

Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. La Habana

SOBRE EL USO DE AYUDAS ERGOGÉNICAS EN LA ACTIVIDAD FÍSICA

Leydi González García¹, Adriel Brito Llera¹, Aray Robles Najarro¹.

RESUMEN

Introducción: Una mayor preocupación por el físico-culturismo y el acondicionamiento físico como medios para lograr una silueta física especificada, y con ello una imagen corporal “exitosa”; y/o el bienestar físico-mental, ha llevado a muchas personas al consumo de ayudas ergogénicas para la consecución de las metas propuestas. La amplia disponibilidad en el mercado de productos bajo el título de “ayudas ergogénicas” puede invitar al uso excesivo de los mismos y la dependencia, así como la adjudicación de propiedades supuestamente mágicas para la composición corporal y el bienestar físico del consumidor. **Objetivo:** Describir las características químicas y las propiedades bioquímicas de algunos de los productos más consumidos como “ayudas ergogénicas”, y el lugar que podrían ocupar en la actividad física. **Métodos:** Se completó una revisión de la literatura especializada publicada entre los años 2013 – 2022 sobre el uso y consumo de ayudas ergogénicas en la actividad física. Se identificaron las ayudas ergogénicas más consumidas con fines de acondicionamiento físico, logro de una silueta física predeterminada, y aumento del tamaño de la masa muscular esquelética (MME). De cada una de las ayudas identificadas se obtuvieron la composición química, las propiedades bioquímicas, los posibles beneficios de su uso, y la experiencia reportada en los consumidores. **Resultados:** Numerosos compuestos han sido propuestos como ayudas ergogénicas, pero la efectividad de los mismos en sostener el aumento del volumen y la fuerza de contracción del músculo esquelético, y promover una mejor recuperación post-ejercicio, es limitada (cuando no dudosa). De hecho, los resultados observados tras el uso y consumo de ayudas ergogénicas son mejores entre los individuos no entrenados. De entre los productos examinados, solo la creatina ha demostrado su efectividad en la actividad física a través del atrapamiento de una mayor cantidad de agua dentro de la miofibrilla. **Conclusiones:** Las consideraciones mecanísticas sobre la probable influencia de las ayudas ergogénicas en la actividad física no han sido sustanciadas fehacientemente. Es probable que, si han de ser efectivas, tales ayudas lo sean en un músculo esquelético no entrenado. Logrado un incremento crítico en el tamaño del músculo esquelético, es poco probable que se pueda lograr un beneficio marginal del uso de alguna(s) de las ayudas ergogénicas disponibles hoy en el mercado. *González García L, Brito Llera A, Robles Najarro A. Sobre el uso de ayudas ergogénicas*

¹ Licenciada(o) en Ciencias de los Alimentos.

en la actividad física. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2023;33(2):399-419. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

Palabras clave: *Actividad física / Acondicionamiento físico / Ayudas ergogénicas / Suplementos nutricionales.*

INTRODUCCIÓN

Una mayor preocupación por la imagen corporal, la silueta física, y el bienestar físico-mental ha llevado a un número creciente de personas a interesarse por programas de fisico-culturismo, musculación, y acondicionamiento físico.¹⁻³ Tales programas proponen metas a alcanzar en un plazo especificado de tiempo en conjunción con la adherencia a la alimentación saludable y cambios en los estilos de vida. Es inmediato entonces que la consecución de tales metas solo será posible de la dedicación y la perseverancia de la persona que se involucra en tales programas.

En paralelo con el interés de los consumidores en los programas de actividad física antes mencionados ha crecido la demanda de productos de diferente composición química y propiedades bioquímicas que (se percibe) ayudarían al sujeto en el logro de las metas corporales propuestas con los programas correspondientemente mencionados.⁴⁻⁵ El uso y consumo de tales productos servirían para aportar cantidades adicionales de energía y aminoácidos esenciales que sostengan los requerimientos nutrimentales aumentados.⁶⁻⁷ Asimismo, el uso y consumo de tales productos brindarían al músculo esquelético objeto del acondicionamiento y/o la escultura nutrientes y otros sustratos necesarios para una contracción más efectiva y/o una recuperación más rápida de la fatiga muscular. No obstante, el interés en el uso y consumo de estos productos se ha enfocado en el probable efecto en la promoción del aumento del volumen de las miofibrillas, lo que permitiría alcanzar (e incluso

sobrepasar) las metas de los programas físicos en un menor tiempo.

Se ha de hacer notar que el uso y consumo de tales ayudas ergogénicas no están respaldados en la actualidad con recomendaciones claras (mucho menos exactas) sobre las dosis y frecuencias a emplear; ni tampoco estaría exento de posibles complicaciones. Ello tampoco parece pesar en el ánimo de los usuarios | consumidores, quienes se guían más por los beneficios potenciales antes que por los riesgos para la salud que puedan derivarse de un uso incorrecto del producto en cuestión.

En Cuba se ha registrado un aumento en el consumo de ayudas ergogénicas en las personas involucradas en programas de fisico-culturismo, musculación y acondicionamiento físico.⁸⁻⁹ Llama además la atención la constatación de que muchas de las personas que consumen tales ayudas no conocen las recomendaciones sobre el uso adecuado de las mismas, ni los probables perjuicios que resultarían del consumo excesivo.¹⁰⁻¹⁴ En vista de todo lo anteriormente dicho, se ha completado esta revisión de la literatura especializada que ha tenido como objetivo primario relatar las ayudas ergogénicas de consumo preferente, la composición química de las mismas y las propiedades bioquímicas que ofrece su uso y consumo, el probable lugar que ocuparían dentro de los programas de suplementación del fisico-culturismo, la musculación y el acondicionamiento físico; y los riesgos potenciales para la salud que podrían derivarse del sobreuso y el consumo excesivo.

Tabla 1. Algunos ejemplos de ayudas ergogénicas. No se pretende que la lista sea exhaustiva. Leyenda: ARG: arginina. ORN: ornitina. LYS: lisina. GLY: glicina. LEU: leucina. ILE: isoleucina. VAL: valina. EPO: eritropoyetina. GH: hormona del crecimiento. ACTH: adrenocorticotropa. HCG: gonadotropina coriónica humana. IGF-1: factor 1 de crecimiento parecido a la insulina.

| <i>No nutricionales</i> | |
|------------------------------------|--|
| Mecánicas | Vestimentas deportivas Casco Bicicletas Pistas sintéticas Esquí Zapatillas deportivas |
| Psicológicas | Técnicas de concentración Técnicas de relajación Técnicas de control y afrontamiento de la ansiedad |
| Fisiológicas | Ejercicios de calentamiento Masajes Fisioterapia |
| Farmacológicas | Cafeína Carnitina Creatina Bicarbonato de sodio Citrato de sodio Fosfato de sodio Glucosamina Ginsenósidos Ácido pirúvico Antioxidantes |
| Anabolizantes | Esteroides: Testosterona, Estanozolol, Mesterolona, Nandrolona Péptidos: EPO, GH, ACTH, HCG, IGF-1, Insulina, Factores de liberación hipotalámicos |
| <i>Nutricionales</i> | |
| Suplementación con macronutrientes | Bebidas energéticas Dietas de supercompensación de carbohidratos Suplementos de proteínas Suplementos de aminoácidos con efectos anabolizantes: ARG, ORN, LYS, GLY Suplementos de aminoácidos ramificados: LEU, ILE, VAL Triglicéridos de cadena media Ácidos grasos de la serie ω 3 Apiproduitos: Polen de abejas, jalea real, miel de abejas Algas (espirulina) Levadura de cerveza Gelatina (colágeno) |
| Suplementación con micronutrientes | Vitaminas: Complejo B, Antioxidantes (C, E, A, otros carotenoides) Minerales: Cromo, boro, magnesio, hierro, calcio, selenio, zinc |

SOBRE LAS AYUDAS ERGOGÉNICAS

El término “ayuda ergogénica” engloba una amplia gama de métodos, estrategias, recursos, dispositivos y productos todos dirigidos a mejorar la capacidad de rendimiento físico y/o ampliar la adaptación al entrenamiento. Tales ayudas también incluirían aquellas que auxilian al sujeto en la preparación para el ejercicio, mejoran la efectividad del ejercicio, y/o amplían la recuperación tras el completamiento del ejercicio. Dentro de esta definición tan laxa cabrían también aquellas ayudas que servirían para mejorar la contractilidad muscular y/o aumentar la masa y el tono de grupos musculares especificados.

