



CAMD
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

**SUSTANCIAS QUE
PUEDEN MEJORAR EL
RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Ayudas Ergogénicas



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE

ALONSO ALFONSECA, Javier

Ayudas ergogénicas : sustancias que pueden mejorar el rendimiento deportivo / Javier Alonso Alfonso; colaboradoras, Amelia Molina Melero, Carmen Vargas Corzo. -- 1ª ed. -- Sevilla : Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, 2006. -- 86 p. ; 24 cm + 1 cd-rom

Coordinación de la edición: Centro Andaluz de Medicina del Deporte

D.L. SE-1085-06

1. Ayudas ergogénicas 2. Medicina del deporte 3. Rendimiento deportivo
I. Andalucía. Consejería de Turismo, Comercio y Deporte II. Andalucía.
Centro Andaluz de Medicina del Deporte III. Título

1ª Edición 2006

AUTOR

Javier Alonso Alfonso

COLABORADORES

Amelia Molina Melero

Carmen Vargas Corzo

EDITA:

Junta de Andalucía

Consejería de Turismo, Comercio y Deporte

COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN:

Signatura Ediciones de Andalucía, S.L.

DEPÓSITO LEGAL: SE-1085-06

Este libro está disponible para su consulta y préstamo en el Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte y accesible a texto completo en: <http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/publicaciones>

CAMD

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

**SUSTANCIAS QUE
PUEDEN MEJORAR EL
RENDIMIENTO DEPORTIVO**

Ayudas Ergogénicas



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE

El cuidado y la protección del deportista andaluz son, junto a las medidas para ayudarle a mejorar el rendimiento, los principales objetivos por los que trabaja la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte.

Desde su creación en 1999 el Centro Andaluz de Medicina del Deporte, dependiente de la Consejería, ha extendido su red territorial a todas las provincias andaluzas, facilitando sus servicios a todos los deportistas de competición de nuestra comunidad, lo que a su vez ha redundado en mejorar su salud y las marcas deportivas.

Evitar el empleo de sustancias perjudiciales para la salud bajo el pretexto de mejorar la forma física, las capacidades psíquicas y el rendimiento deportivo es un objetivo fundamental del Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Para ello no son suficientes las acciones sancionadoras y represoras; es necesario educar, mejorar los conocimientos y la formación de los deportistas en el uso adecuado de las sustancias ergogénicas y complementos dietéticos, empleados no siempre con la debida base científica.

Espero que la publicación de esta Guía Interactiva sobre el uso de Ayudas Ergogénicas en el deporte, aporte luz en el conocimiento y uso racional de los métodos conocidos, evitando la toma innecesaria de sustancias ineficaces o perjudiciales para la salud y asesorando en el empleo de aquellas otras que realmente puedan aportar un beneficio para el deportista.

Confío en que esta sencilla herramienta pueda servir así mismo para educar desde la escuela en la cultura de los valores humanos y saludables del deporte como un bien preciado para el individuo y la sociedad.

Paulino Plata Cánovas
*Consejero de Turismo, Comercio y Deporte
de la Junta de Andalucía*

La práctica del ejercicio físico y del deporte se ha convertido a día de hoy en nuestra sociedad en una necesidad imprescindible para disponer de una adecuada calidad de vida. Es un reto de todos los países desarrollados y en vías de desarrollo, disponer en sus estadísticas de un elevado número de ciudadanos que practican deporte y de un medallero aceptable cada cuatro años en los Juegos Olímpicos.

Todos y cada uno de nosotros poseemos y nacemos con capacidades innatas para el desarrollo del ejercicio físico, aunque ciertamente, la naturaleza de nuestras capacidades depende en gran medida de los genes que hemos heredado de nuestros padres en el momento de ser concebidos, genes que van a determinar nuestra altura, peso, composición corporal, tipo de fibra y masa muscular, capacidad para generar energía muscular... y multitud de características y factores que contribuyen al éxito deportivo.

No todos los deportistas tienen un potencial físico y genético para conseguir llegar a los Juegos Olímpicos pero sí pueden conseguir la máxima de sus capacidades como deportistas a través de un apropiado y correcto entrenamiento fisiológico, psicológico, nutricional y biomecánico. Un apropiado y adecuado entrenamiento es la manera más efectiva para que un deportista consiga el máximo de su rendimiento, por eso los atletas buscan sustancias, técnicas y ayudas a través de la alimentación que les hagan estar en ventaja sobre sus competidores para conseguir ser los primeros o los mejores, bien es sabido que atletas en bajos niveles de competición consumen numerosos componentes nutricionales para intentar que su nivel de entrenamiento mejore.

Todo este tipo de sustancias especiales o tratamientos que se usan para mejorar las funciones fisiológicas, psicológicas o biomecánicas del deportista reciben el nombre de “ayudas ergogénicas”.

La efectividad, aspectos de seguridad, legalidad y cuestiones éticas del consumo de algunas ayudas ergogénicas debe ser considerado por los deportistas antes de su uso, por lo que el propósito de este libro es fundamentalmente servir como un recurso de referencia. La información que proporciona está destinada a ayudar a deportistas, entrenadores y médicos del deporte para que estén informados en el uso de ayudas ergogénicas como manera de mejorar su rendimiento deportivo.

Manuel Jiménez Barrios
*Secretario General para el Deporte
de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte*

Presentación de Consejero de Turismo, Comercio y Deporte	5
Presentación de Secretario General para el Deporte	7
1. Referencias históricas	13
2. Introducción	15
3. Clasificación	21
• Ayudas relacionadas con los hidratos de carbono	21
• Lípidos y sustancias relacionadas	25
• Proteínas, aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas	27
• Vitaminas y minerales	28
• Otros compuestos potencialmente ergogénicos	28
3.1. OTRA CLASIFICACIÓN	
a) Suplementos para mejorar la fuerza muscular	29
b) Antioxidantes	40
c) Almacenadores de fosfágenos	50
d) Inmunomoduladores	51
e) Antifatigantes	54
f) Quemadores de grasas	59
g) Donadores de metilos	61
h) Agentes alcalinizantes	62
i) Sustancias varias	63
a) Suplementos para mejorar la fuerza muscular	
• Aminoácidos Ramificados	30
• Arginina	30
• Boro	31

- Crisina 32
- Compuestos de smilax 34
- Gamma orinazol y ácido ferúlico 34
- HMB 35
- IGF-I 36
- Taurina 37
- Tribulus terrestris 37
- Vanadio y cromo 38
- Yohimbina 39

b) Antioxidantes

- Vitaminas 42
- Vitamina C o ácido ascórbico 42
- Vitamina E o alfa-tocoferol 43
- Beta carotenos o pro vitamina A 44
- Minerales 45
- Factor inhibidor de la leucemia (LIF) 46
- Carnosina 46
- Ciwujia (Endurox) 46
- N-acetil-L-cisteína 47
- Bioflavonoides 48
- Picnogenol 49
- Ácido alfa-lipoico 49

c) Almacenadores de fosfágenos

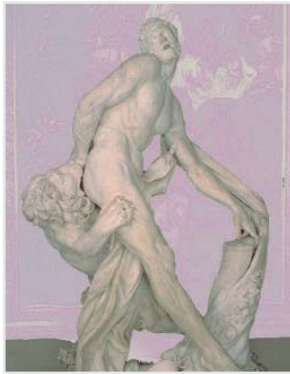
- Creatina 50

d) Inmunomoduladores

- L Glutamina 52
- Echinacea 53
- Espirulina 53
- Inmunoferón 54

e) Antifatigantes	
• Aspartatos	54
• Cafeína	54
• Ginseng	56
• Eleuterococo	57
• Té verde	58
f) Quemadores de grasas	
• L Carnitina	59
• Piruvato	59
• Catecol AR25	60
g) Donadores de metilos	
• S-Adenosilmetionina	61
h) Agentes alcalinizantes	
• Bicarbonato y citrato sódico	62
i) Sustancias varias	
• Inosina	63
• Colina	63
• Coenzima Q10	64
• Polen de abeja	64
• Miel	65
• Levadura de cerveza	66
• Furanona o gamma butirolactona	66
• Laetrilo o Vitamina B17	66
• Alcohol	67
4. Bibliografía	69

1. Referencias históricas

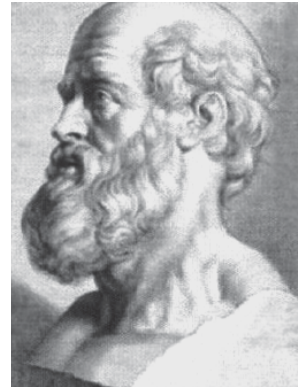


Son numerosas las reseñas bibliográficas, que hacen mención a la gran cantidad de ayudas ergogénicas que se han venido utilizando a lo largo de la historia.

Según referencias de [Milón de Crotona](#) (siglo V a Jc), ya en la Grecia Clásica, los deportistas trataban de aumentar su fuerza física consumiendo grandes cantidades de carne. Así pues, era habitual que los saltadores olímpicos tomaran carne de cabra, los lanzadores y boxeadores carne de toro, y los luchadores, de cerdo.

En la era Hipocrática, los corredores de fondo solían aplicarse preparados de hongos disecados, e ingerir cocimientos de plantas antes de las carreras, con el fin de incrementar el rendimiento.

[Hipócrates](#), insistía en la necesidad de introducir cambios cualitativos y cuantitativos en la alimentación, sobre todo, en relación al período estacional, advirtiendo no obstante, del peligro que podían comportar tanto los regímenes dietéticos severos, como las variaciones bruscas en los hábitos alimenticios. También resaltaba la conveniencia de una adecuada ingesta hídrica durante los periodos de fatiga.



Prácticas antiguas como la cauterización del bazo, que al tornarse duro y congestivo obstaculizaba significativamente la rapidez en la carrera, también eran intervenciones dirigidas hacia la mejora del rendimiento deportivo. Por otra parte, en tiempos de Plinio, se daban cocimientos de bazo para mejorar las marcas de los velocistas.



También existen evidencias de la práctica de intervenciones de este tipo en la época romana. Se sabe, que con una parte de la ración diaria de trigo molido que consumían los **legionarios romanos**, se preparaba una papilla que era consumida de inmediato con el fin de incrementar el rendimiento, utilizando el resto del trigo, para elaborar el pan.

Durante las marchas prolongadas, el consumo de carne era poco habitual por considerarse un alimento capaz de disminuir considerablemente la capacidad de rendimiento y la resistencia de los atletas. Una actitud que parecía intuir las propiedades predominantemente plásticas y poco energéticas de las proteínas

Paracelso, inspirado en la ciencia de los signos, y en la forma externa de las cosas, usaba el espárrago y el bulbo de apio, por su semejanza con el escroto, para reforzar la potencia sexual. En el Imperio de los Incas, masticar y condimentar los alimentos con hojas de **coca**, se asociaba a mejoras en la resistencia física.



2. Introducción

El deporte, constituye hoy día, uno de los fenómenos culturales que mayor interés está suscitando en las sociedades modernas.

El concepto de deporte, ha ido modificándose y adquiriendo una gran complejidad a lo largo de los últimos años, un hecho, que no es más que un reflejo del cambio social experimentado por nuestra población, cada día más próxima al modelo de sociedad occidental. Las crecientes tasas de industrialización y urbanización, y las mejoras en el bienestar social, son algunas de las razones que han influido sobre las modificaciones tanto de estilos de vida, como de la forma de organizar el tiempo libre.



Aunque el deporte, entendido como actividad lúdico-recreativa, goza hoy por hoy, de una posición privilegiada entre las actividades de tiempo libre de la población, la importancia que viene adquiriendo en los últimos años como espectáculo, y como foco de atención de los medios de comunicación, ha ido incrementando de forma ostensible, las exigencias de rendimiento físico impuestas a los deportistas.

El nivel técnico de los deportistas está avanzando a pasos agigantados, las marcas son cada vez mejores, y el margen entre el éxito y el fracaso deportivo, se va haciendo progresivamente más reducido.

Por ello, el objetivo prioritario tanto de entrenadores como de deportistas, suele centrarse en la consecución de ventajas, que aunque leves, puedan asegurar de alguna forma, la victoria competitiva, siendo esta, una actitud que justifica en gran medida, el interés progresivo que viene suscitando en nuestra sociedad actual, el empleo de ayudas ergogénicas, no sólo en el deporte de alto nivel, sino también en el ámbito deportivo no profesional.

La palabra ERGOGENIA procede de los vocablos griegos “ergos” que significa trabajo, y “genan” que significa generar. Williams, en 1989, la definió como: “el procedimiento o agente que mejora la producción, el control o la eficiencia de la energía, y proporciona al deportista una ventaja que le permite rendir por encima y más allá de lo que conseguiría con su habilidad natural o con el entrenamiento”. En el extremo opuesto, aquellas manipulaciones capaces de ejercer un efecto negativo sobre el rendimiento físico, reciben la denominación de ergolíticas.

Realmente, el concepto de ergogenia incluye una serie de intervenciones que van más allá de las clásicas manipulaciones nutricionales y farmacológicas.

Los criterios que vienen empleándose para categorizar las ayudas ergogénicas existentes, son muy numerosos. Aunque a continuación se identifican cinco grupos, en esta revisión solamente se examinarán algunas de las ayudas farmacológicas y nutricionales más utilizadas:

- Ayudas mecánicas (vestimentas, [zapatillas](#), etc.)
- Ayudas psicológicas (hipnosis, psicoterapia)
- Ayudas fisiológicas (dopaje sanguíneo)^{1,2,3,4}
- Ayudas farmacológicas ([cafeína](#), [antioxidantes](#), etc.)
- Ayudas nutricionales (sobrecarga de carbohidratos^{5,6}, creatina, etc.)

En los últimos años, el consumo de suplementos nutricionales⁷, también denominados “nutracéuticos”, así como el de otras muchas ayudas similares, se ha incrementado de forma exponencial. Hoy día, existe un complejo marketing en torno a este mundo, y las cifras económicas que se mueven a su alrededor, están llegando a alcanzar niveles astronómicos.

AYUDAS ERGOGÉNICAS Y MECANISMOS DE ACTUACIÓN PROPUESTOS

	MECANISMOS DE ACTUACIÓN PROPUESTOS							
	Mejora cardiocirculat resist. aeróbica	Aumento aporte oxígeno	Aporte energía muscular	Aumento masa y fuerza muscular	Modif peso corporal	Retraso inicio fatiga	Estimulantes SNC	Relajantes reducen sensación cansancio
AGENTES FARMACOLÓGICOS								
Alcohol	X		X					X
Anfetaminas	X					X	X	
Bloqueantes	X							X
Cafeína	X		X			X		
Cocaína/marihuana	X							X
Diuréticos	X							
Nicotina	X							X
HORMONAS								
Esteroides anabólicos				X	X			
Hormona crecimiento				X	X			
Anticonceptivos orales								X
AGENTES FISIOLÓGICOS								
Sales de ac. aspártico						X		
Bicarbonato						X		
Dopaje sanguíneo	X	X				X		
Eritropoyetina	X	X				X		
Oxígeno	X	X				X		
Carga de fosfato	X	X				X		
AGENTES NUTRICIONALES								
Aminoácidos	X		X	X	X	X		
Cromo			X	X	X			
Creatinina			X	X	X	X		
L-Carnitina			X			X		

Adaptado de E.L.Fox,R.W.Bowers yM.L.Foss, 1988, The Physiological basis of physical education and athletics (Filadelfia: Saunders College Publising), 632.

Desgraciadamente, los efectos de muchas de las denominadas ayudas ergogénicas, se encuentran velados por el mito. No es infrecuente que los deportistas que comienzan a consumir este tipo de productos, generalmente a través de amigos o entrenadores, acepten sin reservas no sólo la eficacia de éstos, sino también su inocuidad; una convicción que, puede resultar verdaderamente peligrosa para la salud, ya que en numerosas ocasiones, la información que gira en torno a las propiedades de estos supuestos agentes ergogénicos, no se fundamenta en estudios científicos consistentes, sino que es promocionada por empresas interesadas en su comercialización, con el riesgo de sesgo informativo que de ello deriva.

En la búsqueda del éxito deportivo, la excesiva preocupación por la mejora del rendimiento, la publicidad engañosa, y paradójicamente, el gran desconocimiento en torno al tema, están generando situaciones de abuso más que de uso, con consecuencias verdaderamente nefastas para la salud.

Por ello, la prescripción y utilización de este tipo de ayudas, no sólo debe basarse en su eficacia sobre la mejora del rendimiento deportivo, sino también, en la certeza de que su consumo es seguro para la salud.

Los argumentos anteriormente expuestos, justifican la necesidad de desarrollar nuevos estudios que permitan clarificar los mecanismos biológicos de acción de la mayor parte de estas sustancias, y que respalden desde el punto de vista científico, sus indicaciones de uso. Realmente, el diseño de este tipo de estudios es bastante complejo, y aunque son muchas las investigaciones que con estos fines han venido desarrollándose a lo largo del tiempo, un porcentaje no despreciable de las mismas, no llega a cumplir las **exigencias mínimas** de un trabajo científico; siendo algunos de los errores más frecuentemente cometidos:

- La falta de contraste con otros estudios rigurosos.
- La no realización de estudios a doble ciego, la no utilización de placebos (este efecto debe ser distinguido de la respuesta real).
- La selección de poblaciones muestrales muy heterogéneas en lo que respecta al nivel de acondicionamiento físico.
- La presencia de sesgos estadísticos graves, que limitan la validez de los estudios.

- El sesgo informativo ligado al diseño y a la promoción de investigaciones por parte de empresas implicadas en su comercialización.

Únicamente, cuando se cumplen los requerimientos mínimos de un trabajo científico, incluyendo diversas consideraciones relacionadas con procedimientos estadísticos (población adecuada, aplicación de intervenciones a doble ciego, inclusión de grupos control, asignación aleatoria, repetición de medidas, control de sesgos, elección adecuada del tamaño muestral, utilización de los análisis estadísticos adecuados...) es posible aceptar la veracidad de sus resultados, y por tanto, el efecto ergogénico atribuido a la manipulación nutricional o farmacológica evaluada; una consideración, que aunque parece obvia, en ocasiones, no es tenida en cuenta por algunos profesionales de la medicina a la hora de llevar a cabo la prescripción.

