

# Tópicos en nutrición y suplementación deportiva

Dr. Heber E. Andrada

## **TÓPICOS EN NUTRICIÓN Y SUPLEMENTACIÓN DEPORTIVA**

Dr. Heber E. Andrada

Links de contacto

[heberandrada@hotmail.es](mailto:heberandrada@hotmail.es)

<https://www.facebook.com/heber.andrada.79/>

<https://www.instagram.com/untalheber/?hl=es-la>



Esta obra está bajo una:

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

## **RESUMEN**

El presente libro está destinado a todo aquel apasionado por la nutrición y suplementación deportiva. Tiene como objetivo el introducir a los lectores en lo que respecta al tema, combinando áreas como la nutrición, química biológica, fisiología del ejercicio, bromatología y farmacología. De ningún modo intenta reemplazar un buen libro de cada una de estas áreas, solo intenta dar un pantallazo general de cada una de las sustancias que se están utilizando en la actualidad en el mundo de la suplementación deportiva, sus funciones, aplicaciones, beneficios y dosis que suelen utilizarse. Durante el transcurso del libro se habla de los distintos tipos de suplementos dietarios que se pueden observar en el mercado, tales como proteínas, aminoácidos, lípidos, carbohidratos, ergogénicos, adaptógenos, lipotrópicos, termogénicos, vitaminas, minerales, enzimas digestivas, probióticos, pre hormonales, anorexígenos, orexígenos, entre otros. El libro está basado pura y exclusivamente en bibliografías de trabajos científicos que se detallan en cada parte dentro del mismo. La intención principal del presente libro es dar nociones sobre las distintas aplicaciones que se están dando a los diferentes suplementos nutricionales que se comercializan en la actualidad, enfocándose en cada una de sus propiedades y dosis recomendadas que se encuentran en bibliografía. El texto no presenta las propiedades y el uso de esteroides anabólicos ni de hormonas de crecimiento, ya que forman parte de lo que es una terapia hormonal y no se consideran parte de la nutrición o suplementación dietaria. Solo se comentan algunos suplementos dietarios utilizados como pre hormonales y en particular, en el último capítulo se habla sobre un nuevo tipo de sustancias que se están utilizando en reemplazo a las funciones que proveen algunos de los esteroides anabólicos, denominadas SARMs, en donde se muestran algunos de los beneficios que se están obteniendo mediante la utilización de los mismos.

Heber E. Andrada  
Córdoba, Argentina  
5 de octubre de 2020

## **BIOGRAFÍA DEL AUTOR**

El autor del presente libro nació el 2 de mayo de 1986, en la provincia de Córdoba, Argentina. Comenzó con su afinidad en el tema presentado a los 14 años de edad. De manera autodidacta comenzó a estudiar e investigar en temas relacionados con la nutrición deportiva y fisiología del ejercicio. A los 17 años ingresó a la carrera de Licenciatura en Química con orientación en Fisicoquímica, en la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la Universidad Nacional de Córdoba, universidad en la cual posteriormente realizó su Doctorado en Física en la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación (FaMAF). Durante toda su vida se dedicó como pasatiempos a la nutrición y la suplementación deportiva, investigando desde un punto de vista químico biológico el rol de cada uno de los mismos. Actualmente el autor se encuentra trabajando en la Universidad de Río Cuarto, Córdoba realizando tareas de investigación en el área de química relacionadas al tema “Nanotransportadores de fármacos”.



**Dr. Heber E. Andrada**

## **PROLOGO**

En el capítulo 1, se intenta mostrar una visión general de los macronutrientes, haciendo hincapié en la función y estructura química de proteínas, hidratos de carbono y lípidos.

En el capítulo 2, se dan nociones sobre micronutrientes tales como vitaminas y minerales, seguido de los electrolitos y luego se adentra en la suplementación y nutrición deportiva, hablando de los distintos tipos de proteínas, bebidas energizantes, ganadores de peso y reemplazantes de comida.

Durante el capítulo 3, se describen las propiedades de algunos aminoácidos, sus dosis recomendadas y algunas combinaciones de los mismos que presentan efectos sinérgicos.

A lo largo del capítulo 4, se muestran las particularidades de la suplementación con algunos ergogénicos y adaptógenos que se están comercializando en la actualidad, algunas de sus funciones y beneficios obtenidos mediante la suplementación dietaria.

En el capítulo 5, se comenta sobre el uso de suplementos dietarios de enzimas digestivas y probióticos explicando sus propiedades, sus funciones y beneficios.

Posteriormente en el capítulo 6, se mencionan los suplementos pre hormonales tales como el DHEA, sus aplicaciones, beneficios y sus dosis utilizadas.

En el capítulo 7, se presentan algunos lípidos con características especiales, que se comercializan como suplementos dietarios, tales como los ácidos grasos omega o ácidos grasos insaturados, su utilización y dosis recomendadas.

En el capítulo 8, se detallan las principales sustancias utilizadas para la pérdida de peso en la actualidad, comentando sus principales ventajas y desventajas, mecanismos de funcionamiento y dosis utilizadas de cada una de ellas como suplementos dietarios. También se comenta sobre algunas sustancias capaces de inhibir el apetito o estimularlo.

Finalmente, en el capítulo 9, se da la noción de lo que son los Moduladores Selectivos de los Receptores Androgénicos o SARMS, un nuevo tipo de suplementos dietarios, que se están comercializando con el fin obtener algunos beneficios de las hormonas esteroides, tratando de reducir al máximo sus efectos secundarios. Se muestran sus principales aplicaciones y dosis utilizadas según bibliografía.

Tópicos en nutrición y suplementación deportiva  
1era edición  
Septiembre de 2020

## INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DE MACRONUTRIENTES .....	7
PROTEINAS, CARBOHIDRATOS Y LIPIDOS.....	7
INTRODUCCIÓN A LA SUPLEMENTACIÓN DEPORTIVA .....	24
MULTIVITAMÍNICOS Y MINERALES .....	24
VITAMINAS.....	24
MINERALES .....	32
ELECTROLITOS Y BEBIDAS ISOTONICAS .....	36
BEBIDAS ENERGIZANTES O ENERGY DRINK.....	38
BICARBONATO DE SODIO .....	38
PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE O WHEY PROTEIN.....	39
CASEINATO DE CALCIO.....	43
PROTEÍNAS DE SOJA O SOY PROTEIN .....	44
COLÁGENO Y PROTEÍNAS DE CARNE .....	47
REEMPLAZANTES DE COMIDA .....	53
AMINOACIDOS DE CADENA RAMIFICADA O BCAA .....	54
HIDROXIMETILBUTIRATO O HMB .....	57
BETA-ALANINA Y L-CARNOSINA .....	57
L-CREATINA O MONOHIDRATO DE CREATINA .....	60
AMINOACIDOS ESENCIALES O EAA .....	64
L-GLUTAMINA.....	65
ÁCIDO D-ASPÁRTICO .....	66
ASPARTATO DE ZINC Y MAGNESIO O ZMA .....	67
L-ARGININA, L-ORNITINA Y L-CITRULINA .....	68
L-TAURINA .....	73
L-TIROSINA.....	74
PRE-ENTRENO O PRE-WORKOUTS .....	76
ERGOGÉNICOS Y ADAPTÓGENOS.....	77
ASHWAGANDHA .....	77
MACA PERUANA .....	78
CAFEÍNA .....	79
EXTRACTO DE TÉ VERDE .....	80
GINKGO BILOBA .....	82
GINSENG ROJO Y GUARANA .....	83

TONGKAT ALI.....	85
TRIBULUS TERRESTRIS .....	85
YOHIMBINA.....	86
EFEDRINA .....	88
HORNY GOAT WEED .....	89
ENZIMAS DIGESTIVAS .....	90
PROBIÓTICOS .....	94
GLUCOSAMINA .....	96
MELATONINA.....	97
ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO O CLA .....	102
ÁCIDO ALFA LIPOICO O ALA .....	103
L-CARNITINA Y ACETIL L-CARNITINA.....	105
PICOLINATO DE CROMO.....	109
COLINA .....	110
INOSITOL .....	110
TERMOGÉNICOS.....	111
BLOQUEADORES DE GRASAS Y CARBOHIDRATOS.....	112
ANOREXÍGENOS.....	113
OREXÍGENOS .....	115
SARMS.....	117
BIBLIOGRAFÍA .....	122

## Capítulo 1

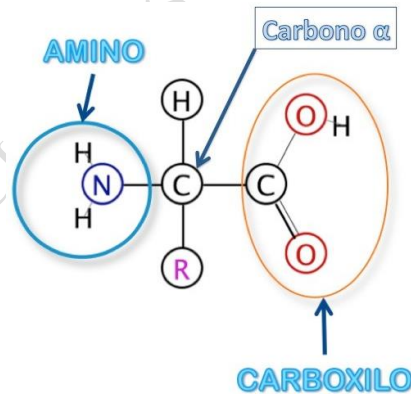
### INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA DE MACRONUTRIENTES PROTEÍNAS, CARBOHIDRATOS Y LÍPIDOS.

#### PROTEÍNAS

Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos, cuya secuencia responde a una secuencia de ADN del gen que la codifica. Están compuestas por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N). Además, suelen tener pequeñas cantidades de fósforo (P) y azufre (S).

Las proteínas desempeñan gran variedad de funciones en la célula, incluidas estructurales (citoesqueleto), mecánicas (músculo), bioquímicas (enzimas), y de señalización celular (hormonas). Son moléculas esenciales en la constitución de los organismos y por ende son también parte esencial de la dieta.

Los aminoácidos son sustancias orgánicas que contiene al menos un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) y al menos un grupo ácido, que siempre es el grupo carboxilo (-COOH) excepto en el caso de la taurina (que es -SO<sub>3</sub>H). De esta manera se puede establecer una fórmula estructural general para todos los aminoácidos, que es la que podemos ver en la figura de abajo. En ella R es la cadena lateral que es distintiva para cada aminoácido.

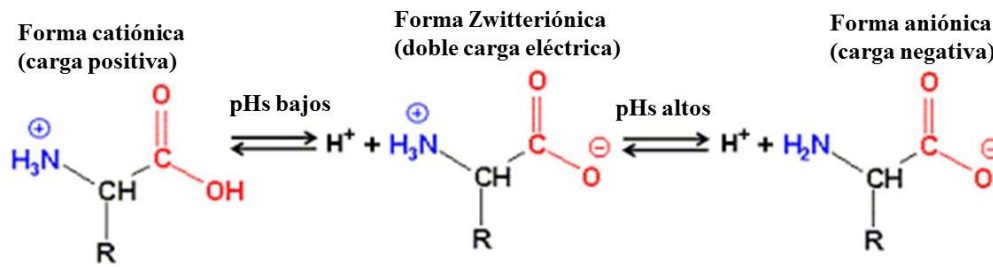


Esquema de la estructura química general de un aminoácido.

Es importante destacar que el carbono marcado como  $\alpha$  en la figura es un carbono asimétrico (está unido a cuatro radicales diferentes) en todos los aminoácidos con excepción de la glicina. Esto significa que todos los aminoácidos tiene actividad óptica (cuando están en una solución desvían el plano de la luz polarizada hacia la izquierda o hacia la derecha), menos la glicina. Solo los aminoácidos levógiros, L, forman parte de las proteínas.

Otra característica importante de los aminoácidos es que son anfóteros. Esto quiere decir que cuando están disueltos en agua, los aminoácidos son capaces de protonarse en medio ácido o desprotonarse en medio básico, o presentar doble carga cuando el pH del medio es igual al punto isoelectrico del mismo.





Esquema en donde se puede apreciar el cambio en la carga de un aminoácido en función del cambio de pH.

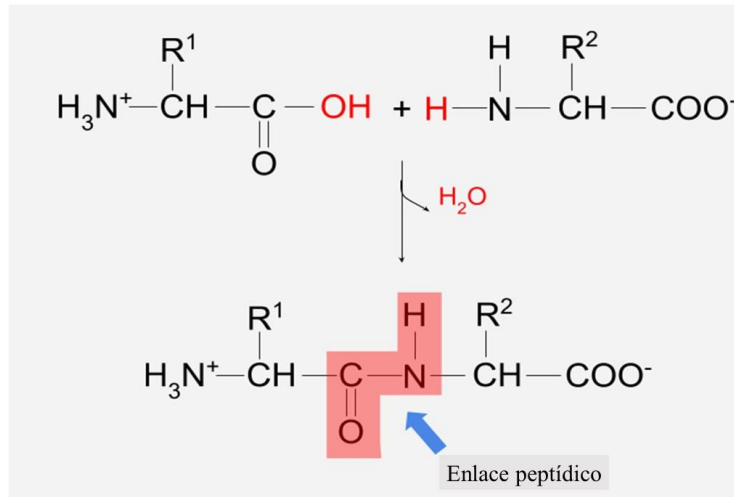
En la naturaleza existen numerosos aminoácidos diferentes, pero sólo unos 20 forman parte de las proteínas, son los que llamamos proteínogénicos.

Según su estructura los aminoácidos se clasifican así:

- Apolares
  - ❖ Alifáticos: Alanina, valina, prolina, metionina, leucina e isoleucina.
  - ❖ Aromáticos: Fenilalanina y triptófano.
- Polares
  - ❖ Básicos: Histidina, arginina y lisina.
  - ❖ Ácidos: Aspartato y glutamato.
  - ❖ Carga neutra: Glicina, serina, treonina, cisteína, tirosina, asparagina y glutamina.

Por otra parte, algunos de los aminoácidos no son sintetizables por el organismo y, por tanto, tienen que ser suministrados con la dieta. A estos se les llama aminoácidos esenciales. Para la especie humana existen ocho aminoácidos esenciales: treonina, metionina, lisina, valina, triptófano, leucina, isoleucina y fenilalanina. La histidina al igual que la arginina se considera como esencial durante el crecimiento, pero no así en el adulto.

Un péptido es la unión de dos o más aminoácidos (AA) mediante enlaces amida. En los péptidos y en las proteínas, estos enlaces amida reciben el nombre de enlaces peptídicos y son el resultado de la reacción del grupo carboxilo de un AA con el grupo amino de otro, con eliminación de una molécula de agua. Generalmente se considera, según el autor, que los péptidos no son mayores de 50 o 100 aminoácidos. De manera también general a una cadena polipeptídica se le considera péptido y no proteína si su peso molecular es menor de 5.000 daltons.



Esquema de la estructura química de un enlace amida para formar un péptido.

Las proteínas desempeñan numerosas funciones en el organismo. De manera muy genérica, según su función, se clasifican como proteínas estructurales o proteínas con actividad biológica.

- ❖ Las proteínas estructurales son aquellas que intervienen en la constitución de los tejidos, órganos y células. Como ejemplos se puede citar al colágeno, que forma parte de la piel, ligamentos, tendones, hueso y matriz de varios órganos.
- ❖ Las proteínas con actividad biológica son aquellas que intervienen o facilitan un proceso bioquímico en el organismo. Las funciones aquí son casi innumerables, desde regulación de procesos metabólicos hasta participación en la defensa (sistema inmune), pasando por ser moléculas de transporte de otras moléculas en la sangre, por ejemplo, la hemoglobina.

De acuerdo con la composición química las proteínas, se clasifican en dos tipos principales:

- ❖ Simples. Constituidas únicamente por aminoácidos. Entre ellas tenemos albúminas, globulinas, histonas.
- ❖ Conjugadas. Presentan en su composición otras moléculas diferentes además de los aminoácidos, a la cual se le denomina grupo prostético. Entre ellas tenemos las glucoproteínas o mucoproteínas, lipoproteínas, metaloproteínas.



## **CARBOHIDRATOS O HIDRATOS DE CARBONO.**

Los carbohidratos son biomoléculas formadas por tres elementos fundamentales: carbono, hidrógeno y oxígeno, este último en una proporción más baja. Su principal función en el organismo de los seres vivos es la de contribuir en el almacenamiento y en la obtención de energía de forma inmediata, sobre todo al cerebro y al sistema nervioso.

Existen cuatro tipos de carbohidratos en función de su estructura química: los monosacáridos, los disacáridos, los oligosacáridos y los polisacáridos.

Monosacáridos: Son los más simples, ya que están formados por una sola molécula. Esto los convierte en la principal fuente de combustible para el organismo y hace posible que sean usados como una fuente de energía y también en biosíntesis o anabolismo, el conjunto de procesos del metabolismo destinados a formar los componentes celulares. También hay algunos tipos de monosacáridos, como la ribosa o la desoxirribosa, que forman parte del material genético del ADN.

Disacáridos: Están formados por dos moléculas de monosacáridos. Estas pueden hidrolizarse y dar lugar a dos monosacáridos libres. Entre los disacáridos más comunes están la sacarosa (el más abundante, que constituye la principal forma de transporte de los glúcidos en las plantas y organismos vegetales), la lactosa o azúcar de la leche, la maltosa (que proviene de la hidrólisis del almidón) y la celobiosa (obtenida de la hidrólisis de la celulosa).

