicérido, como lípido estructurado²⁵.

Impacto en el rendimiento deportivo

La ingesta continuada de 2 g de DHA por encima de tres semanas, produce un incremento de la Capacidad Antioxidante Total del plasma en las personas que realizan actividad física, y esto en los caso que escasa adecuación puede conseguir una adaptación más temprana al entrenamiento.

Consideraciones. Efectos secundarios

No obstante no existen trabajos publicados a fecha de hoy con suficiente consistencia que precisen que una disminución de los niveles de ácidos grasos ω -3 perjudique el rendimiento deportivo y no debemos olvidar que los suplementos a dosis altas pueden causar algunos efectos adversos²⁷.

Vitamina D (si déficit)

Como indicábamos en el apartado anterior, la Vitamina D, incrementa la absorción del calcio y del fósforo e interviene en el crecimiento y mineralización de los huesos, la función muscular y el sistema inmune.

La suplementación con vitamina D y calcio, puede prevenir la pérdida ósea en deportistas susceptibles de presentar osteoporosis por bajo aporte en su dieta, pero ningún estudio indica que su suplementación mejore el rendimiento físico.

Condroprotectores+ Vitamina C

Revisión

Son numerosos los trabajos que recomiendan la utilización de gelatina+ Vitamina C o colágeno con el fin de minimizar el desgaste del cartílago articular al facilitar la síntesis de colágeno, disminuyendo así las molestias/dolores de sobrecarga articular.

No obstante, y aún conociendo que la gelatina y suplementos de colágeno aparecen tener un riesgo bajo en cuanto a efectos secundarios, y a pesar de existir algunos trabajos que relatan la

disminución del dolor²⁸, a día de hoy no se conoce ninguna ventaja funcional ni producción de mejoría de rendimiento con su uso en los deportistas²⁹.

Suplementos antiinflamatorios

Tanto la cúrcuma como su componente principal, la curcumina, se usan ocasionalmente a dosis de 5 g/día por sus potenciales efectos antiinflamatorios.

De la misma manera existen trabajos que señalan que el jugo ácido de cereza en una dosis de aproximadamente 250-350 ml (30 ml si concentrado) dos veces al día durante 4-5 días antes de un acontecimiento deportivo o durante 2-3 días después para promover recuperación, puede tener cierto efecto antiinflamatorio.

Ambos podrían ser útiles como suplementos antiinflamatorios, puesto que en estudios publicados aparecen tras su uso, disminuciones tanto de niveles de citoquinas inflamatorias, como de marcadores indirectos de daño de muscular³⁰⁻³¹.

Los efectos antiinflamatorios pueden ser beneficiosos; no obstante, las evidencias son escasas y se precisa más investigación antes de que se puedan recomendar estos compuestos a los deportistas.

SUPLEMENTOS DEPORTIVOS PARA REGULAR PROCESOS METABÓLICOS

Son muchos los órganos y sistemas que se ven involucrados en la práctica de la actividad física intensa y sin duda los procesos metabólicos han de volverse a reajustar tras la realización de los mismos.

En este apartado, expondremos únicamente aquellos SD de los que se podría considerar que tienen un nivel adecuado de apoyo para sugerir beneficios directos en la regulación de estos procesos metabólicos.

Estos suplementos incluyen: cafeína, nitrato, bicarbonato de sodio (*buffers*), beta-alanina, antioxidantes (Vitaminas A, C, E, Selenio, Zinc) y probióticos.

Los mecanismos de acción, dosis, ventajas de funcionamiento potenciales y efectos secunda-

rios de cada uno de estos suplementos, han sido considerados sólo tras fuerte evidencia científica que incluye su utilización (descartando carencias alimentarias) en diferentes momentos no sólo del entrenamiento sino también de la competición.

Cafeína. 1,3,7-trimethylxanthine

Revisión

Probablemente se trata de una de las sustancias psicoactivas más utilizadas en el mundo, presente en bebidas tradicionales como el café, el té, el chocolate, pero también como aditivo de gaseosas, bebidas energizantes, geles, gomas, chicles y medicamentos, que ofrecen concentraciones adicionales de cafeína para aumentar el rendimiento físico o psicológico, produciendo también efectos en otras funciones fisiológicas como el estado de ánimo, el humor, el sueño o el dolor³².

Químicamente la cafeína es un alcaloide de la familia de las xantinas, sustancias derivadas de las purinas que se encuentran de forma natural en las plantas del té, el café, el mate, el cacao, el chocolate, el guaraná y la nuez de cola.

Las tres xantinas más importantes son la cafeína (1,3,7-trimetilxantina) que se encuentra en el café, la teobromina (3,7-dimetilxantina) en la planta de cacao, y la teofilina (1,3-dimetilxantina) que se encuentra principalmente en el té negro y verde. Las tres son xantinas metiladas, por lo que se conocen con el nombre de metilxantinas.