Sin embargo, la evidencia clara de la eficacia e inocuidad del consumo de este tipo de sustancias, no justifica su uso lícito; para ello, es preciso valorar toda una serie de aspectos éticos que a lo largo de la historia han venido suscitando una gran controversia.

Desde un punto de vista fisiológico, aún no se han establecido unos criterios claros que permitan delimitar de manera inequívoca, el uso PERMITIDO de una ayuda ergogénica, de aquella otra manipulación considerada como DOPAJE ^{8,9}.

Son dos, las razones principales que impulsan a las [organizaciones deportivas](#) a establecer restricciones en el uso de manipulaciones capaces de incrementar el rendimiento deportivo:

- En primer lugar, el empleo de sustancias o métodos prohibidos, supone una competencia desleal¹⁰, transforma la lucha normal por demostrar un buen rendimiento físico-deportivo, en una verdadera competencia entre métodos de manipulación.
- En segundo lugar, la aplicación de este tipo de prácticas (legalmente permitidas o no) no se encuentra exenta de riesgos para la salud del deportista.

3. Clasificación

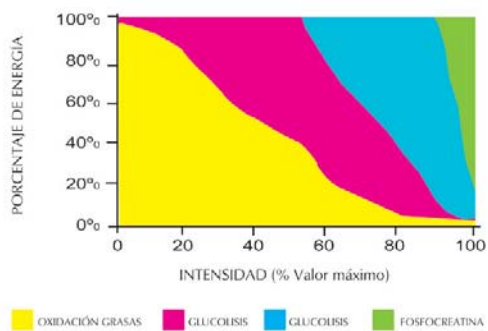
Son múltiples los criterios que se han venido utilizando, para clasificar las numerosas ayudas ergogénicas de uso permitido. Aunque la relación de suplementos nutricionales y farmacológicos a los que se les ha atribuido efectos beneficiosos sobre el rendimiento, es muy extensa, la realidad, es que no son tantos los preparados con efectos ergogénicos demostrados mediante estudios científicos consistentes.

AYUDAS RELACIONADAS CON LOS HIDRATOS DE CARBONO

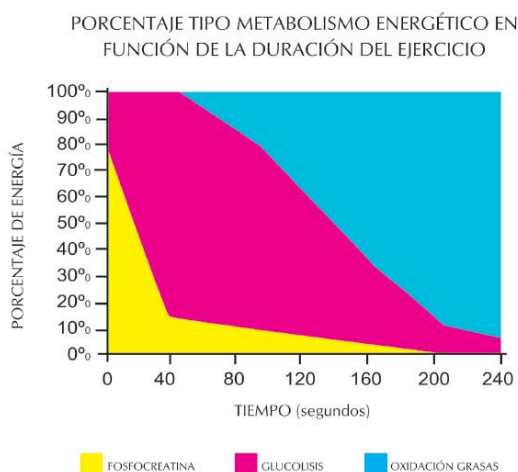
El porcentaje de contribución del metabolismo de los carbohidratos y de los lípidos como fuentes de obtención de energía durante el ejercicio físico, depende fundamentalmente, de la intensidad y de la duración del mismo.

En general, la utilización de hidratos de carbono como combustibles durante la actividad física, guarda una relación directa con la intensidad del ejercicio, e inversa con su duración. Durante la realización de ejercicios de alta intensidad y corta duración, el glucógeno muscular almacenado, y la glucosa sanguínea, constituyen las principales fuentes de energía, degradándose mediante procesos de tipo anaeróbico.

Cuando la intensidad del ejercicio es relativamente baja y su duración prolongada, los lípidos se convierten en el sustrato energético prioritario, siendo metabolizados aeróbicamente.



Aunque la contribución del metabolismo graso, aumenta proporcionalmente con la duración del esfuerzo, los carbohidratos por su parte, juegan un gran papel al comienzo de la actividad física, y también, cuando el aporte de oxígeno no responde a las demandas aeróbicas, como suele suceder en las carreras de resistencia.



Los depósitos de carbohidratos en el organismo (glucógeno muscular y hepático), son muy limitados. Una depleción significativa de los mismos durante el ejercicio, suele manifestarse frecuentemente bajo la forma de fatiga, limitando de forma considerable, la prolongación de la actividad física. No obstante, la aparición de fatiga no tiene como único origen el agotamiento de las reservas de glucógeno, sino también, la acidosis producida por la acumulación de ácido láctico, y otros muchos factores de diversa naturaleza.

Se ha comprobado que la suplementación con carbohidratos antes, durante y después de la competición, en ejercicios de resistencia, puede prolongar sensiblemente el tiempo de realización del ejercicio físico¹¹.

Aumento de las reservas de hidratos de carbono

Desde que se conoce mediante evidencias experimentales, que la depleción de las reservas de glucógeno afecta claramente al rendimiento deportivo (fundamentalmente en las actividades de resistencia) contribuyendo a la aparición precoz de fatiga, se han puesto en marcha numerosas investigaciones, para comprobar si el aumento de los depósitos de carbohidratos del organismo, puede incrementar de alguna forma, la disponibilidad energética durante el ejercicio físico, y mejorar el rendimiento deportivo. Unos investigadores escandinavos demostraron hace ya varias décadas, que personas que ingerían una dieta rica en carbohidratos durante los tres días previos a un ejercicio físico prolongado, incrementaban de forma muy significativa los depósitos de glucógeno musculares, y prolongaban consecuentemente, el tiempo de realización de ejercicio hasta el agotamiento.

Esta experiencia dio origen a la denominada “técnica de supercompensación o sobrecarga de glucógeno”, frecuentemente utilizada por ciclistas, corredores de larga distancia y otros deportistas de resistencia. Aunque con la técnica original desarrollada por Astrand, podían llegar a duplicarse los depósitos de glucógeno, posteriormente, se comprobó su escasa utilidad práctica en el deporte de competición, tanto por el elevado riesgo de lesiones que implicaba, como por las alteraciones digestivas observadas en los sujetos que se sometían a este tipo de manipulaciones.

Estos inconvenientes, han obligado de alguna forma, a desarrollar otro tipo de métodos menos agresivos, como el conocido régimen disociado (de Sherman/Costill), consistente en reducir la intensidad del entrenamiento una semana antes de la competición, acompañándose de una dieta con un 55% de contenido en carbohidratos hasta 3 días antes del evento, comenzando a disminuir la intensidad del entrenamiento a partir de ese momento, junto con una dieta rica en hidratos de carbono. De esta forma, se han conseguido concentraciones musculares de glucógeno de hasta 200mmol/kg¹².

Administración de carbohidratos antes del ejercicio

Una de las pautas aconsejadas para la administración de hidratos de carbono antes de la realización de un ejercicio físico intenso, es la siguiente: 3 y 4 horas antes a la actividad, pueden aportarse entre 500 y 800 Kilocalorías mediante preparados de carbohidratos de alto índice glucémico (50 a 150 gramos), con un porcentaje bajo de proteínas, grasa y fibra, con el objeto de no retardar su digestión, pudiendo tomarse en la hora previa, soluciones líquidas hidrocarbonadas al 5-8%, en no más de 1 litro de líquido¹³.

No se aconseja la ingesta de carbohidratos inmediatamente antes de la actividad, por inducir una respuesta insulínica capaz de inhibir la lipólisis para la obtención de energía, y bloquear también, la degradación del glucógeno hepático, con lo que la fuente energética para la actividad física, procedería exclusivamente del glucógeno muscular, agotándose éste, rápidamente¹⁴.

Durante el ejercicio

En ejercicios prolongados y muy intensos (intensidad superior al 70% del consumo máximo de oxígeno), los principales factores limitantes son la hipo-

glucemia, la depleción de glucógeno y la deshidratación. Durante estas actividades, pueden ingerirse 0.5-1.5 g/kg de carbohidratos, en volúmenes de 500 a 1000 ml en los 5 primeros minutos de ejercicio.

Podría estar indicado consumir entre 30 y 60 g / hora de hidratos de carbono, en forma sólida (barritas energéticas), líquida (bebidas energéticas), o semilíquida (batidos, alimento semilíquido, etc.), para garantizar un paso adecuado de glucosa a la circulación. Incluso, cuando la fatiga se hace manifiesta, la ingestión de 200 g de polímeros de glucosa, puede ayudar a mantener la intensidad del ejercicio durante 30-45 minutos más.

Una buena pauta general, es administrar soluciones hidrocarbonadas al 4-8% en volúmenes de 600-1200 ml/hora, distribuidas en 4 tomas de 150-300 ml.

BEBIDA	Osmolaridad	CHO g/l.	Tipo CHO	Na+ mEq/l.	K+ mEq/l.	Cl- mEq/l.
Isostar	296	73		24	4	12
Gatorade	349	62		23	3	14
Lucozade Sport	280	69		23	4	1
Pripps Energy	260	75		13	2	7
Coca Cola	650	105		3	0	1
WHO-ORS	331	20		90	20	80
Dioralyte	240	16		60	20	60
Aquasport		80	S	39	7	
Body Fuel 450		45	MD	16	2	
Chance		80	MD, F, S	26	7	
Exceed		70	MD, F	10	5	
Gooklnald ERG		50	G	16	10	
Max		75	MD, F	0	0	
Recharge		76	F, G	5	10	

Características de bebidas comerciales. (Modificado de Leibar X. y Terrados N., 1994)
<http://www.efdeportes.com/efd14/hidro.htm>

Después del ejercicio

Es fundamental que la reposición de los depósitos de glucógeno, se lleve a cabo en las 2 horas posteriores a su agotamiento, mediante carbohidratos de alto índice glucémico (de 50 a 100 g), siendo conveniente administrarlos conjuntamente con aminoácidos de absorción rápida, en los primeros 30 minutos de la recuperación, continuando su administración cada 2 horas, hasta transcurridas 6-8 horas de la finalización del esfuerzo.

Puesto que cada gramo de glucógeno almacenado necesita 2.7 ml de agua, está indicado ingerir 1 ml de agua por cada caloría aportada^{14, 15, 16}.

LÍPIDOS Y SUSTANCIAS RELACIONADAS

Los lípidos, junto a los hidratos de carbono, son el principal combustible utilizado en ejercicios de resistencia. Un entrenamiento de este tipo, induce procesos adaptativos metabólicos, que conllevan incrementos de la oxidación lipídica, con el fin de ahorrar carbohidratos, por esta razón, se ha propuesto en algunas ocasiones, la suplementación con grasas, una pauta, que realmente no ha demostrado mejoras en el rendimiento. Se ha comprobado que una sobrecarga de grasas podría incluso reducirlo, incrementando el riesgo de obesidad y de enfermedades cardiovasculares asociadas. Entre las sustancias grasas relacionadas con el rendimiento, pueden mencionarse las siguientes:

Triglicéridos de cadena media

Por su carácter hidrosoluble pueden absorberse rápidamente, pasando directamente a la circulación portal. No precisan del sistema de la carnitina para entrar en la mitocondria de las células musculares. Aunque su eficacia teórica parece incuestionable, la realidad es que no se han podido demostrar incrementos significativos del rendimiento en los deportes de resistencia, ni pérdidas de peso relevantes en deportes de fuerza¹⁷, y su tolerancia digestiva no es muy buena.

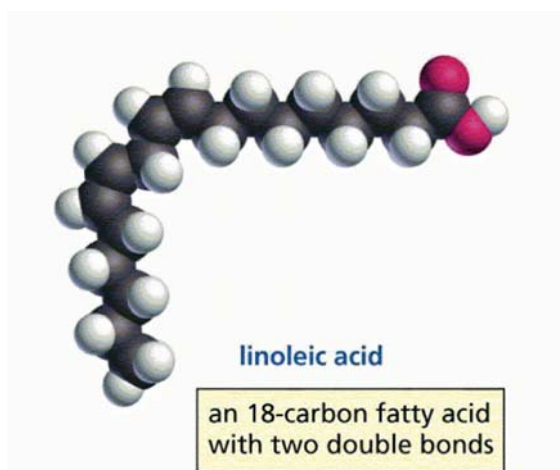
Ácidos grasos omega-3

Son ácidos grasos poliinsaturados, que se metabolizan en el organismo a eicosanoides, algunos de los cuales, pueden estimular la liberación de la hormona del crecimiento, favoreciendo los procesos anabólicos. También pueden incrementar el aporte muscular de oxígeno durante el ejercicio, y reducir la inflamación¹⁸. Sin embargo, aún no existen resultados consistentes que hayan podido verificar su eficacia en la recuperación tras el ejercicio, en la capacidad para prolongar la duración de una actividad física de resistencia¹⁹, o en el incremento de la fuerza.

Ácido Linoleico Conjugado (ALC)

Es un componente natural derivado del ácido linoleico, presente en las carnes grasas de rumiantes y en sus derivados lácteos, así como en aceites vegetales (girasol y soja). Algunos estudios relacionan la ingesta de ALC

con un efecto anabólico y lipolítico en deportistas requiriéndose para ello una dosis de 4 gramos diarios. Otros autores, sin embargo no han encontrado dicho efecto. Otro estudio relaciona su ingesta con la inmunidad y la mineralización ósea.



Glicerol

Su utilización en el deporte, se basa fundamentalmente en la propiedad para incrementar la gluconeogénesis. Sin embar-

go, su tasa de transformación es baja, y como posibles efectos adversos, se han descrito casos de deshidratación cerebral.

Gamma orizanol y ácido ferúlico

Smilax

PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS Y OTRAS SUSTANCIAS NITROGENADAS

Teniendo en cuenta los indicadores de balance nitrogenado, se considera que la ingesta óptima de proteínas en ejercicios de fuerza, se sitúa entre 1.7 y 1.8 g/kg/día. En ejercicios de resistencia, los requerimientos de proteínas son mayores cuando disminuye la disponibilidad de glucógeno, ya que el músculo incrementa la oxidación de los aminoácidos ramificados para dar lugar a alanina, utilizada como precursor de la neoglucogénesis hepática, un proceso, cuya actividad aumenta proporcionalmente con la duración y la intensidad del ejercicio¹².

La utilización de suplementos de aminoácidos, es capaz de inducir la liberación de hormonas anabólicas (testosterona, insulina, hormona del crecimiento, factor de crecimiento similar a la insulina o IGF-I, etc). Realmente, estas sustancias sólo han demostrado ser efectivas en la corrección de estados deficitarios o trastornos hormonales. Aunque existe cierta controversia, parece aceptado que aceleran el proceso de recuperación tras la realización de ejercicios físicos extenuantes¹². El momento de administración más adecuado, también ha sido una cuestión muy discutida; algunos estudios ponen de manifiesto la conveniencia de administrar aminoácidos tras el ejercicio, por su mayor efecto estimulador en la síntesis proteica muscular.

Algunas de las sustancias de naturaleza proteica más utilizadas en el mundo del deporte son:

- Suplementos proteicos y aminoácidos^{20, 21, 22, 23}.
- Creatina.
- Inosina.
- Colina y lecitina^{24, 25}.
- Dimetilglicina, ácido pangámico y dibencozida.
- Ácido aspártico.
- Yohimbina.
- Extractos glandulares.

VITAMINAS Y MINERALES

Los suplementos multivitamínicos y minerales no han demostrado mejorar el rendimiento de forma significativa. Muchos especialistas en la materia, sostienen que si la dieta es adecuada, y no existe ninguna deficiencia nutricional, no es necesaria su administración. Entre las vitaminas más frecuentemente utilizadas en el ámbito deportivo destacan:

- Vitamina B12.
- **Antioxidantes** (vitaminas C, E, betacarotenos, magnesio, cinc, cobre, selenio, etc).
- Carnitina.
- Vanadio y Cromo.
- Boro.
- Hierro.

OTROS COMPUESTOS POTENCIALMENTE ERGOGÉNICOS

- Bicarbonato y otros tampones.
- Cafeína.
- Piruvato.
- Ginseng.
- Octocosanol y aceite de germen de trigo.
- Polen.
- Succinato.
- Mahuang.

Atendiendo a otra clasificación diferente, es posible establecer los siguientes grupos de compuestos:

- A) Suplementos para mejorar la fuerza muscular.
- B) Antioxidantes.
- C) Almacenadores de fosfágenos.
- D) Inmunomoduladores.
- E) Antifatigantes.
- F) Quemadores de grasas.
- G) Donadores de metilos.
- H) Agentes alcalinizantes.
- I) Sustancias varias.

A) SUPLEMENTOS PARA MEJORAR LA FUERZA MUSCULAR

Es evidente que la realización regular de ejercicio físico, es capaz de modificar la conformación anatómica y el funcionalismo de las estructuras musculares ejercitadas durante la actividad. Someter al organismo a cargas de trabajo progresivamente crecientes, adecuadas a las necesidades individuales, permite al sistema muscular, sufrir un conveniente proceso adaptativo.

Las modificaciones inducidas por un entrenamiento de fuerza, son de diversa naturaleza: neurológicas (mejoras en la estimulación y reclutamiento de unidades motoras), morfológicas (hipertrofia o aumento de la sección transversal de las fibras musculares provocado por un incremento del número de estructuras proteicas contráctiles) y metabólicas (aumento de los sustratos anaeróbicos: ATP, fosfocreatina y glucógeno; y de los sistemas enzimáticos participantes en las vías anaeróbicas de degradación de glucosa: fosfofructoquinasa o PFK, lactatodeshidrogenasa o LDH)²⁶.

En general, entre los suplementos que pueden mejorar el rendimiento en actividades deportivas de fuerza, se pueden incluir:

- Esteroides anabólicos/androgénicos, de uso prohibido²⁷.
- Inductores de la liberación de hormonas anabólicas; hormona del crecimiento²⁸, insulina, [factor de crecimiento similar a la insulina...](#); suplementos de aminoácidos o concentrados proteicos.

- Sustancias que aunque no incrementan la fuerza en sí, atenúan los procesos oxidativos e inflamatorios asociados al ejercicio, y sobre todo a aquel que implica un componente excéntrico importante.