Oligosacáridos: La estructura de estos carbohidratos es variable y pueden estar formados por entre tres y nueve moléculas de monosacáridos, unidas por enlaces y que se liberan cuando se lleva a cabo un proceso de hidrólisis, al igual que ocurre con los disacáridos. En muchos casos, los oligosacáridos pueden aparecer unidos a proteínas, dando lugar a lo que se conoce como glucoproteínas.

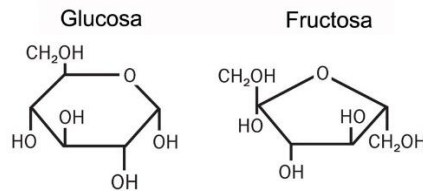
Polisacáridos: Son cadenas de más de diez monosacáridos cuya función en el organismo se relaciona normalmente con labores de estructura o de almacenamiento. Ejemplos de polisacáridos comunes son el almidón, la amilosa, el glucógeno, la celulosa y la quitina.

En el ámbito de la nutrición, es posible distinguir entre carbohidratos simples y complejos.

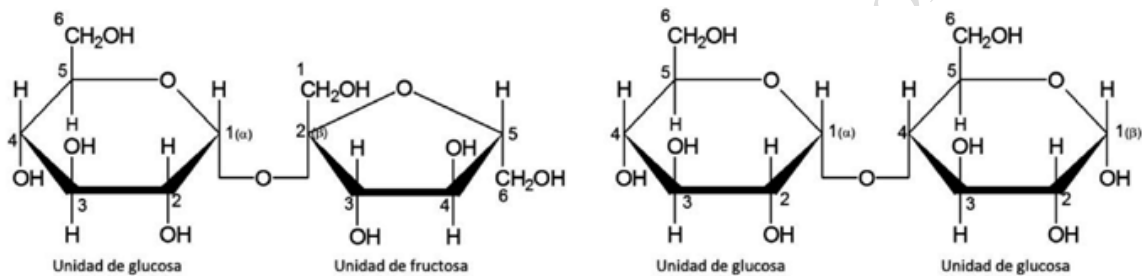
Así, los carbohidratos simples provenientes de los alimentos incluyen la fructosa (que se encuentra en las frutas), la galactosa (en los productos lácteos), la lactosa (también presente en productos lácteos), la maltosa (que aparece en ciertas verduras, así como en la cerveza en cuya elaboración se emplea el cereal de la malta), y la sacarosa (que se encuentra en el azúcar de mesa o azúcar común). También la miel es considerada una fuente de carbohidratos simples, ya que contiene aproximadamente un 80% de azúcares, de los cuales típicamente el 38% es fructosa, un 32% es glucosa y alrededor de un 8% corresponden a maltosa y otros disacáridos.

En cuanto a los carbohidratos complejos, se incluyen alimentos como legumbres, verduras ricas en almidón, como la papa o la batata, panes, pastas y otros productos que incluyan harinas o cereales integrales.

La diferencia principal entre los carbohidratos simples y los carbohidratos complejos, es que estos últimos necesitan de un proceso digestivo (debido a que son polisacáridos y no pueden ser aprovechados por el organismo como tales) y se dice que son carbohidratos de liberación lenta ya que a medida que van siendo digeridos, los monosacáridos obtenidos van ingresando gradualmente al torrente sanguíneo sin producir los picos glucémicos (niveles altos de glucosa en sangre) que ocurren cuando ingerimos altas cantidades de carbohidratos simples.

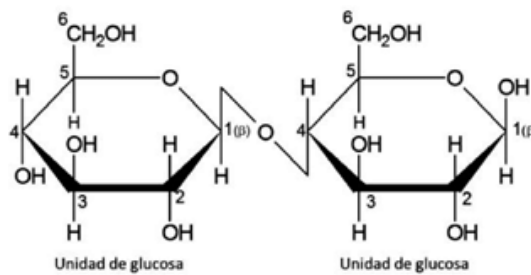


Esquema de la estructura química de dos monosacáridos, glucosa y fructosa.



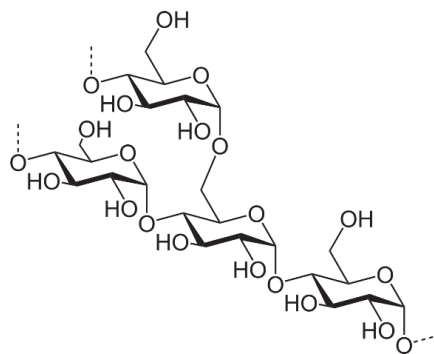
Sacarosa

Maltosa

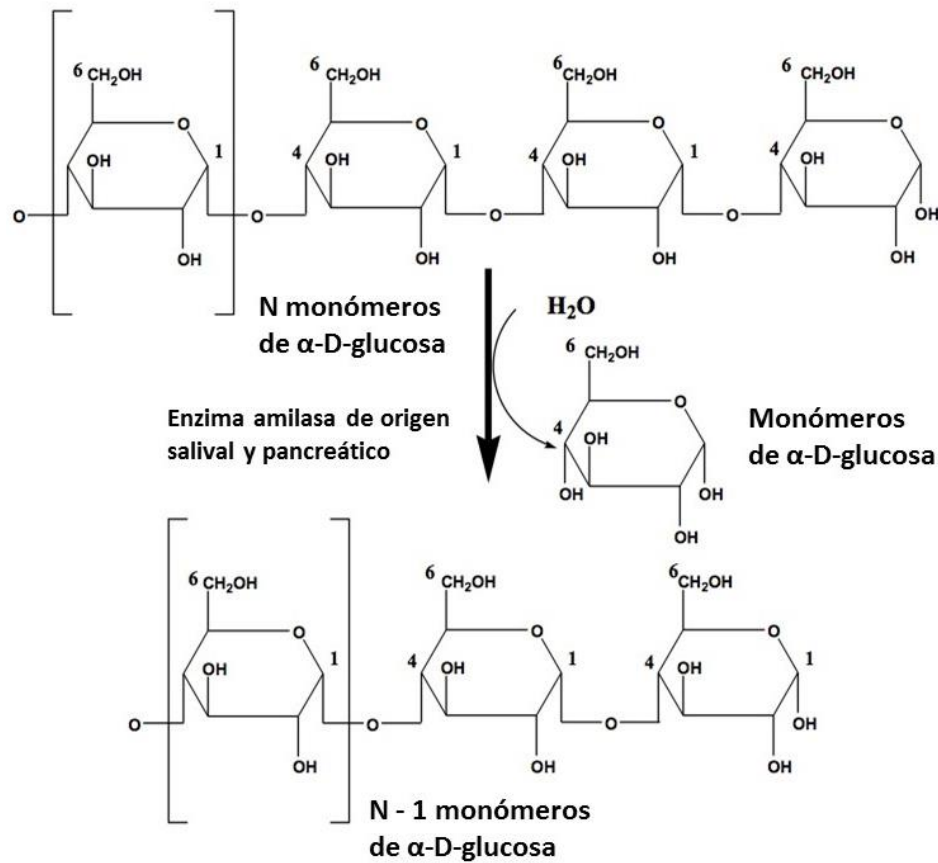


Lactosa

Esquema de la estructura química de algunos disacáridos.



Esquema de la estructura química de un polisacárido o carbohidrato complejo.



Esquema del efecto de la enzima amilasa durante el proceso de digestión en un carbohidrato complejo como el almidón.

Imagen tomada y editada de

<https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-12-otras-vias/digestion-y-absorcion-de.html>

**Bibliografía de Proteínas y Carbohidratos:** [2–11]

## LIPIDOS

Los lípidos son un grupo muy heterogéneo de compuestos orgánicos, constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno principalmente, y en ocasiones por azufre, nitrógeno y fósforo. En los alimentos existen fundamentalmente tres tipos de lípidos:

- ❖ Grasas o aceites (también llamados triglicéridos o triacilglicéridos).
- ❖ Fosfolípidos.
- ❖ Ésteres de colesterol, que muestran un componente común: los ácidos grasos. Los hay de tres tipos: ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGM), ácidos grasos poliinsaturados (AGP).

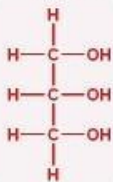
Veremos con mayor detalle algunos de los tipos más importantes de lípidos como son grasas, aceites, ceras, fosfolípidos y esteroides.

### Grasas o aceites (triglicéridos)

Una molécula de grasa consta de dos partes: un esqueleto de glicerol y tres colas de ácidos grasos. El glicerol es una pequeña molécula orgánica con tres grupos hidroxilo (OH), mientras que un ácido graso consta de una larga cadena de carbonos unida a un grupo carboxilo. Un ácido graso típico tiene entre 12 y 18 carbonos, aunque algunos pueden tener tan solo 4 o hasta 36.

Para formar una molécula de grasa, cada uno de los grupos hidroxilo del esqueleto de glicerol debe reaccionar con el grupo carboxilo del ácido graso mediante una reacción de síntesis por deshidratación. Este proceso produce una molécula de grasa con tres colas de ácido graso unidas al esqueleto de glicerol por medio de enlaces éster (que contienen un átomo de oxígeno junto a un grupo carbonilo o C=O). Los triglicéridos pueden tener tres colas de ácidos grasos idénticas o diferentes (que se distinguen en su longitud o en la posición de los dobles enlaces).

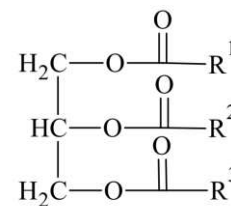
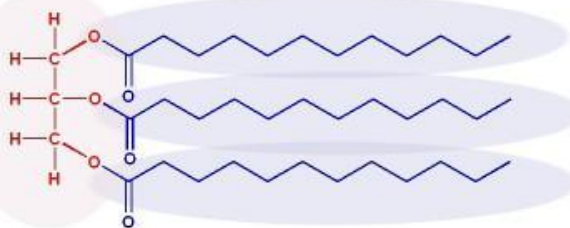
**Glicerol**



**Ácido graso libre**



**Triglicérido**



Grasa animal

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> = Cadenas de C11 a C19



### Esquema de la estructura química de un triglicérido.

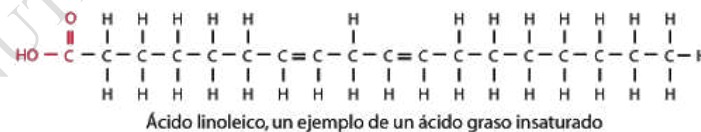
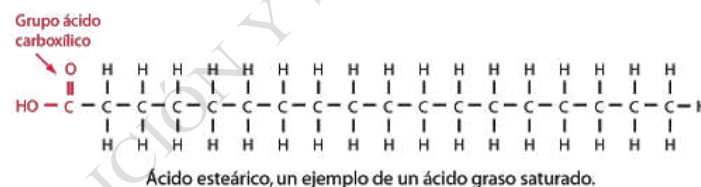
Las moléculas de triacilgliceroles o triglicéridos, se almacenan principalmente en células adiposas especializadas, llamadas adipocitos, que forman un tejido conocido como tejido adiposo.

### Ácidos grasos saturados e insaturados

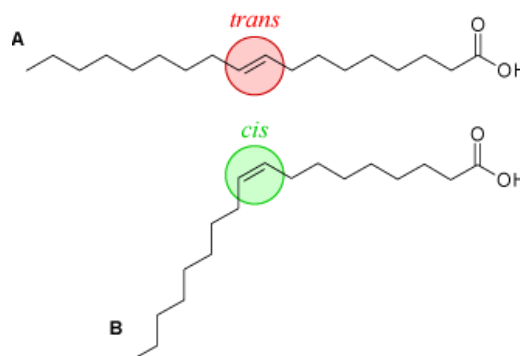
Las tres colas de ácidos grasos de un triglicérido no necesariamente tienen que ser idénticas. Además de la diferencia en longitud, las cadenas de ácidos grasos también difieren en su grado de insaturación.

- ❖ Si solamente hay enlaces sencillos entre carbonos vecinos en la cadena de carbohidrato, se dice que un ácido graso está saturado (los ácidos grasos se saturan con hidrógeno; en una grasa saturada, hay tantos átomos de hidrógeno unidos al esqueleto de carbono como sea posible).
- ❖ Cuando la cadena de carbohidrato contiene un enlace doble, se dice que el ácido graso está insaturado, ya que ahora tiene menos hidrógenos. Si solo hay un enlace doble en un ácido graso, está monoinsaturado, mientras que, si hay varios enlaces dobles, está poliinsaturado.

Los enlaces dobles en los ácidos grasos insaturados, como otros tipos de enlaces dobles, pueden existir en una configuración trans o cis. En la configuración cis, los dos hidrógenos asociados al enlace se encuentran del mismo lado, mientras que en la configuración trans se encuentran en lados opuestos (como se muestra abajo). Un enlace doble en cis genera un estrechamiento o una curva en el ácido graso, una característica que tiene consecuencias importantes para el comportamiento de las grasas.



Esquema de la estructura química de un ácido graso saturado e insaturado.



Esquema de la geometría de los isómeros de un ácido graso insaturado, a) trans, b) cis.



Debido a que las colas de ácidos grasos saturados son rectas, las moléculas de grasa saturada se pueden empaquetar de manera compacta, lo que produce grasas sólidas a temperatura ambiente (tienen un punto de fusión relativamente alto).

En cambio, en los ácidos grasos cis- insaturados, las colas están dobladas debido a la presencia de un enlace doble cis. Esto dificulta la compactación de moléculas de grasa con una o más colas de ácido graso cis- insaturado, por lo que tienden a estar en estado líquido a temperatura ambiente (tienen un punto de fusión relativamente bajo). Estas moléculas se conocen comúnmente como aceites. Por ejemplo, el aceite de oliva está compuesto principalmente de grasas insaturadas.

Las grasas trans rara vez se encuentran en la naturaleza, pero se producen fácilmente mediante un procedimiento industrial llamado hidrogenación parcial.

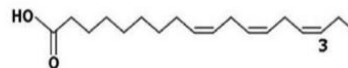
En este proceso, se pasa hidrógeno gaseoso través de aceites (constituidos en su mayoría por grasas cis-insaturadas), lo que convierte algunos de los enlaces dobles en enlaces simples. El objetivo de la hidrogenación parcial es darles a los aceites algunas de las propiedades deseables de las grasas saturadas, como solidez a temperatura ambiente, pero una consecuencia no intencionada es que algunos de los enlaces dobles cis cambian su configuración y se convierten en enlaces dobles trans.

Los ácidos grasos trans insaturados pueden empaquetarse de manera más compacta y es más probable que sean sólidos a temperatura ambiente. Por ejemplo, algunas mantecas vegetales contienen un porcentaje significativo de grasas trans.

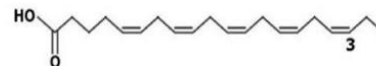
Otra clase de ácido graso que merece mención incluye los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Hay diferentes tipos de ácidos grasos omega-3 y omega-6, pero todos ellos provienen de dos formas precursoras básicas: el ácido alfa-linolénico (ALA) para omega-3 y el ácido linoleico (LA) para omega-6.

El cuerpo humano necesita estas moléculas (y sus derivados), pero no puede sintetizarlas. Por consiguiente, el ALA y el LA se clasifican como ácidos grasos esenciales y una persona los debe obtener de su dieta. Algunos pescados, como el salmón, y algunas semillas, como la chía y la linaza, son una buena fuente de ácidos grasos omega-3.

Ácido alfa-linolénico (ALA, Omega 3)



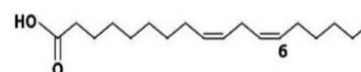
Ácido eicosapentanoico (EPA, Omega 3)



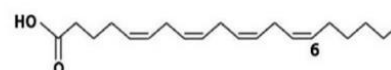
Ácido docosahexaenoico (DHA, Omega 3)



Ácido linoleico (LA, Omega 6)

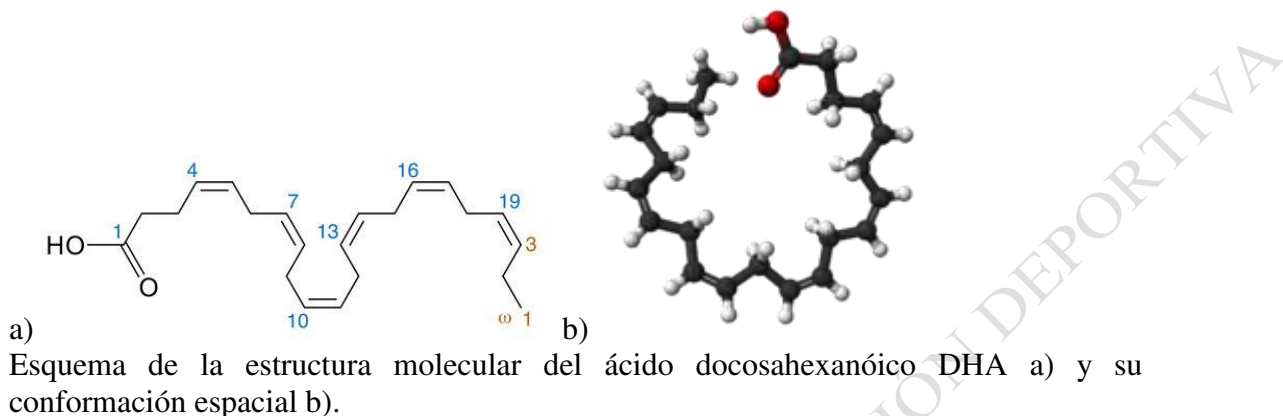


Ácido araquidónico (AA, Omega 6)



Esquema de la estructura química de los ácidos grasos omega 3 y 6.