A los fines de la presente revisión, se expondrán y discutirán las sustancias farmacológicas empleadas con fines ergogénicos, y los suplementos que aportan categorías macronutrimientales como proteínas (y por extensión aminoácidos esenciales y aminoácidos ramificados), triglicéridos de cadena media (TCM) y ácidos grasos poliinsaturados de la familia $\omega 3$, y carbohidratos y glúcidos. También se expondrán y discutirán categorías micronutrimientales selectas como los antioxidantes. Otras “ayudas” han sido prohibidas en la práctica deportiva (como los esteroides anabólicos y la EPO), y las personas que las consuman a sabiendas de la legislación existente pueden enfrentar condenas de todo tipo, la cárcel incluida.

Carnitina

La carnitina* es un aminoácido semiesencial (léase también

* La carnitina existe en dos conformaciones ópticas: la conformación L levógira y la conformación D dextrógira. Las dos conformaciones difieren entre sí en cuanto a la utilización metabólica. De las dos, la L-carnitina es la utilizada por las células con mayor avidez.

condicionalmente esencial) que forma parte de las lanzaderas mitocondriales de internalización de los ácidos grasos saturados como paso previo a la combustión celular dentro del sistema de la β -oxidación de los ácidos grasos.¹⁵⁻¹⁶

La demanda de energía suele incrementarse significativamente durante la actividad física. Por consiguiente, el organismo comienza a depender de la glicólisis anaerobia para sostener las tasas elevadas de contracción muscular. Por otra parte, el músculo esquelético entrenado se convierte en un ávido consumidor de ácidos grasos como sustrato metabólico preferencial, lo que afectaría la velocidad de translocación mitocondrial de los ácidos grasos poliinsaturados. En ambas situaciones, se anticiparía que la suplementación con L-carnitina contribuiría a una mejor combustión de los ácidos grasos y una mayor producción de ATP con destino a la contracción muscular. La L-carnitina también promovería una recuperación más rápida del músculo esquelético después del ejercicio, y ayudaría a la prevención del daño muscular por la acción de las especies reactivas de oxígeno (EROS).

De forma interesante, el músculo esquelético no es capaz de sintetizar carnitina debido a la ausencia de la actividad hidroxilasa de la γ -butiro-betaína, y por lo tanto, depende del flujo sanguíneo para asegurar las cantidades incrementadas de la misma durante la actividad física. Todo parece indicar que la captación muscular de la carnitina no es un proceso inmediato, y por lo tanto, puede existir un tiempo variable de latencia entre la observación de picos máximos del aminoácido en la sangre después de la suplementación y el aumento concomitante en el medio interno de la miofibrilla. Estas circunstancias podrían explicar, en parte, los resultados contradictorios observados en ensayos de suplementación con L-carnitina en sujetos aparentemente sanos, pacientes aquejados de

enfermedades crónicas no transmisibles y enfermedades orgánicas crónicas, y personas involucradas en diversos programas físicos, (incluido el deporte de alto rendimiento).¹⁷⁻¹⁸

Cafeína

La cafeína es un alcaloide derivado de las purinas, soluble en grasas, que se encuentra naturalmente en alimentos como el café, el té y el chocolate.¹⁹ El contenido de cafeína varía desde 5 – 10 mg por cada 60 gramos de chocolate hasta 200 mg en 45 mL de café *espresso*. Una vez ingerida y absorbida, la cafeína se metaboliza en el hígado hasta paraxantina (84 %), teobromina (12 %), y teofilina (4 %), metabolitos todos que conservan las propiedades biológicas de la cafeína.

La cafeína es reconocida por sus propiedades neuroestimulantes y psicoactivas, y promueve la función cognitiva y el rendimiento físico a través de varios mecanismos, a saber: el incremento de la movilización del calcio intracelular, el incremento de la oxidación de los ácidos grasos, y la actuación como antagonista del receptor de la adenosina en el sistema nervioso central. De esta manera, la cafeína influye en la percepción personal sobre la fatiga muscular y psíquica mientras estimula la alerta y el vigor.

La cafeína se incluye hoy en bebidas energizantes para atletas, y el efecto estimulatorio deseado se ha observado con dosis de 3 mg/kg de peso corporal, lo que equivaldría a 20 mg diarios en un sujeto de referencia de 70 kg de peso.²⁰ Dosis > 9 mg.kg⁻¹.día⁻¹ pueden producir reacciones adversas como palpitaciones, dolor de cabeza, temblores y ansiedad.²⁰

Teanina

La teanina es un aminoácido no proteico presente en el té (*Camellia sinensis*. Sin.: *Thea sinensis*) que ejerce propiedades

antioxidantes, anti-inflamatorias, neuroprotectoras, inmunorreguladoras y anticancerígenas.²¹ La teanina también podría proteger a los órganos de la economía como el corazón, el hígado y el riñón del daño provocado por la inflamación y el estrés oxidativo.

La teanina es igualmente reconocida por sus propiedades psicoestimuladoras y como promotora de un estado mayor de alerta y conciencia.²²⁻²³ Por estas razones, la teanina se incorpora junto con la cafeína dentro de la composición química de bebidas energizantes para atletas, anticipando que la combinación de estos ingredientes rinda mayores beneficios que cada uno por separado.

Creatina

La creatina es un compuesto nitrogenado no proteínico derivado del metabolismo de los aminoácidos glicina y arginina, y es el constituyente primario de la fosfo-creatina: la forma molecular en la que el ATP se conserva en el músculo esquelético.²⁴ Se ha de hacer notar que el 95 % de la creatina corporal total se encuentra en el músculo esquelético, en particular en las fibras de tipo II de rápida contracción. Durante la contracción muscular, la creatina libera el grupo fosfato de alta energía que conserva en su estructura química, y se convierte inmediatamente en creatinina, la que, a su vez, se filtra libremente por el riñón. El organismo requiere 1 – 3 gramos diarios de creatina para mantener constantes los depósitos musculares del compuesto. Las necesidades diarias de creatina son satisfechas a partes iguales entre los aportes dietéticos y la síntesis hepática y renal.

Durante la actividad física se produce un aumento de la demanda de energía que, de no ser satisfecha, coloca al músculo en contracción en riesgo de fatiga y tetania. La suplementación con creatina serviría para

incrementar el aporte de energía molecular durante la etapa climática del ejercicio físico, y promovería así una contracción muscular más efectiva. Adicionalmente, la suplementación con creatina podría mejorar la recuperación del músculo esquelético después del ejercicio, a la vez que lo protegería del daño oxidativo. De forma interesante, la suplementación con creatina puede conducir al aumento de la fuerza de la contracción muscular, y el tono y el volumen de los grupos musculares a través del atrapamiento de una mayor cantidad de agua dentro de la miofibrilla. Por todas estas razones, la creatina se ha convertido hoy en una de las ayudas ergogénicas más consumidas globalmente.

Bicarbonato de sodio

El bicarbonato sódico es un agente tampón que contribuye a la formación de un estado alcalótico, el que, a su vez, mejora la contractilidad muscular al facilitar la combustión de la glucosa y la fosfocreatina durante las etapas climáticas del ejercicio físico.²⁵ El citrato de sodio se ha empleado con los mismos fines. Es probable que el bicarbonato sódico también aumente la disponibilidad del calcio citosólico con destino a la contracción muscular. Por lo tanto, la suplementación con bicarbonato sódico serviría para mejorar el rendimiento físico del atleta.

El fosfato de sodio es otro agente tampón empleado como ayuda ergogénica.²⁶ La suplementación con fosfato de sodio resulta en aumento de la capacidad aeróbica de contracción, elevación del umbral anaeróbico, y respuestas mejoradas del corazón y el sistema cardiovascular al ejercicio. Entre los mecanismos que explicarían estos efectos estarían el incremento de las concentraciones celulares del 2,3-difosfoglicerol y la promoción de una mayor síntesis del ATP y la fosfocreatina.

Glucosamina

La glucosamina (consumida habitualmente en conjunción con el condroitinsulfato) ha sido promovida como suplemento en virtud de sus posibles acciones regenerativas del cartílago articular, y el papel en la lubricación articular y la absorción del choque.²⁷ Adicionalmente, la glucosamina puede exhibir propiedades anti-inflamatorias. Como quiera que en la actividad física puede ocurrir un desgaste incrementado de la superficie articular (con el riesgo concomitante de fractura y desgarró), la glucosamina se emplearía para mejorar la respuesta articular a la intensidad y la duración del ejercicio físico.