A. 1 Aminoácidos ramificados: Leucina, Isoleucina y Valina

Se trata de aminoácidos alifáticos que tienen como característica metabólica común su degradación en tejidos extrahepáticos, fundamentalmente en el músculo esquelético, ya que la concentración hepática de las enzimas responsables de su transaminación es muy escasa. Entre sus posibles acciones ergogénicas destacan:

- La producción de un aumento de la masa muscular inducido por el ejercicio en pacientes con enfermedades catabólicas.
- En combinación con el glutamato produce glutamina. El glutamato es el precursor de la síntesis de GABA y ambos actúan como neurotransmisores de la regulación y transmisión de órdenes al aparato locomotor.
- Hay autores que postulan que la suplementación con estos aminoácidos, se mejora el rendimiento aeróbico al reducir la fatiga por mecanismos en los que interviene la serotonina, presumiblemente por reducir el cociente triptófano libre / aminoácidos ramificados, aumentando el rendimiento notablemente en condiciones de altas temperaturas ambientales.
- Con respecto específicamente a la leucina conocemos que descienden sus niveles plasmáticos durante el ejercicio (de un 11% a un 30% en los aeróbicos; de un 5% a un 8% en los anaeróbicos; y hasta un 30% en los de fuerza). Cabría pensar que una suplementación del mismo podría mejorar el rendimiento, sin embargo esto no ha podido ser demostrado hasta el momento.

A. 2 Arginina

Se trata de un aminoácido glucogénico al que se le atribuyen las siguientes acciones ergogénicas:

- Efecto estimulante de la hormona del crecimiento, pero no se ha demostrado un aumento de los niveles de dicha hormona a partir de la arginina sólo o en combinación con otros aminoácidos si no existe un déficit de dicha hormona. Por otro lado si la GH no es deficitaria, no se produce un aumento del crecimiento celular. Además la cantidad de arginina presente en los productos comercializados es muy baja para provocar el efecto perseguido.
- Supuesto efecto estimulante en la producción de insulina.
- Efecto precursor de la creatina, aunque diversos autores no lo corroboran en estudios efectuados sobre deportistas.
- Intermediario en el ciclo de la urea, por lo que supuestamente reduciría la toxicidad del ión amonio (NH_4^+). Está comprobado que la administración intravenosa de arginina en individuos con niveles altos de amonio en sangre, reducen sus niveles, aunque esto ha sido demostrado a nivel clínico pero no en deportistas. Efectos similares se le atribuyen también a la CITRULINA y a la ORNITINA, además de una supuesta acción positiva sobre la síntesis muscular de glucógeno y glutamina y una acción negativa sobre el lactato y el amoniaco.

A.3 Boro

El boro, se considera un elemento traza en la nutrición. Hace unos años se sugirió que podía prevenir la osteoporosis, multiplicando los niveles de testosterona en mujeres posmenopáusicas.

Un trabajo reciente en el que se determinaron los efectos de la suplementación con boro sobre los niveles sanguíneos y urinarios de minerales, en mujeres deportistas y sedentarias que consumían dietas típicas occidentales, mostró que las concentraciones séricas de fósforo eran más bajas en mujeres que tomaban boro, con respecto al grupo placebo. También se evidenció que el entrenamiento físico era capaz de disminuir los cambios en las concentraciones séricas de fósforo causadas por la suplementación con esta sustancia. Este estudio concluyó que la administración de este mineral, afectaba moderadamente al estado mineral óseo, y que el ejercicio, modificaba los efectos del boro sobre los niveles séricos de minerales²⁹.

En otro estudio, en el que se examinaron los niveles plasmáticos de testosterona, así como las modificaciones de la composición corporal y de la fuerza, en un grupo de culturistas a quienes se administró boro, sólo se encontró un incremento de las concentraciones sanguíneas de esta sustancia, no pudiendo objetivarse otro tipo de cambios³⁰.

En un estudio transversal realizado recientemente, llegaron a detectarse incrementos importantes de las concentraciones plasmáticas de estradiol, y cierta tendencia al aumento de los niveles plasmáticos de testosterona, con aumentos significativos de la razón estradiol/testosterona. La elevación de hormonas esteroideas endógenas como resultado de la suplementación con boro, podría sugerir su utilidad como ayuda ergogénica³¹, sin embargo, los resultados aún no son claros. A pesar de todo, hoy día, se siguen atribuyendo a esta sustancia, indudables efectos anabolizantes.

Otro de los trabajos más recientes, realizado en la Universidad de Massachusett, que fue publicado en el año 2003 en la revista *Crit Rev Food Sci Nutr.*, menciona el importante papel del boro en procesos artríticos, en las mejoras del perfil lipídico, y en la función cerebral. No obstante, aún se necesitan nuevas investigaciones que clarifiquen tanto sus mecanismos de acción fisiológicos, como los requerimientos en el ser humano³².

A.4 Crisina

La crisina es la denominación química que recibe el extracto de la planta *Passiflora cerulea*.



El principio activo de la crisina, es un tipo de bioflavonoide denominado Flavon X, al que se le han atribuido efectos antiaromatasa. Su supuesta utilidad en el mundo del deporte, deriva del incremento teórico que es capaz de inducir, en los niveles de testosterona, ya que la acción de dicha enzima es facilitar la conversión de los andrógenos en estrógenos (Kellis JT 1986).

La reacción de aromatización constituye la base sobre la que se vienen apoyando muchos investigadores, para la búsqueda de sustancias que puedan bloquear este proceso bioquímico. Así pues, la inhibición del enzima que cataliza el proceso (aro-

matasa), evitaría la conversión de testosterona en estradiol, incrementándose consecuentemente los niveles de la primera, y contribuyendo de esta forma, a una ganancia de la masa magra y de la fuerza.

CRISINA

AROMATIZACIÓN

TESTOSTERONA (T2)ESTRADIOL (E2)

No obstante, las elevaciones de las concentraciones de testosterona en el organismo, inducidas por esta u otras sustancias (esteroides anabolizantes, DHEA, androstendiona o Tribulus terrestris, por ejemplo), se encuentran sujetas a complejos mecanismos de regulación, de forma que si los valores de testosterona se elevan por encima de la normalidad, el organismo puede convertir su exceso en estradiol (E2). Además la inhibición de una enzima de transformación no aumenta de forma constante los niveles de testosterona y, según Walle, su capacidad de absorción es muy baja.

Por ello, la ginecomastia, la retención hídrica, o la acumulación de grasa en determinadas zonas del cuerpo, pueden ser algunos de los efectos secundarios derivados del consumo de esteroides anabolizantes en el varón.

Algunas investigaciones, también han identificado sus efectos antiinflamatorios, parcialmente explicados por la supresión de la actividad proinflamatoria de enzimas como la ciclooxigenasa (COX-2) y la sintetasa del óxido nítrico (iNOS)³³.

Por otro lado, según A.C. Paladín (1999) también se le ha atribuido una supuesta acción ansiolítica al ser una sustancia que se encuentra en la pasiflora y en el própolis.

No obstante, los numerosos efectos secundarios que han sido observados (interacciones medicamentosas, disminución de la producción endógena de insulina a nivel de las células pancreáticas en ratas de laboratorio), unidos a la falta de estudios que apoyen beneficios claros derivados de su consumo⁶³, alejan por ahora a la crisina, de lo que podría considerarse una ayuda ergogénica eficaz y totalmente inocua.

A.5 Compuestos de Smilax (Zarzaparrilla)



El smilax, conocido popularmente en España como zarzaparrilla (*Smilax aspera*), es un género de planta trepadora propia de países cálidos.

Sus raíces, se han venido utilizando tradicionalmente como diurético y sudorífico, y también como “depurativo” en trastornos dermatológicos diversos³⁴.

Este suplemento, ha sido muy comercializado por considerarse una fuente natural de testosterona exógena. Entre sus principios activos, se encuentran los fitosteroles (estigmasterol y beta-silosterol), cuya semejanza estructural y funcional con los andrógenos, ha hecho que se emplee frecuentemente en mundo el deporte, como anabolizante³⁵.

Sin embargo, el sistema enzimático del hombre no permite que los esteroles de las plantas, se metabolicen de la misma forma y con la misma efectividad, para su conversión en andrógenos activos o en anabolizantes esteroídicos. Esta es la razón por la que sus beneficios, aún son cuestionados.

Además, la Comisión Europea desaconseja su administración, no sólo por considerar insuficientemente probadas sus indicaciones terapéuticas, sino también por los efectos secundarios derivados de su consumo: irritación gástrica, interacciones medicamentosas con digitálicos, sales de bismuto (aumentando su absorción), e hipnóticos (acelerando su eliminación).

A.6 Gamma orizanol y Ácido ferúlico

El Gamma orizanol es una sustancia derivada del aceite de arroz, descubierta a finales de los años setenta, que parece acelerar el crecimiento en los animales jóvenes.

La molécula de gamma orizanol consta de dos partes, siendo una de ellas, el ácido ferúlico, un compuesto derivado del ácido fenólico, que está presente en la fibra dietética (fundamentalmente en el salvado de trigo). Además de los efectos antioxidantes^{36,37,38} se le ha atribuido la capacidad de aumentar la hormona de crecimiento, y los niveles de endorfinas, lo que reduciría la percepción de fatiga. Su eficacia como activador cerebral, ha quedado también

demostrada en varios modelos de disfunción a nivel del sistema nervioso central³⁹, e incluso, un estudio muy reciente realizado en Beijing, China, evidenció su poder inductor en la proliferación de células nerviosas retinianas in vitro⁴⁰.

No obstante, según algunos autores como Wheeler y Garleb, la dificultad del sistema digestivo humano para llevar a cabo la absorción intestinal de estas estructuras vegetales, limita significativamente su eficacia teórica.

A través de un estudio llevado a cabo en la Universidad de Memphis, USA, se evaluó la efectividad de la suplementación con gamma orizanol en levantadores de peso moderadamente entrenados de sexo masculino. Los resultados mostraron que la administración de gamma orizanol durante 9 semanas, a dosis de 500 mg/día, no inducía modificaciones significativas en el rendimiento físico de estos deportistas, ni en los diferentes parámetros fisiológicos sanguíneos incluidos en el protocolo de estudio (hormonas: testosterona, cortisol, estradiol, hormona de crecimiento, beta-endorfina; determinados minerales y lípidos)⁴¹.

A.7 HMB (Beta hidroxí beta-metil-butirato)

El HMB, es un metabolito derivado del aminoácido leucina⁴² que se encuentra presente en distintos alimentos como el maíz, el pomelo, y algunos pescados.

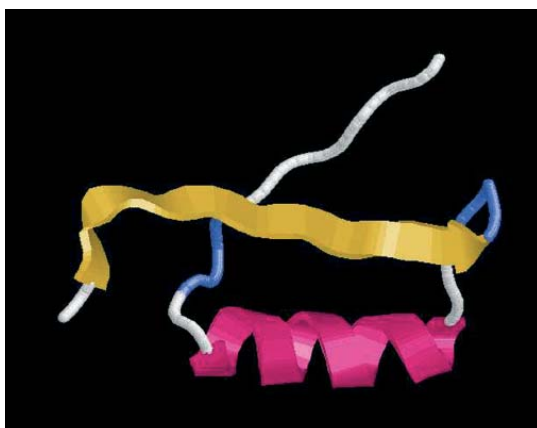
Las acciones anticatabólicas de la leucina y de ciertos metabolitos de la misma, como el alfa-ketoisocaproato (KIC) y el beta-hidroxi-beta metilbutirato (HMB), han venido estudiándose durante más de 30 años. En animales de experimentación, se ha comprobado que la suplementación con HMB incrementa la masa muscular y disminuye el porcentaje de tejido graso. Su aplicación en el mundo del deporte, deriva fundamentalmente de su propiedad para inhibir el catabolismo proteico, e incrementar la fuerza muscular^{12, 43}.

Uno de los estudios más recientes, realizado en la Universidad de Tennessee, USA, que fue publicado en el año 2000 en la revista Nutrition, demostró que la administración de HMB, unida a un programa de entrenamiento físico de 4 semanas de duración, era capaz de incrementar de forma significativa la fuerza muscular, y minimizar los daños sufridos por este tejido, tras la realización de ejercicios de fuerza⁴⁴.

Otro trabajo publicado por la revista *Journal of Applied Physiology* también puso de manifiesto la eficacia de la suplementación dietética con HMB (1.5-3 g al día), en la prevención de la proteólisis y el daño muscular inducido por ejercicios de fuerza⁴⁵.

No obstante, los resultados encontrados en la literatura, son en ocasiones contradictorios, y la falta de uniformidad en los diseños experimentales, no permite efectuar comparaciones entre los diferentes estudios. Aunque algunas investigaciones sostienen que los efectos de esta sustancia son manifiestos tanto en sujetos entrenados como en no entrenados, otras en cambio, cuestionan esta aseveración. Un trabajo llevado a cabo en la Universidad de Memphis, USA, aunque reconoció los beneficios anticatabólicos derivados de su administración en sujetos poco entrenados que realizaban ejercicios de fuerza, rebatió su eficacia en deportistas bien entrenados^{43, 46}.

A.8 IGF-I



El factor de crecimiento tipo insulina (IGF-1)⁴⁷, es un péptido responsable de muchos de los efectos promotores de la hormona de crecimiento, estando prohibido su consumo en el mundo del deporte. Hoy día, es utilizada habitualmente por culturistas⁴⁸, por su supuesta propiedad para incrementar la masa muscular y la vascularización.

En cuanto a sus efectos adversos, puede acelerar el crecimiento de algunos tejidos como los riñones o el bazo, e incrementar incluso, el riesgo de ciertos tumores⁴⁹. También se han descrito alteraciones en el metabolismo de los hidratos de carbono y de las grasas, por el hiperinsulinismo crónico que es capaz de inducir.

Como resumen podemos concluir que la utilización de IGF-I es cara, difícil de conseguir y fácil de adulterar, y con unos resultados inciertos en personas sin déficit de hormona de crecimiento, siendo preferible no tomarlo si los niveles de dicha hormona son normales.

A.9 Taurina

Se trata de un aminoácido sulfurado no esencial, sintetizado por el propio organismo a partir de la metionina y cistina, presente en muchas estructuras corporales como el SNC (cerebro), músculo esquelético, corazón. Posee efectos a nivel del SNC (inhibición-modulación de neurotransmisores cerebrales); digestivos (solubilidad del colesterol y correcta composición de la bilis al estar incorporado al ácido quenodexosídico); antioxidantes y efectos sobre la permeabilidad de las membranas celulares para el sodio-potasio, calcio y magnesio. Su supuesta utilidad en el deporte radicaría en un posible efecto positivo sobre la actividad de la insulina plasmática, con la consiguiente disminución de la glucemia y aumento de las reservas hepáticas de glucosa, como consecuencia de una posible interacción con el receptor insulínico. Por otro lado hay estudios que demuestran una mayor tasa de eliminación urinaria de taurina tras esfuerzos prolongados y otros que relacionan la ingesta de este aminoácido con una disminución de las lesiones musculares. Lo que aún no ha podido ser demostrado es si la síntesis endógena es suficiente o si por el contrario habría que realizar un aporte exógeno para potenciar sus propiedades.

A.10 Tribulus terrestris (Abrojo)



Se trata de un extracto herbáceo con un alto contenido en fitosteroides, flavonoides, alcaloides, glucósidos y saponinas, al que se le ha venido atribuyendo clásicamente, la capacidad de incrementar los niveles de testosterona, LH, FSH y estradiol (acción anabólica), lo que ha justificado su empleo en el tratamiento de las disfunciones sexuales⁵⁰. Posteriormente, se empezó a aplicar a deportistas varones, en base al incremento en los niveles de testosterona que supuestamente era capaz de inducir (750 mg/día, Philips, WN 1999), sin embargo, este efecto no ha llegado a ser verificado mediante investigaciones científicas rigurosas.

Un estudio realizado por un laboratorio de la Universidad de Iowa, USA, publicado en el año 2000 en la revista *Int J Sport Nutr Exerc*⁵¹, demostró que la administración de una mezcla de extractos de hierbas entre las que se incluía el Tribulus Terrestris, junto con precursores androgénicos, en varones jóvenes sometidos a entrenamientos de fuerza, no incrementaba el rendimiento deportivo. Unos resultados, que coincidían con otro estudio estadounidense similar,

e incluso más específico que el anterior, ya que en el grupo experimental, se introdujo como variable independiente, la administración aislada de *Trébulus terrestris*⁵², pudiendo objetivar mejor, los efectos específicos producidos por esta sustancia.

En un estudio clínico realizado en China, con 406 pacientes que manifestaban sintomatología de angina de pecho, el tratamiento con extracto de *Trébulus Terrestris*, produjo mejorías clínicas y electrocardiográficas muy significativas⁴⁰.

Diversos estudios de laboratorio también han llegado a evidenciar otras propiedades: incremento de la fuerza de contracción cardiaca, diuresis, eliminación de oxalatos por vía urinaria, efecto antiurolitiásico⁵³, efecto hepatoprotector, acción antiespasmódica, y efecto proeréctil.

No obstante, las evidencias de los considerables efectos neuro y hepatotóxicos, y la falta de una evaluación de dicha planta por la Comisión E, no permiten garantizar la inocuidad de su consumo, y menos aún si éste es habitual, como podría suceder en el caso de ser utilizado como ayuda ergogénica en el deporte.

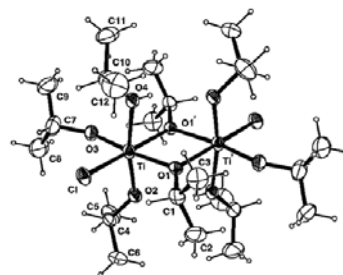
A.11 Vanadio y cromo

También se les atribuye una acción anabólica al potenciar la acción de la insulina, aumentando la captación tisular de glucosa, e incrementando la síntesis proteica.

Sin embargo, los estudios realizados hasta el momento, no han llegado a demostrar estos efectos de forma consistente, al menos en deportistas.

La acción supuesta del vanadio de inducir el transporte de aminoácidos al músculo esquelético no ha sido demostrada en deportistas.

El cromo es un mineral esencial relacionado con el metabolismo de la glucosa al actuar como cofactor de la insulina, formando parte del factor de tolerancia a la glucosa (GTF), que al parecer interviene regulando los niveles de insulina, manteniendo los niveles de glucemia ayudando a controlar el apetito.



Con respecto al picolato de cromo, algunos trabajos han llegado a cuestionar su inocuidad, tras haberse detectado lesiones cromosómicas en células de ratas in vivo, así como daños oxidativos en los lípidos de membrana⁵⁴. No obstante, los efectos derivados de la ingesta de esta sustancia, como suplemento alimenticio durante periodos de tiempo relativamente prolongados, aún se desconocen. También se ha llegado a describir algún caso de rhabdomiolisis asociado a su consumo⁵⁵. Además numerosos trabajos no han encontrado ninguna mejora deportiva tras la suplementación con cromo.