La ingesta de cafeína a través de los alimentos proviene por un lado del consumo de alimentos o bebidas de origen vegetal que contienen xantinas de forma natural (café, té, chocolate, cacao y productos derivados) y, por otro lado, de alimentos y bebidas a los que se les ha añadido la cafeína como ingrediente (bebidas no alcohólicas tipo cola, bebidas energéticas y suplementos alimentarios)³².

Mecanismo de acción propuesto

Antagonista de los receptores de adenosina que se encuentran en el cerebro, el músculo esquelético y el tejido adiposo. La adenosina es un inhibidor del sistema nervioso central (SNC) y de la actividad neuronal e interviene en la síntesis de ATP de emergencia.

El bloqueo de los receptores de adenosina en los adipocitos provoca un aumento de la lipólisis, y por tanto, un incremento de la concentración de ácidos grasos libres en sangre, lo que permitirá ahorrar el glucógeno intramuscular.

Por otra parte, la cafeína tiene un efecto estimulante del SNC y es capaz de activar la transmisión sináptica y la liberación de neurotransmisores.

Mejora la propagación de las señales nerviosas, lo que parece mejorar la fuerza y la percepción del esfuerzo del deportista³³.

Potencia la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico e incrementa la contracción muscular.

Estimula la actividad de la Na⁺-K⁺-ATPasa y reduce la fatiga muscular.

Aumenta la secreción de β-endorfinas que disminuyen la percepción del dolor.

Mejora la respuesta termorreguladora: compensa la disminución del rendimiento producido por el aumento de la temperatura³⁴.

Protocolos de uso

1. 3-6 mg/kg 40-60 minutos antes del ejercicio. A partir de 4 mg/kg 60 minutos antes del ejercicio se reduce la percepción del esfuerzo realizado (Evidencia A)³⁴.
2. 0,75-2 mg/kg durante la realización del ejercicio cada 20 minutos aproximadamente. Es mejor en forma de chicle para que la absorción sea más rápida³³.
3. Pequeñas dosis de 1-2 mg/kg durante el ejercicio mejoran los reflejos (mejoran la concentración y aumentan el estado de alerta)^{33,34}.

Impacto en el rendimiento deportivo

Optimiza el rendimiento por una combinación de efectos sobre el SNC, tejido adiposo y muscular³⁵.

Mejora el rendimiento en:

1. Ejercicio aeróbico: Aumento del tiempo de trabajo y del tiempo hasta el agotamiento,

mejora del pico de consumo de oxígeno en el ejercicio submáximo y mejora de la percepción del esfuerzo. La mejora del rendimiento es más destacable en sujetos bien entrenados.

2. Ejercicio anaeróbico: resultados mucho menos consistentes. No es eficaz en sprints repetidos, pero sí en los intermitentes, lo que podría estar relacionado con un menor tiempo de reacción para comenzar las tandas de ejercicio de alta intensidad³³. Varios trabajos encuentran mejoras en el *sprint* único o múltiple en ciclismo, aumento de la velocidad en el de natación o reducción de la fatiga en el *sprint* repetido en ciclismo³⁵.
3. En actividades de fuerza mejoran el número de repeticiones o el peso de las cargas utilizadas en mayor o menor nivel dependiendo de diferencias en los protocolos, dosis de cafeína, nivel de tolerancia, uso previo de cafeína, nivel de entrenamiento, tamaño corporal, edad, sexo e ingesta habitual de cafeína.
4. En deportes de equipo: Mejora de la habilidad en el *sprint* único o repetido y el tiempo de reacción o mejora en la precisión en el pase del fútbol (Evidencia A)³⁴ o rugby, que se atribuye a una disminución de la fatiga que influye en jugadas que requieren una destreza especial. En hockey hierba se han observado mejoras en el manejo de la bola y en los *sprints* para regatear³³.
5. En deportes individuales también se han observado resultados positivos, por ejemplo, una mayor velocidad de la bola en el servicio en tenis o un menor tiempo de reacción en combates de taekwondo, además de una atenuación de la disminución de la intensidad del ejercicio realizado entre el primer y el segundo combate³³.

La administración de cafeína es efectiva en la mejora del estado de alerta, la concentración, el tiempo de reacción, el aprendizaje motor y la memoria reciente. (Evidencia A).

Consideraciones. Efectos secundarios

A dosis habituales presenta efectos secundarios leves como molestias gastrointestinales (náuseas, vómitos e irritación gástrica), ansiedad, ce-

falea, temblor, inquietud, nerviosismo, agitación psicomotora, dificultad de concentración, insomnio, irritabilidad, taquicardia, hipertensión y diuresis³⁵.

El uso crónico, especialmente en grandes cantidades, puede provocar tolerancia, habituación y dependencia psicológica.

En dosis excesivas puede favorecer la aparición de úlcera péptica, ataques epilépticos, coma y hasta la muerte³⁵.

Reducción de la eficacia del sueño, dificultad para dormirse y disminución total del sueño si se consume a últimas horas de la tarde o por la noche³⁵.