Ginsenósidos

El término “ginseng” se refiere habitualmente a la especie *Panax ginseng*, conocida popularmente como el ginseng chino y el ginseng coreano. Los componentes bioactivos del ginseng incluyen 30 saponinas triterpenos diferentes, reunidas colectivamente bajo el nombre “ginsenósidos”. El contenido y las cantidades de los ginsenósidos suelen variar entre las distintas especies de ginseng.

La suplementación con ginseng pudiera resultar en un aumento de la resistencia a la fatiga muscular por acción a nivel central.²⁸ El uso del ginseng también podría mejorar la oxidación de los ácidos grasos durante la práctica de ejercicios de resistencia, y el ahorro consiguiente del glucógeno muscular como fuente de energía durante la contracción máxima. Sin embargo, las evidencias sobre los beneficios de la suplementación con ginseng en atletas son escasas y de baja calidad metodológica.

Ácido pirúvico

El ácido pirúvico es un producto de la glucólisis, y constituye el primer paso en la

ruta de la utilización celular de la glucosa para la producción de energía.²⁹ El ácido pirúvico también representa un intermediario clave de varias rutas metabólicas dentro de la célula. De esta manera, el ácido pirúvico serviría para incrementar la captación de glucosa por el músculo esquelético en contracción. Asimismo, el ácido pirúvico estimularía el metabolismo de los ácidos grasos y otros lípidos mediante la interconversión en ácido fosfoenolpirúvico (PEP).

Antioxidantes

Durante la contracción muscular, y como producto de la utilización celular del oxígeno, aparecen cantidades importantes de especies reactivas de oxígeno (EROS) y nitrógeno (ENOS). Tales especies químicas pueden producir daños moleculares, entre ellos, la peroxidación de las membranas biológicas. Por otro lado, las especies reactivas pueden afectar la glicólisis aerobia y la utilización de los ácidos grasos. Igualmente, las especies reactivas antes señaladas incrementarían la sensación de fatiga y cansancio, y dañarían la recuperación post-ejercicio del músculo esquelético. Estos eventos (entre otros) justificarían la suplementación con antioxidantes.

El glutatión sería uno de los antioxidantes empleados en los programas de suplementación de la actividad física. El glutatión (GSH) es un tripéptido sintetizado a partir de la cisteína, la glicina y el ácido glutámico; y actúa como un barrador de EROS. Asimismo, el GSH actúa como cofactor de los sistemas enzimáticos antioxidantes de fase II, la peroxidasa del glutatión (GSH-P) y la S-transferasa del glutatión (GST). Igualmente, el GSH participa en el reciclaje y recuperación de otros antioxidantes después que cumplieron su función biológica.

La suplementación con GSH se realizaría a través de la N-acetil-cisteína (NAC): el precursor hidrosoluble de la molécula. El uso de la NAC es seguido del aumento del contenido muscular de cisteína y una mayor disponibilidad de GSH. El uso de la NAC también resultaría en la reducción del daño oxidativo y la fatiga muscular, todo lo cual redundaría en una mejor respuesta muscular. No obstante, se ha observado que la suplementación con NAC podría afectar la recuperación post-ejercicio del músculo esquelético.

Las ubiquinonas son antioxidantes liposolubles que servirían para la prevención de la peroxidación de las membranas biológicas y el reciclaje de la vitamina E. La coenzima Q₁₀ (Q₁₀) es parte integral de la membrana mitocondrial interna y un componente central de la cadena de transporte electrónico dentro del sistema de producción de ATP. La suplementación con Q₁₀ podría resultar en la reducción del daño oxidativo a la conclusión de la actividad física. Sin embargo, no se ha podido demostrar que la suplementación con Q₁₀ signifique un mejor rendimiento físico.

La vitamina C: la forma biológicamente activa del ácido ascórbico, actúa como un poderoso antioxidante natural en la remoción de las EROS. La vitamina C es también esencial en la síntesis del colágeno: la proteína más importante dentro de la matriz extracelular. La suplementación con vitamina C tendría entonces beneficios tangibles para la adaptación del organismo al ejercicio físico en cualquiera de sus modalidades. En dosis fisiológicas, la vitamina C disminuiría la incidencia de daño muscular a la vez que evitaría la desregulación del sistema inmune causada por el ejercicio físico intenso. Sin embargo, el uso de dosis suprafisiológicas (léase también megadosis) sería contraproducente para el organismo, y causaría más perjuicios que beneficios.

La vitamina E: la forma biológicamente activa de varios tocoferoles y tocotrienoles, es otro poderoso antioxidante natural que protege a las membranas biológicas de la peroxidación lipídica. Sin embargo, la suplementación con vitamina E no ha sido todo lo efectiva que se hubiera anticipado. De forma parecida a lo anotado con la vitamina C, la suplementación con dosis fisiológicas de la vitamina E puede atenuar el daño muscular tras el ejercicio físico, mientras que el uso de “megadosis” resultaría en perjuicio de la contractilidad muscular, la bioenergética de la contracción, y la recuperación post-ejercicio: un eterno recordatorio de que no siempre más es ni deseado ni mejor.

El ácido α -lipoico es un tiol endógeno que puede actuar como un antioxidante natural.³⁰ El ácido α -lipoico es también un cofactor de los complejos enzimáticos de las α -deshidrogenasas, muchas de ellas involucradas en la síntesis de ATP. El ácido di-hidro-lipoico: la forma reducida del ácido α -lipoico puede igualmente actuar como antioxidante. La suplementación con ácido α -lipoico incrementa el contenido muscular de fosfocreatina, y por extensión, de creatina. La suplementación con ácido α -lipoico puede reducir también el daño oxidativo y mejorar así la recuperación muscular post-ejercicio. Sin embargo, no parece que estos efectos se trasladen a un mejor rendimiento físico.

Los polifenoles son una familia extendida de compuestos bioactivos distribuidos en todo el reino vegetal.³¹⁻³² Los polifenoles exhiben potentes propiedades antioxidantes, y se involucran en la regulación de importantes rutas de señalización celular. El consumo de alimentos tenidos como fuentes importantes de polifenoles (como las bayas, las cerezas, las uvas, las fresas y las otras frutillas de los bosques) suelen reducir el daño oxidativo y proteger el daño endotelial. El consumo de fuentes alimenticias de polifenoles puede

servir también para mejorar la respuesta muscular post-ejercicio.

Las isoflavonas (un subgrupo dentro de las antoxantinas) se incluyen también dentro de la familia extendida de los polifenoles. Las isoflavonas son fitoestrógenos no-esteroides que agrupan a la dadzeína, la dadzina y la genisteína, entre otros compuestos. El consumo de fuentes alimenticias de isoflavonas ha sido reconocido como una estrategia intervencionista de la pérdida de la masa trabecular ósea en mujeres post-menopáusicas. Asimismo, la suplementación con isoflavonas podría sostener el tono y el tamaño de grupos musculares en mujeres dedicadas al ejercicio físico tras el cese del influjo beneficioso de los estrógenos ováricos. No obstante tales razonamientos, todavía se discuten los beneficios de la suplementación con especies químicas definidas de los polifenoles como la quercentina (un flavonol),³³ las proantocianidinas y las isoflavonas, más allá del consumo de jugos de frutas y bayas.

Aminoácidos con efectos anabolizantes

Se han identificado aminoácidos que pueden actuar como promotores de la síntesis y la liberación de la hormona del crecimiento (GH), y mediante ello, del aumento del tono, el volumen y la fuerza de contracción de grupos musculares.³⁴ La arginina, la ornitina, la lisina y la glicina se encuentran entre ellos.

La arginina (Arg) es un aminoácido condicionalmente esencial cuyos requerimientos se incrementan notablemente durante el ejercicio físico.³⁵ Además del efecto promotor de la liberación de la GH, la Arg actúa como un mensajero celular a la vez que como estimulante de la producción de óxido nítrico (ON) y la vasodilatación. Una mayor presencia del ON en el territorio vascular muscular y una vasodilatación aumentada redundarían en una mejor

contractilidad muscular a través de cambios positivos en la bioenergética mitocondrial, el intercambio de gases y la cinética del oxígeno. Asimismo, la suplementación con Arg resultaría una mejor recuperación post-ejercicio del músculo esquelético, con la reducción de las concentraciones séricas de amoníaco, ácido láctico y ácidos grasos libres en el estado de reposo y la reactivación de la gluconeogénesis hepática para la reposición de las reservas corporales de glucógeno.