Recientemente se está trabajando con el oligopéptido “cromodulina”, al parecer relacionado con el mecanismo de inicio de la actividad del receptor de la insulina.

A.12 Yohimbina



La **Yohimbina** es un alcaloide nitrogenado extraído de la corteza de diversos árboles (*Pausinystalia yohimbe* y *Corynanthe yohimbe*), ampliamente utilizado como afrodisiaco, en el tratamiento de la impotencia masculina y como inhibidor de la monoaminooxidasa (MAO).

Actúa como antagonista de los receptores alfa-2-adrenérgicos, incrementando los niveles séricos de noradrenalina, por lo que se ha utilizado frecuentemente para el tratamiento de la obesidad¹².

Se justifica su utilización en el deporte por ser una supuesta fuente de testosterona y por su acción alfa-adrenérgica potenciadora de la cafeína y efedrina. Sin embargo no existe en la literatura científica una justificación para su uso como ergogénico, siendo además muy discutida su utilización en el tratamiento de las disfunciones sexuales. Además su uso no está exento de riesgos, estando contraindicado en pacientes hipertensos y con alteraciones hepáticas y renales.

Un estudio llevado a cabo en un Laboratorio de California, ha puesto de manifiesto que aunque la yohimbina posee efectos simpaticomiméticos tanto centrales como periféricos, habitualmente, no incrementa la frecuencia cardíaca, ni la presión arterial, y tampoco provoca ansiedad, como lo harían otras drogas activadoras del sistema nervioso simpático.

Este trabajo, concluyó que la administración preejercicio de yohimbina, incrementaba la lipólisis y los niveles séricos de ácidos grasos libres, tanto durante el ejercicio como después del mismo, bloqueando los adrenorreceptores alfa-2 de los adipocitos, unas consideraciones que venían a sugerir que la ingesta de yohimbina bajo esta posología, podía hacer descender el cociente respiratorio durante el desarrollo de la actividad física, e incluso al finalizar esta, lo que contribuiría a una mayor pérdida de peso graso. No obstante, los anteriores resultados deben ser considerados con cautela, teniendo en cuenta que el laboratorio que puso en marcha el estudio, se encontraba implicado en la comercialización de este producto⁵⁶.

Algunos trabajos han manifestado que esta sustancia, es capaz de potenciar los efectos de la cafeína y de la epinefrina, aumentando el rendimiento³⁵. No obstante, esta afirmación posee muchos matices; un estudio publicado por la revista *Clinical Physiology*, valoró la respuesta hemodinámica a dos tipos diferentes de ejercicio, en un grupo de mujeres obesas a quienes se les administró previamente epinefrina y cafeína, adicionando posteriormente yohimbina para evaluar las posibles modificaciones en los efectos inducidos por las primeras⁵⁷.

Aunque se acepta que la yohimbina puede incrementar los niveles de testosterona, realmente no han llegado a publicarse estudios en los que se evidencien unos efectos anabólicos claros.

La ingestión continuada de esta sustancia, puede producir nerviosismo, cefaleas, temblores y vómitos. También puede potenciar la acción de la cafeína, y de los inhibidores de la monoaminooxidasa³⁵.

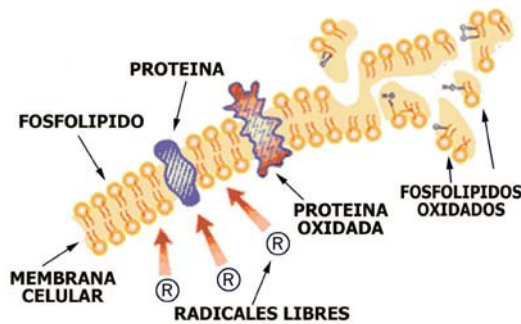
B) ANTIOXIDANTES^{58, 59, 60, 61}

Con los conocimientos que se tienen hoy día a partir de las evidencias experimentales, solamente es posible afirmar que al daño celular inducido por el ejercicio, contribuyen elementos de muy diversa naturaleza. Aunque son muchos los estudios que han otorgado a la producción de radicales libres, y al estrés oxidativo consecuente, un papel prioritario en este tipo de alteraciones, también se sabe que cada uno de los factores mencionados, es capaz de provocar por sí mismo, lesiones ultraestructurales celulares, generando simultáneamente, una situación óptima para la participación simultánea del resto de los agentes lesivos.

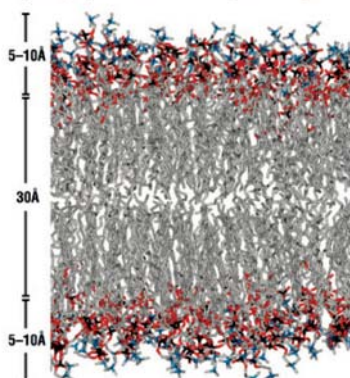


Existen datos científicos consistentes, que muestran que el incremento significativo de la demandas de oxígeno que supone la actividad física, sobre todo si es intensa y continuada, es responsable de un ascenso paralelo en la formación de radicales libres derivados del oxígeno (hasta tres veces su valor de reposo), considerándose éste, uno de los principales mecanismos iniciadores y/o amplificadores del daño muscular asociado al ejercicio.

Los radicales libres son moléculas inestables con electrones desapareados en sus órbitas más externas. Estas partículas, altamente reactivas, pueden activar toda una serie de reacciones en cadena, capaces de dañar fibras de colágeno, membranas celulares, estructuras nucleares, etc. También promueven la permeabilidad vascular y activan a una gran cantidad sustancias que atraen neutrófilos, lo que desencadena la infiltración por los mismos en el músculo esquelético, originando una respuesta inflamatoria⁶⁰.



From **Protein Structure and Function**
by Gregory A Petsko and Dagmar Ringe



Por tanto, el daño de la célula muscular, se acompaña de un estado inflamatorio que además de condicionar cambios histológicos, desencadena un deterioro del funcionamiento de las fibras musculares.

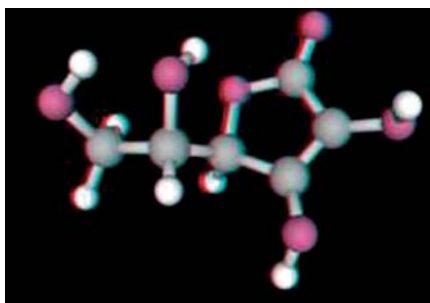
Partiendo de estas premisas, es fácil comprender la importancia de disponer de unos mecanismos antioxidantes adecuados, capaces de proteger eficazmente al organismo de la agresión que supone al propio ejercicio físico, sobre todo, cuando es intenso.

B.1 Vitaminas

Entre los principales agentes antioxidantes de naturaleza vitamínica, destacan fundamentalmente las vitaminas C y E, y los beta-carotenos.



• *Vitamina C o ácido ascórbico*^{62, 63, 64, 65, 66, 67, 68.}



La vitamina C, se considera uno de los agentes eliminadores de radicales libres más potentes a nivel plasmático, citosólico y de otros compartimentos acuosos.

No obstante, también existen estudios que cuestionan su papel antioxidante^{69.}

Otras de las funciones de esta vitamina son:

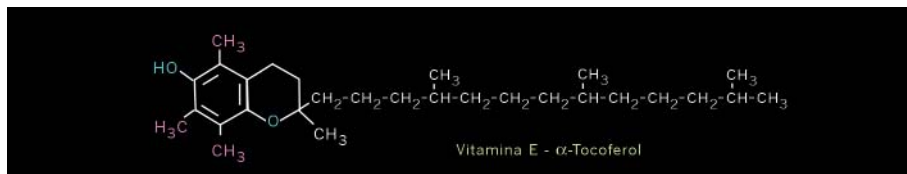
- Síntesis de colágeno, de gran importancia para la formación y mantenimiento de tejidos como el conjuntivo.
- Incremento de la resistencia capilar.
- Síntesis de proteínas y de cartílago, fundamentales para el aparato locomotor.
- Participación en la producción de energía.
- Participación en la formación carnitina, catecolaminas y hormonas esteroideas.

- Intervención en el proceso de absorción de hierro procedente de la dieta.
- Intervención en la cicatrización de las heridas y en los procesos alérgicos.

Esta vitamina, tiene una acción sinérgica con la vitamina E (reduce la forma oxidada de la vitamina E), pero en dosis masivas y en presencia de niveles elevados de hierro oxidado (Fe^{3+}), puede actuar como agente prooxidante, por ello es conveniente valorar la ferritina sérica siempre que se consuman megadosis de vitamina C.

Se encuentra en la fruta fresca, zumos de frutas y ensaladas de vegetales que se comen en crudo.

• *Vitamina E o alfa-tocoferol*⁷⁰



El alfa tocoferol, es una vitamina liposoluble que se encuentra en el plasma y en los glóbulos rojos, aunque realmente es en la membrana celular donde su estado es más activo.

Se considera uno de los principales antioxidantes inhibidores de la peroxidación lipídica de las membranas celulares. La mayor fuente de vitamina E son los aceites vegetales obtenidos por presión en frío, el germen de trigo y los cereales integrales. Aunque la mayoría de los estudios aceptan su efecto antioxidante, existen también algunos que han cuestionado su efectividad en la atenuación del daño oxidativo producido en las membranas celulares, al menos en ejercicios de fuerza⁷¹.

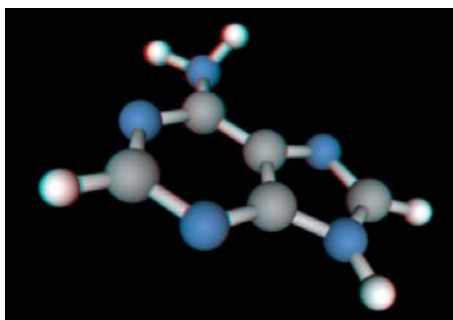
En deportistas de resistencia, se han observado disminuciones de los niveles plasmáticos de vitamina E en relación a sujetos sedentarios, por ello, suelen recomendarse dosis de 150 mg/día, en períodos de entrenamiento más intenso, sin sobrepasar los 800 mg/día por interferir en la absorción de vitamina A. Se ha comprobado que un estado deficitario de vitamina E, es capaz de incrementar la fatiga y deteriorar las propiedades contráctiles del músculo⁷².

Entre las funciones principales de esta proteína destacan:

- Protección de las membranas celulares contra los radicales libres.
- Estimula la respuesta inmunológica.
- Regula los factores inflamatorios.
- Ayuda a la producción de la energía celular.
- Mejora la respuesta hormonal.
- Evita la oxidación de grasas circulantes en sangre.
- Algunos estudios también han logrado demostrar la reducción de la incidencia de infarto de miocardio en pacientes afectos de aterosclerosis coronaria sintomática^{73, 74}.

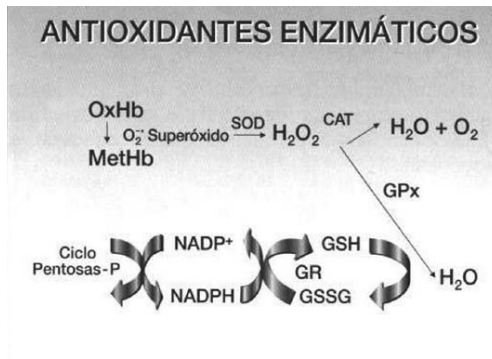
El efecto antioxidante de la vitamina E continua en estudio en relación con el estrés oxidativo inducido por el ejercicio (Fillmore CM 2000), aunque su administración a maratonianos no minimiza los efectos de dicha carrera. Actualmente se investiga la posible sinergia entre las vitaminas C y E como antioxidantes en deportistas.

• *Beta-carotenos o pro vitamina A*^{75, 76}.



El precursor de la vitamina A, actúa como un agente antioxidante, protegiendo las membranas lipídicas celulares de las reacciones tóxicas de la peroxidación.

Se encuentra fundamentalmente, en frutas de color amarillo y anaranjado, y en las partes verdes de las plantas. Si bien la ingesta de betacarotenos no conlleva riesgos, la ingesta excesiva de vitamina A puede ser tóxica (hepatotóxica). Hay estudios que preconizan la suplementación con vitaminas A y C en deportes de equipo cuyos integrantes viven fuera de sus casas y hacen una alimentación poco casera como el de Schroeder realizado en el año 2000.



B.2 Minerales^{77, 78, 79}

La importancia de los minerales como agentes antioxidantes, radica básicamente en su propiedad para intervenir en la síntesis de determinadas enzimas antioxidantes (catalasa, glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa, etc.)

Entre los minerales con acción antioxidante, se encuentran el selenio, el zinc, el magnesio, el cobre y

el hierro:

- Selenio⁸⁰. Interviene en la formación de la enzima antioxidante glutatión peroxidasa, complementando la acción de la vitamina A como antioxidante. Puede llegar a ser potencialmente tóxico, por lo que no se recomienda superar la dosis de 150 mg/día.
- Zinc⁸¹. Los estados carenciales de zinc, pueden producirse en situaciones de estrés mantenido, siendo frecuente también, en dietas fundamentalmente a base de cereales. Su deficiencia se ha relacionado con anomalías del sistema inmune.
- **Magnesio**. Desempeña un papel fundamental en muchas reacciones enzimáticas, y sobre todo, en aquellas en las que interviene especialmente el ATP, está vinculado a la síntesis proteica, participando también en los procesos de transmisión neuromuscular. El propio ejercicio, suele conducir a una depleción de magnesio como consecuencia de la secreción sudoral. Su efecto, más que ergogénico, podría considerarse facilitador de la recuperación de la excitabilidad neuronal. Está indicado especialmente en contracturas musculares o calambres asociados a esfuerzos intensos y mantenidos, o cuando su aporte a través de la dieta se considera insuficiente.
- Cobre. Entre sus funciones fisiológicas más importantes destacan: el desarrollo y la integridad del sistema cardiovascular⁸² y del sistema esquelético, la función eritropoyética, la participación en mecanismos inmunes, y el mantenimiento de la estructura y función del sistema nervioso. El cobre distribuido mayoritariamente en el músculo, participa en la protección contra los oxidantes, y en la síntesis de catecolaminas y melatonina, que a su vez desempeña un importante papel en la recuperación hidrocarbonada¹⁴.

- Hierro. Con el ejercicio, aumentan las demandas de hierro, que si no son atendidas adecuadamente, pueden desembocar en un estado de ferropenia^{83, 84}. La denominada anemia del deportista, hace referencia a una deficiencia de hierro orgánico, siendo sus causas más frecuentes, la insuficiencia del aporte alimentario, la disminución de la absorción de hierro (con el ejercicio se dificulta la absorción al incrementarse el peristaltismo), la disminución de la disponibilidad de hierro, y las pérdidas aumentadas (por la hemoglobina y mioglobina, y por el sudor)^{85, 86, 87}.

B.3 Factor inhibidor de la leucemia (LIF)

Es una citoquina capaz de aumentar la velocidad de regeneración muscular tras un proceso inflamatorio. Algunos estudios realizados con animales en el Melbourne Neuromuscular Research Centre, han demostrado que los animales lesionados que eran tratados con LIF, poseían unas fibras musculares, entre un 85 y un 132% mayores a los no tratados. No obstante, las investigaciones hasta el momento, no han resultado totalmente concluyentes⁸⁸.

B.4 Carnosina^{89, 90}

La carnosina, es un dipéptido compuesto de beta-alanil-L-histidina, con sus puestas acciones antiinflamatorias y antioxidantes. Su utilización en procesos algícos o inflamatorios musculares leves, parece eficaz, pero aún no se dispone ningún estudio concluyente al respecto. A este respecto hay que señalar que su utilización en los casos de inflamación y/o dolor muscular leve, parece prometedora, pero en cualquier caso aún no existe ningún estudio concluyente al respecto y además los preparados comerciales no tienen efectos in vivo.

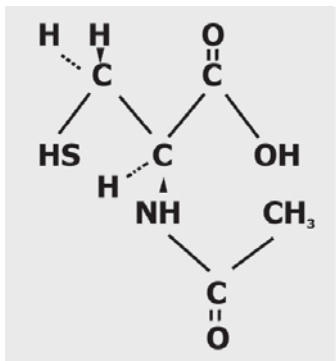
B.5 Ciwujia (Endurox®)

La Ciwujia (*Radix Acanthopanax sensicosus*) es una planta milenaria procedente de China, empleada tradicionalmente por la medicina oriental, para disminuir la fatiga y para mejorar el funcionamiento del sistema inmune. En el deporte, ha sido utilizada fundamentalmente por montañeros, para incrementar el rendimiento en condiciones de hipoxia (incrementa la oxigenación muscular).



Un estudio realizado en el Instituto de Nutrición e Higiene de la Academia de Medicina Preventiva de Beijing, China, demostró los efectos de esta sustancia sobre la optimización del consumo de oxígeno, el incremento las reservas de glucógeno musculares, y la mejora del rendimiento (sobre todo en ejercicios de resistencia), en un grupo de varones de edades comprendidas entre 50 y 57 años⁹¹.

B.6 N-acetil-L-cisteína



La N-acetil-cisteína (NAC), es un compuesto tiónico derivado del aminoácido azufrado cisterna con acción antioxidante (intermediario de la conversión de la cisteína en glutathion) y como fluidificante del moco, siendo empleado habitualmente en clínica, en procesos de hipersecreción mucosa, en intoxicación por paracetamol, en distrés respiratorio, y en estados de inmunodeficiencia humana por infección vírica.

Su utilidad en el mundo del deporte, deriva tanto de sus propiedades antioxidantes⁹² directas (por interaccionar con los radicales libres), como indirectas (por ser precursor de la síntesis de glutathion).

Se ha comprobado en animales de laboratorio, que la S-Adetil-cisteína es capaz de revertir hasta en un 75 %, la depleción mitocondrial de glutathion, y aumentar la velocidad de almacenamiento del mismo¹⁴.

Algunos estudios han demostrado que la NAC atenúa el daño oxidativo producido por los neutrófilos en respuesta al ejercicio, pero no se han evidenciado modificaciones en el intercambio de gases durante el mismo⁹³.

A pesar de todo nadie aún ha demostrado alguna acción claramente ergogénica.