Seguridad

El consumo de hasta 400-500 mg de cafeína al día parece ser seguro para los adultos; los adolescentes deberían limitar el consumo de cafeína a no más de 100 mg por día.

Consumir 500 mg o más por día puede reducir (en lugar de mejorar) el rendimiento físico, perturbar el sueño y causar irritabilidad y ansiedad.

Consumir 10.000 mg o más en una sola dosis (una cucharada sopera de cafeína pura en polvo) puede ser mortal³⁴.

Nitrato (NO₃)

Revisión

Es un SD cuyo uso está relacionado fundamentalmente en la mejoría en el rendimiento deportivo de los trabajos prolongados submáximos así como los realizados a intensidad alta, intermitente, y de corta duración³⁶.

Mecanismo de acción propuesto

Mejora la biodisponibilidad de las vías que utilizan el óxido nítrico, jugando un papel importante en la modulación de la función del músculo esquelético³⁷.

El nitrato mejora el funcionamiento del ejercicio incrementando la función de las fibras musculares tipo II, reduciendo el coste de ATP muscular en la producción de fuerza; aumentando la capacidad oxidativa mitocondrial, el flujo de sangre

muscular y disminuyendo la heterogeneidad de la disminución del VO_2 muscular durante la realización de esfuerzo³⁸.

Protocolos de uso

En la alimentación podemos obtener productos que contienen elevadas cantidades de nitrato estas incluyen raíces y hojas verdes, incluyendo la espinaca, la ensalada de rúcula, el apio y la remolacha.

En la suplementación aguda a dosis elevadas se evidencia mejoría tras 2-3 horas de la ingesta de un bolo de 5-9 mmol (310-560 mg) de NO_3^- .

Existe una pauta de suplementación prolongada en fase de entrenamiento de carga que supone estas mismas dosis durante períodos superiores a tres días³⁹.

Impacto en el rendimiento deportivo

La suplementación ha sido asociada con mejoras del 4-25% en el tiempo de ejercicio hasta el agotamiento y del 1-3% en el funcionamiento específico en actividades deportivas con una duración inferior a 40 minutos.

Dado que su eficacia está basada en la mejora de la función de las fibras musculares tipo II, su aporte estará especialmente indicado en los entrenamientos de intensidad alta, intermitente, (entrenamientos de deporte de equipo de 12-40 minutos de duración y alta intensidad)⁴⁰. Para trabajos de resistencia y/o duración superior a 40 minutos no hay aval de eficacia.

Consideraciones. Efectos secundarios

Los estudios publicados, no muestran efectos secundarios o limitaciones a la suplementación de nitrato a las dosis indicadas salvo sensibilidad especial gastro intestinal en algunos casos, que es dosis dependiente.

Sin embargo existe un límite superior a las ventajas de consumo a partir del cual no parece haber ninguna ventaja, ni mejoría en ningún parámetro de rendimiento deportivo (dosis superiores a 16.8 mmol esto es, 1.041 mg/día)³⁷.

Los beneficios de su suplementación son menores cuanto más entrenado esté el sujeto.

Bicarbonato de sodio (*búffers*)

Revisión

Son sustancias alcalinizantes que actúan a modo de tampón en medio ácido. Son de utilidad en situaciones metabólicas anaeróbico lácticas, donde neutralizan el ácido láctico producido y retrasan la aparición de fatiga en esfuerzos de corta duración e intermitentes, con breves periodos de descanso.

Mecanismo de acción propuesto

Actúan como un *búffer* extracelular, ayudando a la regulación de pH intracelular al aumentar el pH y las concentraciones de bicarbonato extracelular⁴¹.

Protocolos de uso

La respuesta a su toma depende de factores individuales y de la cantidad ingerida, con acción dosis dependiente. Se ha evidenciado su efecto positivo en esfuerzos de alta intensidad y duración (de 1 a 7 min) con una toma de NaHCO_3 entre 0,3-0,5 g/kg (21-35 g para un peso medio de 70 kg), 60-90 min antes del esfuerzo.

Sin embargo existen estrategias alternativas que incluyen lo siguiente:

1. Dosis de mantenimiento a lo largo de todo el período de entrenamientos interválicos lácticos esto es, fraccionar las dosis para conseguir la misma dosis total) a intervalos de entre 30-180 min previos a la realización de entrenamiento.
2. Protocolo de carga de dosis de mantenimiento a lo largo de todo el período de entrenamientos interválicos lácticos en 3-4 dosis más pequeñas/día durante 2-4 días consecutivos antes de un evento deportivo⁴².

Impacto en el rendimiento deportivo

Mejora el rendimiento deportivo en esfuerzos cortos y de alta intensidad (*sprints* de intensidad alta de 60" de duración, series cortas, multisaltos, etc...), presenta, sin embargo eficacia reducida cuando la duración de esfuerzo excede los 10 min.⁴³.

Consideraciones. Efectos secundarios

Como efectos secundarios pueden presentarse manifestaciones digestivas como vómitos y dia-

rea. Se han descrito así mismo irritabilidad y espasmos musculares.