La ornitina (Orn) es un aminoácido no proteinogénico (léase también no codificado por el ADN) que actuaría como precursor de la síntesis renal de la arginina dentro del ciclo de la urea. Por ello, la coadministración de arginina + ornitina serviría para incrementar las concentraciones séricas del primero de los aminoácidos, y con ello, una captación aumentada por el músculo esquelético. En estas combinaciones también se incorpora la citrulina (Cit): otro aminoácido precursor de la Arg, y que está igualmente involucrado en la síntesis del ON. Por su parte, la lisina (Lys) es un aminoácido esencial que desarrolla importantes funciones biológicas, entre ellas la síntesis de proteínas (el colágeno entre ellas) y de carnitina.

La glicina (Gly) es un aminoácido no esencial que participa en las rutas de síntesis de numerosas proteínas, entre ellas el colágeno. El colágeno contiene un 35 % de su masa en forma de glicina, la que es determinante para el entrecruzamiento de la molécula y la adopción de la forma en espiral de la misma. La Gly es también un precursor de la creatina, involucrada a su vez en la bioenergética de la contracción muscular.

Sin embargo, y a pesar de todos los atractivos expuestos, no se podido demostrar fehacientemente la efectividad de las diferentes preparaciones de Arg + Orn + Lys + Gly + Cit sobre la contractilidad muscular y el rendimiento físico.

Glutamina

La glutamina (Gln): otro de los aminoácidos condicionalmente esenciales de la economía, es también uno de los más abundantes de su tipo.³⁶ La Gln interviene en la proliferación celular y la síntesis de proteínas y glucógeno, actúa como un inmunomodulador (al servir de fuente de carbono y nitrógeno para muchas de las subpoblaciones celulares del sistema inmune), y participa en el mantenimiento del equilibrio ácido-básico. Se anticiparía que la suplementación con Gln se trasladaría hacia una mejor contractilidad muscular, un aumento del tono y el volumen de los grupos musculares, y una recuperación muscular post-ejercicio aumentada. Sin embargo, no se cuenta hoy con evidencias suficientes para apoyar el uso de la Gln como ayuda ergogénica.

Taurina

La taurina es también otro de los aminoácidos condicionalmente esenciales que ha cobrado interés en la actividad física demandante por los posibles efectos moduladores del metabolismo energético muscular.³⁷ En efecto, el consumo de taurina resultaría en el estímulo de la oxidación de los triglicéridos y los ácidos grasos libres, lo que traería consigo un ahorro de los depósitos musculares de glucógeno, y de esta manera, una resistencia aumentada al ejercicio prolongado. Por otro lado, el consumo de taurina mejoraría tanto la fuerza de la contracción muscular como la recuperación muscular post-ejercicio.

La taurina es un aminoácido azufrado derivado del metabolismo de la cisteína, y representa el 50 – 60 % del *pool* corporal de aminoácidos libres.³⁷ La taurina es particularmente abundante en el músculo esquelético.³⁷

La taurina juega un papel activo en la regulación del metabolismo de la glucosa y los lípidos, la modulación anti-inflamatoria y la actividad de los sistemas anti-oxidantes.³⁷ Por consiguiente, y en vista de la participación de la taurina en la regulación del metabolismo energético del músculo esquelético, se ha propuesto su uso y consumo como ayuda ergogénica.³⁷

Se ha comprobado el aumento de las concentraciones séricas de taurina tras la ingestión de suplementos orales de este aminoácido vehiculados mediante tabletas y bebidas.³⁷ Una vez absorbida, la taurina es aclarada de la circulación sistémica en unas 6 horas: señal de su incorporación dentro del tejido muscular esquelético.³⁷

De Carvalho *et al.* (2017)³⁸ completaron una revisión sobre el impacto de la suplementación con taurina en dosis comprendidas entre 0.5 y 5 (y más) gramos sobre distintos indicadores del ejercicio físico. El consumo de los suplementos de taurina fue seguido de un aumento significativo de las concentraciones séricas del aminoácido.³⁸ La suplementación con taurina disminuyó la actividad de los indicadores de estrés oxidativo, lo que sugeriría el papel de la taurina dentro de los sistemas barredores de especies reactivas de oxígeno (EROs) y de protección anti-oxidante.³⁸ Sin embargo, la suplementación con taurina no mejoró el rendimiento físico en condiciones aeróbicas.³⁸

Waldron *et al.* (2018)³⁹ completaron una segunda revisión temática + meta-análisis sobre el uso de la taurina en deportes de resistencia. Los autores comprobaron que la suplementación oral con taurina en dosis entre 1 – 6 g/día puede mejorar el rendimiento de los atletas involucrados en deportes de resistencia.

Por último, Buzdađli *et al.* (2023)⁴⁰ publicaron una tercera revisión temática + meta-análisis sobre el efecto de la suplementación con taurina en el deporte de alto rendimiento. Es probable que la

suplementación con taurina mejore el rendimiento en los deportes anaeróbicos (tal y como se expresa en los niveles séricos post-ejercicio de ácido láctico).⁴⁰ Sin embargo, no se comprobó que la suplementación con taurina determine un mejor rendimiento en los deportes aeróbicos (como se mide mediante el consumo de VO₂máx).⁴⁰

Aminoácidos de cadena ramificada

Los aminoácidos de cadena ramificada (AACR) se distinguen por presentar un grupo químico accesorio en el carbono β inmediatamente después del carbono α que soporta el grupo carboxilo. Así, los aminoácidos ramificados diferirán entre sí respecto de las características del grupo químico accesorio: *Leucina*: Iso-butilo; y *Valina*: Iso-propilo. Por su parte, la isoleucina contiene una cadena hidrocarbonada ramificada.

Los AACR han concitado el interés de las ciencias del deporte y el ejercicio físico después de la aparición de reportes que mencionaron la ávida captación por el músculo esquelético en contracción, y el uso como sustratos energéticos de la contractilidad muscular.⁴¹⁻⁴² La leucina, en particular, activa señales celulares involucradas en la síntesis de proteínas musculares (como la diana mTOR de quinasa de la rapamicina-1 en los mamíferos), por lo que podría ser vista como una promotora de la hipertrofia y la fuerza muscular. Por consiguiente, la suplementación con AACR podría mejorar el rendimiento muscular y la recuperación muscular post-ejercicio. Sin embargo, tales expectativas no han sido satisfechas en la práctica.

Ácido β -hidroxi-metil-butírico

El ácido β -hidroxi-metil-butírico (HMB) es un metabolito de la leucina. El

papel principal del HMB es la estimulación de la síntesis de proteínas musculares mediante la regulación positiva de la diana mTOR.⁴³⁻⁴⁴ Además, el HMB puede promover el almacenamiento de la glucosa en los depósitos musculares de glucógeno, a la vez que incrementar la expresión del gen del coactivador 1- α (PGC-1 α) del receptor γ activado por el proliferador del peroxisoma; y ampliar la biogénesis mitocondrial, y con ello, la función oxidativa y la capacidad aeróbica. De resultas de todo ello, el HMB puede incrementar el tamaño de la masa magra corporal y la masa corporal libre de grasa. Igualmente, el HMB podría mejorar la recuperación del músculo esquelético tras el ejercicio físico.

De lo anterior se desprendería que la suplementación con HMB podría incrementar la respuesta del organismo a un programa organizado de actividad física. La suplementación sería aún más efectiva si el HMB se administrara en combinación con el ácido α -ceto-isocaproico: el α -ceto-ácido del HMB. Sin embargo, las evidencias no han sido concluyentes, e incluso en ocasiones contradictorias.⁴⁵⁻⁴⁶ De forma sorprendente, los beneficios que se han observado después de la suplementación con HMB han sido más llamativos en sujetos sin entrenamiento físico anterior que en atletas entrenados.