Los ácidos grasos omega 3 y omega 6 tienen al menos dos enlaces cis-insaturados, lo que les da una forma curvada. El ALA es bastante curvo, pero el DHA, un ácido graso omega-3 derivado del ALA mediante la formación de enlaces dobles adicionales, tiene seis enlaces cis-insaturados y está tan doblado que casi forma un círculo.



El ácido docosahexaenoico (DHA) es un ácido graso omega-3 que es un componente estructural primario del cerebro humano, la corteza cerebral, la piel y la retina.

La estructura del DHA es un ácido carboxílico (- ácido oico) con una cadena de 22 carbonos (docosa- deriva del griego antiguo para 22) y seis dobles enlaces (hexa-) cis (-en-), con el primer doble enlace ubicado en el tercer carbono desde el extremo omega. Su nombre sistemático es ácido todo-cis-docosa-4,7,10,13,16,19-hexa-enoico, y su nombre abreviado es 22: 6 (n-3) en la nomenclatura de ácidos grasos.

Los ácidos grasos omega 3 y omega 6 desempeñan diversas funciones en el cuerpo. Son los precursores (materia prima) para la síntesis de una serie de moléculas de señalización importantes, tales como las que regulan la inflamación y el estado de ánimo.

Los ácidos grasos omega 3 en particular pueden reducir el riesgo de muerte súbita por ataques cardíacos, disminuir los triglicéridos en la sangre, bajar la presión arterial y prevenir la formación de coágulos sanguíneos.

Aunque nos han hecho creer que las grasas son malas y sea cierto que comer grandes cantidades de alimentos fritos y otras comidas altas en grasa puede provocar un aumento de peso y problemas de salud, son esenciales para el cuerpo y cumplen muchas funciones importantes.

Por ejemplo, muchas vitaminas son liposolubles, lo que significa que deben estar asociadas con moléculas de grasa para que el cuerpo las absorba eficazmente. Las grasas también proporcionan una manera eficiente de almacenar energía durante períodos largos de tiempo, ya que la energía que contienen por gramo es más del doble de la contenida en los carbohidratos (9kcal/g). Además, aíslan el cuerpo térmicamente.

Como todas las demás grandes moléculas biológicas, las grasas se necesitan en las cantidades adecuadas para que el cuerpo (y el de otros organismos) funcione correctamente.

## Ceras

Las ceras biológicas son ésteres de los ácidos grasos de cadena larga (C<sub>14</sub>-C<sub>36</sub>) con alcoholes de peso molecular elevado, es decir, de cadena larga (C<sub>16</sub> a C<sub>30</sub>). Son moléculas que se obtienen por esterificación, reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.

Las ceras conforman otra categoría importante de lípidos a nivel biológico. La cera cubre las plumas de algunas aves acuáticas y la superficie de las hojas de algunas plantas: sus propiedades hidrofóbicas (repelentes de agua) impiden que el agua se adhiera o penetre en la superficie. Es por esto que el agua forma gotas en las hojas de muchas plantas y que las aves no se empapan cuando llueve.



Hexadecanoato de triacontilo  
(de la cera de abeja)



en la cera de carnauba



Palmitato de cetilo  
(en la esperma de ballena)

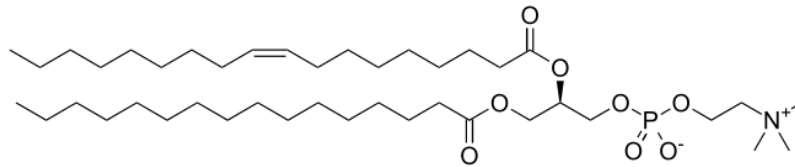
Esquema de la estructura molecular de las ceras.

## Fosfolípidos

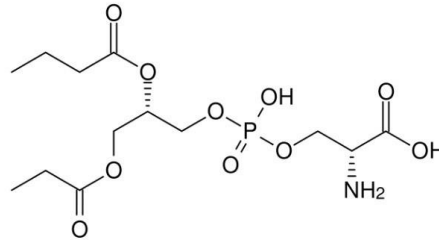
Un fosfolípido es un lípido compuesto de glicerol, dos colas de ácidos grasos y una cabeza con un grupo fosfato, son los componentes principales de la membrana plasmática.

Normalmente se componen de cadenas de ácidos grasos unidas a un esqueleto de glicerol. Sin embargo, en lugar de tener tres colas de ácidos grasos, tienen solo dos y el tercer carbono del esqueleto de glicerol está ocupado por un derivado de un grupo fosfato.

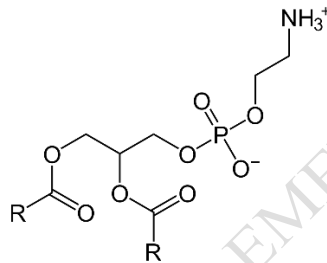
Los diferentes fosfolípidos presentan diferentes estructuras químicas alrededor del grupo fosfato, los ejemplos más comunes son la colina (un compuesto nitrogenado) y la serina (un aminoácido). Las diferentes estructuras obtenidas proporcionan a los fosfolípidos diferentes características y funciones en las células.



Fosfatidilcolina

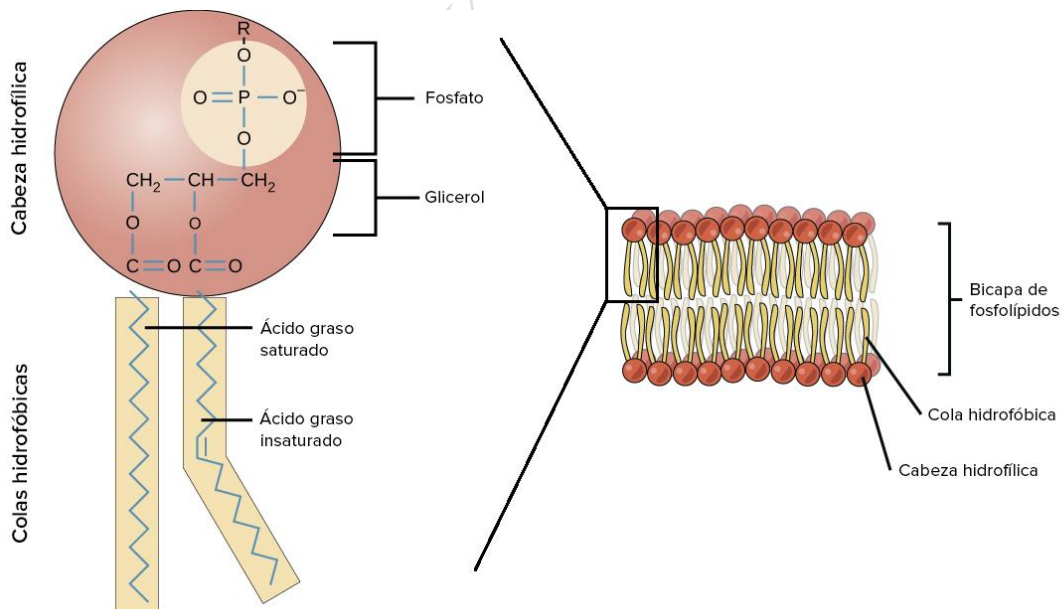


Fosfatidilserina



Fosfatidiletanolamina

Esquema de la estructura química de algunos de los principales fosfolípidos.

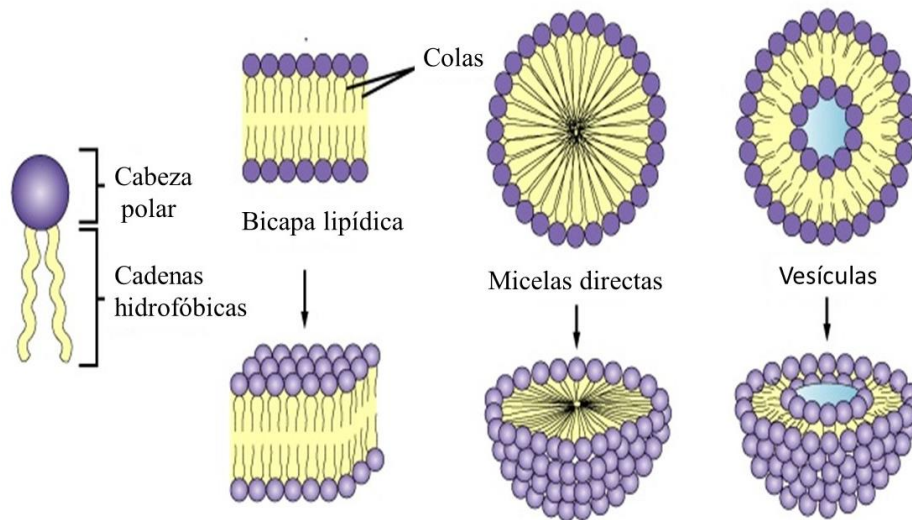


Esquema de la estructura química de un fosfolípido, mostrando las colas hidrofóbicas de ácidos grasos y la cabeza hidrofílica (que incluye los enlaces éster, el esqueleto de glicerol, el grupo fosfato y el grupo R unido al grupo fosfato). Además, se muestra una bicapa lipídica constituida por fosfolípidos, con sus cabezas polares apuntando hacia fuera y sus colas hidrofóbicas hacia el centro. Imagen tomada y editada de OpenStax, Biología.

Un fosfolípido es una molécula que tiene una parte hidrofóbica y una hidrofílica. Las cadenas de ácidos grasos son hidrofóbicas y no interactúan con el agua, mientras que el grupo que contiene fosfato es hidrofílico (debido a su carga) e interactúa fácilmente con el agua.

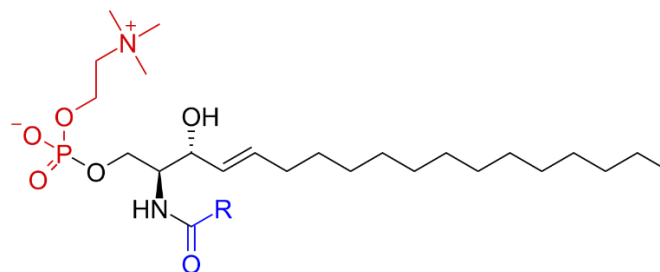
En una membrana, los fosfolípidos se disponen en una estructura llamada bicapa, con sus cabezas de fosfato del lado del agua y sus colas dirigidas hacia el interior (arriba). Esta organización impide que las colas hidrofóbicas entren en contacto con el agua, lo que la hace un arreglo estable, de baja energía.

Si se pone una gota de fosfolípidos en agua, se formará espontáneamente una estructura en forma de esfera conocida como micela, en la cual las cabezas hidrofílicas de fosfato se dirigen hacia el exterior y los ácidos grasos, hacia el interior de la estructura. La formación de la micela es favorable desde el punto de vista energético, porque secuestra las colas hidrofóbicas de los ácidos grasos, y permite la interacción del grupo de cabezas hidrofílicas de fosfato con el agua circundante.



Esquema de las distintas estructuras que forman los fosfolípidos en agua.  
Imagen tomada y editada de <https://cienciaonthecrest.com/page/39/>

Otro de los fosfolípidos de membranas, es la esfingomielina, que deriva de la esfingosina, que es un aminoalcohol que contienen una larga cadena hidrocarbonada insaturada.

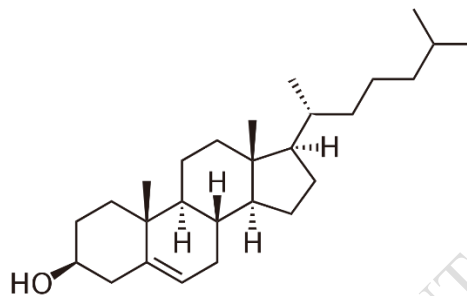


Esquema de la estructura química de la esfingomielina.

## Esteroides

Los esteroides son otra clase de moléculas lipídicas, que se identifican por su estructura de cuatro anillos fusionados. Aunque a nivel estructural no se asemejan a otros lípidos, los esteroides se incluyen en esta categoría porque también son hidrofóbicos e insolubles en agua. Todos los esteroides tienen cuatro anillos de carbono enlazados y varios de ellos, como el colesterol, también tienen una cola corta.

Muchos esteroides tienen un grupo funcional –OH unido a un sitio específico, como se muestra en el colesterol de la siguiente ilustración; estos esteroides también se clasifican como alcoholes y se denominan esterol.



Esquema de la estructura química del colesterol.

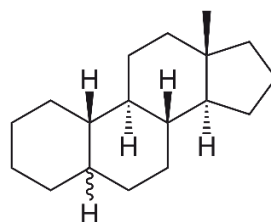
El colesterol es el esteroide más común, se sintetiza principalmente en el hígado y es el precursor de muchas hormonas esteroideas, entre ellas las hormonas sexuales testosterona y estradiol, que son secretadas por las gónadas (testículos y ovarios).

El colesterol también sirve como materia prima para otras moléculas importantes del cuerpo, como la vitamina D y los ácidos biliares, que ayudan a la digestión y absorción de grasas provenientes de los alimentos. También es un componente esencial de las membranas celulares, ya que altera su fluidez y dinámica.

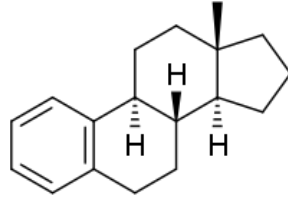
Por supuesto, también hay colesterol en la sangre, tema muy recurrente en la consulta médica o las noticias. El colesterol en la sangre puede tener tanto efectos protectores (en su forma de alta densidad o HDL), como efectos negativos (en su forma de baja densidad) en la salud cardiovascular.

## Hormonas esteroideas

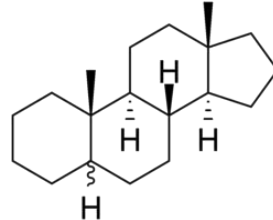
El estrano, tiene 18 átomos de carbono, los esteroides que derivan de él se denomina C-18 esteroides.



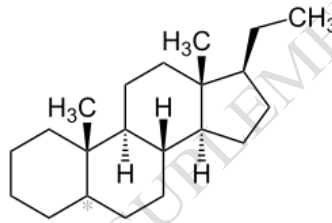
El estratrieno, también con 18 átomos de carbono, tiene el anillo A con tres dobles enlaces, formando un anillo aromático. Es la estructura básica de los estrógenos.



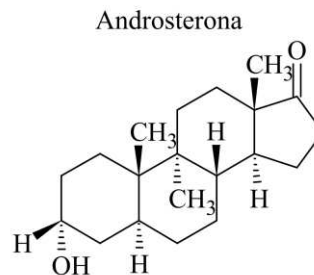
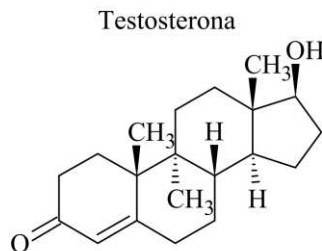
El androstano, sólo se diferencia del estrano en que posee un átomo de carbono más. Se trata de un C-19 esteroide y es la estructura básica de los andrógenos.



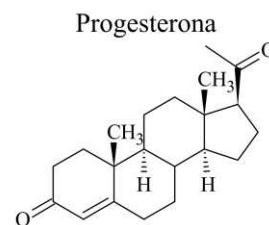
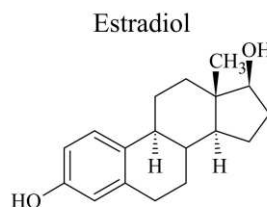
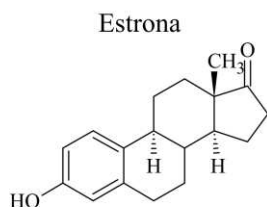
El pregnano, con 21 átomos de carbono, es el origen de los C-21 esteroides, que constituyen un grupo muy importante de hormonas entre las que se encuentran la progesterona, la hormona del cuerpo amarillo, y todas las hormonas de la corteza suprarrenal (cortisona, cortisol, aldosterona, etc.).