Sin embargo, existen estrategias para reducir al mínimo estas alteraciones, que incluyen lo siguiente⁴²:

1. Coingestion con una comida pequeña, rica en hidrato de carbono (~1.5 g/kilogramo de peso).
2. Empleo de citrato de sodio como alternativa.
3. Repartir a lo largo del día las dosis de carga.
4. Considerando el alto potencial de alteraciones digestivas, es imprescindible ajustar la dosis adecuada antes de la competición.

Beta alanina

Revisión

La beta-alanina es un aminoácido no proteogénico producido endógenamente en el hígado. Además, se puede conseguir por ingesta de carne.

Por sí misma, las propiedades ergogénicas de beta-alanina son limitadas; sin embargo, la beta-alanina ha sido identificada como el precursor de la síntesis de carnosina y su aporte ha mostrado ser eficaz para aumentar los niveles de carnosina en el músculo esquelético⁴⁴.

Mecanismo de acción propuesto

El papel potencial fisiológico de la carnosina se extiende más allá de su función como un *búffer* de protones. La evidencia demuestra que las especies de oxígeno reactivas (ROS), que se producen en cantidades elevadas durante el entrenamiento pueden contribuir a la fatiga y daño muscular inducido por ejercicio en ciertas circunstancias. La carnosina ha mostrado actuar como un potente antioxidante bloqueando radicales libres y reduciendo el estrés oxidativo⁴⁴.

Protocolos de uso

Dosis de 4 a 6 g/día de beta-alanina aumentan las concentraciones de carnosina muscular hasta el 64% después de 4 semanas de suplementación, y hasta el 80% después de 10 semanas. Sin embargo, existen variaciones en la respuesta dependiendo de sensibilidad especial de los deportistas.

La estrategia de suplementación para la beta-alanina es importante para maximizar sus efectos. Hasta el momento, la investigación sugiere que la beta-alanina requiere una dosis de carga crónica de 4 a 6 g diariamente en dosis divididas de 2 g o menos, durante un mínimo de dos semanas, que causan un aumento del 20-30% de los niveles de carnosina muscular. Si el protocolo es de más larga duración (4 semanas) se encuentran incrementos de hasta un 40-60%⁴⁵.

Otra suplementación alternativa es un consumo diario de ~65 mg/kg repartidos en 3-4 dosis de 0,8-1,6 gr/ 3-4 horas entre 10-12 semanas de suplementación.

Impacto en el rendimiento deportivo

La beta-alanina aumenta la capacidad tampón intracelular protegiendo así a la célula muscular, teniendo efectos beneficiosos significativos (el ~0.2 el %-3%), tanto durante las tareas de ejercicio intensas tanto continuas como intermitentes de 30 sg a 10 minutos de duración.

Consideraciones. Efectos secundarios

Existe correlación positiva entre el aumento de los niveles de carnosina intramuscular y la eficacia de la suplementación. Existiendo una importante variabilidad individual La eficacia es mayor cuanto menos entrenado esté el sujeto.

La suplementación con beta-alanina actualmente parece ser segura en poblaciones sanas a las dosis recomendadas. Los únicos efectos secundarios relatados son parestesia y sensación de prurito en palmas de manos y plantas de pies, ocasionalmente con discretas erupciones maculares pero los estudios indican que esto se puede atenuar utilizando dosis más bajas, dividiéndolas a dosis individuales de menos de 1,6 grs o utilizando Beta-Alanina de liberación mantenida⁴⁶.

Antioxidantes

La actividad física y la práctica del deporte, ya sea en calidad de aficionado o bien cuando se desarrolla en condiciones límite, como es el caso del deportista de alto nivel, genera estrés oxidativo que puede traducirse en daño celular y alteraciones funcionales diversas. Sin embargo, se sabe que los radicales libres de oxígeno y las especies reactivas de oxígeno en bajas concentraciones, también tienen efectos fisiológicos

que regulan y aclimatan al organismo para la realización del ejercicio físico consiguiendo así la adaptación al esfuerzo.

Dado que los radicales libres de oxígeno son necesarios para estabilizar y adaptarse a la hipoxia tisular inducida por el ejercicio y así mismo que se precisan ciertos niveles de ellos para que la contractilidad muscular sea óptima, la suplementación antioxidante a largo término puede interferir con el papel de adaptación crónica al esfuerzo⁴⁷. Esto puede explicar por qué los suplementos antioxidantes aunque mejoren los índices de estrés oxidativo no inducen cambios sobre el rendimiento deportivo. Por otro lado, la suplementación puntual y de forma aguda con antioxidantes en momentos en los que el estrés oxidativo es máximo puede ser altamente eficaz para evitar el daño tisular. La suplementación única con uno o varios antioxidantes conduce a beneficios parciales, siendo mucho más eficaz la suplementación con nutrientes “multiantioxidantes” que no trabajan aisladamente sino de forma sinérgica.