B.7 Bioflavonoides

Los flavonoides (antigua vitamina P) constituyen un extenso grupo de compuestos fenólicos, por lo general insolubles en agua, y ampliamente distribuidos en el reino vegetal, responsables de algunas de las características de frutas y verduras (color, sabor, aroma, etc.).



Se ha preconizado su utilización en el deporte por sus dos acciones más significativas:

Disminución de la fragilidad capilar⁹⁴, hecho muy importante en deportistas sometidos a grandes e intensos entrenamientos, al evitar la lisis de hemáties y la pérdida de hierro.

Efecto antioxidante⁹⁵, evitando los daños por formación de radicales libres de oxígeno.

Los flavonoides se pueden clasificar en:

- Flavonas (poco abundantes, se encuentran en el pimiento rojo y apio)
- Flavonoles (quercetina en cebollas)
- Isoflavonas (soja)
- Antocianinas (cerezas, moras, fresas)
- Proantocianidinas (responsables del poder astringente de los alimentos, generalmente asociados a catequinas- chocolate, té, vino tinto, manzana, peras...)
- Flavononas (hesperidinas en las naranjas)

B.8 Picnogenol



El picnogenol es un antioxidante natural extraído de las cortezas de determinadas coníferas (*Pinus pinnaster*), de plantas leñosas, y de una variedad de uva (*Vitis vinífera*)

Sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e inmunomoduladoras han sido bien documentadas^{96, 97, 98}. Incluso, algunos estudios han demostrado su capacidad para mejorar el perfil lipídico (disminuye los niveles de LDL-colesterol de forma significativa, pudiendo incluso incrementar las concentraciones de HDL-colesterol)⁹⁹.

B.9 Ácido alfa-lipoico

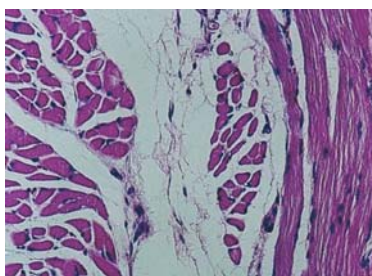
El ácido alfa-lipoico es un aminoácido no esencial, que actúa como coenzima en un gran número de reacciones que tienen lugar en el organismo. Posee funciones muy similares a las del complejo vitamínico B (metabolismo de HC, proteínas y grasas). También se le viene atribuyendo desde hace cierto tiempo, una acción antioxidante importante^{100, 101, 102, 103, 104, 105}. Su buena hidrofiliabilidad, le permite actuar en cualquier lugar del organismo.

Forma parte de diversos complejos multienzimáticos localizados en la mitocondria, y es muy importante en la metabolización de carbohidratos, proteínas y grasas para la obtención de energía (ATP).

Algunas investigaciones han sugerido también, su capacidad para inducir linfocitosis sanguíneas a nivel periféricas¹⁰⁶.

C) ALMACENADORES DE FOSFÁGENOS

Creatina¹⁰⁷



La creatina es un compuesto nitrogenado que tras ser sintetizado por diversos órganos, es transportado al músculo esquelético, donde se fosforila para producir fosfocreatina.

En reposo, aproximadamente un 60% de la creatina muscular, se encuentra en forma de fosfocreatina¹².

También se toma en pequeñas cantidades con las proteínas de origen animal (200 mg / 100 gramos de carne).

La disponibilidad de FCr constituye un importante factor limitante para los ejercicios **breves e intensos**, ya que su depleción reduce la resíntesis de ATP. Sin embargo, su efecto beneficioso no sólo se debe a una resíntesis de ATP más rápida, sino también, a su capacidad para tamponar los iones hidrógeno intracelulares, retrasando de esta forma, la fatiga muscular.

La creatina se utiliza frecuentemente como agente ergogénico, para inducir mejoras en la fuerza muscular. Su administración como monohidrato de creatina a dosis de saturación (20-25 gramos /día durante 5 ó 6 días), y de mantenimiento (a razón de 2-4 g/día), ha demostrado ser eficaz para incrementar el contenido muscular de creatina en un 20% y de éste, aproximadamente el 20% en forma de fosfocreatina¹⁴.

Su uso puede estar debidamente justificado en deportistas vegetarianos que practiquen modalidades con un marcado componente anaeróbico y que conlleve un aumento de la acidez muscular, por su efecto tampón.

También está indicada en deportes de resistencia, su administración simultánea con carbohidratos, incrementa la concentración de fosfofeatina, reduciendo en un 50% su excreción urinaria como creatinina, un hecho, que se ha atribuido a su capacidad para estimular la acción insulínica.

La respuesta a la suplementación dependerá de factores individuales y de los niveles iniciales de creatina en el músculo (mayor beneficio en los sujetos

con depósitos bajos). De cualquier forma, la suplementación con creatina suele ser más útil en deportistas con dietas vegetarianas, y en deportes de tipo fundamentalmente explosivo. En los deportes de larga duración, los resultados no son concluyentes.

Se han descrito diversos efectos adversos ligados al consumo de creatina: la ganancia de peso^{108, 109, 110} es uno de los más frecuentes, considerándose otro, el síndrome compartimental (por incremento de la presión en el compartimento muscular). También se ha descrito recientemente, un caso de rabdomiolisis¹¹¹. También su consumo excesivo puede implicar un riesgo renal (Pritchard y col 1998); así mismo parece tener un efecto cancerígeno, bien por facilitar la formación de aminoácidos aromáticos, bien por favorecer el crecimiento tumoral. Sin embargo en ninguno de los estudios realizados hasta la actualidad, se ha demostrado otras alteraciones salvo algunas gastroenteritis, calambres musculares, pérdida del apetito y otras molestias menores. En niños deportistas está desaconsejado.

D) INMUNOMODULADORES¹¹²

El ejercicio físico conlleva una serie de demandas sobre el organismo, dependientes de la forma, intensidad y duración de la actividad realizada. Estos cambios, repercuten profundamente sobre la capacidad de respuesta inmune del deportista, condicionando consecuentemente, su rendimiento físico.

Cuando la actividad física es intensa, y sobre todo, cuando supone una proporción considerable de contracciones excéntricas, se induce toda una serie de respuestas inflamatorias transitorias en los músculos ejercitados. Esta inflamación responde a microtraumatismos musculares, y participa en los procesos de reparación, hipertrofia y angiogénesis muscular secundarios al ejercicio. Por tanto, la inflamación, puede considerarse un proceso esencial en la adaptación del músculo al ejercicio. No obstante, la repetición de reacciones inflamatorias intensas, provocada por cargas diarias excesivas de entrenamiento, puede provocar una afectación inflamatoria local recurrente, responsable de dolores musculares importantes, y de disminuciones ostensibles en el rendimiento físico.

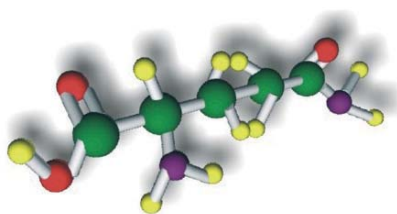
Además, la elevación de la demanda de oxígeno que supone la realización de una actividad física, determina un incremento paralelo en la producción de radicales libres, que pueden iniciar, ampliar o perpetuar el proceso inflamatorio y el daño muscular producidos.

Los acontecimientos más precoces, suelen ir dirigidos hacia el reclutamiento local de leucocitos. Las primeras células en infiltrar la lesión son los neutrófilos, seguidos de los monocitos y macrófagos, que sintetizan una gran cantidad de factores inflamatorios, entre los que se incluyen las citoquinas (interleucina 1, interleucina 6 y factor de necrosis tumoral alfa), considerándose la interleucina 6 el parámetro más frecuentemente elevado, tras contracciones musculares excéntricas.

D.1 Glutamina^{113, 114}

Se trata de un aminoácido no esencial y el más abundante del organismo, que estimula la enzima glucógeno sintetasa, por lo que es de gran utilidad en modalidades deportivas de resistencia. Las células con un más alto nivel del consumo de glutamina son las del sistema inmunitario, las del intestino delgado y las renales. Cuando descienden sus niveles plasmáticos, el organismo utiliza las reservas musculares, con la consiguiente ligera pérdida de proteínas musculares, por lo que niveles sanguíneos bajos de glutamina se asocia a ligeras pérdidas de proteínas musculares.

La adición de glutamina a medios de cultivo adecuados, es capaz de inducir incrementos de las células Lynphokine activated Killer (LAK).



En maratonianos, se ha comprobado que la ingestión de soluciones de agua con glutamina (5 gr de L-Glutamina por cada 330 ml de agua) puede mejorar sensiblemente la resistencia a las infecciones, por sus efectos beneficiosos sobre la función de las células inmunes.

Sin embargo, aunque no existen evidencias experimentales firmes que puedan precisar qué aspecto del sistema inmune es modificado por la ingesta de glutamina durante el estado de inmunodepresión transitoria que sucede después de un ejercicio físico intenso, parece ser que son los neutrófilos las principales células implicadas.

En un estudio realizado sobre 16 maratonianos, se encontraron niveles bajos de LAK, pero la administración de glutamina (4 dosis de 100 mg/Kg inmediatamente después de la carrera, y a los 30, 60 y 90 minutos de la finalización de la misma) no evidenció un efecto palpable sobre los leucocitos sanguíneos.

D.2 Echinácea

La **echinácea** es una planta, a la que se le han atribuido propiedades beneficiosas sobre el sistema inmune, utilizándose frecuentemente en el tratamiento de enfermedades infecciosas de origen vírico (gripe y otras enfermedades de las vías respiratorias).



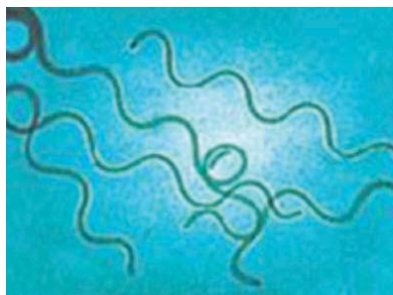
Algunos extractos poseen también, actividad cicatrizante de heridas.

Hasta el momento, no se dispone de ningún estudio científico riguroso que haya podido demostrar tal aseveración.

En un metaanálisis de Melchart D y col 2000, se dedujo la no existencia de evidencias concretas de su acción, aunque si parece haber evidencias de un efecto positivo en infecciones respiratorias.

D.3 Espirulina^{115, 116, 117}

Se trata de un alga verde rica en proteínas de bajo valor biológico, al que se le han atribuido propiedades inmunomoduladoras, hipocolesteromiantes, antimutagénicas, y antivirales, entre otras; aunque ninguna de ellas, ha podido ser verdaderamente demostrada en el ser humano.



Se ha venido utilizando frecuentemente, como suplemento dietético en regímenes de adelgazamiento (debido a la acción saciante producida por su alto contenido en mucílagos y en proteínas). No obstante, su empleo también es relativamente frecuente en el ámbito deportivo, por su riqueza en micronutrientes.

D.4 Inmunoférón

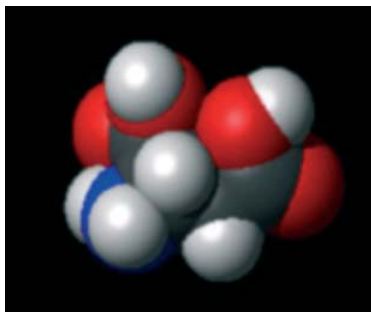
Se trata de un fármaco desarrollado en España (laboratorios Cantabria) con una supuesta acción inhibitoria de la respuesta inflamatoria en procesos infecciosos.

E) ANTIFATIGANTES

E.1 Aspartatos^{118, 119, 120}

Los aspartatos de potasio y magnesio, han sido utilizados en la clínica médica, para el tratamiento de la fatiga que acompaña a ciertas enfermedades. El aspartato es un aminoácido dicarboxílico no esencial utilizado para reducir la concentración de amonio.

El empleo de estas sustancias en el mundo del deporte, se fundamenta en la propiedad que poseen para convertir el ion amonio (uno de los agentes causantes de fatiga por su efecto tóxico celular) en urea, en las reducciones del lactato plasmático que son capaces de inducir, y en sus efectos favorables sobre el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, al incrementar la utilización de ácidos grasos libres para la producción de energía, ahorrando de esta forma, glucógeno muscular.



Parece ser que dosis mayores de 7 gramos al día, ingeridas 24 horas antes de un ejercicio de resistencia, pueden mejorar el rendimiento en personas no entrenadas. No obstante, este beneficio no parece afectar de forma muy evidente a sujetos entrenados.

E.2 Cafeína^{121, 122, 123, 124, 125}

La cafeína es una sustancia que se encuentra presente en múltiples productos alimenticios (café, té, cacao, chocolate, colas, guaraná). Su consumo, se encuentra muy extendido en el mundo occidental, gozando también de una gran aceptación en la esfera deportiva.

Sus propiedades ergogénicas, han quedado ampliamente demostradas, tanto en ejercicios prolongados de resistencia, como en actividades físicas intensas y de corta duración .

En el primero de los casos, los beneficios derivan fundamentalmente de la movilización de ácidos grasos inducida por un incremento en los niveles de adrenalina circulantes, y del retraso consecuente en la utilización de los carbohidratos.



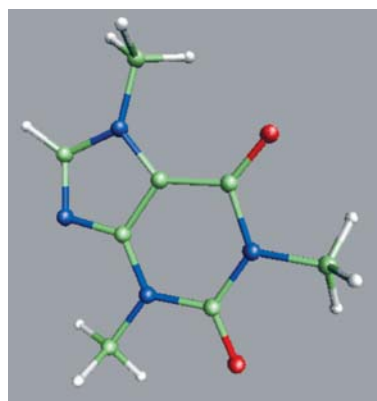
En las actividades físicas intensas y cortas, las ventajas, vienen ligadas a una mejora de la propagación de los impulsos nerviosos, y a diversos efectos a nivel muscular: actuación sobre las ATP asas de sodio y potasio, e incremento en la afinidad de los miofilamentos por el calcio, favoreciendo también la liberación del mismo desde el retículo sarcoplásmico.

Además, su acción directa sobre el sistema nervioso central, disminuye la percepción subjetiva de esfuerzo realizado¹²⁶.

Las dosis administradas dependen de la tolerancia individual, estando comprendido su margen legal, entre 3 y 9 mg/Kg de peso, unas cifras, que

pueden ser suficientes para incrementar significativamente el tiempo de un ejercicio hasta el agotamiento (al 80% del VO_2 max).

Dosis superiores a 9 mg/Kg de peso, pueden incrementar las concentraciones en orina, por encima de los 12 microgramos/ml, parámetro que constituía el límite legal permitido, circunstancia hoy en día abolida, dado que la cafeína ha desaparecido de las listas de sustancias prohibidas.



Ingestas por encima de las recomendadas, podrían aproximar los niveles plasmáticos al rango tóxico, con consecuencias muy deletéreas para la salud¹²⁷: problemas gastrointestinales, insomnio, irritabilidad, incremento de la presión arterial, y alteraciones en la termorregulación (por su efecto diurético), incrementos en los niveles de LDL colesterol, taquicardias, arritmias y dependencia.

En los últimos años, se ha resaltado el impacto que parece ser tiene la herencia, en el consumo, intoxicación, tolerancia y síndrome de abstinencia a la cafeína. Esta conclusión, se ha basado en estudios realizados con gemelos monocigóticos y dicigóticos (Kendler, American journal of Psychiatry, 1999)¹²⁸.

Finalmente cabe señalar que la bebida comercial “Red Bull Energy Drink”, compuesta de taurina, cafeína y glucuronolactona, parece tener efecto ergogénico (Alford C y col 2001), aunque la [Health and Consumer Protection](#) de la Unión Europea, no recomienda su consumo por carecer de estudios sobre sus efectos, habiéndose comprobado incluso cambios en la contractilidad cardíaca tras su consumo.

E.3 Ginseng^{129, 130, 131, 132}

El ginseng es un extracto de raíces con potentes propiedades estimulantes (razón por la que ha sido utilizado frecuentemente como tónico para reducir la fatiga), que han sido parcialmente eliminadas en los preparados comerciales, para evitar incurrir en las listas de sustancias prohibidas por el COI. Los principios activos, similares a las saponinas, se denominan ginsenósidos.



La influencia ergogénica parece deberse al incremento del consumo máximo de oxígeno, y a la disminución de la frecuencia cardíaca, de los niveles de lactado sanguíneo, y de la percepción subjetiva de esfuerzo para una misma intensidad de ejercicio.

También se han observado aumentos de la hemoglobina y reducciones de la enzima láctico-deshidrogenasa, posiblemente por una mejora del metabolismo aeróbico (una metabolización menor de carbohidratos y mayor degradación lipídica). No obstante, algunos estudios han cuestionado su eficacia como ayuda ergogénica, quizá por las bajas dosis empleadas (inferiores a 400 mg/Kg), o por el reducido tiempo de administración. Parece ser que posee una acción anabolizante al aumentar la síntesis proteica.

En humanos, un estudio realizado a doble ciego, demostró sus efectos beneficiosos sobre la oxigenación muscular. Recientemente, también se han reconocido sus efectos antioxidantes, al activar un gen relacionado con la producción de la enzima antioxidante superóxido dismutasa.

Sin embargo su eficacia en el deporte no ha sido demostrada.

E.4 Eleuterococo (Ginseng siberiano, Ciwujia en China y Endurox en EE.UU)

A las raíces del **eleuterococo** (*acanthopanax senticosus*), les han sido atribuidas diversas propiedades¹³³:

- Inmunomoduladora, estimulando in vitro la fagocitosis de leucocitos, e induciendo in vivo la producción de interleucina-1 e interleucina-6.
- Antiviral.
- Antioxidante.
- Endocrina.

Hasta el momento, no existen estudios que hayan demostrado un verdadero efecto ergogénico¹³⁴. Entre los efectos adversos se han descrito casos de hipertensión, diarreas y erupciones cutáneas¹³⁵.



E.5 Té verde¹³⁶

El te verde, está constituido por las hojas de *Camelia Sinensis*, que tras la recolección, son estabilizadas mediante vapor de agua a presión, evitando la oxidación enzimática.



Entre sus principios activos se incluyen bases xánticas (fundamentalmente cafeína), catequinas y teaflavinas.