Triglicéridos de cadena media

Los triglicéridos de cadena media (TCM) se forman durante la esterificación de las posiciones del glicerol con ácidos grasos saturados de 8 – 12 átomos de carbono. El aceite de coco y el aceite de palma constituyen hoy las fuentes industriales de TCM. Debido a la polaridad de la molécula, los TCM entran a la matriz mitocondrial sin necesidad de las lanzadoras basadas en la carnitina, y se hidrolizan hasta agua, oxígeno y cuerpos cetónicos gracias a la actividad del sistema de la β -oxidación de los ácidos grasos. La energía liberada durante la

degradación de los TCM se conserva en forma de ATP en cantidades muy superiores a las obtenidas de la degradación de la glucosa. Los cuerpos cetónicos generados se corresponden con el ácido acético (que eventualmente es transformado en ácido oxalacético), el ácido aceto-acético, y el ácido β -hidroxi-butírico: metabolitos que, a su vez, cumplirán otras funciones biológicas dentro del organismo.

En base a lo dicho más arriba, los TCM podrían servir como una fuente invaluable de energía durante el ejercicio físico.⁴⁷ Adicionalmente, el consumo de los TCM como fuente alternativa de energía preservaría los depósitos musculares de glucógeno,⁴⁷ lo que le brindaría al atleta un *plus* de energía en condiciones de ejercicio físico supramáximo.

Sin embargo, las evidencias no han realizado tales promesas, y no se ha observado un efecto tangible de la suplementación con TCM en atletas entrenados. Lo que es más: si bien se ha observado que la producción de cetonas aumenta tras el consumo de TCM, es probable que tales cetonas no puedan utilizar con fines energéticos durante la contracción muscular en el ejercicio físico.

Ácidos grasos de la serie ω 3

Los ácidos grasos de la serie ω 3 representan especies químicas conformadas por más de 14 átomos de carbono que pueden exhibir más de un doble enlace en la cadena hidrocarbonada principal. El ácido α -linolénico (ALA: 18:3 n-3)[†], el ácido eicosa-penta-enoico (EPA: 20:5 n-3), y el ácido docosa-hexanoico (DHA: 22:6 n-3) son algunos de los miembros más notables de la familia ω 3. Con el término ω 3 se quiere

[†] La nomenclatura empleada hace referencia al número de dobles enlaces en la cadena hidrocarbonada y la posición del primer enlace insaturado.

indicar que el primer enlace insaturado (léase también doble) se encuentra entre los carbonos 3 – 4 de la cadena hidrocarbonada principal si se cuenta desde el último (léase también ω) carbono.

Los ácidos grasos $\omega 3$ son esenciales, y por lo tanto, deben ser aportados con la dieta regular mediante el consumo de pescados, mariscos, frutos del mar, semillas y nueces. Una vez ingeridos y absorbidos, los ácidos grasos $\omega 3$ pasan a formar parte de las membranas biológicas, y por lo tanto, influyen en la estructura, fluidez y estabilidad de las mismas; a la vez que participan en los eventos de señalización muscular y las interacciones entre las células. Por otra parte, los ácidos grasos $\omega 3$ también participan en la protección del endotelio vascular y los sistemas de defensa antioxidante, y promueven un ambiente antiinflamatorio. Luego, la suplementación con ácidos grasos $\omega 3$ podría mejorar la respuesta del sujeto ante el programa organizado de ejercicio físico y la recuperación muscular post-ejercicio.⁴⁸⁻⁴⁹ Algunos ensayos clínicos han realizado tales presupuestos mecanísticos tanto en atletas entrenados como en sujetos sin entrenamiento previo.

SOBRE LOS ALIMENTOS EMPLEADOS COMO AYUDAS ERGOGÉNICAS

Las preocupaciones de todo tipo (desde éticas hasta económicas) sobre el uso y consumo de suplementos de metabolitos y nutrientes en la actividad física y el ejercicio físico, y las implicaciones y consecuencias derivadas de estas prácticas, han llevado a los consumidores a la búsqueda e identificación de alimentos que provean estos compuestos, en la percepción de que sería una vía más natural de beneficiarse con estas ayudas ergogénicas.⁵⁰

Suero de la leche

El suero de la leche se ha popularizado como un alimento con propiedades ergogénicas debido al contenido de aminoácidos esenciales y aminoácidos de cadena ramificada (leucina entre ellos). El suero es el subproducto después del cuajado de la leche durante la elaboración de quesos. Las propiedades químicas del suero de la leche hacen de este alimento un componente importante de la dieta regular de aquellos que desean aumentar la resistencia al ejercicio físico, e incrementar el tono y el volumen musculares.⁵¹

La caseína comprende una familia de proteínas presentes en la leche, y que, entre otras funciones biológicas, actúa como emulsificante.⁵¹ La caseína es una de las principales proteínas en el queso, y es rica en residuos de prolina. Tras su ingestión, la caseína forma geles en la cavidad gástrica, lo que asegura la lenta liberación de los aminoácidos que contiene, y con ello, una acreción muscular más efectiva.

Yohimbe

El yohimbe (*Corynanthe johimbe*; Sin.: *Pausinystalia johimbe*) es un árbol de la familia *Rubiaceae* nativa de las regiones occidentales y centrales de África, del cual se extrae la yohimbina: un alcaloide con propiedades vasodilatadores y antagonistas de los receptores α_2 -adrenérgicos. Los extractos de yohimbe, y las preparaciones de yohimbina, se han empleado en la actividad física para mejorar la irrigación sanguínea (y con ello, la energética de la contracción muscular); y la disposición ante el ejercicio.⁵² Sin embargo, los resultados del uso y consumo de yohimbina y su extracto en la actividad física son contradictorios y poco concluyentes como para aconsejar la inclusión en protocolos de suplementación de atletas.

Tabla 2. Dosis recomendada de algunas de las ayudas ergogénicas reseñadas en el presente texto. Leyenda: AACR: Aminoácidos de cadena ramificada.

| Suplementos | Dosis diaria recomendada † |
|---|--|
| Ácido hidroximetilbutírico | 3-6 g/24 horas |
| β-alanina | 80 mg/Kg/24 horas † 5 – 6 g/24 horas |
| Bicarbonato de sodio | 0.3 – 0.5 g/Kg/24horas † 21 – 35 g/24 horas |
| Cafeína | 230 mg/24 horas |
| L-carnitina | 2 g/24 horas |
| Creatina | 0.07 g/Kg/24 horas † 5 g/24 horas |
| Glucosamina | 1,500 mg/24 horas |
| Suplementos de proteínas de leche de vaca ‡ | 25 g/24 horas |
| Suplementos de aminoácidos esenciales | 23 g/24 horas |
| Taurina | 0.5 – 10 g/24 horas |
| Suplementos de AACR | 5 g/24 horas |
| Vitaminas * | 1 cápsula |
| Yohimbina | 2 cápsulas |
| Bebidas energéticas: | |
| Glúcidos y maltodextrinas | < 9% del volumen de la bebida |
| Sodio | 460 – 1,150 mg/L |
| Minerales: | |
| Potasio | 3,500 mg/24 horas |
| Sodio | 2.3 g/día |
| Magnesio | 350 mg/24 horas |
| Calcio | 1,000 mg |
| Fósforo | 1,200 mg/24 horas |
| Hierro | 28 mg/24 horas |
| Zinc | 25 mg/24 horas |
| Manganeso | 2 mg/24 horas |

† Para un peso corporal de 70 Kg.

‡ Se refiere a los suplementos de suero y caseína de la leche de vaca.

* Composición nutricional promedio de una preparación de multivitaminas: *Vitamina A*: 2,667 UI; *Vitamina D3*: 200 UI; *Vitamina B1*: 1.4 mg; *Vitamina B2*: 1.6 mg; *Vitamina B6*: 2.0 mg; *Vitamina B12*: 100 µg; *Biotina*: 150 µg; *Nicotinamida*: 18.0 mg; *Ácido L-ascórbico*: 60.0 mg; *Ácido fólico*: 0.1 mg.