Entre los que presentan mayor evidencia de eficacia destacan las Vitaminas A, C, E, y el Selenio y Zinc.

Vitamina A (Retinol)

Revisión

Forma parte constituyente de los pigmentos visuales y está involucrada en la visión nocturna. También es importante su función antioxidante. Participa en el sistema inmune y en el metabolismo del hierro.

La vitamina A se almacena en el hígado en grandes cantidades, por eso es raro un déficit de la misma. Su ingesta excesiva puede ser tóxica y producir perturbaciones metabólicas y dar clínica como vómitos, pérdida del cabello y daño hepático.

Mecanismo de acción propuesto

El interés en su suplementación se basa en su capacidad antioxidante, pero es mayor el riesgo por su toxicidad.

Impacto en el rendimiento deportivo

No existen evidencias de que la suplementación con vitamina A mejore el rendimiento físico.

Protocolos de uso

La ingesta recomendada en EEUU, como equivalentes de retinol, es de 900 µg/día en hombres y de 700 µg /día en mujeres, y de 800 µg/día en la UE.

Vitamina C (Ácido ascórbico)

Revisión

Vitamina hidrosoluble con un importante poder antioxidante. Además de bloquear los radicales libres, reduce los niveles de interleukina-6 y la respuesta cortisólica al esfuerzo.

Mecanismo de acción propuesto

Evidencia científica moderada para la prevención de los procesos respiratorios de vías altas.

Aunque la depleción de vitamina C puede afectar negativamente diversos aspectos del rendimiento físico, causando fatiga, debilidad muscular y anemia, presenta relativamente escasos efectos sobre cortisol comparado con los hidratos de carbono y como potenciador de la inmunidad no ha demostrado efectos superiores a placebo.

Protocolos de uso

1. La revisión Cochrane muestra la disminución del ~50% de los procesos respiratorios de vías altas con la toma de 0.25-1.0 g/día.
2. La ingesta recomendada en EEUU en hombres es de 90 mg/día y en mujeres de 75 mg/día, con un máximo de 2.000 mg/día. En la CE se recomienda una ingesta de 80 mg.

La altitud, las temperaturas elevadas y el ejercicio físico parecen aumentar las necesidades de vitamina C.

Impacto en el rendimiento deportivo

No existe evidencia de mejoría de marcadores de mejoría de rendimiento deportivo si el individuo está bien adaptado al entrenamiento⁴⁹.

Vitamina E (Alfa-tocoferol)

Revisión

Al igual que las vitaminas A y C, actúa como antioxidante evitando la formación de radicales

libres, influye en la respuesta celular frente al estrés oxidativo durante el ejercicio intenso, previene la destrucción de glóbulos rojos y parece que mejora la liberación de oxígeno al músculo durante el ejercicio⁵⁰.

Mecanismo de acción propuesto

Las investigaciones realizadas indican que la suplementación con vitamina E puede disminuir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio.

También se estudia su posible sinergia con la vitamina C. Algunas evidencias sugieren que puede disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Protocolos de uso

La ingesta recomendada, como equivalentes de alfa-tocoferol, en EEUU es de 15 mg/día, con un máximo de 1.000 mg/día. En la CE se recomienda una ingesta de 12 mg⁵¹.

A altas dosis puede comportarse como prooxidante⁵².

Impacto en el rendimiento deportivo

No existe evidencia de mejoría de marcadores de mejoría de rendimiento deportivo si el individuo está bien adaptado al entrenamiento.

Selenio

Revisión

Forma parte de diversas enzimas, como la glutatión peroxidasa, antioxidante que protege las estructuras celulares de la acción de los peróxidos lipídicos y radicales libres, de ahí su potencial efecto antioxidante.

Protocolos de uso

La ingesta diaria recomendada para la población española adulta es de 50-70 µg/día⁵³.

Impacto en el rendimiento deportivo

No existen evidencias de que la suplementación con selenio mejore el rendimiento físico.

Zinc

Revisión

Mineral esencial que participa en numerosos sistemas enzimáticos como cofactor de la síntesis de ADN de las células del sistema inmunitario.

La deficiencia de zinc, se produce de forma ocasional en los deportistas en temporada de máxima competición y puede causar alteraciones de la inmunidad (atrofia linfoide).

Protocolos de uso

La revisión Cochrane indica dosis de 75 mg/día de acetato de zinc para disminuir la duración de los procesos respiratorios de vías altas, para alcanzar esta moderada eficacia el zinc debe ser tomado 24 horas después del inicio del proceso catarral.

Dosis altas dosis de zinc pueden disminuir la función inmune.

Los efectos secundarios incluyen alteraciones en el gusto náuseas⁵⁴.

Impacto en el rendimiento deportivo

Las investigaciones realizadas no indican que el tratamiento con zinc prevenga los procesos respiratorios de vías altas y existe tan sólo evidencia moderada en el tratamiento de los mismos.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁵⁵.