La cafeína es un estimulante del sistema nervioso central, que se une a los receptores adenosínicos. Aumenta el estado de vigilia y posee un efecto ergogénico sobre el rendimiento físico (aumenta la capacidad de realizar esfuerzo físico), es un agente inotrópico positivo, vasodilatador periférico, y vasoconstrictor craneal, por ello, se ha utilizado como agente antimigrañoso. También ha demostrado estimular el centro respiratorio.

A las catequinas se les han atribuido acciones antioxidantes y quimiopreventivas en diferentes patologías cancerígenas.

Las teaflavinas han demostrado propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e inmunomoduladoras

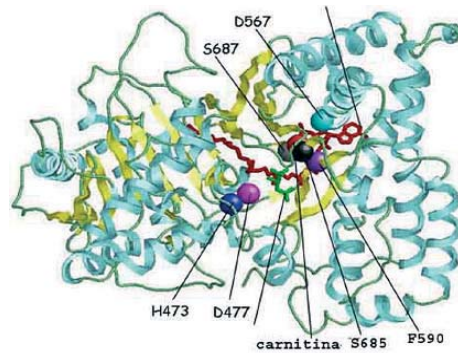
En un estudio realizado por el Dr. Abdul G. Dulloo, de la Universidad de Ginebra, se cuantificó el gasto energético del organismo, tras la ingesta de te verde, café y placebo, observándose en aquellos sujetos que habían tomado te, un cociente respiratorio mayor que en el resto.

Debido al alto contenido en polifenoles, se concluyó que la causa podría ser la inhibición del enzima catecol O-metiltransferasa, lo que podría sugerir su papel en la termogénesis.

No existe ningún estudio serio sobre su utilidad en el deporte. Su acción, en definitiva, es como la del resto de antioxidantes, con el matiz de su efecto ergogénico similar a la cafeína por la presencia de la teína.

F) QUEMADORES DE GRASAS

F.1 L-Carnitina^{137, 138, 139, 140, 141, 142, 143}



La L-Carnitina es una molécula cuyo posible efecto ergogénico, deriva de su participación sobre el metabolismo de los ácidos grasos.

Es necesaria para la transferencia de los ácidos grasos de cadena media, hacia el interior de las mitocondrias.

Hasta el momento, no se dispone de estudios serios que demuestren aumentos del consumo máximo de oxígeno, mejoras en la oxidación de ácidos grasos in vivo, ahorros de glucógeno, o retrasos en la aparición de la fatiga.

Por otra parte, se sabe que una ingesta adecuada de proteínas de alto valor biológico, suministra la suficiente cantidad de lisina y metionina para sintetizar la carnitina necesaria para el transporte de ácidos grasos al interior de la mitocondria.

Tras múltiples investigaciones, no se ha llegado a un consenso que admita que los deportistas de grandes distancias necesiten un aporte exógeno de carnitina.

F.2 Piruvato

Es una molécula formada durante el metabolismo de la glucosa, encontrándose también presente en pequeñas cantidades, en ciertos frutos y vegetales (manzanas rojas) y algunos quesos, vinos y cervezas.

complejo multienzimático PDH



Suele administrarse junto a dihidroxiacetona a dosis de 100 gramos al día, durante 7 días. Existen algunas evidencias que han demostrado sus beneficios sobre la resistencia aeróbica (mayor eficacia en la extracción muscular de glucosa) modificando la percepción subjetiva del esfuerzo físico realizado.

Sin embargo, estas conclusiones no se consideran totalmente válidas, ya que los estudios, se

han efectuado en sujetos no entrenados¹⁴⁴.

En un estudio reciente de Van Schuylenbergh R y colaboradores en el que se asocia a la creatina, parece que existe un efecto ergogénico.

F.3 Catecol AR25

Se trata de un nuevo fármaco adelgazante, procedente de *Camellia sinensis*, que parece mostrar una buena tolerancia, y escasos efectos secundarios (Dr. Miguel Angel Rubio. Hospital Clínico de Madrid).

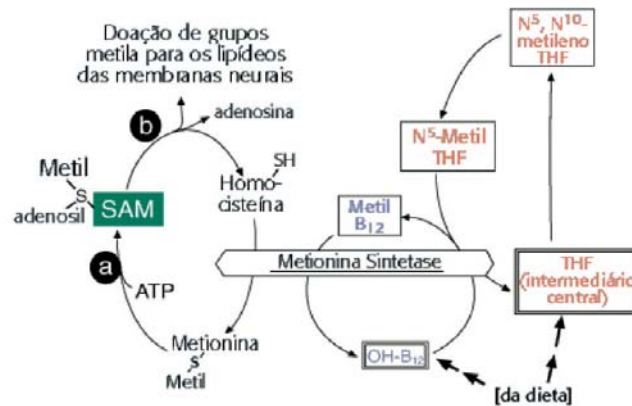
Este extracto, posee un contenido más o menos constante en derivados pofenólicos (representados fundamentalmente por galato de epigallocatecol), y una cantidad de cafeína que oscila entre un 5 y un 10 %.

Un estudio llevado a cabo por un laboratorio francés, puso de manifiesto su efectividad en la pérdida de peso, postulando una doble acción: estimulación de la termogénesis (aumenta la oxidación natural de las grasas en un 40%), e inhibición de la absorción de las grasas procedentes de la alimentación, de ahí su posible utilidad en el tratamiento de la obesidad¹⁴⁵.

No obstante, la información disponible hasta el momento, es escasa, y puesto que la mayor parte de los datos proceden de investigaciones promovidas por laboratorios involucrados en la comercialización del producto, estos resultados, deben ser aceptados momentáneamente con cierta cautela.

G) DONADORES DE METILO

S-Adenosilmetionina



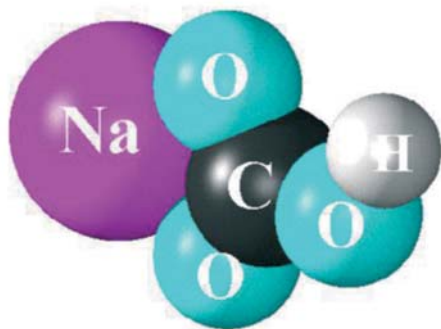
Los grupos metilo (CH₃) son radicales monovalentes derivados del metano, que intervienen en la biosíntesis de la creatina y de los ácidos nucleicos. Los donadores de metilos son muy numerosos, siendo los más conocidos la colina, la betaína o trimetilglicina, la dimetilglicina, la sarcosina o N-metilglicina, la metionina y la S-Adenosilmetionina.

La S-Adenosil-L-Metionina es una molécula endógena, precursora del glutathione, la taurina y la cisteína. Actúa como donante de grupos metilo a hormonas, fosfolípidos, neurotransmisores, y diversos fármacos, desempeñando un papel esencial en la fluidez de las membranas celulares. También es precursora del glutathione reducido. Parece ser que esta sustancia, administrada de forma exógena, es capaz de prevenir la colestasis inducida por el ejercicio físico extenuante, evitando la reducción de flujo de bilis y la inhibición de la secreción de ácidos biliares¹⁴⁶.

En el deporte, se han utilizado fundamentalmente la lecitina y la Dimetilglicina (DMG) con resultados muy pobres¹⁴⁷. La DMG es el componente activo del ácido pangámico o vitamina B₁₅, una sustancia que fue muy utilizada en tiempos pasados, por los deportistas olímpicos soviéticos. Sin embargo, los trabajos publicados no reúnen los requisitos exigibles para poder ser considerados realmente científicos. De todas formas, el empleo del ácido pangámico o de DMG no es muy aconsejable, debido a su escasa incidencia demostrada sobre el rendimiento deportivo, y a la formación de nitrosarcosina, un importante agente carcinógeno (este último efecto fue observado en animales de laboratorio).

El ácido pangámico fue descubierto en el año 1938, calificándose como una sustancia natural con múltiples funciones biológicas y médicas, introduciéndose en el mercado mundial como estimulante de la respiración celular. Un producto sintético de esta sustancia, el dicloroacetado de diisopropilamonio, también ha sido utilizado con indicaciones similares. Entre las funciones biológicas, destacan la inhibición de lipoproteínas de baja densidad dependiente de cobre, debida a la quelación de este metal y al aumento del consumo de oxígeno a elevadas dosis de DIPA^{147, 148}.

H) AGENTES ALCALINIZANTES



Bicarbonato y citrato sódico^{149, 150}

La utilización tanto de bicarbonato como de citrato sódico, podrían resultar de cierto interés en actividades deportivas con un metabolismo energético fundamentalmente de tipo anaeróbico láctico (de corta duración, intermitentes con breves periodos de reposo).

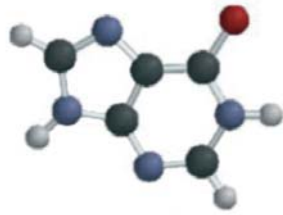
Los beneficios de su acción derivan de la capacidad que poseen estas sustancias alcalinizantes, para tamponar la acidez producida por el aumento de los niveles de ácido láctico, retrasando así, la aparición de fatiga.

Aunque sus efectos sobre el rendimiento, varían de forma individual y en función de la dosis, se ha comprobado que las mejoras son más evidentes en esfuerzos de alta intensidad, y de duración comprendida entre 1 y 7 minutos. Esta acción, parece ser dosis-dependiente, manifestándose de forma más evidente a partir de cantidades comprendidas entre 0.3 y 0.4 g/Kg (unos 20-30 gramos por término medio), cuando son tomadas entre 60-90 minutos antes del ejercicio.

El consumo de estas sustancias puede asociarse a efectos secundarios tales como vómitos, diarreas, arritmias, apatía, irritabilidad, y espasmos musculares.

I) SUSTANCIAS VARIAS

I.1 Inosina^{151, 152}



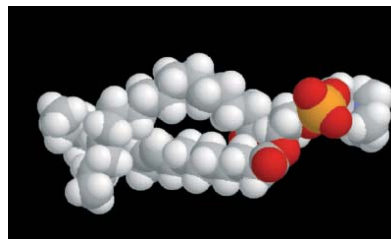
Inosina (grigio=carbonio, blu=azoto
bianco=idrogeno, rosso=ossigeno)

La inosina es un nucleósido relacionado con la formación de bases púricas como la adenina. Se ha sugerido su utilidad en el mundo del deporte, por la supuesta capacidad de incrementar los niveles de ATP muscular, con los beneficios consecuentes para el metabolismo energético. También parece incrementar la utilización de oxígeno, por su incidencia sobre el metabolismo de los eritrocitos.

Sin embargo, no hay ningún estudio serio que apoye tal afirmación, y además, se sabe que el exceso de inosina no se transforma en adenina, sino en ácido úrico, que posteriormente puede favorecer la formación radicales libres, por la acción de la enzima xantina oxidasa, abundante en hígado e intestino delgado¹⁵³.

I.2 Colina

La colina es una amina, constituyente de los fosfolípidos de alimentos de origen vegetal y animal, encontrándose en forma libre en alimentos como coliflores y lechugas, y como lecitina en huevos, hígado y soja. Otros alimentos ricos en colina son la yema de huevo (1.700 mg de colina/100 g), y los cereales (100 mg de colina/100 g).

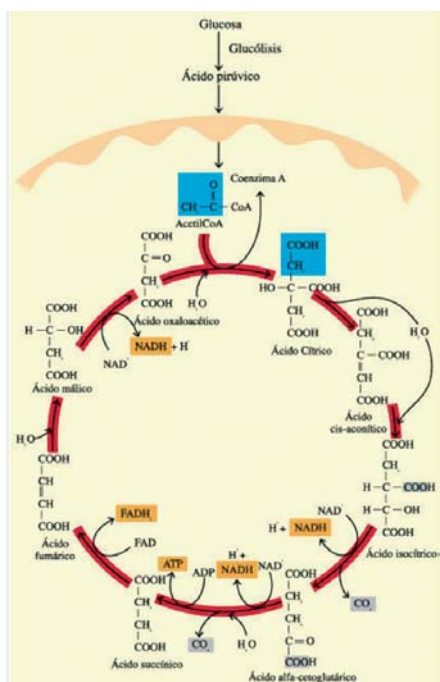


Su amplia distribución en la alimentación, hace bastante infrecuentes los estados deficitarios en el organismo.

Es un precursor de la acetilcolina (neurotransmisor de la unión neuromuscular), y de la fosfatidilcolina (componente de las lipoproteínas implicadas en el transporte de lípidos).

Su utilidad en el ámbito deportivo, podría derivar de las mejoras en la fuerza, y de su efecto modulador en la ejecución física y mental, probablemente por un incremento en la síntesis y liberación de acetilcolina a nivel de la unión neuromuscular. Otro de los mecanismos de acción, podría estar relacionado con el hecho de constituir una fuente de grupos metilo lábiles para la síntesis de otros productos metilados. No obstante, no existen estudios que hayan podido justificar convenientemente su eficacia como ayuda ergogénica¹⁵⁴.

I.3 Coenzima Q10



El coenzima Q₁₀, también denominado ubiquinona, participa en la producción de ATP, como intermediario de la cadena transportadora de electrones.

Hasta el momento, existen muy pocos estudios científicos, que hayan podido avalar sus efectos beneficiosos en el rendimiento deportivo.

Algunas investigaciones, han demostrado que aunque la administración oral de ubiquinona se manifiesta en elevaciones de sus concentraciones sanguíneas, no posee efectos beneficiosos significativos en deportistas de resistencia, sobre el consumo de oxígeno, los umbrales de compensación respiratoria, los niveles de lactato sanguíneo, la frecuencia cardiaca o la presión arterial¹⁵⁵.

Uno de los escasos trabajos que argumentan la utilidad de esta sustancia como ayuda ergogénica, hace referencia a sus efectos antioxidantes¹⁵⁶.

I.4 Polen de abeja

El polen es un polvo muy fino, producido por los órganos masculinos de las flores, para la fecundación de las células reproductoras femeninas.



Desde el punto de vista bioquímico, los granos de polen están constituidos por una gran variedad de elementos esenciales tales como aminoácidos, vitaminas, minerales (potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo, cobre, etc.), proteínas (35%), carbohidratos (50%) y grasas (5%).

Aunque entre sus propiedades, figuran la disminución de la presión arterial, el incremento de los niveles de hemoglobina y eritrocitos, y el aumento del rendimiento físico y mental, la mayoría de las publicaciones americanas coinciden en indicar que no posee un efecto ergogénico verdadero.

No obstante, algunos trabajos europeos, hacen mención a ciertas mejorías en algunos parámetros respiratorios, provocando también, disminuciones en la concentración de ácido láctico. La principal dificultad a la hora de comparar los resultados, reside fundamentalmente en la cuantificación de las dosis utilizadas, y en los diferentes periodos de tratamiento.

Algunos autores como [Mahan](#), sostienen que a pesar de que el polen de abeja, podría incrementar de alguna forma el rendimiento físico, el riesgo de reacciones de hipersensibilidad a esta sustancia, hace necesario que antes de su administración se descarten procesos alérgicos.



I.5 Miel

Es especialmente rica en carbohidratos (fructosa), pero no se han demostrado de forma consistente sus propiedades ergogénicas.



I.6 Levadura de cerveza

La levadura de cerveza, son las células secas y pulverizadas de *Saccharomyces cerevisiae*, un tipo de hongo, considerado una fuente rica en **vitaminas del complejo B**, proteínas y minerales (incluida una forma biológicamente activa del **romo** conocida como factor de tolerancia a la glucosa —FTG—).

Aunque su consumo puede resultar beneficioso como complemento alimenticio, hasta el momento, no se dispone de estudios que hayan podido demostrar efectos favorables sobre el rendimiento deportivo.

I.7 Furanona o Gamma Butirolactona

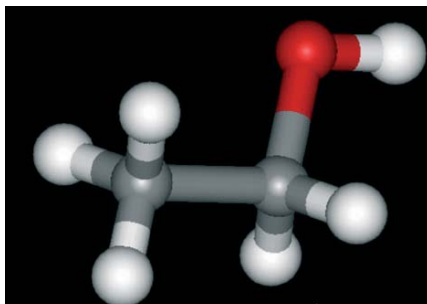
Se trata de un precursor y metabolito del ácido gamma amino butírico (GABA) y del ácido gamma-hidroxibutírico (GHB). El GABA es un aminoácido que actúa abriendo los canales cloro, y por tanto, ejerce una acción neurotransmisora inhibiendo el potencial de acción. En un estudio (Dr. Daniel Rudman) publicado en el Medical College of Wisconsin and at the Veterans Affairs Medical Center in Milwaukee; *New England Journal of Medicine*, julio de 1990, se le atribuyen los siguientes efectos:

- Disminución de la grasa corporal y del colesterol sérico.
- Aumento de la fuerza, resistencia y masa magra.

No obstante, teniendo en cuenta que sus efectos beneficiosos aún no han sido suficientemente estudiados, y que además, existen evidencias de su importante toxicidad, (se han descrito alrededor de 144 casos de efectos secundarios severos, incluyendo efectos mutagénicos, e incluso 3 fallecimientos), no se considera una ayuda ergogénica recomendable por el momento¹⁵⁷.

I.8 Laetrilo o Vitamina B₁₇

La vitamina B₁₇, fue considerada en su momento, una posible solución terapéutica al cáncer, sin embargo, la importancia que se le concedió inicialmente, fue declinando progresivamente por diversos motivos: los estudios del



Instituto Nacional del Cáncer de los EEUU, la muerte del actor Steve Mc Queen y otros tipos de publicidad negativa. Ahora el problema sigue con el deporte.

I.9 Alcohol

El único beneficio que podría aportar el consumo de etanol (a pequeñas dosis) a la mejora del rendimiento deportivo, podría derivar de cierta disminución en la tensión psíquica, y de la posible mejora en la autoconfianza.

Los escasos beneficios del alcohol, realmente no permiten considerarlo como una ayuda ergogénica propiamente dicha, es más, puede ser responsable incluso, de severos perjuicios en el rendimiento y en la salud del deportista, sobre todo cuando las dosis son excesivas¹⁵⁸. Estos efectos negativos podrían localizarse a diferentes niveles:

- Sistema neuromuscular: coordinación mano-ojo, equilibrio, precisión de los movimientos y tiempo de reacción.
- Metabolismo de los carbohidratos: hipoglucemia.
- Función renal: aumento de la diuresis.
- Equilibrio hídrico: deshidratación.