Andrógenos

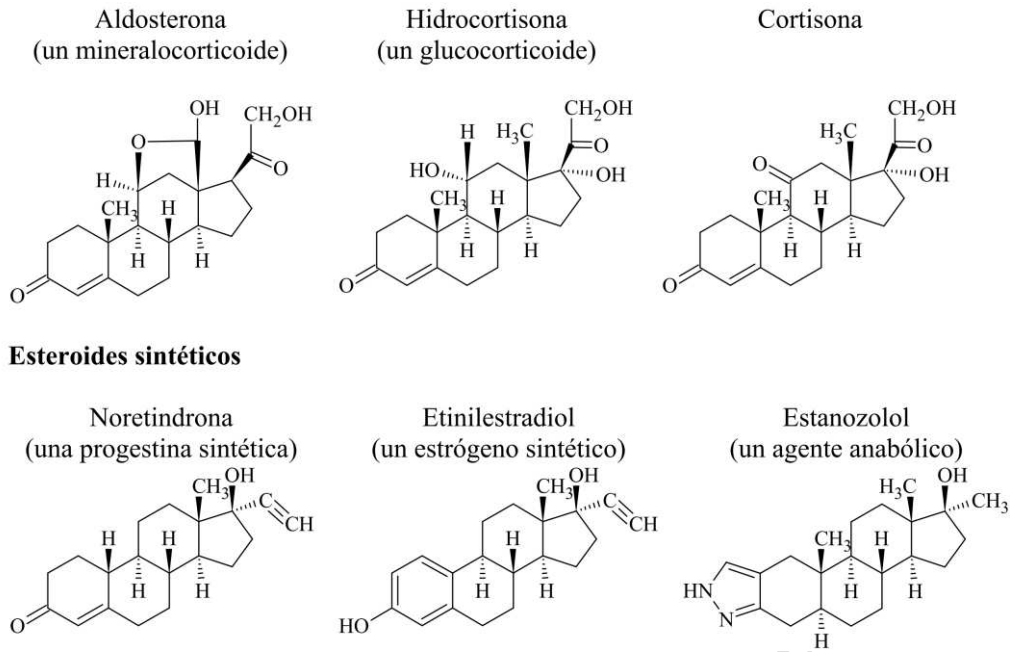


Estrógenos



Esquema de la estructura química básica de las hormonas sexuales.





Esquema de la estructura química de algunas hormonas esteroides adrenocorticales y sintéticas.

**Bibliografía de lípidos:** [12–32]



---

## Capítulo 2

---

### INTRODUCCIÓN A LA SUPLEMENTACIÓN DEPORTIVA

#### MULTIVITAMÍNICOS Y MINERALES

Son una combinación de diferentes vitaminas y minerales para prevenir ciertas deficiencias que no pueden alcanzarse mediante la dieta.

Las vitaminas y minerales forman parte de los nutrientes esenciales y se denominan micronutrientes porque los necesitamos en pequeñas cantidades (miligramos o microgramos), pero son indispensables para el buen funcionamiento del cuerpo (ayudan a la reparación de tejidos, al crecimiento y a reforzar nuestro sistema inmune contra distintas enfermedades).

#### VITAMINAS

Existen dos tipos de vitaminas, según se disuelvan en agua (hidrosolubles) o en grasa (liposolubles).

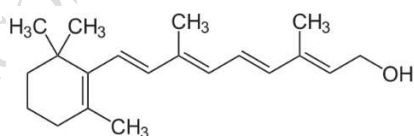
- ❖ Las vitaminas liposolubles son: A, D, E, K
- ❖ Las vitaminas hidrosolubles son: C y complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y vitamina B12).

#### Vitamina A (Retinol)

Mantiene sanas la piel y mucosas del aparato digestivo y respiratorio. Es necesaria para la visión nocturna y fortalece las defensas para luchar contra las enfermedades.

Se encuentra en verduras (espinacas y zanahorias) frutas, huevos, mantequilla, hígado, calostro y leche materna.

Su déficit ocurre en dietas pobres en grasa. Ocasiona ceguera nocturna y aumento de infecciones.



#### Vitamina E

Es antioxidante y ayuda a la formación de glóbulos rojos.

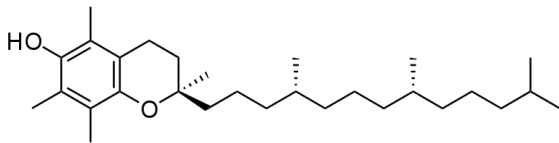
Su efecto antioxidante mejora los aspectos cardiovasculares y circulatorios, el equilibrio entre el colesterol bueno (HDL) y malo (LDL), la elasticidad de la piel

(principalmente visible en mujeres fumadoras), estimula las defensas con un efecto positivo como anti cancerígeno y anti infeccioso, etc.

Desde el punto de vista sexual, mejora la fertilidad en hombres y mujeres, en el hombre mejora la erección, aumenta el volumen de esperma, acelera la eyaculación, mejora la sensación de orgasmo y mejora la libido (deseo sexual).

Se puede encontrar en frutos secos (nueces), legumbres, verduras de hoja verde, cereales, yemas de huevo y aceites vegetales.

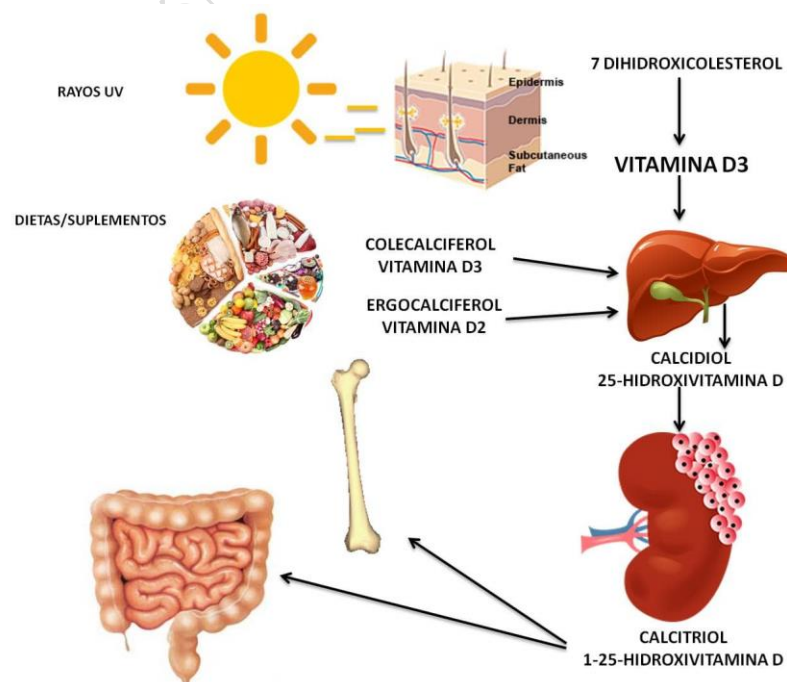
Su déficit puede provocar síndromes de malabsorción.



### Vitamina D

La vitamina D pertenece a la familia de los esteroides debido a su estructura química, se sintetiza en la piel mediante exposición a la luz solar o también se puede obtener a partir de la ingestión de alimentos que la contengan. La vitamina D desempeña un papel fundamental en la mineralización del sistema óseo en todas las edades.

La vitamina D no es tan sólo un micronutriente, ya que participa en diversas funciones en el organismo y la más importante es mantener el calcio sérico en un nivel fisiológicamente aceptable para que desempeñe sus funciones metabólicas, la transducción de señales y la actividad neuromuscular.



Esquema de la biosíntesis de la forma activa de la vitamina D (calcitriol).

Imagen tomada de <https://cliera.com/vitamina-d-modulador-del-sistema-inmune/>

La síntesis y metabolización de la vitamina D se inicia cuando la 7-dihidrocolesterol se transforma en provitamina D y posteriormente en la forma activa de la vitamina D, ya que inicialmente como tal no tiene efecto alguno, es inactiva, debido a que requiere dos hidroxilaciones para ser biológicamente activa.

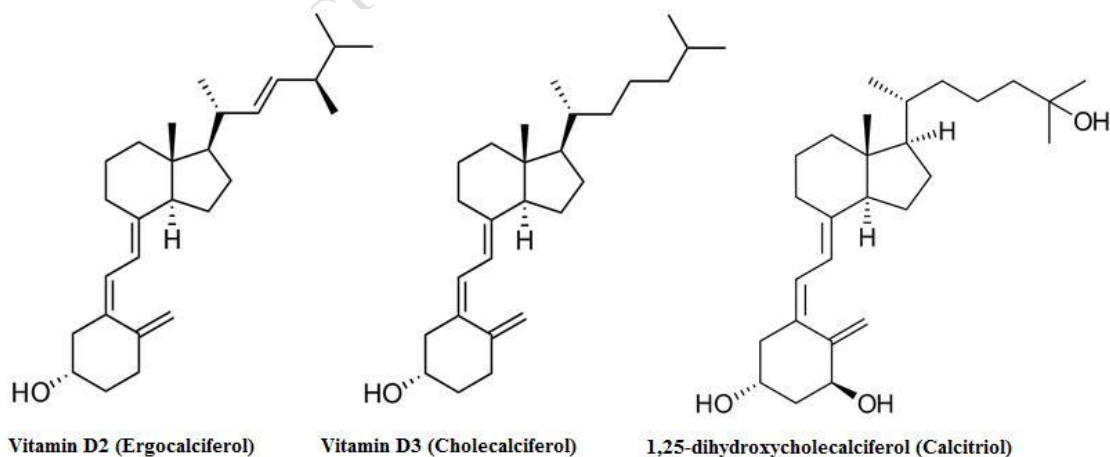
La primera hidroxilación, se produce sobre la vitamina D<sub>2</sub> (ergocalciferol) o sobre la vitamina D<sub>3</sub> (cholecalciferol), esta es llevada a cabo en el hígado, en donde se encuentra unida a la proteína fijadora de la vitamina D, que da lugar a la 25(OH) vitamina D, cuya concentración en sangre es la utilizada para evaluar su déficit, concentración normal o intoxicación (sobredosis).

La segunda hidroxilación se produce en el riñón (también existen otros tejidos donde se puede producir, como las mamas, el colon o la próstata), en donde se convierte en su forma biológicamente activa, la 1- $\alpha$ ,25-dihidroxicolecalciferol o 1- $\alpha$ ,25(OH)<sub>2</sub> vitamina D, también llamada calcitriol, cuya función principal es aumentar la absorción de calcio y fósforo en el intestino, inhibir la formación de osteoclastos para la reabsorción ósea y reducir la producción de hormona paratiroidea (PTH).

Además, la 1- $\alpha$ ,25(OH)<sub>2</sub> vitamina D presenta la capacidad de regular una amplia variedad de funciones biológicas, tales como el crecimiento celular, apoptosis (muerte celular programada), angiogénesis (formación de vasos sanguíneos nuevos a partir de los vasos preexistentes), ya que está implicada en el proceso de división celular y la diferenciación y regulación del sistema inmunológico.

El déficit de vitamina D se relaciona a muchas enfermedades agudas y crónicas, incluyendo alteraciones en el metabolismo del calcio (osteomalacia, osteoporosis y raquitismo), algunos tipos de cánceres, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.

Algunas fuentes de alimentos que contienen vitamina D son los pescados grasos, (salmón, atún o caballa), hígado vacuno, queso y la yema de huevo.

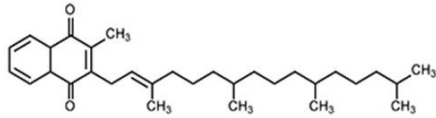


## Vitamina K

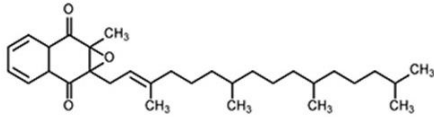
La vitamina K ayuda al cuerpo a construir huesos y tejidos saludables a través de las proteínas. También produce proteínas que ayudan a coagular la sangre.

Se encuentra en leche de vaca, hígado, soja y alfalfa; también en el brócoli, espinacas, tomate y coliflor.

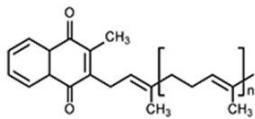
Su déficit es frecuente en el recién nacido, por eso nada al nacer se les administra a los bebés. Puede ocasionar: hemorragias, alteraciones de la coagulación.



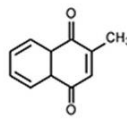
Filoquinona (K1)



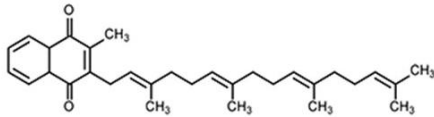
Epóxido Filoquinona (K10)



Menaquinona-n  
(familia K2)



Menadiona (K3)

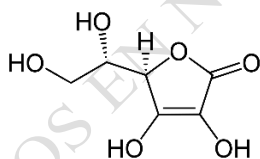


Menaquinona-4  
(MK-4, menatetrenona, familia K2)

## Vitamina C

Es la encargada de mantener en buen estado los vasos sanguíneos y evita las hemorragias. Mejora la absorción del hierro y tiene poder antioxidante que previene de las enfermedades cardiovasculares y del cáncer. Se ha demostrado también que la vitamina C es capaz de disminuir los niveles altos de azúcar en la sangre en pacientes con diabetes tipo 2.

Se encuentra naturalmente en jugos de naranja, tomate, fruta fresca, cítricos y verdura. La vitamina C se pierde con el calor por lo que conviene consumir rápidamente los jugos recién hechos o los alimentos crudos y si algunos necesitan cocción que sea poco tiempo.



**Complejo B:** intervienen en multitud de procesos metabólicos del cuerpo. Son: tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina, piridoxina (B6), biotina, folato y cobalamina (B12).

- Tiamina (B1)

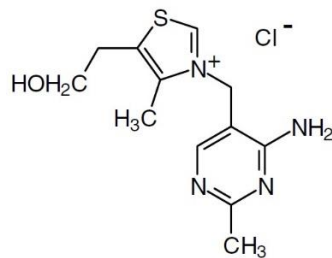
Vitamina B1 o Tiamina

Cantidad diaria recomendada para adultos: 1mg-1.2 mg (miligramos)

Ayuda a las células a convertir en energía los azúcares que obtenemos con la comida. Tiene un papel importante en la activación muscular, cardíaca y nerviosa.

Se encuentra en la leche de vaca y materna, carne de cerdo o ternera, verduras, cereales, frutas y huevos.

Su déficit es raro y produce la enfermedad de Beri-Beri. Los síntomas incluyen pérdida del apetito, debilidad, dolor en las extremidades, dificultad para respirar e inflamación en los pies y piernas.



### - Riboflavina (B2)

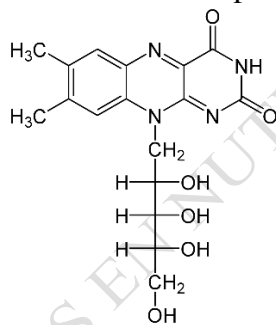
Vitamina B2 o riboflavina

Cantidad diaria recomendada para adultos: 1.3mg-1.6mg

Está involucrada en muchas funciones, entre las que se encuentran la transformación de los alimentos en energía, ya que favorece la absorción de las proteínas, las grasas y los carbohidratos y la formación de los glóbulos rojos de la sangre.

Se encuentra en hígados y riñones, leche, queso, huevos y verduras con hojas.

Su déficit produce enfermedades de las vías biliares.



### - Niacina (B3)

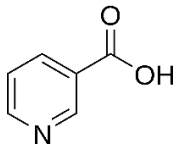
Vitamina B3 o niacina

Cantidad diaria recomendada para adultos: 14 mg -18 mg

Dentro de las funciones de la niacina se incluyen la eliminación de sustancias químicas tóxicas del cuerpo y la participación en la producción de hormonas esteroideas sintetizadas por la glándula suprarrenal, como son las hormonas sexuales y las hormonas relacionadas con el estrés.

Se encuentra en hígados, carnes blancas y carne rojas.

Su déficit produce pelagra (dermatitis, diarrea y demencia).



#### - Ácido pantoténico (B5)

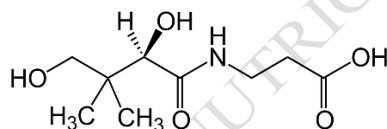
La vitamina B5 forma parte de la coenzima A (CoA), una coenzima fundamental para la existencia de las reacciones químicas que generan energía a partir de los alimentos (grasas, carbohidratos y proteínas).

Está involucrada en la síntesis de ácidos grasos esenciales, colesterol y hormonas esteroideas, ya que las mismas dependen de la presencia de la CoA. Además, el metabolismo de una serie de fármacos y toxinas generadas en el hígado también requieren de la CoA.

El ácido pantoténico en los suplementos dietéticos a menudo se presenta en forma de pantotenato de calcio o pantetina.

Algunos estudios muestran que la forma de ácido pantoténico llamada pantetina ayuda a reducir el colesterol malo o lipoproteína de baja densidad (LDL) y las concentraciones de triglicéridos. Por otro lado, se está estudiando su capacidad para incrementar las concentraciones de colesterol bueno o lipoproteína de alta densidad (HDL).

Puede encontrarse en verduras, huevos, carnes blancas o en lácteos.