Probióticos

Revisión

Los probióticos son microorganismos vivos que tras su ingesta ejercen beneficios para la salud, mediante la potenciación de la inmunidad celular del individuo.

Las bacterias con actividad probiótica son en general lactobacilos y bifidobacterias, *Streptococcus*, ciertas clases de *Escherichia* y otros organismos no bacterianos como el *Saccharomyces boulardii*.

Protocolos de uso

La revisión Cochrane de 12 estudios (n=3720) muestra con una evidencia moderada una dismi-

nución del ~50% en la incidencia de procesos catarrales y una disminución en la duración de los mismos de 2 días con dosis diaria de ???1010??? bacterias vivas⁵⁶.

Sin embargo, se requieren más pruebas para apoyar la eficacia en el tratamiento y prevención de patología gastrointestinal y la infección, por ejemplo, en un deportista durante sus viajes⁵⁷.

Impacto en el rendimiento deportivo

Los suplementos de probióticos pueden resultar beneficiosos para los deportistas fatigados, o durante tratamiento antibiótico o con una deficiencia inmunológica identificable, pero su eficacia en el rendimiento deportivo de aquellos en los que ya es óptimo aún está por establecerse.

Se debe extremar la precaución de su uso en deportistas con antecedentes de problemas del tracto gastrointestinal (enfermedad celíaca, síndrome de intestino irritable...) dado que existe riesgo de aumento de la irritabilidad intestinal⁵⁸.

CONCLUSIONES

Las estrategias que realmente mejoran el rendimiento (entrenamiento, nutrición, descanso y equipamiento adecuado) se pasan a menudo por alto, a favor del uso de suplementos.

Los suplementos entrañan riesgo de padecer efectos adversos e interacciones con otras ayudas ergogénicas nutricionales o farmacológicas.

Existe un riesgo real de resultados positivos adversos en los controles de dopaje.

Es necesario aportar información veraz y basada en la evidencia científica sobre los suplementos deportivos analizando su eficacia, mecanismos de acción, dosis, efectos adversos y qué deportes se pueden beneficiar de su consumo.

Los SD irán encaminados a cubrir los propósitos básicos de la ayuda ergogénica nutricional en el ámbito deportivo: Aportar energía, garantizar una buena recuperación y regeneración y regular los procesos metabólicos.

El aporte de carbohidratos y proteínas en los individuos con intenso desgaste muscular tienen

un innegable valor para aportar energía y prevenir la fatiga y producen una mejora en la respuesta metabólica y un aumento del rendimiento deportivo (ver parte II).

La toma de ácidos grasos de cadena media durante el esfuerzo físico no aumenta el rendimiento deportivo.

La ingesta continuada de 2 g de DHA por encima de tres semanas produce un incremento de la Capacidad Antioxidante Total del plasma en las personas que realizan actividad física. (nivel de evidencia moderado).

Las recomendaciones de ingestas diarias en minerales y vitaminas para la población en general son extensibles para quienes realizan actividad física o practican deporte, de modo que los deportistas no necesitarán suplementos minerales, ni vitamínicos si se consume energía suficiente para mantener el peso corporal adecuado mediante alimentación variada y equilibrada.

La creatina aumenta el rendimiento deportivo gracias a la mejoría de la fuerza máxima isométrica y por lo tanto en los ejercicios intensos y repetitivos de elevada intensidad de menos de 150 segundos de duración. Facilita las adaptaciones crónicas al entrenamiento mejorando la masa magra y reduce los síntomas de daño muscular y facilita la recuperación al entrenamiento por mecanismos antiinflamatorios así como cierta capacidad antioxidante.

La unión del entrenamiento de fuerza más la suplementación con HMB puede frenar el proceso de catabolismo muscular especialmente en los individuos menos entrenados, en la fase de recuperación de una lesión o en el tratamiento de la sarcopenia senil. En deportistas más jóvenes, estas ventajas podrían ser obtenidas de la proteína normal de la alimentación o mediante suplementos de proteína entera.

A día de hoy no se conoce ninguna ventaja funcional ni producción de mejoría de rendimiento con el uso de los condroprotectores, ni suplementos antiinflamatorios.

La cafeína aumenta el rendimiento deportivo tanto en el trabajo aeróbico como anaeróbico. Aumenta el tiempo de trabajo y del tiempo hasta el agotamiento, así como el número de repeticiones o el peso de las cargas utilizadas y me-

jora de la percepción del esfuerzo. Así mismo, es efectiva en la mejora del estado de alerta, la concentración, el tiempo de reacción, el aprendizaje motor y la memoria reciente, minimizando la percepción de fatiga.

La mejora del rendimiento es más destacable en sujetos bien entrenados

La suplementación con Nitrato (NO₃) mejora el rendimiento deportivo de los trabajos prolongados submáximos así como los realizados a intensidad alta, intermitente, y de corta duración (inferior a 40 minutos). Los beneficios de su suplementación son menores cuanto más entrenado esté el sujeto.