Uno de los efectos adversos más reconocidos del alcohol, se relaciona con el metabolismo de los carbohidratos a nivel músculo-esquelético. El etanol, empeora la repleción de glucógeno durante el periodo de recuperación tras el ejercicio físico. La elevada intensidad de la actividad física, provoca una movilización masiva de los depósitos de glucógeno en los músculos ricos en fibras de tipo IIa y IIb fundamentalmente, y eleva de manera muy marcada los niveles de lactato tanto plasmáticos como musculares. Estos efectos del etanol sobre la reposición de glucógeno, pueden interaccionar con la gluconeogénesis hepática, la utilización de glucosa por parte del músculo, y la síntesis de glucógeno muscular¹⁵⁹.

Algunos estudios han demostrado que la administración continuada de etanol, también es capaz de disminuir la sección transversal del músculo, de fibras de tipo I, IIa y IIb, así como descender la capilaridad, e incrementar la actividad enzimática piruvato quinasa y láctico deshidrogenasa¹⁶⁰.

Las concentraciones de alcohol en sangre superiores o iguales a 0,19% se consideran tóxicas. Aunque la cantidad de esta sustancia que puede aportar un vaso de vino o cerveza al día, no parece actuar de forma nociva sobre la salud ni sobre el rendimiento deportivo, tampoco ha demostrado reportar beneficios en relación a las diferentes cualidades físicas (fuerza, resistencia...) ¹⁶¹.



Bibliografía

1. Sawka, M. N.; Joyner, M. J.; Miles, D. S.; Robertson, R. J.; Spriet, L. L.; Young, A. J.: *The Use of Blood Doping as an Ergogenic Aid*. Med Sci Sports Exerc. 1996; 28(10):127-134.
2. Pascual, J. A.; Belalcazar, V.; de Bolos, C.; Gutiérrez, R., Llop, E.; Segura, J.: *Recombinant Erythropoietin and Analogues: A Challenge for Doping Control*. Therapeutic Drug Monitoring 2004; 26(2):175-179.
3. Joyner, M. J.: *[latin capital V with dot above] O2max, blood doping, and erythropoietin*. Br J Sports Med 2003;37(3):190-191.
4. Gaudard, A. ; Varlet-Marie, E. ; Audran, M. ; Gomeni, R. ; Bressolle, F.: *Pharmacokinetic-Pharmacodynamic Modelling of Recombinant Human Erythropoietin in Athletes: A Population Approach*. Clin Drug Investig 2003; 23(3):167-179.
5. Hermansen, L.: *Recuperacion de las reservas de glucogeno despues del ejercicio*. Apuntes de medicina deportiva 18 (72), Dic. 1981, 173-185.173-185.
6. Hargreaves, M.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; King, D.S.; Fielding, R.A. (1987).: *Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance*. Med. Sci Sports Exerc. 19:33-36.
7. Armsey, T. D. Jr.; Grime, T.E.: *Protein and amino Acid supplementation in athletes*. Curr Sports Med Rep. 2002;1(4):253-6.
8. *Resolución de 27 de Diciembre de 2004 del Consejo Superior de Deportes publicada en el BOE núm. 7, de 8 de enero de 2005*, por la que se aprueba la lista de sustancias y métodos prohibidos en el deporte.

9. Pipe, A.; Ayotte, C.: *Nutritional Supplements and Doping*. Clin J Sport Med. Thematic Issue: Drugs and Performance-Enhancing Agents in Sport. 2002; 12(4):245-249.
10. Williams, M. H.: *The use of nutritional ergogenic aids in sports: is it an ethical issue?* Int J Sport Nutr. 1994 Jun;4(2):120-31.
11. Nybo, L.: *Fatigue and Prolonged Exercise: Effect of Glucose Supplementation*. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(4):589-594.
12. Villa, J. G.; Córdova, A., González, J.: *Nutrición del Deportista*. Ed. Gymnos. Madrid, 2000.
13. Costill, D. L.; Miller, J. M.: *Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance*. Int J Sports Med 1980;1(1): 2-14.
14. Villa, J. G.; Navas, F. J.: *Manejo nutricional y otras medidas terapéuticas en la práctica deportiva y la competición*. Medicine 2002; 8(85): 4577-4586.
15. Costill, D. L.; Miller, J. M.: *Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance*. Int J Sports Med 1980;1(1): 2-14.
16. Becerro M., J. Francisco.: *Entrenamiento de fuerza para todos*. Madrid: Federación Internacional de Halterofilia, 2000.
17. Horowitz, J. F.; Mora-Rodríguez, R., Byerley, L. O.; Coyle, E. F.: *Preexercise medium-chain triglyceride ingestion does not alter muscle glycogen use during exercise*. J Appl Physiol. 2000;88(1):219-25.
18. Toft, A. D.; Thorn, M.; Ostrowski, K.; Asp, S; Moller, K.; Iversen, S. et al.: *N-3 polyunsaturated fatty acids do not affect cytokine response to strenuous exercise*. J Appl Physiol. 2000;89 (6):2401-6.
19. Huffman, D. M.; Altena, T. S.; Mawhinney, T. P.; Thomas, T. R.: *Effect of n-3 fatty acids on free tryptophan and exercise fatigue*. Eur J Appl Physiol. 2004 [Epub ahead of print]

20. Williams, M. H.: *Facts and fallacies of purported ergogenic amino acid supplements*. Clin Sports Med 1999; 18 (3): 633-49.
21. Lemon, P. W.: *Beyond the zone: protein needs of active individuals*. J Am Coll Nutr 2000; 19 (5 Suppl.): 513S-21S.
22. Williams, A. G.; van den Oord, M.; Sharma, A. et al.: *Is glucose/ amino acid supplementation after exercise an aid to strength training?* Br J Sports Med 2001; 35 (2): 109-13.
23. Davis, J. M. ; Welsh, R. S.; De Volve, K. L. et al.: *Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running*. Int J Sports Med 1999; 20 (5): 309-14.
24. Kanter, M. M.; Williams, M. H.: *Antioxidants, carnitine, and choline as putative ergogenic aids*. Int J Sport Nutr. 1995 Jun;5 Suppl:S120-31.
25. Dechent, P. ; Pouwels, P. J. W. ; Frahm, J. : *Neither short-term nor long-term administration of oral choline alters metabolite concentrations in human brain*. Biol Psychiatry 1999;46:406–11.
26. Navas, F. J.; Villa, J. G.: *El músculo, órgano de referencia en las adaptaciones a las demandas sistémicas provocadas por la actividad física*. Medicine 2002;8(85):4551-4562.
27. Earnest, C. P.: *Dietary androgen supplements: separating substance from hype*. Phys Sports Med 2001; 29 (5): 63-79.
28. Juhn, M. S.: *Popular sports supplements and ergogenic aids*. Sports Med. 2003;33(12):921-39.
29. Meacham, S. L.; Taper, L. J.; Volpe, S. L.: *Effect of boron supplementation on blood and urinary calcium, magnesium, and phosphorus, and urinary boron in athletic and sedentary women*. Am J Clin Nutr. 1995 Feb;61(2):341-5.

30. Ferrando, A. A.; Green, N. R.: *The effect of boron supplementation on lean body mass, plasma testosterone levels, and strength in male bodybuilders*. Int J Sport Nutr. 1993;3(2):140-9.
31. Naghii, M. R.: *The significance of dietary boron, with particular reference to athletes*. Nutr Health. 1999;13(1):31-7.
32. Devirian, T. A.; Volpe, S.L.: *The physiological effects of dietary boron*. Crit Rev Food Sci Nutr. 2003;43(2):219-31.
33. Gambelunghe, C. ; Rossi, R. ; Sommavilla, M. ; Ferranti, C. ; Rossi, R. ; Ciculi, C.: *Effects of chrysin on urinary testosterone levels in human males*. J Med Food. 2003;6(4):387-90.
34. Dattner, A. M.: *From medical herbalism to phytotherapy in dermatology: back to the future*. Dermatologic Therapy 2003; 16(2):106-113.
35. Bucci, L. R. *Selected herbals and human exercise performance*. Am J Clin Nutr. 2000;72(suppl):624S-36S.
36. Xu, Z.; Hua, N.; Godber, J. S.: *Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and gamma-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride*. J Agric Food Chem. 2001 Apr;49(4):2077-81.
37. Parrado, J.; Miramontes, E.; Jover, M.; Márquez, J. C.; Mejías, M. A.; Collantes de Teran, L. et al.: *Prevention of brain protein and lipid oxidation elicited by a water-soluble oryzanol enzymatic extract derived from rice bran*. Eur J Nutrition 2003;42(6):307-14.
38. Kikuzaki, H.; Hisamoto, M.; Hirose, K.; Akiyama, K.; Taniguchi, H.: *Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds*. J Agric Food Chem. 2002 Mar 27;50(7):2161-8.
39. Hiraga, Y.; Nakata, N.; Jin, H.; Ito, S.; Sato, R.; Yoshida, A.; Mori, T.; Ozeki, M.; Ikeda, Y.: *Effect of the rice bran-derived phytosterol cycloartenol ferulic acid ester on the central nervous system*. Arzneimittelforschung 1993;43(7):715-21.

40. Li, G. L.; Wang, J. J.; Wang, J. Z.; Liu, Y. Y.; Jin, Y.: *Effect of ferulic acid on the proliferation of nerve cells of retinas in vitro*. Zhonghua Yan Ke Za Zhi 2003;39(11):650-4.
41. Fry, A. C.; Bonner, E.; Lewis, D. L.; Johnson, R. L.; Stone, M. H.; Kraemer, W. J.: *The effects of gamma-oryzanol supplementation during exercise training*. Int J Sport Nutr. 1997;7(4):318-329.
42. Crowe, M. J.; Weatherson, J. N.; Bowden, B. F.: *Effects of dietary leucine supplementation on exercise performance*. Eur J Appl Physiol. 2005 Oct 29;;1-9.
43. Kreider, R. B.; Ferreira, M.; Wilson, M.; Almada, A. L.: *Effects of calcium beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength*. Int J Sports Med 1999;20(8):503-509.
44. Panton, L. B.; Rathmacher, J. A.; Baier, S.; Nissen, S.: *Nutritional supplementation of the leucine beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (hmb) during resistance training*. Nutrition 2000;16(9):734-9.
45. Nissen, S.; Sharp, R.; Ray, M.; Rathmacher, J. A.; Rice, D.; Fuller Jr., J. C.; Connelly, A. S. and Abumrad, N.: *Effect of leucine metabolite -hydroxy- methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training*. Vol. 81, No. 5, pp. 2095-2104, November 1996
46. Slater, G.; Jenkins, D.; Logan, P.: *Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men*. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2001; 11 (3): 384-96.
47. Le Roith, D.: *Insulin-like growth factors*. N. Engl. J. Med. 1997; 336 (9): 633-40.
48. Arnaud, M. R.; Mataix, J.; Galván, C.; Mañas, M.; Martínez de Vitoria, E.: *Consumo de alimentos y ayudas ergogénicas en culturistas*. Arch Med Dep 2002; 88: 93-100.

49. Grimberg, A.; Cohen, P.: *Role of insulin-like growth factors and their binding proteins in growth control and carcinogenesis*. J Cell Physiol 2000; 183 (1): 1-9.
50. Adimoelja, A.: *Phytochemicals and the breakthrough of traditional herbs in the management of sexual dysfunctions*. International Journal of Andrology Supplement. 2000; 23 (Supplement 2):82-84.
51. Brown, G. A.; Vukovich, M. D.; Reifenrath, T. A.; Uhl, N. L.; Parsons, K. A.; Sharp, R. L.; King, D. S.: *Effects of anabolic precursors on serum testosterone concentrations and adaptations to resistance training in young men*. In J Sport Nutr Exerc Metab 2000;10(3):340-59.
52. Antonio, J.; Uelmen, J.; Rodríguez, R.; Earnest, C.: *The effects of Tribulus terrestris on body composition and exercise performance in resistance-trained males*. Int J Sport Exerc Metab. 2000;10(2):208-15.
53. Anand, R.; Patnaik, G. K.; Kulshreshtha, D. K.; Dhawan, B. N.: *Activity of certain fractions of Tribulus terrestris fruits against experimentally induced urolithiasis in rats*. Indian J Exp Biol. 1994;32(8):548-52.
54. Vincent, J. B.: *The Potential Value and Toxicity of Chromium Picolinate as a Nutritional Supplement, Weight Loss Agent and Muscle Development Agent*. Sports Med. 2003;33(3):213-230.
55. Martin, W. R.; Fuller, R. E.: *Suspected chromium picolinate-induced rhabdomyolysis*. Pharmacotherapy. 1998 Jul-Aug;18(4):860-2.
56. McCarty, M. F.: *Pre-exercise administration of yohimbine may enhance the efficacy of exercise training as a fat loss strategy by boosting lipolysis*. Med Hypotheses 2002;58(6):491-5.
57. Waluga, M.; Janusz, M.; Karpel, E.; Hartleb, M.; Nowak, A.: *Cardiovascular effects of ephedrine, caffeine and yohimbine measured by thoracic electrical bioimpedance in obese women*. Clin Physiol. 1998 Jan;18(1):69-76.
58. Collins, M. G.: *The effects of acute antioxidant supplementation on aerobic capacity and high intensity training*. Med Sci Sports Exerc. 1998; 30(5) Supplement: 322.

59. Vassilakopoulos, T.; Karatza, M. H.; Katsaounou, P.; Kollintza, A.; Zakyntinos, S.; Roussos, C.: *Antioxidants attenuate the plasma cytokine response to exercise in humans*. J Appl Physiol. 2003;94(3):1025-32.
60. Clarkson, P. M.; Thompson, H.S.: *Antioxidants: what role do they play in physical activity and health?*. American Journal of Clinical Nutrition 2000; 72(2): 637S-646s.
61. Li, J. X.; Xin, D.; Li, H.; Lu, J. F.; Tong, C. W.; Gao, J. N.; Chan, K. M.: *Effect of verbascoside on decreasing concentration of oxygen free radicals and lipid peroxidation in skeletal muscle*. Zhongguo Yao Li Xue Bao 1999;20(2):126-30.
62. Dwyer, J.; Nicholson, L. M.; Shircore, A. et al.: *Vitamin C intake and progression of carotid atherosclerosis*. The Los Angeles Atherosclerosis Study. American Heart Association Annual Meeting. March 2, 2000.
63. Piesse, J. W.: *Nutritional factors in calcium containing kidney stones with particular emphasis on vitamin C*. Int Clin Nutr Rev 1985;5:110-29 [review].
64. Wandzilak, T. R.; D'Andre, S. D.; Davis, P. A.; Williams, H. E.: *Effect of high dose vitamin C on urinary oxalate levels*. J Urol 1994;151:834-7.
65. Levine, M.: *Vitamin C and optimal health*. Presented at the February 25, 1999 60th Annual Biology Colloquium, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
66. Levine, M.; Conry-Cantilena, C.; Wang, Y. et al.: *Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: evidence for a recommended dietary allowance*. Proc Natl Acad Sci 1996;93:3704-9.
67. Auer, B. L.; Auer, D.; Rodgers, A. L.: *Relative hyperoxaluria, crystalluria and haematuria after megadose ingestion of vitamin C*. Eur J Clin Invest 1998;28:695-700.
68. Branch, D. R.: *High-dose vitamin C supplementation increases plasma glucose*. Diabetes Care 1999;22:1218 [letter].

69. Timmer, J. M.; Goss, F. L.; Robertson, R. J.; Dixon, C. B.; Nagle, E.; Evans, R. W.: *Effect of vitamin C on free radicals and delayed onset muscle soreness following resistive exercise*. Med Sci Sports Exerc.2003; 35(5) Supplement 1:S196.
70. Hartmann, A.; Niess, A. M.; Grunert-Fuchs, M.; Poch, B.; Speit, G.: *Vitamin E prevents exercise-induced DNA damage*. Mutat Res. 1995 Apr;346(4):195-202.
71. Avery, N. G.; Kaiser, J. L.; Sharman, M. J.; Scheett, T. P.; Barnes, D. M.; Gómez, A. L. et al. *Effects of vitamin E supplementation on recovery from repeated bouts of resistance exercise*. J Strength Cond Res. 2003 ;17(4):801-9.
72. Coombes, J. S.; Rowell, B.; Dodd, S. L.; Demirel, H. A.; Naito, H.; Shanely, R. A. et al. *Effects of vitamin E deficiency on fatigue and muscle contractile properties*. Eur J Appl Physiol. 2002;87(3):272-7.
73. Stephens, N. G.; Parsons, A.; Schofield, P. M.; Kelly, F.; Cheeseman, K.; Mitchinson, M. J.; *Randomised controlled trial of vitamin E in patients with coronary disease: Cambridge Heart Antioxidant Study (CHAOS)*. Lancet 1996;347:781-6.
74. Shekelle, P. G.; Morton Sally, C.; Jungvig, L. K.; Udani, J.; Spar, M.; Tu, W. et al. *Effect of Supplemental Vitamin E for the Prevention and Treatment of Cardiovascular Disease*. J General Int Med 2004; 19(4): 380-389.
75. Neuman, I.; Nahum, H.; Ben-Amotz, A.: *Prevention of exercise-induced asthma by a natural isomer mixture of beta-carotene*. Ann Allergy Asthma Immunol 1999;82:549-53.
76. Schroder, H.; Navarro, E.; Mora, J.; Galiano, D.; Tramullas, A.: *Effects of alpha-tocopherol, beta-carotene and ascorbic acid on oxidative, hormonal and enzymatic exercise stress markers in habitual training activity of professional basketball players*. Eur J Nutr. 2001;40(4):178-84.
77. Clarkson, P. M.: *Minerals: exercise performance and supplementation in athletes*. J Sports Sci. 1991;9 Spec No:91-116.