#### - Piridoxina (B6)

Vitamina B6 o piridoxal fosfato

Cantidad diaria recomendada para adultos: 1.2mg – 1.5mg

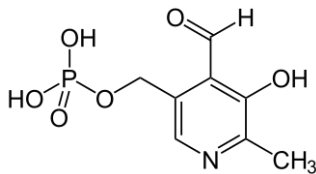
Además de un activador del sistema nervioso, la vitamina B6 es fundamental en la producción de los anticuerpos que ayudan a combatir las infecciones y en la formación de la hemoglobina, que transporta el oxígeno en los glóbulos rojos. También incrementa el rendimiento muscular y la producción de energía.

Eso es debido a que cuando hay necesidad de un mayor esfuerzo favorece la liberación de glucógeno que se encuentra almacenado en el hígado y en los músculos.

También puede colaborar a perder peso ya que ayuda a que nuestro cuerpo consiga energía a partir de las grasas acumuladas.

Es la vitamina encargada del buen funcionamiento de las enzimas llamadas aminotransferasas. Todas estas enzimas requieren de fosfato de piridoxal como grupo prostético para poder realizar las reacciones de transaminación, en donde a partir de ella se pueden sintetizar muchos de los aminoácidos no esenciales a partir de los aminoácidos esenciales en nuestro cuerpo.

Puede encontrarse en la leche de vaca, cereales y productos integrales.

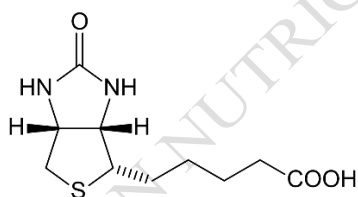


#### - Biotina (Vit H o B7 y B8)

La Biotina conocida también como vitamina B7 y B8 es la encargada de la conversión de las proteínas, los carbohidratos y las grasas en energía que el organismo utilizará. Es la coenzima vinculada a la parte activa de unas enzimas denominadas carboxilasas.

Las carboxilasas catalizan reacciones como la síntesis de ácidos grasos, la formación de glucosa a partir de fuentes que no sean carbohidratos, por ejemplo, a partir de ciertos aminoácidos y el catabolismo de aminoácidos de cadena ramificada.

Se puede encontrar en la levadura de cerveza, vísceras, yemas de huevo, legumbres, verduras y cereales.



#### - Ácido fólico (B9)

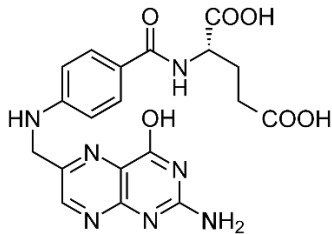
Vitamina B9 o ácido fólico

Cantidad diaria recomendada para adultos: 300 µg (microgramos)

La función principal del ácido fólico es el crecimiento y mantenimiento de los tejidos, así como la producción de ADN. Por estas razones, es una de las vitaminas de mayor importancia durante el embarazo. Las embarazadas pueden requerir hasta 5 veces más cantidad de ácido fólico.

Puede encontrarse en cereales, vegetales verdes (espárragos, brócoli, coliflor), frutas (naranjas, kiwi, melón, guayabo, plátano) legumbres y vísceras de animales.

Su déficit se produce en las mujeres embarazadas que no toman suficiente cantidad durante el primer trimestre, tienen riesgo de que su hijo presente malformaciones congénitas del sistema nervioso como son los defectos del tubo neural. También en la enfermedad celiaca.



#### - Cobalamina (B12)

Vitamina B12

Cantidad diaria recomendada para adultos: 2.0 µg (microgramos)

Esta vitamina está implicada en el mantenimiento del sistema nervioso, en el uso de las proteínas por parte de nuestro organismo y en la formación de glóbulos rojos de la sangre.

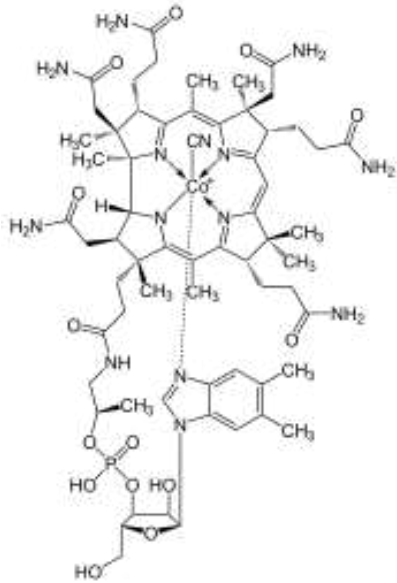
La vitamina B12 es reconocida por sus efectos anabólicos, esto beneficia a quienes desean aumentar su masa muscular. La vitamina B12 potencia el sistema inmune, mejora el apetito, mantiene las reservas de energía y ayuda a la regeneración muscular, un proceso crucial para quienes entran en el mundo del culturismo y el fitness.

Interviene también en el metabolismo de la creatina, un aminoácido encargado de la regeneración del adenosin trifosfato en los músculos.

Se puede obtener a partir de vísceras de animales, carne, huevos, mariscos y leche.

Su déficit se produce durante dietas vegetarianas estrictas, los niveles bajos de vitamina B12 pueden afectar el metabolismo de las células grasas, lo que puede conducir a una mayor acumulación de grasa, lo cual está íntimamente relacionado al aumento de peso y obesidad, por otra parte, se ha observado que produce anemia y falta de mielinización de las fibras nerviosas en el cerebro.





## MINERALES

Son elementos químicos también conocidos como oligoelementos, y aunque se necesitan en poca cantidad, son indispensables para el mantenimiento de la vida, el crecimiento y la reproducción.

### Zinc (Zn)

Participa en el buen funcionamiento de los vasos sanguíneos y de la piel, uñas y cabello.

Se encuentra en carnes, huevos, mariscos y cereales. En nueces, almendras, pepitas de calabaza y palomitas de maíz.

Riesgo de déficit en vegetarianos y en diarreas prolongadas y malnutrición produciendo retraso de crecimiento, alopecia, afectación de piel y mucosas.

### Cobre (Cu)

Ayuda a la mineralización ósea, es antioxidante y antiinflamatorio. El cobre se encuentra involucrado en sistemas y procesos en donde existe utilización de oxígeno por parte de sistemas biológicos, aparece como un transportador de oxígeno en la hemocianina, en varias enzimas oxidasas (entre ellas, ascorbato-oxidasa, galactosa-oxidasa y amina-oxidasas, que transfieren electrones desde un sustrato al oxígeno) y oxigenasas, y está presente en la enzima superóxido-dismutasa, que presenta actividad en procesos de respuesta antiinflamatoria.

Se encuentra en hígados, mariscos, vegetales, nueces y semillas.

Su déficit se produce por aporte insuficiente o por pérdidas como en diarreas crónicas, quemaduras y malnutrición.

### Yodo (I)

Es necesario para el funcionamiento de la glándula tiroides. Sin yodo la glándula tiroides no puede producir hormonas tiroideas tal como la tiroxina. La deficiencia de yodo puede dar origen al hipotiroidismo.

Se encuentra en los crustáceos, pescados, salmón, sardina, gambas, almejas y caballa, también es posible obtenerlo de la piña. Los lácteos, como la leche, el yogur o el queso, los cereales, como la avena o el centeno y las papas presentan buenas cantidades de este mineral.

Su déficit produce un agrandamiento en la glándula tiroides debido a un esfuerzo por sustraer yodo de la sangre, para compensar la demanda de producción de hormona tiroidea. Por otra parte, se produce un retraso en el crecimiento durante la etapa de desarrollo y es una de las principales causas de lesiones a nivel cerebral, retraso mental y problemas de aprendizaje.

### Selenio (Se)

Posee propiedades de antioxidante, actúa sobre la glándula tiroides, asegurando su buen funcionamiento e interviene en el metabolismo de los lípidos.

Forma parte de proteínas llamadas selenoproteínas involucradas en fortalecer el sistema inmunitario y prevenir el daño celular producido por radicales libres. Refuerza la función de la vitamina C y E. Actúa conjuntamente con el yodo, para producir las hormonas tiroideas.

Se encuentra en cereales, carne, moluscos, pescados, huevo y leche.

Su déficit se produce en niños alimentados con nutrición parenteral prolongada, insuficiencia renal o hepática o malabsorción digestiva.

### Cromo (Cr)

Interviene en el metabolismo de los azúcares. Algunos estudios muestran que está involucrado en el metabolismo de los lípidos, carbohidratos y en algunos sistemas enzimáticos, además estabiliza proteínas y ácidos nucleicos.

Pero su participación más importante se encuentra en el efecto sinérgico que ejerce sobre la acción de la insulina, por lo que ha llegado a decirse que es un factor de tolerancia a la glucosa (FTG).

Su déficit provoca deficiencias en el crecimiento, hiperglucemia y niveles altos de colesterol.

Se encuentra en carnes, cereales, legumbres queso, germen de trigo, nueces y levadura de cerveza.

### Cobalto (Co)

El cobalto posee una única función biológica y es que forma parte de la vitamina B12, uniéndose al ligando llamado corrina, para formar posteriormente la cianocobalamina. Esta vitamina es un cofactor de diversas enzimas, tales como la glutamato-mutasa, ribonucleótido-reductasa, metionina-sintetasa, succinil CoA-mutasa, ornitina-mutasa y la glucosa-isomerasa que cataliza la isomerización de glucosa a fructuosa.

### Hierro (Fe)

Su función principal es el transporte de oxígeno a las células. El hierro posibilita la formación de la hemoglobina, la proteína de los glóbulos rojos que permite transportar el oxígeno a los tejidos.

Se encuentra en dos formas químicas, el hierro hemo y el hierro no hemo. El hierro hemo es exclusivamente aportado por alimentos de origen animal (carnes, vísceras, pescados, huevos) y el hierro no hemo está presente en alimentos de origen vegetal.

El hierro de los alimentos se utiliza de manera irregular pero la ingesta de proteínas animales (pollo, pescado, frutos de mar, leguminosas, carnes rojas) y vitamina C, ayudan a incrementar su absorción.

El hierro contenido en cereales integrales, legumbres, espinacas se absorbe en menor proporción, pero es posible mejorarla si los combinamos con alimentos ricos en vitamina C como el kiwi, tomate, brócoli, naranja, etc.

Su déficit es más frecuente en mujeres por las pérdidas menstruales y en embarazadas por las altas necesidades del feto pudiendo producir anemia. En niños menores de dos años (6 - 24 meses) también existe riesgo de anemia porque las necesidades de hierro son mayores y la dieta aún es limitada. Pueden necesitarla los bebés alimentados exclusivamente al pecho más allá del 6to mes o los que tomen leche de vaca antes del año de edad.

### Flúor (F)

Interviene en el desarrollo y mantenimiento de los dientes y huesos.

Se puede encontrar en el agua de mar, agua potable. Vegetales, carne, pescados enlatados y ahumados, mariscos y té. Dentífricos.

Su déficit produce caries dental. Debe realizarse cepillado de dientes con dentífricos fluorados (< 500 ppm en niños de 2-6 años y entre 1000-1450 ppm en mayores de 6 años).

### Calcio (Ca)

Interviene en la conducción nerviosa, contracción muscular y en el mantenimiento de huesos y dientes.

Se encuentra en productos lácteos (mayor disponibilidad en la leche materna que en las fórmulas infantiles) frutos secos, legumbres, carnes. La absorción de calcio mejora con la vitamina D y con el fósforo.

Su déficit produce deformidad en el esqueleto del niño y en adulto, también osteoporosis.

### Fósforo (P)

Su función especial es la formación y mantenimiento del hueso.

Es uno de los principales componentes estructurales del hueso, formando parte de una sal de fosfato de calcio llamada hidroxapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ ).

Los fosfolípidos también requieren de fósforo, ya que presentan grupos fosfatos en su estructura que dan la hidrofiliidad (afinidad con el agua) en las moléculas por ser grupos polares. En lo que respecta al almacenamiento y obtención de energía en el cuerpo, depende de compuestos fosforilados tales como el adenosin trifosfato (ATP) y la fosfocreatina.

Por otro lado, los ácidos nucleicos (ADN y ARN), responsables del almacenaje y transmisión de la información genética, son largas cadenas de moléculas fosforadas. Además, existen algunas enzimas y hormonas que dependen de una fosforilación para ser activadas.

El fósforo también forma parte de los reguladores de pH en nuestro organismo ya que constituye el buffer  $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{HPO}_4^-$  encargado de mantener nuestro pH ajustado en su valor fisiológico de 7.4.

Se encuentra en la carne, pescado y cereales.

### Magnesio (Mg)

Forma parte de huesos y dientes, actúa como activador de numerosas coenzimas, participa en la síntesis de proteínas, interviene en la transmisión del impulso nervioso y en la relajación muscular, interviene en las acciones de la hormona que interviene en la regulación del metabolismo del calcio, fósforo y la vitamina D en los huesos, interviene en la formación de tejidos blandos y previene la caries dental.

Se puede encontrar en semillas, vegetales, hortalizas y en menor medida, leche, nueces, chocolate, plátano, carne y pescado.

Su deficiencia puede provocar fallos en el crecimiento, alteraciones en el comportamiento, irritabilidad, debilidad, pérdida del control muscular y espasmos, malabsorción digestiva, vómitos y diarreas prolongados, problemas renales, etc.

Nota: estos elementos químicos no se encuentran solos en la naturaleza, sino que existen formando sales, al combinar alguno de los cationes metálicos con especies químicas como los fosfatos, carbonatos, nitratos, entre otras especies aniónicas, las cuales también pueden ser moléculas orgánicas, tal como el oxalato de calcio o también en forma de complejos metal orgánicos como el hierro en la hemoglobina.

**Bibliografía:** [33–54]

### **ELECTROLITOS Y BEBIDAS ISOTONICAS**

Los electrólitos son minerales que llevan una carga eléctrica cuando se encuentran disueltos en un líquido tal como la sangre. Los electrólitos sanguíneos (sodio  $\text{Na}^+$ , Potasio  $\text{K}^+$ , Cloro  $\text{Cl}^-$ , Magnesio  $\text{Mg}^{2+}$ , Calcio  $\text{Ca}^{2+}$  y bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$ , todos en su forma iónica.) ayudan a regular el funcionamiento de los nervios y de los músculos, así como a mantener el equilibrio ácido-básico y el equilibrio hídrico.

Los electrólitos, sobre todo el sodio  $\text{Na}^+$ , ayudan al organismo a mantener niveles adecuados de líquido en estos compartimentos, ya que la cantidad de líquido presente en un compartimento depende de la cantidad (concentración) de electrólitos. Si esta concentración es alta, el líquido entra en el compartimento (un proceso denominado ósmosis). Del mismo modo, si es baja, el líquido sale.

Para regular los niveles de líquido, el organismo puede introducir activamente electrólitos en las células o expulsarlos de ellas. Por lo tanto, para mantener el equilibrio hídrico entre los compartimentos, es importante tener las concentraciones adecuadas de electrólitos (lo que se denomina equilibrio electrolítico).

Los riñones ayudan a mantener las concentraciones de electrólitos filtrándolos, junto con agua, desde la sangre, devolviendo algunos al torrente sanguíneo y eliminando los excedentes en la orina. Así, los riñones contribuyen a mantener un equilibrio entre la ingesta diaria y la eliminación de electrólitos y agua.

Las bebidas isotónicas son preparados que favorecen la hidratación y reposición de electrolitos del organismo ante pérdidas importantes, debido a que contienen una cantidad de agua, carbohidratos y minerales adecuada para este fin. Las bebidas isotónicas se denominan así porque contienen una cantidad de azúcares y minerales disueltos en el agua cuya concentración es similar a la que encontramos en la sangre.

Este es el principal beneficio de estos líquidos, ya que en el intestino se absorben enseguida y pasan a la sangre de forma bastante rápida, mejorando la hidratación y manteniendo la funcionalidad digestiva.

Si la cantidad de azúcar y sales minerales es demasiado elevada, se retrasa el vaciado del estómago, con lo que su contenido tarda más en llegar al intestino y pasar a la sangre. También ocurre que, si la concentración de solutos es muy elevada en el

intestino, corremos el riesgo de que el propio intestino arrastre agua para poder disolverlos y obtengamos justamente el efecto contrario: deshidratación, mala absorción de azúcares y minerales acompañada de diarrea osmótica, donde todos estos productos se pierden.

Por el contrario, si la cantidad de azúcar y minerales fuera demasiado baja, tampoco sería capaz de reponer las pérdidas surgidas durante, por ejemplo, un ejercicio intenso o mantenido.

En muchas ocasiones se conocen también como bebidas deportivas, ya que el uso más común, y para el que inicialmente fueron diseñadas, era para reemplazar el agua y minerales perdidos a través del sudor y la respiración al realizar actividades deportivas intensas o prolongadas. Si estas actividades se producen, además, en climas calurosos, húmedos o en las horas centrales del día, las pérdidas a través del sudor aumentan, lo que las hace más idóneas para estas circunstancias.