El bicarbonato de sodio (*buffers*) mejora el rendimiento deportivo en esfuerzos cortos y de alta intensidad (*sprints* de intensidad alta de 60" de duración, series cortas, multisaltos, etc...), presenta, sin embargo eficacia reducida cuando la duración de esfuerzo excede los 10 minutos.

La beta-alanina aumenta la capacidad tampón intracelular protegiendo así a la célula muscular, teniendo efectos beneficiosos significativos tanto durante las tareas de ejercicio intensas tanto continuas como intermitentes de 30 seg a 10 minutos de duración.

La suplementación antioxidante a largo plazo, puede interferir con el papel de adaptación crónica al esfuerzo. La suplementación puntual y de forma aguda con antioxidantes en momentos en los que el estrés oxidativo es máximo, puede ser altamente eficaz para evitar el daño tisular. La suplementación es mucho más eficaz con nutrientes "multiantioxidantes" que no trabajan aisladamente sino de forma sinérgica.

Los suplementos de probióticos pueden resultar beneficiosos para los deportistas fatigados, o durante tratamiento antibiótico o con una deficiencia inmunológica identificable, pero su eficacia en el rendimiento deportivo de aquellos en los que ya es óptimo aún está por establecerse.

BIBLIOGRAFÍA

1. Muñoz Soler, A. (2014) Guía de Nutrición para el Entrenamiento de la Fuerza. Madrid: Ediciones Tutor. ISBN: 978-84-7902-974-6.
2. Bean A. (2013) La Guía Completa de la Nutrición del Deportista. 5ª ed. Badalona: Editorial Paidotribo; 2016. ISBN: 978-84-9910-621-2.
3. Kristiansen M., Levy-Milne R., Barr S., Flint A. (2005). Dietary supplement use by varsity athletes at a Canadian university. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Apr;15(2):195-210.
4. Braun H., Koehler K., Kleiner j., Mester J., Shanzer W. (2009). Dietary supplement use among elite young German athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2009 Feb;19(1):97-109.
5. Garthe I., Maughan RJ. (2018). Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018 Mar 26:1-13. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0429
6. Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018;52(7):439-455. doi:10.1136/bjsports-2018-099027
7. Jeukendrup, A. Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 2004 20: 669-677.
8. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for protein. *EFSA Journal* 2012; 10(2):2557.
9. Leibel RL, Bahary N, Friedman JM. Genetic variation and nutrition in obesity: approaches to the molecular genetics of obesity. *World Rev Nutr Diet.* 1990;63:90-101.
10. Stepto NK, Carey AL, Staudacher HM, Cummings NK, Burke LM, Hawley JA. Effect of short-term fat adaptation on high-intensity training. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:449-55.
11. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American college of sports medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:543-68.
12. Heaney RP. Vitamin D: criteria for safety and efficacy. *Nutr Rev.* 2008;66:S178-S181.
13. Moretti D, Goede JS, Zeder C, et al. Oral iron supplements increase hepcidin and decrease iron absorption from daily or twice-daily doses in iron-depleted young women. *Blood* 2015;126:1981-9.