78. Clarkson, P. M.: *Micronutrients and exercise: anti-oxidants and minerals*. J Sports Sci. 1995;13 Spec No:S11-24.
79. Monteiro, C. P.; Varela, A.; Pinto, M.; Neves, J.; Felisberto, G. M.; Vaz, C. et al: *Effect of an aerobic training on magnesium, trace elements and antioxidant systems in a Down syndrome population*. Magnes Res. 1997;10(1):65-71.
80. Zamora, A. J.; Tessier, F.; Marconnet, P.; Margaritis, I.; Marini, J. F.: *Mitochondria changes in human muscle after prolonged exercise, endurance training and selenium supplementation*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1995;71(6):505-11.
81. Micheletti, A.; Rossi, R.; Rufini, S.: *Zinc status in athletes: relation to diet and exercise*. Sports Med. 2001;31(8):577-82.
82. Lukaski, H. C.; Klevay, L.M.; Milne, D. B.: *Effects of dietary copper on human autonomic cardiovascular function*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1988;58(1-2):74-80.
83. Portal, S.; Epstein, M.; Dubnov, G.: *[Iron deficiency and anemia in female athletes--causes and risks]*. Harefuah. 2003;142(10):698-703, 717.
84. Wilkinson, J. G.; Martin, D. T.; Adams, A. A.; Liebman, M.: *Iron status in cyclists during high-intensity interval training and recovery*. Int J Sports Med. 2002;23(8):544-8.
85. Blee, T.; Goodman, C.; Dawson, B.; Stapff, A.: *The effect of intramuscular iron injections on serum ferritin levels and physical performance in elite netballers*. J Sci Med Sport. 1999;2(4):311-21.
86. Beard, J.; Tobin, B.: *Iron status and exercise*. Am J Clin Nutr. 2000;72(2 Suppl):594S-7S.
87. Nielsen, P.; Nachtigall, D.: *Iron supplementation in athletes. Current recommendations*. Sports Med. 1998 Oct;26(4):207-16.

88. Malm, C. B.; Sjodin, B.; Sjoberg, B.; Lenkei, R.; Renstrom, P.; Lundberg, I.E.; Ekblom, B.: *Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running*. J Physiol. 2004 [Epub ahead of print]
89. Nagasawa, T.; Yonekura, T.; Nishizawa, N.; Kitts, D. D.: *In vitro and in vivo inhibition of muscle lipid and protein oxidation by carnosine*. Mol Cell Biochem. 2001;225(1-):29-34.
90. Gariballa, S. E.; Sinclair, A. J.: *Carnosine: physiological properties and therapeutic potential*. Age Ageing. 2000;29(3):207-10.
91. Wu, Y.; Wang, X.; Li, M.; Compbell, T. C.: *Effect of ciwujia (radix Acanthopanax senticosus) preparation on exercise under constant endurance load for elderly*. Wei Sheng Yan Jiu 1998; 27(6):421-4.
92. Urban, T.; Akerlund, B.; Jarstrand, C.; Lindeke, B.: *Neutrophil function and glutathione-peroxidase (GSH-px) activity in healthy individuals after treatment with N-acetyl-L-cysteine*. Biomed Pharmacother.1997;51(9):388-90.
93. Nielsen, H. B.; Kharazmi, A.; Bolbjerg, M. L.; Poulsen, H. E.; Pedersen, B. K.; Secher, N. H.: *N-acetylcysteine attenuates oxidative burst by neutrophils in response to ergometer rowing with no effect on pulmonary gas exchange*. Int J Sports Med. 2001;22(4):256-60.
94. Galley, P.; Thiolllet, M.: *A double-blind, placebo-controlled trial of a new veno-active flavonoid fraction (S5682) in the treatment of symptomatic capillary fragility*. Int Angiol. 1993; 12(1):69-72.
95. Minato, K.; Miyake, Y.; Fukumoto, S.; Yamamoto, K.; Kato, Y.; Shimomura, Y. et al.: *Lemon flavonoid, eriocitrin, suppresses exercise-induced oxidative damage in rat liver*. Life Sci.2003; 72(14):1609-16.
96. Grimm, T.; Schafer, A.; Hogger, P.: *Antioxidant activity and inhibition of matrix metalloproteinases by metabolites of maritime pine bark extract (pycnogenol)*. Free Radic Biol Med. 2004;36(6):811-22.

97. Cho, K. J.; Yun, C. H.; Packer, L.; Chung, A. S.: *Inhibition mechanisms of bioflavonoids extracted from the bark of Pinus maritima on the expression of proinflammatory cytokines*. Ann N Y Acad Sci. 2001;928:141-56.
98. Rohdewald, P.: *A review of the French maritime pine bark extract (Pycnogenol), a herbal medication with a diverse clinical pharmacology*. Int J Clin Pharmacol Ther. 2002;40(4):158-68.
99. Devaraj, S.; Vega-López, S.; Kaul, N.; Schonlau, F.; Rohdewald, P.; Jialal, I.: *Supplementation with a pine bark extract rich in polyphenols increases plasma antioxidant capacity and alters the plasma lipoprotein profile*. Lipids. 2002;37(10):931-4.
100. Sen, C. K.; Packer, L.: *Antioxidant and redox regulation of gene transcription*. FASEB J 1996;10:709-20.
101. Sen, C. K.: *Redox signaling and the emerging therapeutic potential of thiol antioxidants*. Biochem Pharmacol 1998;55:1747-58.
102. Sen, C. K.; Tirosh, O.; Roy, S.; Kobayashi, M. S.; Packer, L.: *A positively charged alpha-lipoic acid analogue with increased cellular uptake and more potent immunomodulatory activity*. Biochem Biophys Res Commun 1998;247:223-8.
103. Rajguru, S. U.; Yeargans, G. S.; Seidler, N. W.: *Exercise causes oxidative damage to rat skeletal muscle microsomes while increasing cellular sulfhydryls*. Life Sci 1994;54:149-57.
104. Tirosh, O.; Sen, C.K.; Roy, S.; Kobayashi, M. S.; Packer, L.: *Neuroprotective effects of alpha-lipoic acid and its positively charged amide analogue*. Free Radic Biol Med 1999;26:1418-26.
105. Henriksen, E. J.; Saengsirisuwan, V.: *Exercise training and antioxidants: relief from oxidative stress and insulin resistance*. Exerc Sport Sci Rev. 2003;31(2):79-84.
106. Sen, C. K.; Roy, S.; Han, D.; Packer, L.: *Regulation of cellular thiols in human lymphocytes by alpha-lipoic acid: a flow cytometric analysis*. Free Radic Biol Med 1997;22:1241-57.

107. González, R.; García, D.; Herrero, J.A.: *La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo [en línea]*
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artcreatina.html>
108. Juhn, M. S.; Tarnopolsky, M.: *Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review*. Clin J Sport Med 1998; 8 (4): 286-97.
109. Mesa, J. L.; Ruiz, J. R.; González-Gross, M. M.: *Oral creatine supplementation and skeletal muscle metabolism in physical exercise*. Sports Med 2002; 32 (14): 903-44.
110. Juhn, M. S.; Tarnopolsky, M.: *Potential side effects of oral creatine supplementation: a critical review*. Clin J Sport Med 1998; 8 (4): 298-304.
111. Robinson, S. J.: *Acute quadriceps compartment syndrome and rhabdomyolysis in a weight lifter using high-dose creatine supplementation*. J Am Board Fam Pract 2000; 13 (2): 134-7.
112. Córdova, A.; Drobnic, F.; González de Suso, J. M.; Álvarez de Mon, M.: *Disminución del rendimiento deportivo; estrés, daño muscular y síndromes asociados a la fatiga inducidos por el deporte*. Medicine 2002;8(85):4569-4576.
113. Griffiths, R. D.: *Outcome of critically ill patients after supplementation with glutamine*. Nutrition 1997;13:752-4.
114. Castell, L.: *Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression*. Sports Med. 2003;33(5):323-45.
115. Dillon, J. C. ; Phuc, A. P.; Dubacq, J. P. : *Nutritional value of the alga Spirulina*. World Rev Nutr Diet 1995;77:32-46.
116. Kapoor, R.; Mehta, U.: *Effect of supplementation of blue green alga (Spirulina) on outcome of pregnancy in rats*. Plant Foods Hum Nutr 1993;43:29-35.

117. Sassano, C.; Carvalho, J.; Gioielli, L.; Sato, S., Torre, P., Converti, A.: *Kinetics and Bioenergetics of Spirulina platensis Cultivation by Fed-Batch Addition of Urea as Nitrogen Source*. Applied Biochemistry & Biotechnology. 2004; 112(3):143-150.
118. Wesson, M.; McNaughton, L.; Davies, P.; Tristram, S.: *Effects of oral administration of aspartic acid salts on the endurance capacity of trained athletes*. Research Quarterly for Exercise and Sport 1998; 59: 234-239.
119. Marquezi, M. L.; Roschel, H. A.; dos Santa Costa, A.; Sawada, L. A.; Lancha, A. H. Jr. *Effect of aspartate and asparagine supplementation on fatigue determinants in intense exercise*. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2003;13(1):65-75.
120. Lancha, A. H. Jr.; Recco, M. B.; Abdalla, D. S.; Curi, R.: *Effect of aspartate, asparagine, and carnitine supplementation in the diet on metabolism of skeletal muscle during a moderate exercise*. Physiol Behav. 1995;57(2):367-71.
121. Kovacs, E. M.; Stegen, J. H. C. H.; Brouns, F.: *Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance*. J Appl Physiol 1998; 85 (2): 709-15.
122. Greer, F.; Friars, D.; Graham, T. E.: *Comparison of caffeine and theophylline ingestion: exercise metabolism and endurance*. J Appl Physiol 2000; 89 (5): 1837-44.
123. Greer, F.; McLean, C.; Graham, T.: *Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests*. J Appl Physiol 1998; 85: 1502-8 .
124. Paton, C. D.; Hopkins, W. G.; Vollebregt, L.: *Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes*. Med Sci Sports Exerc 2001; 33 (5): 822-5 .
125. Wemple, R. D., Lamb, D. R., McKeever, K. H.: *Caffeine vs caffeine-free sports drinks: effects on urine production at rest and during prolonged exercise*. Int J Sports Med 1997; 18 (1): 40-6.

126. Supinski, G. S.; Levin, S.; Kelsen, S. G.: *Caffeine effect on respiratory muscle endurance and sense of effort during loaded breathing*. J Appl Physiol. 1986 Jun;60(6):2040-7.
127. Paluska, S. A. *Caffeine and exercise*. Curr Sports Med Rep 2003;2(4):213-9.
128. Kendler, K. S.; Prescott, C. A.: *Caffeine intake, tolerance, and withdrawal in women: a population-based twin study*. Am J Psychiatry. 1999 Feb;156(2):223-8.
129. Newall, C. A.; Anderson, L. A.; Phillipson, J. D.: *Herbal Medicines: A Guide for Healthcare Professionals*. London: Pharmaceutical Press, 1996, 145-50.
130. Shao, Z. H.; Xie, J. T.; Vanden Hoek, T. L.; Mehendale, S.; Aung, H.; Li, C. Q.: *Antioxidant effects of American ginseng berry extract in cardiomyocytes exposed to acute oxidant stress*. Biochim Biophys Acta. 2004 ;1670(3):165-71.
131. Voces, J.; Álvarez, A. I.; Vila, L.; Ferrando, A.; Cabral de Oliveira, C.; Prieto, J. G.: *Effects of administration of the standardized Panax ginseng extract G115 on hepatic antioxidant function after exhaustive exercise*. Comp Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrinol. 1999 ;123(2):175-84.
132. Engels, H. J.; Fahlman, M. M.; Wirth, J. C.: *Effects of ginseng on secretory IgA, performance, and recovery from interval exercise*. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(4):690-6.
133. Szolomicki, J.; Samochowiec, L.; Wojcicki, J.; Drozdziak, M.; Szolomicki, S.: *The influence of active components of Eleutherococcus senticosus on cellular defence and physical fitness in man*. Phytother Res. 2000;14(1):30-5. Erratum in: Phytother Res 2000 May;14(3):225.
134. Dowling, E. A.; Redondo, D. R.; Branch, J. D.; Jones, S.; McNabb, G.; Williams, M. H.: *Effect of Eleutherococcus senticosus on submaximal and maximal exercise performance*. Med Sci Sports Exerc. 1996 Apr;28(4):482-9.

135. Asano, K.; Takahashi, T.; Miyashita, M.; Matsuzaka, A.; Muramatsu, S.; Kuboyama, M.: *Effect of Eleutherococcus senticosus extract on human physical working capacity*. *Planta Medica* 1986; 3: 175-177.
136. Yang, C. S.; Landau, J. M.: *Effects of tea consumption on nutrition and health*. *J. Nutr.* 2000, 130: 2409-2412.
137. Heinonen, O. J.: *Carnitine and physical exercise*. *Sports Medicine* 1996;22: 109-132.
138. Anand, I.; Chandrashenkhan, Y.; De Giuli, F.: *Acute and chronic effect of propionyl-L-carnitine on the hemodynamics, exercise capacity and hormones of patients with congestive heart failure*. *Cardiovasc Drugs Ther* 1998;12:291-9.
139. Giamberardino, M. A.; Dragani, L.; Valente, R.: *Effects of prolonged L-carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric effort*. *Int J Sports Med* 1996;17:320-4.
140. Green, R. E.; Levine, A. M.; Gunning, M. J.: *The effect of L-carnitine supplementation on lean body mass in male amateur body builders*. *J Am Diet Assoc* 1997;(suppl):A-72.
141. Murray, M. T.: *The many benefits of carnitine*. *Am J Natural Med* 1996;3:6-14 [review].
142. Columbani, P.; Wenk, C.; Kunz, I. et al.: *Effect of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double blind crossover field study*. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:434-9.
143. Beers, M. H.; Berkow, R. (eds): *The Merck Manual of Diagnosis and Therapy*, 17th ed. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc, 1999, 881-3.
144. Stanko, R. T.; Robertson, R. J.; Spina, R. J.; Reilly, J. J.; Greenawalt, K. D.; Goss, F. I.: *Enhancement of arm-exercise endurance capacity with dihydroxyacetone and pyruvate*. *Journal of Applied Physiology* 1990;68:119-124.

145. Chantre, P.; Lairon, D.: *Recent findings of green tea extract AR25 (Exolise) and its activity for the treatment of obesity*. Phytomedicine. 2002 Jan;9(1):3-8.
146. González, J.; Villa, J. G.: *Nutrición y Ayudas Ergogénicas en el Deporte*. Ed. Síntesis. Madrid, 1998.
147. Gray, M. E.; Titlow, L. W.: *The effect of pangamic acid on maximal treadmill performance*. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(6):424-7.
148. Schneider, D.; Helwig, V.; Staniek, K.; Nohl, H.; Elstner, E. F.: *Studies on the chemical identity and biological functions of pangamic acid*. Arzneimittelforschung. 1999;49(4):335-43.
149. McNaughton, L. R.: *Sodium citrate and anaerobic performance: implication of dosage*. Eur J Appl Physiol 1990; 61:392-397.
150. Feriche, B.; Delgado-Fernández, M.; Álvarez, J.: *The effect of sodium citrate intake on anaerobic performance in normoxia and after sudden ascent to a moderate altitude*. J Sports Med Phys Fitness. 2002 Jun;42(2):179-85.
151. Starling, R. D.; Trappe, T. A.; Short, K. R. et al.: *Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance*. Med. Sci. Sports Ex 1996;28:1193-8.
152. Sahlin, K.; Katz, A.: *Hypoxaemia increases the accumulation of inosine monophosphate (IMP) in human skeletal muscle during submaximal exercise*. Acta Physiol Scand. 1989 ;136(2):199-203.
153. McNaughton, L.; Dalton, B.; Tarr, J.: *Inosine supplementation has no effect on aerobic or anaerobic cycling performance*. Int J Sport Nutr. 1999;9(4):333-44.
154. Warber, J. P.; Patton, J. F.; Tharion, W. J.; Zeisel, S. H.; Mello, R. P.; Kemnitz, C. P.; Lieberman, H. R.: *The effects of choline supplementation on physical performance*. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2000;10(2):170-81.

155. Weston, S. B.; Zhou, S.; Weatherby, R. P.; Robson, S. J.: *Does exogenous coenzyme Q10 affect aerobic capacity in endurance athletes?* Int J Sport Nutr. 1997 Sep;7(3):197-206.
156. Kaikkonen, J.; Tuomainen, T. P.: *Coenzyme Q10: absorption, antioxidative properties, determinants, and plasma levels.* Free Radic Res. 2002;36(4): 389-97.
157. Woodruff, N. W.; Durant, J. L.; Donhoffner, L. L.; Penman, B. W.; Crespi, C. L.: *Human cell mutagenicity of chlorinated and unchlorinated water and the disinfection byproduct 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone (MX).* Mutat Res. 2001 Aug 22;495(1-2):157-68.
158. O'Brien; Conor, P.; Lyons, F.: *Alcohol and the Athlete.* Sports Medicine 2000; 29(5):295-300.
159. Peters, T. J.; Nikolovski, S.; Raja, G. K.; Palmer, T. N.; Fournier, P. A.: *Ethanol acutely impairs glycogen repletion in skeletal muscle following high intensity short duration exercise in the rat.* Addict Biol 1996;1(3):289-95.
160. Vila, L.; Ferrando, A.; Voces, J.; Cabral de Oliveira, C.; Prieto, J. G.; Álvarez, A. I.: *Effect of chronic ethanol ingestion and exercise training on skeletal muscle in rat.* Drug Alcohol Depend 2001; 64(1):27-33.
161. Williams, M. H.: "Alcohol, marijuana and beta blockers". En D.R. Lamb & M.H. Williams (Eds.) *Ergogenics enhancement of performance in exercise and sport* (págs. 331-369). Dubuque, IA: Brown & Benchmark, 1991.

MANUALES EN ESPAÑOL

Brouns, F.: *Necesidades nutricionales de los atletas*. Ed. Paidotribo. 2ª edición. Barcelona, 1997.

Bean, A.: *La guía completa de la nutrición del deportista*. Ed. Paidotribo. Barcelona, 1998.

Wilmore, J. H.; Costill, D. L.: *Fisiología del esfuerzo y del ejercicio*. Ed. Paidotribo. 2ª edición. Barcelona, 1999.

Villegas, J. A.: “Nutrición y Deporte. Nutrición del Deportista aspectos propios”. *Monográficos de Ciencias del Deporte 1*. Consejería de Presidencia. Dirección General de Deportes de la región de Murcia. 4: 102-117. Murcia, 2001.

Pujol-Amat, P.: *Nutrición, Salud y Rendimiento Deportivo*. Ed. Espaxs, S.A. 2ª edición. Barcelona, 1998.

Barbany, J. R.: *Alimentación para el deporte y la salud*. Ed. Martínez Roca. Barcelona, 2002.