Apiproducos

La actividad productiva de las abejas (*Apis mellifera*) resulta en miel, polen, jalea real y propóleos, entre otros. Los apiproducos son fuentes importantes de aminoácidos esenciales, lípidos, minerales y vitaminas, y flavonoides y fenoles con propiedades antioxidantes. Las propiedades antiinflamatorias de los apiproducos también se han reconocido desde siempre. Los apiproducos podrían servir como fuentes de nutrientes importantes para la

actividad física, a la vez que recursos en la recuperación muscular post-ejercicio.⁵³

Algas

Las algas son plantas acuáticas y marinas con capacidad fotosintética debido a la presencia de cloroplastos en su estructura. Las algas son valoradas en las culturas milenaristas debido al aporte que hacen a la dieta regular de proteínas, vitaminas y minerales. Asimismo, las algas son una fuente significativa de ácidos grasos

esenciales, en particular, aquellos pertenecientes a la familia $\omega 3$.

No obstante, se ha popularizado el consumo de algas como preparados deshidratados. De las algas consumidas de esta manera se destaca la espirulina (*Spirulina platensis* Sin.: *Arthrospira platensis*). La espirulina es atractiva como suplemento alimenticio debido a la ausencia de una pared de celulosa que hace posible una mayor digestibilidad (y con ello, una biodisponibilidad superior de los nutrientes en ella contenidos), así como una preparación industrial expedita. En tal sentido, la espirulina es una fuente significativa de hierro altamente biodisponible en el tratamiento de la anemia y los estados deficitarios de hierro.⁵⁴

Se ha promovido el uso y consumo de algas, y de los preparados obtenidos mediante la trituración mecánica y la deshidratación de las mismas, en la actividad física;⁵⁵ pero los resultados han sido poco concluyentes e incluso contradictorios como para hacer de ello una práctica rutinaria. Por otro lado, si se han de realizar los beneficios implícitos en el consumo de una clase u otra de algas, entonces las cantidades a ingerir sobrepasarían la capacidad del sujeto de asimilarlas y aprovecharse de ellas.

Levadura de cerveza

La levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) es el microorganismo empleado en la industria alimentaria para la producción de cerveza mediante la fermentación en condiciones controladas del lúpulo de la cebada. La levadura de cerveza también ha sido promovida como un organismo con propiedades probióticas que puede modificar la composición de la biota intestinal, y con ello, influir en la actividad del sistema inmune.⁵⁶ Siguiendo esta línea de razonamiento, varios microorganismos han sido empleados también como probióticos,

entre los que cabe mencionar otras levaduras (*S. cerevisiae* var. *boulardii*), lactobacilos y bifidobacterias. Todos estos microorganismos han sido promovidos como mejoradores del rendimiento deportivo mediante la influencia en el sistema inmune y la atenuación del daño oxidativo, y con ello, la reducción en el riesgo de infecciones del tracto respiratorio superior y de diarreas y otras molestias gastrointestinales.⁵⁷ Como quiera que los probióticos ejercen parte de sus acciones biológicas a través de la estimulación de la producción microbiana local de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), entonces también se ha sugerido que el uso de suplementos de tales productos también serviría como ayuda ergogénica.⁵⁸

Gelatina extraída del colágeno

El colágeno es una proteína presente en el tejido conectivo, y es el componente primario de tendones y ligamentos articulares.⁵⁹ El colágeno es abundante en glicina, prolina e hidroxiprolina, y se ha observado que el consumo de alimentos ricos en dichos aminoácidos favorece la síntesis del colágeno.⁵⁹

El colágeno juega un papel protector en la integridad y la salud del tejido conectivo, y puede actuar en la contención y reducción del daño articular. Así, el consumo diario de 10 gramos de colágeno hidrolizado durante 24 semanas mejoró la salud articular y redujo los riesgos de degeneración articular y dolor articular.⁵⁹ En los atletas que sufren esguinces crónicos de los tobillos, se ha observado la reducción en el número de esguinces ocurridos tras la ingestión diaria de 5 gramos de péptidos derivados del colágeno durante 6 meses.⁵⁹ Tomados en su conjunto, el consumo de 10 – 15 gramos de colágeno hidrolizado parece ser efectiva tanto en la prevención como en el tratamiento del daño de articulaciones, tendones y ligamentos.⁵⁹

Por la misma razón, el consumo de gelatina podría estimular la síntesis de colágeno. La gelatina se obtiene después de hervir la piel, los huesos, los tendones, y los ligamentos de vacas, cerdos, y pescados. El consumo de 15 gramos de gelatina 1 hora antes de una sesión de ejercicio de 6 minutos de salto con suiza incrementó en dos veces la síntesis de colágeno. La efectividad del consumo de gelatina fue equivalente a la de la ingestión de colágeno hidrolizado.⁵⁹

Aislados de proteínas de soja

La composición química y nutrimental de las plantas ha sido objeto de investigaciones intensivas en años recientes como una alternativa costo-efectiva a las fuentes animales de nutrientes. Las plantas pueden contener todos los aminoácidos esenciales, junto con ácidos grasos poli-insaturados, minerales y vitaminas.

No obstante lo señalado, las plantas no ocupan un lugar importante en la alimentación del deportista como fuente de proteínas debido a la cantidad de las mismas, y la digestibilidad. Las plantas suelen tener cantidades menores de proteínas (y por extensión, de aminoácidos esenciales) cuando se les comparan con porciones equivalentes de otras fuentes animales de proteínas, como los productos lácteos, las carnes, los pescados y mariscos, y el huevo.

Las plantas son también desaconsejadas como fuentes de proteínas de elevado valor biológico debido a la presencia de polifenoles e inhibidores de la tripsina que suelen afectar la digestión de la proteína y la absorción de los aminoácidos en ella contenidos, si bien la cocción suele destruir | inhabilitar muchos de estos anti-nutrientes.

En tal sentido, la soja se ha revelado como una interesante alternativa alimenticia en el deporte de alto rendimiento.⁶⁰ El frijol de soja ofrece un contenido mayor de proteínas, una mejor composición aminoacídica, y una superior digestibilidad.

Desde el punto de vista industrial y tecnológico, la elaboración de suplementos nutricionales a partir tanto de la harina de soja como de aislados de proteínas de soja sería atractiva económicamente en cuanto a costos de adquisición de materias primas y elaboración de productos.

No obstante, se ha mencionado que los aislados de proteínas de soja podrían ser deficitarios en leucina y aminoácidos azufrados (como la metionina y la cisteína), pero tales carencias podrían suplirse mediante la suplementación de los aminoácidos deficitarios con otras fuentes de proteínas.

Se han completado estudios para evaluar la efectividad de los aislados de proteínas de soja en el deporte de alto rendimiento respecto de productos similares elaborados con caseína de leche, pero parece ser que no existen diferencias entre estas fuentes de proteínas en cuanto a la acreción de masa magra corporal y fuerza muscular.⁶¹⁻⁶²

CONSIDERACIONES FINALES

Las presiones en torno a los deportistas de alto rendimiento, por un lado, y las motivaciones, expectativas, deseos y aspiraciones de las personas involucradas en programas de acondicionamiento físico y musculación, han creado las oportunidades y los espacios para el consumo de productos (nutricionales o no) que (supuestamente) mejorarían la capacidad del organismo de responder ante cargas físicas aumentadas y/o lograr un mayor tamaño de la masa muscular esquelética y con ello una mayor fuerza de contracción muscular. El consumo de tales productos estaría avalado por presupuestos teóricos y consideraciones mecánicas coherentes. Sin embargo, las evidencias acumuladas hasta el momento no han justificado las expectativas depositadas en tales productos. Todo parece indicar que, en deportistas que se inician en programas de

acondicionamiento físico, musculación y/o alto rendimiento, el beneficio (de existir) sería máximo hasta alcanzar un tamaño tope de la masa muscular esquelética, más allá del cual no se lograría un efecto apreciable. Por la misma razón, sería difícil observar una mejoría neta del uso de tales productos en deportistas que han alcanzado el tope en su rendimiento físico y su composición corporal magra.

CONCLUSIONES

Se han puesto a disposición de deportistas de alto rendimiento y fisicoculturistas numerosos productos químicos y suplementos nutricionales que podrían actuar como ayudas ergogénicas al aumentar la masa muscular esquelética, incrementar la fuerza de contracción muscular, y facilitar la recuperación muscular post-ejercicio. La efectividad de tales ayudas ergogénicas no ha sido suficientemente documentada, por lo que continúan siendo objeto de intenso debate las pautas de uso y consumo de tales ayudas, y el lugar que ocuparían dentro de un programa de acondicionamiento físico y musculación.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Los autores participaron a partes iguales en el diseño y completamiento de la presente revisión, la recolección y el análisis de las referencias, y la redacción del presente texto.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Sergio Santana Porbén, Editor-Ejecutivo de la RCAN Revista Cubana de Alimentación y Nutrición, por la colaboración en la edición y puesta a punto del presente ensayo.