14. Heaton LE, Davis JK, Rawson ES, et al. Selected in-season nutritional strategies to enhance recovery for team sport athletes: a practical overview. *Sports Med.* 2017;47:2201-18.
15. Branch JD. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13:198-226.
16. Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, et al. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:33.
17. Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:18.
18. Rawson ES, Persky AM. Mechanisms of muscular adaptations to creatine supplementation: review article. *Int Sport Med J.* 2007;8:43-53.
19. Manjarrez-Montes-de-Oca R, Torres-Vaca M, González-Gallego J, Alvear-Ordenes I. β -hydroxy- β -methylbutyrate as a dietary supplement (I): metabolism and toxicity. *Nutr Hosp.* 2014; 31(2):590-6.
20. Jówko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, et al. Creatine and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition.* 2001; 17(7-8):558-66.
21. Dunsmore KA, Lowery RP, Duncan NM, Davis GS, Rathmacher JA, Baier SM, et al: Effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid Gel supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012, 9 (Suppl 1):5.
22. Sandri M. Protein breakdown in muscle wasting: role of autophagy-lysosome and ubiquitin-proteasome. *Int J Biochem Cell Biol.* 2013; 45:2121-29.
23. Wilson JM, Fitschen PJ, Campbell B, Wilson GJ, Zanchi N, Taylor L, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *J Int Soc Sports Nutr.* 2013; 10(1):6.
24. Rathmacher JA, Nissen S, Panton L, Clark RH, Eubank May P, Barber AE, et al. Supplementation with a combination of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB), arginine, and glutamine is safe and could improve hematological parameters. *J Parent Ent Nutr.* 2004; 28: 65-75.
25. Jouris KB, McDaniel JL, Weiss EP. The effect of Omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. *J Sports Sci Med.* 2011;10:432-8.
26. Barrett EC, McBurney MI, Ciappio ED. ω -3 fatty acid supplementation as a potential therapeutic aid for the recovery from mild traumatic brain injury/concussion. *Adv Nutr.* 2014;5:268-77.
27. Erdman J, Oria M, Pillsbury L. Nutrition and traumatic brain injury: improving acute and subacute health outcomes in military personnel. Washington, DC: National Academies Press, 2011.
28. Shaw G, Lee-Barthel A, Ross ML, et al. Vitamin C-enriched gelatin supplementation before intermittent activity augments collagen synthesis. *Am J Clin Nutr.* 2017;105:136-43.
29. Jevsevar DS Treatment of osteoarthritis of the knee: evidence-based guideline, 2nd edition. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013 Sep; 21(9):571-6.
30. McFarlin BK, Venable AS, Henning AL, et al. Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA Clin.* 2016;5:72-8.
31. Coelho Rabello Lima L, Oliveira Assumpcao C, Prestes J, et al. Consumption of cherries as a strategy to attenuate exercise-induced muscle damage and inflammation in humans. *Nutr Hosp.* 2015;32:1885-93.
32. Ramírez-Montes CA, Osorio JH. Uso de la cafeína en el ejercicio físico: ventajas y riesgos Using caffeine for physical exercise: advantages and risks *Rev. Fac. Med.* 2013 Vol. 61 No. 4: 459-468.
33. Santesteban Moriones, Virginia. et al. Ayudas ergogénicas en el deporte. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 34, núm. 1, 2017, pp. 204-215. Madrid: Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral.
34. García Moreno, Antonio. et al. La cafeína y super efecto ergogénico en el deporte (Segunda parte). *Arch Med Deporte* 2016; 33 (4): 259-26.
35. Palacios Gil de Antuñano, N. et al. Ayudas ergogénicas nutricionales para las personas que realizan Ejercicio físico. Documento de Consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). *Arch Med Deporte*, 2012 Vol XXIX, Supl 1. 40-42.
36. Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol.* 2009;107:1144-55.
37. Jones AM. Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. *Sports Medicine* 2014;44:35-45.

38. Hoon MW, Jones AM, Johnson NA, et al. The effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2,000-m rowing performance in trained athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9:615-20.
39. McMahon NF, Leveritt MD, Pavey TG. The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2017;47:735-756.
40. Wylie LJ, Bailey SJ, Kelly J, et al. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:415-25.
41. Lancha Junior AH, Painelli VS, Saunders B, et al. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Med.* 2015;45 (Suppl 1):71-81.
42. Siegler JC, Marshall PW, Bray J, et al. Sodium bicarbonate supplementation and ingestion timing: does it matter? *J Strength Cond Res.* 2012;26:1953-8.
43. Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. *Sports Med.* 2011;41:801-14.
44. Eric T. Trexler, Abbie E. Smith-Ryan, Jeffrey R. Stout International society of sports nutrition position stand: *Beta-Alanine Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2015;12, 1, Page 1.
45. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, et al. β -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51.
46. Nassis GP, Sporer B, Stathis CG. β -alanine efficacy for sports performance improvement: from science to practice. *Br J Sports Med.* 2017;51.
47. Blasco Redondo R. Los suplementos antioxidantes en el rendimiento físico *Nutr Clin Med.* 2009; III (2): 67-81.
48. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin A and cell differentiation (ID 14), function of the immune system (ID 14), maintenance of skin and mucous membranes (ID 15, 17), maintenance of vision (ID 16), maintenance of bone (ID 13, 17), maintenance of teeth (ID 13, 17), maintenance of hair (ID 17), maintenance of nails (ID 17), metabolism of iron (ID 206), and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 209) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1221.
49. Nieman DC, Henson DA, McAnulty SR, et al. Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. *J Appl Physiol.* 2002;92:1970-7.
50. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nut.* 2010;7:7.
51. American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41:709-31.
52. Meydani SN, Han SN, Hamer DH. Vitamin E and respiratory infection in the elderly. *Ann N Y Acad Sci.* 2004;1031:214-22.
53. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población española (revisadas y ampliadas 2011). Tablas de composición de alimentos, 15ª ed. Madrid: Pirámide. 2011;214-5.
54. Singh M, Das RR. Zinc for the common cold. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;6: CD001364.
55. Rico Bodes JI, Pérez López M. La actividad física y el zinc: una revisión. *Arch Med Deporte* 2011;141:36-44.
56. Hao Q, Dong BR, Wu T. Probiotics for preventing acute upper respiratory tract infections. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2:CD006895.
57. Gleeson M, Bishop NC, Oliveira M, et al. Daily probiotic's (Lactobacillus casei Shirota) reduction of infection incidence in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21:55-64.
58. Armuzzi A, Cremonini F, Bartolozzi F, Canducci F, Candelli M, Ojetti V, et al. The effect of oral administration of Lactobacillus GG on antibiotic-associated gastrointestinal side-effects during Helicobacter pylori eradication therapy. *Aliment Pharmacol Ther.* 2001;15:163-9.