Estos preparados ayudan a la recuperación tras actividades deportivas, pero también mejoran el rendimiento durante las mismas, ya que previenen las bajadas de glucosa en sangre, las pájaras, o hipoglucemias, al aportar glucosa a la sangre de forma casi inmediata.

Si los hidratos de carbono están en forma sencilla, es decir carbohidratos simples de una o dos moléculas (sacarosa, glucosa, fructuosa), el proceso de digestión prácticamente no se produce y el paso de azúcares del intestino a la sangre es veloz. Si tomamos estos azúcares ya disueltos en agua, su absorción es todavía mayor.

Algunas bebidas isotónicas que proveen electrolitos son por ejemplo el Gatorade®, la cual es una bebida para rehidratar y recuperar carbohidratos (bajo la forma de azúcares sacarosa y glucosa) y electrolitos (sales del sodio y potasio) agotados durante el ejercicio, cuya composición presenta agua, jarabe de sacarosa, jarabe de maíz de alta fructosa, ácido cítrico, naftalina, saborizantes naturales y artificiales, cloruro de sodio, citrato de sodio, fosfato de monopotasio, éster de glicerol de colofonia de madera, acetato isobutirato de sucrosa, aceite vegetal bromurado y varios colorantes y saborizantes.

La fórmula original de Gatorade contiene agua, sacarosa (azúcar de mesa) y jarabe de glucosa-fructosa, ácido cítrico, cloruro de sodio (sal de mesa), citrato de sodio, fosfato monopotásico, saborizantes y colorantes.

Para proporcionar estabilidad al sabor de la emulsión de Gatorade es usado un poco de aceite vegetal bromurado en los saborizantes. Gatorade provee 127 mg/L de potasio y 464 mg/L de sodio, y 59 g/L de carbohidratos (bajo la forma de azúcares). Gatorade no contiene cafeína.

Es posible realizar una bebida isotónica casera diluyendo en un litro de agua, 0.5g de bicarbonato de sodio (una cucharadita de té), 0.5g de sal fina (una cucharadita de té), 60g de azúcar (3 cucharadas soperas) y el jugo de dos limones, naranjas o pomelos.

Nota extra: el ingreso de estos electrolitos a las células puede darse por dos tipos de transporte, el transporte pasivo dado por una diferencia de concentración, en donde un soluto difunde desde un entorno de mayor concentración hacia un entorno de menor

concentración, o mediante un transporte de tipo activo, en contra del gradiente de concentración el cual requiere de energía. Las membranas celulares presentan bombas, tal como la Na/K-ATPasa o bomba de sodio-potasio, la cual requiere para su actividad la presencia de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . La energía necesaria para que el sodio vaya hacia el exterior de las células y el potasio hacia el interior es provista por el ATP, la Na/K-ATPasa se une al ATP y produce la hidrólisis dando ADP, produciendo el cambio conformacional de la proteína fosforilada que constituye la bomba, la cual origina la salida del sodio desde el interior de la célula hacia el exterior con ingreso de potasio como contraión.

**Bibliografía:** [11,39]

### **BEBIDAS ENERGIZANTES O ENERGY DRINK**

Estas bebidas están diseñadas para disminuir la sensación de fatiga y agotamiento, además de reducir la sensación de sueño, incluso pueden aumentar la resistencia física.

Están básicamente constituidas por cafeína, varias vitaminas (B1, B2 (riboflavina que aporta además color a la bebida), vitaminas C y D), carbohidratos del tipo de la glucosa, fructuosa y sacarosa, y otras sustancias como la L-carnitina, L-aurina.

También contienen muchas de ellas la glucuronalactona que es un hidrato de carbono que libera lentamente su contenido azucarado, lo que hace que el efecto de mantener los carbohidratos algo más elevados, sin alterar el nivel de azúcar en sangre, perdure más en el tiempo, y por lo tanto se prolongue la capacidad energética de la bebida. Este tipo de bebidas contienen también minerales como magnesio y potasio y algunos extractos de guaraná, té verde, yerba mate o ginseng.

A las bebidas energizantes no hay que confundirlas con las bebidas isotónicas que tienen agua y electrolitos utilizadas para la recuperación tras un ejercicio físico intenso, o con otro tipo de bebidas carbonatadas como gaseosas.

Algunos estudios indican que existen posibles efectos secundarios que en algunas personas podría causar el consumo habitual de este tipo de bebida, tales como arritmias, hipertensión e insomnio.

El límite máximo de cafeína que pueden contener las bebidas energizantes para poder comercializarse en la Argentina como suplementos dietarios es de 20 mg por cada 100 ml, según la ANMAT en una lata de 200 ml, habría 40 mg de cafeína. En otros países, el contenido de cafeína puede alcanzar 35 mg y hasta 100 mg por cada 100 ml.

**Bibliografía:** [55–64]

### **BICARBONATO DE SODIO**

El bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) tiene un efecto similar a la  $\beta$ -alanina, un aminoácido que se trata más adelante, ya que actúa como un buffer o solución amortiguadora de pH, es decir, se encarga de contrarrestar la acidificación de los músculos durante la actividad física (el ion bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) puede tomar un protón







(Ig). Los componentes menores de esta fracción son lactoferrina, transferrina, y la fracción lactolin proteosa-peptona (pp).

La  $\beta$ -lactoglobulina representa, aproximadamente, la mitad de las proteínas totales del suero de leche y está compuesta por 162 aminoácidos residuales, de estos aminoácidos, 84 son esenciales, es decir que los mismos no pueden ser sintetizados por nuestro organismo y deben obtenerse mediante la dieta.

Las proteínas y péptidos que se encuentran en la proteína de suero presentan funciones biológicas además del simple aporte de aminoácidos:

La  $\beta$ -lactoglobulina es la proteína de mayor tamaño y corresponde aproximadamente al 50% de las proteínas del suero de la leche. Presenta actividad biológica tales como antihipertensiva, antimicrobiana, antioxidante, anticarcinogénica, inmunomoduladora, opioide, hipocolesterolémica y otras acciones de tipo metabólico.

La  $\alpha$ -lactoalbúmina es una proteína presente en la proteína de suero en un 20%. Es una buena fuente de aminoácidos esenciales, triptófano (precursor de serotonina) y cisteína (precursor de glutatión). El consumo de  $\alpha$ -lactoalbúmina muestra acción antihipertensiva, antimicrobiana, anticancerogénica, prebiótica, inmunomoduladora y opioide. Esta proteína se ha relacionado con la disminución del estrés y la prevención de la alteración cognitiva.

Las Inmunoglobulinas actúan como anticuerpos protegiendo al organismo de infecciones y agentes patógenos. Están presentes en el calostro bovino y forman parte de la inmunidad pasiva que transmite la madre a su cría. Además, son capaces de reducir la adhesión de microorganismos, el metabolismo bacteriano, eliminar bacterias, neutralizar toxinas microbianas y virus.

El glicomacropéptido es un glicopéptido que se escinde de la molécula de kappa caseína durante la precipitación de las caseínas en el proceso de elaboración del queso. Presenta altas cantidades de aminoácidos de cadena ramificada, baja cantidad de metionina y no contiene fenilalanina. El glicomacropéptido reduce las secreciones gástricas y la movilidad estomacal y estimula la liberación de colecistoquinina (hormona relacionada con la saciedad). Presenta beneficios sobre el desarrollo cerebral y potencia el aprendizaje.

La albúmina sérica bovina presenta la capacidad de inhibir factores tumorales, unirse a grasas y movilizarlas en el organismo para realizar otras funciones como obtener energía o formar membranas. Posee capacidad antioxidante y protege a las grasas de la oxidación.

La lactoferrina se encuentra en el calostro y la leche. Se considera una molécula con acción defensiva, antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena y con propiedades sobre la regulación del sistema inmune.

La Lactoperoxidasa es la enzima más abundante en la leche y genera compuestos capaces de inhibir el crecimiento virus, hongos, protozoos y de bacterias.

Estos péptidos se han encontrado en proteínas hidrolizadas enzimáticamente y productos fermentados, aunque también pueden formarse durante la digestión gastrointestinal de las proteínas enteras.

Las enzimas más importantes para la obtención de péptidos bioactivos son la pepsina, tripsina y quimotripsina.

Además de estas proteínas y péptidos se encuentran también los factores de crecimiento en el calostro, leche y suero de leche. La concentración de los factores de crecimiento es mayor en el calostro bovino, especialmente durante las primeras horas del nacimiento del ternero y su concentración va descendiendo con el paso del tiempo.

Estos factores de crecimiento resisten los procesos térmicos y aunque hay pocos estudios realizados en humanos del efecto del consumo de factores de crecimiento procedentes del calostro bovino, existen estudios que muestran que la administración oral de calostro aumenta los niveles de IGF1 (factor de crecimiento insulínico tipo 1, también conocido como somatomedina C).

### Contenido proteico del suero de la leche

El contenido de proteína en los concentrados puede variar considerablemente, entre el 35 y el 85%, por lo que existe una enorme diferencia en la calidad de los distintos polvos de concentrado de proteína de suero de leche. Esto depende principalmente de la magnitud de la filtración. Los concentrados proteicos (WPC) más conocidos en Argentina contienen entre 68 y 80% de proteínas. Estos productos son menos costosos que un aislado de proteínas de suero de leche (WPI) o una proteína hidrolizada (tratada enzimáticamente).

El aislado de proteína de suero (WPI) se somete a un procesamiento más fino, por lo que la proteína es más pura que la de un concentrado, alcanzando valores de aproximadamente 90% de proteínas, casi libre de lactosa y grasas. La mejoría en la calidad de la proteína es debida a un tiempo de filtrado más largo y/o al proceso de cromatografía de intercambio iónico.

Cualquier actividad física que implique la demanda de regenerar e incrementar la masa muscular necesita aumentar la ingesta de proteínas.

Esto es debido a que los músculos están formados por proteínas y estas a su vez están formadas por aminoácidos. Durante la actividad física estos tejidos sufren desgaste (microdegradaciones) y necesitan de un aporte de proteínas y/o aminoácidos para regenerarse.

Las proteínas de suero aportan una más que generosa cantidad de proteínas de calidad y una gran cantidad de aminoácidos, en especial los aminoácidos ramificados que son los que más nos interesan para construir y reparar nuestro tejido muscular.

Las proteínas de suero sirven para darnos ese aporte extra de proteínas a nuestra dieta y así poder alcanzar las cantidades necesarias de proteínas diarias para cubrir nuestras necesidades.

Su alto contenido en leucina estimula la síntesis proteica y supone un estímulo celular para el crecimiento y la reparación celular.

Para promover la síntesis proteica es necesario la activación de quinasas en la vía IGF1, AKT y mTOR. Especialmente mTOR (Diana de rapamicina en células de mamífero, es una proteína presente en las células de los animales mamíferos que está implicada en el control del inicio de la transcripción del mRNA, la organización del citoesqueleto celular de actina, el tráfico de membrana, la formación de ribosomas y la regulación del crecimiento, proliferación y muerte celular) es un punto clave para la iniciación en la traducción del ARNm y en la regulación de la síntesis proteica.

El consumo de proteína de suero inmediatamente después del entrenamiento aumenta la síntesis proteica (por fosforilación de mTOR).

Lo ideal es tomar un batido de proteínas (aproximadamente unos 40g por toma) con agua o leche para así aprovechar su rápida asimilación en los momentos cercanos al entrenamiento, pero también es posible tomarla con leche en otros momentos del día como entre comidas o por la noche antes de acostarse.

En la dieta de todo deportista, cualquier momento del día es bueno para ingerir una ración de proteínas. Una buena opción es tomar un batido en ayunas, ya que el cuerpo se reabastece de proteínas y aminoácidos después de estar entre 6 a 8hs de descanso.

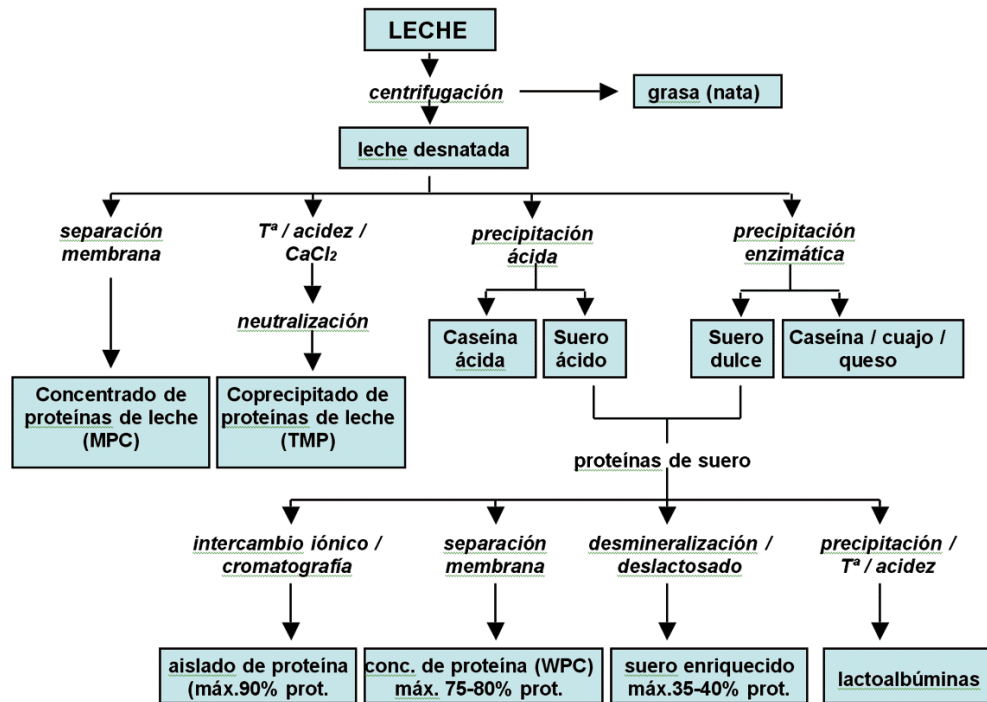
Pero el mejor momento para tomar un batido de proteínas de suero es principalmente después del entrenamiento ya que nuestro organismo tiene una gran demanda de proteínas y de aminoácidos, sobre todo si los entrenamientos son intensos porque buscamos un aumento de nuestra masa muscular, por eso es el mejor momento del día para suplementarnos con un suplemento de proteínas de suero.

Puesto que es una proteína de asimilación rápida y de un alto valor biológico, la proteína de suero o whey protein es la mejor opción para reabastecer nuestros músculos de las proteínas y aminoácidos necesarios para reponerse tras el entrenamiento y comenzar con la recuperación muscular. La proteína de suero es considerada una proteína de digestión rápida, que resiste bien a la acidez del estómago y pasa rápidamente hasta el intestino, produciendo un aumento relativamente rápido de la concentración de aminoácidos disponibles en sangre.

Actualmente se están fabricando polvos de proteínas de suero con tecnología de secado spray o secado por atomización, un proceso el cual consiste en pulverizar una solución o suspensión en una corriente de aire caliente que deshidrata en forma casi instantánea, obteniendo un polvo de proteínas de suero con una muy fácil disolución en agua, en comparación con los polvos obtenidos mediante otras técnicas de secado.

Por otra parte, también se están comercializando concentrados de proteínas de suero hidrolizadas (la enzima utilizada se llama Alcalasa®, producida por la bacteria *Bacillus licheniformis* y fabricada por la empresa Novozymes en Dinamarca), debido a que la ingesta de un hidrolizado de proteína a diferencia de una proteína intacta, produce péptidos pequeños, que facilitan la digestión y la absorción de la proteína y aumentan la disponibilidad de los aminoácidos en el plasma sanguíneo.

La dosis diaria recomendada para obtener una óptima síntesis de tejido muscular, varía entre 1,8 a 2,4g por kilo de peso, dependiendo del tipo de actividad realizada.



Esquema de la obtención de los concentrados de suero de leche.

Imagen tomada de <https://www.heladeria.com/articulos-heladeria/a/200902/3049-la-proteina-componente-funcional-la-leche>

**Bibliografía:** [70–79]

### CASEINATO DE CALCIO

El caseinato de calcio o caseinato cálcico es una sal de calcio que presenta la caseína, la caseína es la proteína más abundante de la leche, utilizada ampliamente como una proteína anticatabólica que evita la degradación de proteínas musculares, originada tras entrenamientos intensos u otras situaciones catabólicas como periodos de restricción calórica o enfermedad. El caseinato de calcio contiene alrededor del 90% de su peso en proteína, es bajo en grasa y en lactosa (menor del 1%) y al igual que la caseína, es una proteína de alto valor biológico.