SUMMARY

Rationale: A higher concern for body building and physical conditioning as means for achieving a specified physical silhouette, and thus a “successful” body image; and/or physical-mental welfare, has led many people to the consumption of ergogenic aids in order to pursue the purported goals. The wide availability of products in the market under the label of “ergogenic aids” might invite to their excessive use and dependence, as well as the adscription of supposedly magical properties for body composition and physical welfare of the consumer. **Objective:** To describe the chemical features and the biochemical properties of some of the products most consumed as “ergogenic aids”, and the place they might occupy in physical activity. **Methods:** A review of the specialized literature on use and consumption of ergogenic aids in physical activity published between the years 2013 – 2022 was completed. Ergogenic aids most consumed for purposes of physical conditioning, achievement of a desired physical silhouette, and increase of the size of skeletal muscle mass (SMM) were identified. Chemical composition, biochemical properties, possible benefits arising from its use, and experiences reported by the consumers, were collected from each of the identified ergogenic aids. **Results:** Numerous compounds have been proposed as ergogenic aids, but their effectiveness in supporting the increase in the volume and the strength of contraction of the skeletal muscle, and promoting a better post-exercise recovery, is limited (if not dubious). In fact, results observed after use and consumption of ergogenic aids are better among untrained individuals. Of all the examined products, only creatine has proved its effectiveness in physical activity through the trapping of a higher amount of water within the myofibril. **Conclusions:** Mechanistic considerations on the probable influence of ergogenic aids in physical activity have not been exhaustively substantiated. It is likely that, if these aids are to be effective, they’ll be upon an untrained muscle. When a critical increase in the size of the skeletal muscle is achieved, it is unlikely to expect a marginal benefit from the use of any of the ergogenic aids available today in the market. **González García**

L, Brito Llera A, Robles Najarro A. *On the use of ergogenic aids in physical activity. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2023;33(2):399-419. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.*

Subject headings: Physical activity / Physical conditioning / Ergogenic aids / Nutritional supplements.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown EC, Hew-Butler T, Marks CR, Butcher SJ, Choi MD. The impact of different high-intensity interval training protocols on body composition and physical fitness in healthy young adult females. *BioResearch Open Access* 2018;7:177-85.
2. de Souza Camargo L, Nogueira R, Dantas SP. The muscle force gain in musculation initiants. *Sciences* 2019;8: 2991-3.
3. Liu G. Comparison between different exercises on the health and physical conditioning of the elderly. *Rev Bras Med Esport* 2022;28:639-42.
4. Bala A, Bhalla S. Ergogenic aids for improving athletes' performance: An overview. *IntJ Physiol Nutr Phys Educ* 2022;7:371-3.
5. Peteva G, Ivanov V. Sport supplementation: Review of performance enhancing dietary supplements used in sport. *Eur Scient J* 2016;12(18):0-0. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/328025489.pdf>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
6. Tokish JM, Kocher MS, Hawkins RJ. Ergogenic aids: A review of basic science, performance, side effects, and status in sports. *The American journal of sports medicine* 2004; 32(6), 1543-1553.
7. Porrini M, Del Bo' C. Ergogenic aids and supplements. *Sports Endocrinol* 2016;47:128-52.
8. Cabrera Oliva VM, Castillo Díaz P, Sabón Cisneros I. Conocimientos sobre dopaje y sustancias prohibidas en una población de estudiantes cubanos. *Arrancada* 2021;21:163-78.
9. González García L, Brito Llera A, Robles Najarro A, Garcés García-Espinosa L. Sobre las relaciones entre el riesgo de vigorexia y el consumo de productos ergogénicos en gimnasios de la ciudad de La Habana. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2021;31:101-21.
10. Cabrera Oliva VM. Las ayudas ergogénicas en el deporte: Mitos y realidades primera parte: Conceptos y clasificación. *Rev Cubana Med Dep Cult Física* 2011;6(2):0-0. Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/276>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
11. Cabrera Oliva VM. Las ayudas ergogénicas en el deporte: Mitos y realidades segunda parte: Disponibilidad actual de ayudas ergogénicas de tipo nutricional. *Rev Cubana Med Dep Cult Física* 2011;62(2):0-0. Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/277>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
12. Cabrera Oliva VM. Las ayudas ergogénicas en el deporte: Mitos y realidades tercera parte: Efectos de las ayudas ergogénicas sobre la actividad deportiva. *Rev Cubana Med Dep Cult Física* 2011;6(2):0-0. Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/278>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
13. Cabrera Oliva VM. Las ayudas ergogénicas en el deporte: Mitos y realidades cuarta parte: Estudios complementarios relacionados con la creatina y la carnitina. *Rev Cubana Med Dep Cult Física* 2011;6(2):0-0. Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep>

- [/article/view/279](#). Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
14. 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 Nutr* 2010;7:7.
 15. Bonnefont JP, Djouadi F, Prip-Buus C, Gobin S, Munnich A, Bastin J. Carnitine palmitoyltransferases 1 and 2: Biochemical, molecular and medical aspects. *Mol Aspects Medicine* 2004;25: 495-520.
 16. Virmani MA, Cirulli M. The role of L-carnitine in mitochondria, prevention of metabolic inflexibility and disease initiation. *Int J Mol Sci* 2022;23(5):2717. Disponible en: <http://doi:10.3390/ijms23052717>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 17. Wall BT, Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Marimuthu K, MacDonald IA, Greenhaff PL. Chronic oral ingestion of L-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans: Muscle carnitine loading and fuel utilisation. *J Physiol* 2011;589:963-73. Disponible en: <http://doi:10.1113/jphysiol.2010.201343>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 18. Sung DJ, Kim S, Kim J, An HS, So WY. Role of L-carnitine in sports performance: Focus on ergogenic aid and antioxidant. *Science Sports* 2016;31: 177-88.
 19. Cormano EB, Redondo RB, Rogel MB, Faig AB. Effect of caffeine as an ergogenic aid to prevent muscle fatigue. *Arch Med Deporte* 2019;36:368-75.
 20. Abalo R. Coffee and caffeine consumption for human health. *Nutrients* 2021;13(9):2918. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu13092918>. Fecha de última visita: 26 de Marzo del 2023.
 21. Li MY, Liu HY, Wu DT, Kenaan A, Geng F, Li HB; *et al.* L-theanine: A unique functional amino acid in tea (*Camellia sinensis* L.) with multiple health benefits and food applications. *Front Nutr* 2022;9:853846. Disponible en: <http://doi:10.3389/fnut.2022.853846>. Fecha de última visita: 26 de Marzo del 2023.
 22. Türközü D, Şanlıer N. L-theanine, unique amino acid of tea, and its metabolism, health effects, and safety. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2017;57:1681-7.
 23. Kennedy DO, Wightman EL. Mental performance and sport: Caffeine and co-consumed bioactive ingredients. *Sports Medicine* 2022;52(Suppl 1):69-90.
 24. Pischel I, Gastner T. Creatine- Its chemical synthesis, chemistry, and legal status. *Sub-cellular Biochemistry*. 2007; 46:291-307. Disponible en: http://doi:10.1007/978-1-4020-6486-9_15. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 25. McNaughton LR, Gough L, Deb S, Bentley D, Sparks SA. Recent developments in the use of sodium bicarbonate as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep* 2016;15(4):233-44. Disponible en: <http://doi:10.1249/jsr.0000000000000283>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 26. Buck CL, Wallman KE, Dawson B, Guelfi KJ. Sodium phosphate as an ergogenic aid. *Sports Medicine* 2013;43: 425-35.
 27. Nagaoka I, Tsuruta A, Yoshimura M. Chondroprotective action of glucosamine, a chitosan monomer, on the joint health of athletes. *Int J Biol Macromolecules* 2019;132:795-800.
 28. Lee NH, Jung HC, Lee S. Red ginseng as an ergogenic aid: A systematic review of clinical trials. *J Exercise Nutr Biochem* 2016;20(4):13-9. Disponible en: <http://doi:10.20463/jenb.2016.0034>.

- Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
29. Spriet LL. Dihydroxyacetone phosphate and pyruvate. En: Nutritional supplements in sport, exercise and health. Routledge. New York: 2015. pp. 105-106.
 30. Yürük A, Ayaz A. The health effects of alpha lipoic acid. Hacettepe Univ Fac Health Sci J 2014;1(1):11-23. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/en/pub/husbfd/issue/7892/103820>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 31. D'Angelo S. Polyphenols and athletic performance: A review on human data. En: Plant physiological aspects of phenolic compounds 2018;23(2):1-23 [Editores: Soto-Hernández M, García-Mateos R, Palma-Tenango M]. Disponible en: <http://doi:10.5772/intechopen.85031>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 32. Malaguti M, Angeloni C, Hrelia S. Polyphenols in exercise performance and prevention of exercise-induced muscle damage. Oxidative Med Cell Longevity 2013;825928. Disponible en: <http://doi:10.1155/2013/825928>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 33. Bazzucchi I, Patrizio F, Ceci R, Duranti G, Sgrò P, Sabatini S; *et al.* The effects of quercetin supplementation on eccentric exercise-induced muscle damage. Nutrients 2019;11(1):205. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu11010205>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 34. Chromiak JA, Antonio J. Use of amino acids as growth hormone-releasing agents by athletes. Nutrition 2002;18: 657-61.
 35. Viribay A, Burgos J, Fernández-Landa J, Seco-Calvo J, Mielgo-Ayuso J. Effects of arginine supplementation on athletic performance based on energy metabolism: A systematic review and meta-analysis. Nutrients 2020;12(5): 1300. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu12051300>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 36. Coqueiro AY, Rogero MM, Tirapegui J. Glutamine as an anti-fatigue amino acid in sports nutrition. Nutrients 2019;11(4): 863. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu11040863>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 37. Kurtz JA, VanDusseldorp TA, Doyle JA, Otis JS. Taurine in sports and exercise. J Int Soc Sports Nutr 2021;18:39. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00438-0>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 38. De Carvalho FG, Galan BS, Santos PC, Pritchett K, Pfrimer K, Ferriolli E; *et al.* Taurine: A potential ergogenic aid for preventing muscle damage and protein catabolism and decreasing oxidative stress produced by endurance exercise. Front Physiol 2017;8:710. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2017.00710/full>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 39. Waldron M, Patterson SD, Tallent J, Jeffries O. The effects of an oral taurine dose and supplementation period on endurance exercise performance in humans: A meta-analysis. Sports Medicine 2018;48:1247-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0896-2>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 40. Buzdağlı, Y, Eyipınar CD, Tekin A, Şıktar E, Zydecka KS. Effect of taurine supplement on aerobic and anaerobic outcomes: Meta-analysis of randomized controlled trials. Strength Condition J 2023;45(2):228-40. Disponible en: https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2023/04000/Effect_of_Taurine_Supplement_on_Aerobic_and.8.aspx.

- Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
41. Tambalis KD, Arnaoutis G. The importance of branched-chain amino acids and nitrate in sports performance and health. *J Phys Activity Res* 2022;7: 37-46.
 42. Martinho DV, Nobari H, Faria A, Field A, Duarte D, Sarmiento H. Oral branched-chain amino acids supplementation in athletes: A systematic review. *Nutrients* 2022;14 (19):4002. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu14194002>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 43. He X, Duan Y, Yao K, Li F, Hou Y, Wu G, Yin Y. β -Hydroxy- β -methylbutyrate, mitochondrial biogenesis, and skeletal muscle health. *Amino Acids* 2016;48: 653-64. Disponible en: <http://doi:10.1007/s00726-015-2126-7>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 44. Molfino A, Gioia G, Rossi Fanelli F, Muscaritoli M. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation in health and disease: A systematic review of randomized trials. *Amino Acids* 2013;45:1273-92.
 45. Fernández-Landa J, Calleja-González J, León-Guereño P, Caballero-García A, Córdova A, Mielgo-Ayuso J. Effect of the combination of creatine monohydrate plus HMB supplementation on sports performance, body composition, markers of muscle damage and hormone status: A systematic review. *Nutrients* 2019;11 (10):2528. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu11102528>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 46. Fernández-Landa J, Fernández-Lázaro D, Calleja-González J, Caballero-García A, Córdova A, León-Guereño P, Mielgo-Ayuso J. Long-term effect of combination of creatine monohydrate plus β -hydroxy β -methylbutyrate (HMB) on exercise-induced muscle damage and anabolic/catabolic hormones in elite male endurance athletes. *Biomolecules* 2020;10(1):140. Disponible en: <http://doi:10.3390/biom10010140>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 47. Chapman-Lopez TJ, Koh Y. The effects of medium-chain triglyceride oil supplementation on endurance performance and substrate utilization in healthy populations: A systematic review. *J Obes Metab Synd* 2022; 31(3): 217-29. Disponible en: <http://doi:10.7570/jomes22028>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 48. Philpott JD, Witard OC, Galloway SD. Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance. *Res Sports Med* 2019;27: 219-37.
 49. Gammone MA, Riccioni G, Parrinello G, D’Orazio N. Omega-3 polyunsaturated fatty acids: benefits and endpoints in sport. *Nutrients* 2019;11(1):46. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu11010046>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 50. Costa MS, Toscano LT, Toscano LDLT, Luna VR, Torres RA, Silva JA, Silva AS. Ergogenic potential of foods for performance and recovery: A new alternative in sports supplementation? A systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2022;62:1480-501.
 51. Lam FC, Bukhsh A, Rehman H, Waqas MK, Shahid N, Khaliel AM; *et al.* Efficacy and safety of whey protein supplements on vital sign and physical performance among athletes: A network meta-analysis. *Front Pharmacol* 2019;10: 317. Disponible en: <http://doi:10.3389/fphar.2019.00317>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
 52. Cimolai N, Cimolai T. Yohimbine use for physical enhancement and potential toxicity. *J Dietary Suppl* 2011;8:346-54.

53. Saritaş N, Büyükipekci S, Silici S, Mistik S, Atayoğlu T. The effect of a mixture of royal jelly and honey on hematological parameters in maximum weight training athletes. *Int J Sci* 2017;3: 28-36.
54. Gurney T, Spendiff O. Algae supplementation for exercise performance: Current perspectives and future directions for spirulina and chlorella. *Front Nutr* 2022;9:865741. Disponible en: <http://doi:10.3389/fnut.2022.865741>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
55. Calella P, Cerullo G, Di Dio M, Liguori F, Di Onofrio V, Gallè F, Liguori G. Antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory effects of spirulina in exercise and sport: A systematic review. *Front Nutr* 2022;9:1048258. Disponible en: <http://doi:10.3389/fnut.2022.1048258>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
56. Farid F, Sideeq O, Khan F, Niaz K. *Saccharomyces cerevisiae*. En: Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements. Academic Press. New York: 2019. Pp. 501-508. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00066-7>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
57. Díaz-Jiménez J, Sánchez-Sánchez E, Ordoñez FJ, Rosety I, Díaz AJ, Rosety-Rodríguez M; *et al*. Impact of probiotics on the performance of endurance athletes: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(21): 11576. Disponible en: <http://doi:10.3390/ijerph182111576>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
58. Bongiovanni T, Yin MOL, Heaney LM. The athlete and gut microbiome: Short-chain fatty acids as potential ergogenic aids for exercise and training. *Int J Sports Medicine* 2021;42:1143-58.
59. Turnagöl HH, Koşar ŞN, Güzel Y, Aktitiz S, Atakan MM. Nutritional considerations for injury prevention and recovery in combat sports. *Nutrients* 2021;14(1):53. Disponible en: <http://doi:10.3390/nu14010053>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
60. Zheng L, Regenstein JM, Zhou L, Wang Z. Soy protein isolates: A review of their composition, aggregation, and gelation. *Comprehensive Rev Food Sci Food Safety* 2022;21:1940-57.
61. Messina M, Lynch H, Dickinson JM, Reed KE. No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018;28(6):674-85. Disponible en: <http://doi:10.1123/ijsnem.2018-0071>. Fecha de última visita: 25 de Marzo del 2023.
62. Damaghi MP, Mirzababaei A, Moradi S, Daneshzad E, Tavakoli A, Clark CC, Mirzaei K. Comparison of the effect of soya protein and whey protein on body composition: A meta-analysis of randomised clinical trials. *Brit J Nutr* 2022;127:885-95.