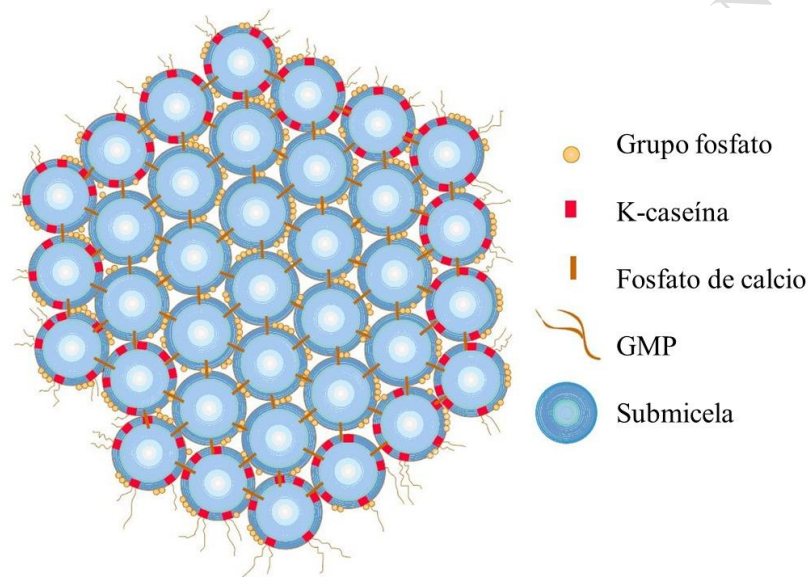
Por su bajo contenido de lactosa se puede utilizar para suministrar calcio a personas intolerantes a la lactosa, siempre y cuando su cuerpo produzca la mínima cantidad necesaria de lactasa para poder consumir esta proteína sin ocasionarle problemas digestivos. Los fabricantes producen caseinato de calcio cambiando el pH de la leche a uno neutral o ácido. En este estado, la caseína se vuelve insoluble en agua, lo que permite aislar la proteína de las demás proteínas de la leche. Luego de esta separación, los fabricantes combinan caseína con hidróxido de calcio y posteriormente secan la proteína.

El caseinato de calcio es una proteína de digestión lenta y tienen efecto saciante del hambre, se puede utilizar para controlar la ingesta de alimentos durante periodos de pérdida de peso o definición. Como suplemento dietario, los culturistas utilizan el

caseinato de calcio porque es un tipo de proteína que se digiere más lentamente que la proteína del suero, aportando una liberación sostenida de aminoácidos. La industria alimenticia usa comúnmente caseinato de calcio en polvo para extender el período de conservación de los alimentos, mejorar el perfil de aminoácidos de un producto y por ende el valor nutricional del producto.

Uno de los productos más conocidos y comercializados en Argentina es el Secalbum fabricado por la empresa Bagó, y utilizado para tratar cirugía bariátrica, estados de desnutrición primaria y secundaria, enfermedades en donde hay pérdida de proteínas, quemaduras extensas o enfermedades caquetizantes (caracterizadas por una progresiva e involuntaria pérdida de peso).

La dosis diaria recomendada puede variar entre 1-2g por kg de peso, según los requerimientos nutricionales de cada persona.



Esquema del modelo estructural de una micela de caseinato de calcio.  
Imagen tomada y editada de <http://www.food-info.net/es/protein/milk.htm>

**Bibliografía:** [80–89]

### **PROTEÍNAS DE SOJA O SOY PROTEIN**

Los concentrados proteicos de la soja se dividen en dos categorías; “concentrados” con un contenido en proteína entre el 52 y el 65%, y “aislados” que contienen aproximadamente un 85-90% de proteína. En ambos casos, el proceso de fabricación persigue reducir o eliminar los factores antinutritivos presentes en la soja, en especial los oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa) y las proteínas antigénicas.

Los concentrados de soja se obtienen mediante procesos basados bien en la extracción bien en la fermentación. En el primer caso la proteína se extrae con agua y etanol, reduciéndose su contenido en oligosacáridos (rafinosa, 0,5%; estaquiosa, 0,7%) y

en otros factores antinutritivos, por lo que aumenta el contenido proteico y energético y mejora la digestibilidad de la proteína en animales jóvenes.

El proceso de fermentación consiste en aplicar enzimas de procedencia fúngica, bacteriana o una mezcla de las mismas a la harina de soja previamente descascarillada. En función del proceso utilizado, el contenido en proteína del producto final alcanza hasta un 62-65% (caso de los concentrados por extracción) o un 52-55% (caso de los concentrados por fermentación).

Los aislados de proteína de soja concentran aún más la proteína (>90%) y se obtienen tras tratamiento alcalino y precipitación ácida de la proteína, ajustando el pH del extracto al punto isoeléctrico de las mismas. Es un proceso caro que elimina completamente los glúcidos no solubles y los antígenos.

Los aislados de soja pueden utilizarse cuando se precise una proteína de alta solubilidad en agua (lactorremplazantes de calidad alta), presentando además la ventaja de no contener carbohidratos. No obstante, por su alto coste son utilizados preferentemente en alimentación humana.

El contenido en factores antinutritivos es reducido, pero varía ampliamente en función del tratamiento habiéndose reducido notablemente en productos que han aparecido últimamente en el mercado. Los concentrados de soja a utilizar deben tener contenidos bajos en inhibidores de la tripsina (<1-2 ppm), glicina (<50 ppm),  $\beta$ -conglucina (<10 ppm), lectinas (<1 ppm) y oligosacáridos (<2%) sin merma de la disponibilidad de los aminoácidos indispensables.

En lo que respecta a la suplementación con proteínas de soja, en el mercado se ofrecen 2 tipos de proteínas.

- ❖ Aislado de proteína de soja (Soy protein isolate): es el suplemento proteico de soja más refinado. Se utiliza harina desgrasada como materia prima y es procesada para eliminar los carbohidratos solubles e insolubles que componen la harina. El resultado es un polvo fino que contiene 90 % de proteína y se disuelve muy bien en líquidos.
- ❖ Concentrado de proteína de soja (Soy protein concentrate): también se produce a partir de la harina de soja desgrasada, pero el tratamiento que recibe la materia prima solo permite eliminar los carbohidratos solubles. El concentrado de proteína de soja aporta al menos un 70 % de proteínas y pequeñas cantidades de carbohidratos.

La proteína de soja es rica en aminoácidos esenciales de cadena ramificada (BCAA), que resultan vitales para el desarrollo del músculo y su recuperación tras el ejercicio físico.



La dosis recomendada por la mayoría de los fabricantes de suplementos de proteína de soja es de 3 tomas de 30g separadas durante el día. Esta dosis diaria puede variar de acuerdo a las necesidades de cada deportista.

### **PROTEÍNAS DE HUEVO O EGG PROTEIN**

Dentro de todos los grupos de alimentos, el huevo es considerado el alimento que contiene las proteínas de mejor calidad. Gracias a este contenido proteico, su clara puede ser consumida diariamente. Sus constituyentes son 88% agua, 11% proteínas, 1% carbohidratos y 0.5% minerales.

Las proteínas incluidas en la clara del huevo son:

**Ovoalbúmina:** Es la principal proteína de la clara del huevo. Esta proteína se desnaturaliza fácilmente por el calor. Además, es la proteína de mayor valor biológico ya que tiene muchos de los nueve aminoácidos esenciales. Es llamada fosfogluco proteína integrada por tres fracciones, A1, A2 y A3, en una proporción de 85:12:3, respectivamente, que se diferencian por su contenido en fósforo. Es rica en cisteína y metionina y presenta grupos sulfhidrilos y se puede decir que la presencia de estos grupos sulfhidrilos hacen una gran contribución aparte del sabor, textura y aroma característicos del huevo.

**Conalbúmina:** Suma alrededor del 14% del total de proteínas en la clara de huevo también se coagula por el calor. Es una proteína no fosforilada formada por dos cadenas polipeptídicas. No presenta grupos sulfhidrilo pero es rica en enlaces disulfuro. Contiene restos de manosa y glucosamina. Tiene gran poder quelante de metales, en especial el hierro, y en este caso se vuelven más termorresistentes. La capacidad secuestrante del hierro le confiere propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

**Ovomucoide:** Una tercera proteína, el ovomucoide representa el 12% del total. El ovomucoide no se coagula con el calor. Es una glucoproteína rica en glucosamina (14%) y aminoácidos azufrados (12%). Presenta manosa, galactosa y ácido neuramínico. Es rica en enlaces disulfuro. Es un factor antitripsina y alergénico.

**Lisozima:** Además la clara de huevo contiene aproximadamente un 7 % de globulinas, incluyendo la lisozima, una proteína interesante ya que disuelve las paredes celulares de ciertas bacterias, en especial los mucopolisacáridos de los microbios Gram positivos. Otras de las proteínas que se encuentran en menor porción son: Ovomucina, avidina, avidinovo flavoproteína.

La principal proteína de la yema es la Vitelina, la cual separa la clara y la protege de una posible rotura. Además, la yema de huevo contiene Lipovitelina (alrededor del 68%), una proteína alta en azufre, lipoproteína de alta densidad (HDL) rica en cisteína. Presenta un 20% de lípidos (dos tercios de fosfolípidos y uno de colesterol, lípidos neutros y triglicéridos). La Lipovitelina (alrededor del 16%) es una lipoproteína de baja densidad pobre en cisteína. Presenta un 88% de lípidos (un tercio de fosfolípidos y dos de lípidos neutros y colesterol). Existen vestigios de carbohidratos tales como hexosas y ácido neuramínico.

Y luego en menores proporciones tenemos a la Fosfovitina (4%), una fosfoproteína muy fosforilada y rica en serina (30%), sin cisteína, que es capaz de fijar fácilmente el hierro. Las Livitelinas (10%), proteínas globulares alfa, beta, gamma y la Ovovitulina, que es rica en aminoácidos fosforilados y azufrados. Coagula por acción de la quimosina o rennina la cual es una enzima proteasa aspártica encontrada en el cuajo.

Hoy en día en el mercado se pueden encontrar productos a base de ovoalbúmina, la cual facilita el desarrollo y recuperación de los tejidos musculares, potenciando el aumento de resistencia, fuerza y aumento de masa muscular (dependiendo del tipo de actividad física que se realice). Los aislados de proteína de huevo presentan una concentración de proteínas de aproximadamente un 90% y durante el procesado de la misma se elimina la mayor parte de la grasa que puedan contener.

La proteína de huevo presenta un alto perfil en aminoácidos esenciales, con un valor biológico cercano al 100% y el cociente de aprovechamiento neto más alto de todas las proteínas de origen natural. Proporciona todos los aminoácidos esenciales necesarios para la síntesis proteica, por lo que su suplementación es ideal para el mantenimiento y desarrollo muscular.

Como la proteína de huevo es naturalmente libre de lactosa y por lo tanto ideal para aquellos que tienen problemas con las proteínas de suero lácteo, una dosis de 40g de producto puede aportar la proteína de calidad encontrada en 5 a 6 huevos, pero sin contener grasas ni colesterol.

Dado que la digestión de la ovoalbúmina del huevo es relativamente rápida, últimamente se están realizando combinados de la proteína de huevo y de proteínas de la leche tal como la caseína, con el objetivo de crear una mezcla proteica que permita una liberación constante y sostenida de aminoácidos en el flujo sanguíneo.

La dosis diaria recomendada es de 2 tomas de 40g, una de las cuales debe consumirse preferentemente luego del entrenamiento realizado.

**Bibliografía:** [90–98]

## **COLÁGENO Y PROTEÍNAS DE CARNE**

El colágeno es la proteína más abundante de nuestro cuerpo y el componente esencial de articulaciones, cartílagos, huesos, piel y del tejido conectivo que protege los músculos y los órganos.

Con la edad, el desgaste ocasionado por la práctica intensiva de ejercicio físico o por cargar peso, entre otros factores y actividades, nuestro colágeno se pierde y deteriora, alterando el buen estado de los tejidos orgánicos.

El colágeno en polvo es un producto alimenticio compuesto por proteína hidrolizada (predigerida) de colágeno, libre de grasas y con muy baja cantidad de carbohidratos, en forma de polvo granulado soluble. Se trata de una proteína que se



obtiene a partir de materias primas naturales (piel, tejido óseo y articular generalmente vacuno o porcino) y sin adición de productos químicos.

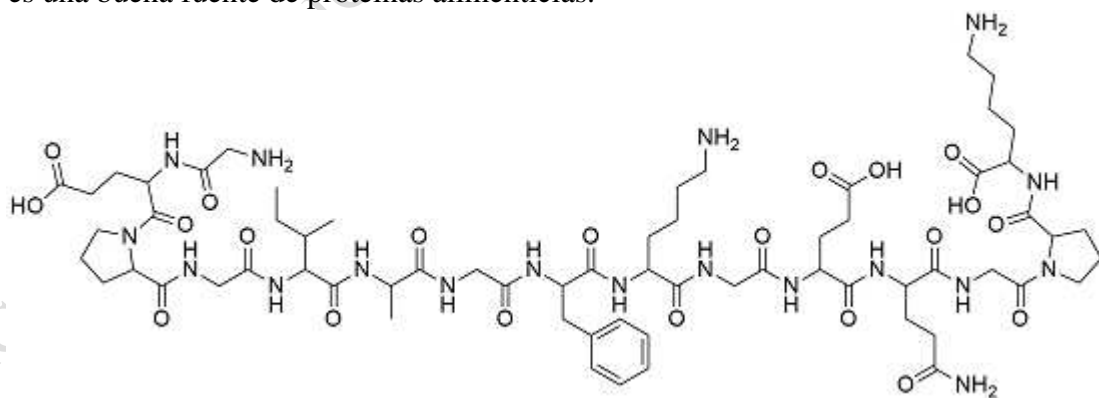
Entre los beneficios del consumo de este tipo de proteínas se encuentran, mejoras en la resistencia y flexibilidad a los tejidos, ya que ayuda a reducir y retrasar los efectos del desgaste y pérdida de nuestro colágeno, estimulación de la regeneración del colágeno de nuestras articulaciones, tejido cartilaginoso, huesos y piel, ayuda a reducir y retrasar problemas relacionados con la pérdida del colágeno de nuestros tejidos orgánicos como, el desgaste y dolor articular, pérdida de masa, descalcificación ósea y arrugas dérmicas.

Existen distintos tipos de colágenos. El colágeno tipo I, presente en piel, huesos, ligamentos, tendones, córnea, uñas y cabello, a los que dota de elasticidad y resistencia, colágeno tipo II, presente en cartílagos, a los que otorga resistencia ante presiones intermitentes, colágeno tipo III, presente en huesos, cartílagos y tendones, colágeno tipo IV, presente en ojos, vasos sanguíneos y piel y el colágeno tipo V, que está presente en órganos y tejidos internos.

En el mercado se comercializan por lo general colágenos de tipo I y II. El colágeno de tipo I que se encuentra en huesos y piel, representa más del 90 % de la masa orgánica del hueso y también es el principal componente de la piel, los tendones y los ligamentos y el colágeno de tipo II que es el colágeno principal del cartílago.

El colágeno de tipo I es el más abundante en nuestro cuerpo. Tiene una composición de aminoácidos atípica, con un 33% de glicina y un 10% de prolina. También contiene alrededor de un 0,5% de 3-hidroxi prolina, un 10% de 4-hidroxi prolina y un 1% de 5-hidrolisina.

El colágeno presenta baja concentración de algunos aminoácidos esenciales, tales como L-isoleucina, L-fenilalanina, L-tirosina y aminoácidos azufrados, como la L-metionina y L-cisteína. Por este motivo es que la gelatina (colágeno desnaturalizado) no es una buena fuente de proteínas alimenticias.



Esquema de la estructura química del colágeno hidrolizado tipo 2.

La dosis diaria recomendada es de 3 tomas de 5-10g repartidos durante el día. Se recomienda consumirla en el desayuno, luego del entrenamiento o también por la noche antes de dormir. Se puede disolver en agua, leche o jugos.

Actualmente se han comenzado a comercializar aislados de proteínas de carne vacuna, la diferencia de esta proteína a la anterior de colágeno, es que esta proteína es extraída puramente de carne vacuna y no a partir de piel, tejido óseo o articular. Por lo cual su valor nutricional es totalmente diferente.

En el mercado se debe distinguir una de otra ya que una se comercializa como colágeno hidrolizado y la otra se comercializa con el nombre de aislado de proteína de carne. Esta proteína de carne generalmente vacuna también se comercializa hidrolizada para favorecer su digestión y absorción.

Pero la diferencia radica en su composición nutricional, ya que el aislado de proteína de carne vacuna es una fuente de proteínas de alto valor biológico, con altas concentraciones de aminoácidos esenciales y es rica en vitaminas B6 y B12, potasio, hierro, zinc y magnesio, y además de esto, contiene ciertas concentraciones de L-creatina, L-carnitina y ácido linoléico conjugado (CLA).

Otra de las diferencias se observa en su dosis diaria, ya que el aislado de proteína de carne vacuna puede consumirse en dosis similares a otras proteínas, tal como la de suero de leche, huevo o soja. La dosis diaria es de 1 a 3 tomas de 30-40g dependiendo de las necesidades proteínicas diarias de cada persona en particular.

**Bibliografía:** [99,100]

#### Nota sobre el valor biológico de las proteínas

El valor biológico hace referencia a la medida de absorción y síntesis de las proteínas en nuestro cuerpo y se mide según la cantidad de nitrógeno procedente del alimento que podemos absorber.

Las proteínas con mayor valor biológico son las de origen animal (carnes, pescados, huevos y leche), mientras que las vegetales (soja, levadura de cerveza y legumbres), presentan un menor valor, ya sea por su perfil de aminoácidos, su digestibilidad o asimilación.

La escala de valor biológico de las proteínas varía entre 0 a 100% y fue realizada antes de que existieran los batidos de proteínas que existen en la actualidad. Entonces con la aparición de los concentrados, aislados o hidrolizados proteicos, los valores pasaron a ser mayores al 100% para no tener que cambiar la tabla realizada.

En cuanto a las proteínas de suero de leche, las proteínas con mayor absorción son las aisladas e hidrolizadas, luego le siguen las aisladas y por último las concentradas. Por este motivo es que una proteína aislada e hidrolizada, tendrá un mayor valor biológico que una solo aislada y a su vez esta tendrá un mayor valor biológico que una proteína concentrada.

Tabla en donde se muestran los valores biológicos de las distintas fuentes de proteínas.

<b>Tipo de proteínas</b>	<b>Valor Biológico (%)</b>
Aislado de proteínas de suero de leche	110-159
Concentrado de proteínas de suero de leche	104
Proteínas de Huevo	100
Proteínas de leche de vaca	91
Proteínas de la clara de huevo	88
Proteínas de pescado	83
Proteínas de carne vacuna	80
Proteínas de pollo	79
Caseína de leche vacuna	77
Proteínas de soja	74

Tabla adaptada del libro de: Colgan, Michael, The Right Protein for Muscle and Strength (Progressive Health Series). Edición 1999, ISBN-10: 1896817092, ISBN-13: 978-1896817095.

#### Nota sobre consumo de proteínas y daño renal

En la actualidad hay ciertos mitos con respecto a la sobrecarga renal provocada por el consumo alto de proteínas en la dieta. En particular se dice que una ingesta excesiva de proteínas podría promover el daño renal al incrementar la presión glomerular y provocar una hiperfiltración renal.

Sin embargo, existe cierta controversia al respecto en una población sana. De hecho, algunos estudios sugieren que la hiperfiltración renal (el mecanismo propuesto como origen del daño renal) podría ser una respuesta adaptativa normal de los riñones que acontece en respuestas a numerosas situaciones fisiológicas.

Hasta la fecha, sí se han comprobado los efectos beneficiosos de las restricciones proteicas sobre aquellas personas con insuficiencia renal o riesgo de formación de cálculos renales, sin embargo, en personas sanas, no se ha encontrado evidencia científica que demuestre un efecto adverso sobre la función renal provocado por una dieta alta en proteínas.

La urea es el principal producto de desecho del metabolismo proteico y el soluto más abundante en la orina. La excreción de urea es el resultado del proceso de filtración y de reabsorción pasiva a lo largo de la nefrona. El incremento de la concentración de urea plasmática y/o la ratio de filtración glomerular consecuencia del consumo de dietas con alta concentración de proteínas se ha estudiado en modelos animales desde hace años.

La conclusión a la que se llega es que, si bien no hay indicios de que un exceso de proteínas en la dieta puede acarrear en problemas renales en personas sanas, se ha observado que al ser necesario filtrar más urea, tiene que excretarse mayor cantidad de ella, lo que ocasionaría el mencionado estrés o sobrecarga renal.

Los efectos de las dietas altas en proteínas sobre parámetros renales todavía en la actualidad es tema de debate. Algunos autores manifiestan que no atribuyen riesgo renal

alguno a la ingesta de dietas altas en proteínas mientras que otros advierten de un mayor riesgo de desarrollar una patología renal a largo plazo.

**Bibliografía:** [101–107]

### **GANADORES DE PESO O GAINERS**

Los ganadores de peso también conocidos como weight gainers, son productos especialmente diseñados para ayudar a aumentar de peso. Por su composición, estos productos son una gran fuente de energía al aportar un exceso de calorías en el cuerpo.

Sus componentes principales son un 75% de carbohidratos y un 20% de proteínas proveniente de suero de leche, ovoalbúmina o proteínas de soja, o combinaciones de ellas. Muchos ganadores de peso contienen creatina y otros agregados para maximizar sus efectos.

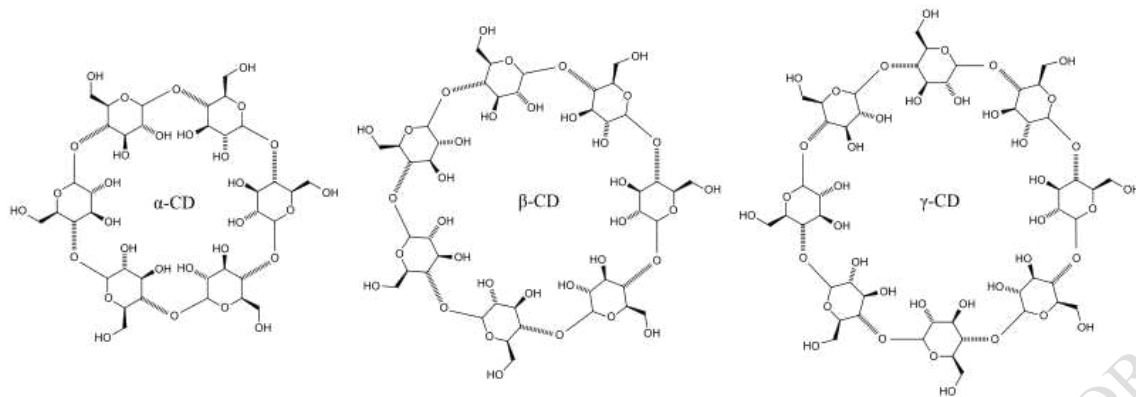
En general disponen de mayores porcentajes en hidratos de carbono (70%) y menores porcentajes de proteínas (15-20%), con un cierto porcentaje de grasas (generalmente menor al 10%) y, además, en menor proporción también contiene vitaminas, minerales, oligoelementos, aminoácidos y en algunos casos hasta enzimas digestivas.

Dentro de los carbohidratos utilizados para su formulación se encuentran principalmente la maltodextrina, un carbohidrato complejo (polímero de glucosa) que nace de la reacción enzimática del almidón, y en menor proporciones a veces se suele utilizar dextrosa (glucosa) o fructuosa.

En la actualidad se está comenzando a utilizar un tipo de carbohidratos de liberación intermedia entre uno complejo y uno simple. Estos carbohidratos de liberación intermedia se denominan ciclodextrinas.

Las ciclodextrinas son dextrinas cíclicas derivadas de la amilopeptina, con muy baja osmolaridad en relación con otros carbohidratos.

La ciclodextrina es un carbohidrato que se obtiene de la degradación enzimática del almidón. Posee enlaces alfa glicosídicos, por lo que presentan una rápida digestión y no producen picos de insulina.



Esquema de la estructura química de las ciclodextrinas formadas por 6, 7 y 8 moléculas de glucosa.

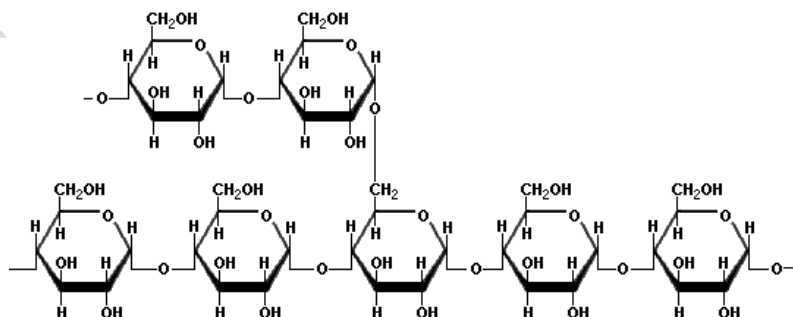
Comercialmente se pueden encontrar presentaciones con diferentes relaciones de carbohidratos y proteínas, como, por ejemplo: 80/20%, 70/30%, 60/40%, 50/50%.

Si el porcentaje de proteínas supera el porcentaje de carbohidratos, pasa a llamarse concentrado proteico más que ganador de peso.

Para personas que difícilmente pueden aumentar de peso, un ganador de peso podría ser un gran aliado para este objetivo, aunque al aportar un gran número de calorías puede haber una tendencia a ganar grasa. Por lo que solo son recomendables para aumento de peso en personas con dificultades para hacerlo.

Tomar suplementos para ganar peso después del entrenamiento, puede ayudarle a conseguir los nutrientes necesarios para la recuperación. Generalmente se pueden realizar batidos en cualquier hora del día que se necesite un aporte de nutrientes, alejado de las comidas principales para mejorar su absorción, como por ejemplo por la mañana y después del entrenamiento.

La dosis diaria recomendada puede variar desde una simple toma de 40g hasta 300g, dependiendo de la persona y actividad física realizada, disueltos en agua o leche. Empresas como Universal o Ultimate Nutrition recomiendan dosis de 230-270g o 4-5 medidas al ras del producto por toma, disuelto en leche, para maximizar las ganancias de peso.



Esquema de la estructura química de la maltodextrina.

**Bibliografía:** [108–116]

### **REEMPLAZANTES DE COMIDA**

Un reemplazante de comidas es un suplemento dietario que es capaz de aportar todos los nutrientes que necesita nuestro organismo para su buen funcionamiento, está compuesto por carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales.

La empresa Abbott una compañía farmacéutica estadounidense, comercializa un producto como reemplazante de comidas denominado Ensure®, que contiene en su formulación carbohidratos tales como maltodextrina y sacarosa, aceites vegetales tales como aceite de girasol con alto contenido de ácido oleico, aceite de soja, aceite de canola, proteínas como el caseinato de calcio y el aislado de proteína de soja, sales minerales como citrato de potasio, citrato de sodio, cloruro de potasio, cloruro de magnesio, hidróxido de potasio, fosfato dibásico de sodio, cloruro de sodio, fosfato monobásico de sodio, fosfato dibásico de potasio, sulfato ferroso, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, sulfato cúprico, cloruro de cromo, molibdato de sodio, yoduro de potasio y selenito de sodio, también presenta algunos fructo-oligosacáridos (FOS), y contiene un metabolito de la L-leucina, el  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato de calcio (CaHMB) que estimula la síntesis proteica, vitaminas como ser cloruro de colina, ácido ascórbico, palmitato de ascorbilo, mezcla de tocoferoles concentrados, niacinamida, pantotenato de calcio, acetato de alfa tocoferilo, clorhidrato de piridoxina, clorhidrato de tiamina, riboflavina, palmitato de vitamina A, beta-caroteno, ácido fólico, biotina, vitamina K1 (filoquinona), vitamina D3 (colecalciferol) y cianocobalamina. Puede contener también fosfato tricálcico y sulfato de magnesio.

**Bibliografía:** [33,117–121]

---

## Capítulo 3

---

### **AMINOACIDOS DE CADENA RAMIFICADA O BCAA**

Los BCAA o aminoácidos de cadena ramificada leucina, isoleucina y valina (BCAA) son aminoácidos esenciales implicados en el metabolismo de la glucosa y en el mantenimiento de una función cerebral adecuada, por lo que se usan como suplementos en situaciones de malnutrición. Sin embargo, los BCAA también se usan frecuentemente y en elevadas dosis como suplementos nutricionales para potenciar la capacidad física e incrementar la masa muscular.

Estos aminoácidos son señalizadores ya que ayudan a activar el metabolismo para que se empiece a fabricar proteínas para el músculo mediante la conocida vía mTOR; de hecho, esta vía metabólica es mucho más sensible a la leucina que a cualquier otro aminoácido.

La proteína de suero de leche podría otorgar los mismos beneficios en estos casos, pero los BCAA tienen algunas particularidades, como ser el hecho de que son aminoácidos libres, y no necesitan digerirse, por lo que se distribuyen en el cuerpo más rápidamente para ser utilizados por los músculos.

Los BCAA son aminoácidos esenciales que constituyen cerca del 33% de la proteína muscular del organismo. Son considerados esenciales, porque el organismo no es capaz de sintetizarlos, y por eso, deben ser obtenidos a través de la alimentación o suplementación. Participan en el proceso de producción de energía y atrasan la aparición de la fatiga durante el ejercicio intenso. Son también importantes para deducir el catabolismo muscular promovido por el ejercicio.

Son los primeros aminoácidos en ser metabolizados en el músculo durante el ejercicio y también durante el catabolismo muscular causado por el estrés. La ingestión de BCAA ha mostrado efectos benéficos durante el ejercicio. Ingeridos durante el ejercicio aeróbico, los BCAA parecen disminuir la degradación muscular, atrasar la depleción del glucógeno muscular y mejorar la relación triptófano libre/BCAA. La utilización de BCAA durante ejercicios de resistencia prolongados, puede ayudar a mejorar el desempeño físico y mental de los atletas.

La suplementación con BCAA durante y después del ejercicio, tiene un efecto anticatabólico, y puede también acelerar la recuperación de los daños musculares causados por el ejercicio intenso. Puede reducir o limitar el catabolismo proteico, a la vez que parecen estimular la secreción de la insulina, una de las principales hormonas anabólicas. Las necesidades de BCAA se encuentran aumentadas durante el ejercicio. Su ingestión antes y después del ejercicio promueve la síntesis de proteínas en el músculo.

Aun siendo la leucina el principal aminoácido responsable de la estimulación de la síntesis proteica y del efecto anticatabólico, la ingestión aislada de la misma puede alterar el balance entre los BCAA, por lo que se recomienda siempre una ingestión combinada en una relación 2:1:1 (L-leucina: L-valina: L-isoleucina). Aunque también se comercializan relaciones de 4:1:1 y 8:1:1.



El aumento de la relación triptófano libre/BCAA causa un aumento de la entrada de triptófano a través de la barrera hematoencefálica. Este aumento de la concentración de triptófano en el cerebro favorece su conversión en serotonina, aumentando así los niveles de este neurotransmisor. El aumento de los niveles de serotonina lleva a la aparición de la fatiga, forzando al atleta a reducir la intensidad del trabajo o a abandonar el ejercicio.

La ingesta de BCAA, aumenta los niveles plasmáticos de los mismos evitando la alteración de la relación triptófano libre/BCAA, y con esto la aparición de la fatiga central.

Los BCAA constituyen uno de los suplementos más benéficos para los atletas de resistencia. Son responsables por hasta 16% del suministro de energía para el músculo, constituyendo la tercera fuente de combustible, después de los carbohidratos y los ácidos grasos.

Son fundamentales para la producción de glucosa, a través de la vía glucosa-alanina, contribuyendo con un aumento de hasta 40% de la producción de glucosa durante el ejercicio de resistencia prolongado.

Actúan como fuente de combustible cuando las reservas de glucógeno se encuentran disminuidas manteniendo el balance nitrogenado y previniendo el estado catabólico provocado por el ejercicio intenso.

La dosis diaria recomendada de BCAA en adultos se encuentran en torno a los 140mg/kg de peso corporal. En lo que respecta al culturismo suelen utilizarse dosis diarias que pueden alcanzar los 200 a 300mg/kg de peso. Algunos trabajos de investigación sugieren que con 0.07-0.09g de BCAA por kg de peso corporal por día alcanza para cumplir sus objetivos.

Un exceso en la dosis mantenida durante bastante tiempo también puede ocasionar alteraciones óseas, con disminución en la mineralización del hueso y mayor probabilidad de lesiones.

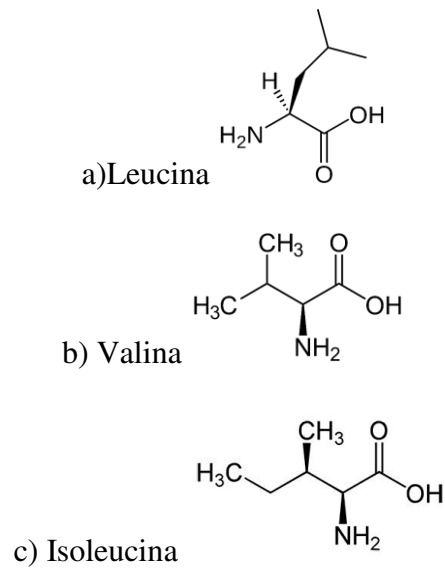
Es bueno tener en cuenta, que como se comentó anteriormente los BCAA compiten con el triptófano a nivel cerebro. Cuando ambos aminoácidos llegan hasta el cerebro, entonces causan diversos efectos. El triptófano se considera ser uno de los únicos precursores para la serotonina, una hormona que perfecciona humor y los ayudantes duermen entre otros papeles.

En casos donde hay un aumento en niveles de sangre de BCAA, los BCAA toman la posición dentro del cerebro, con lo cual el triptófano da lugar a una síntesis reducida de la serotonina, si bien esto disminuye la sensación de fatiga, también disminuye el humor.

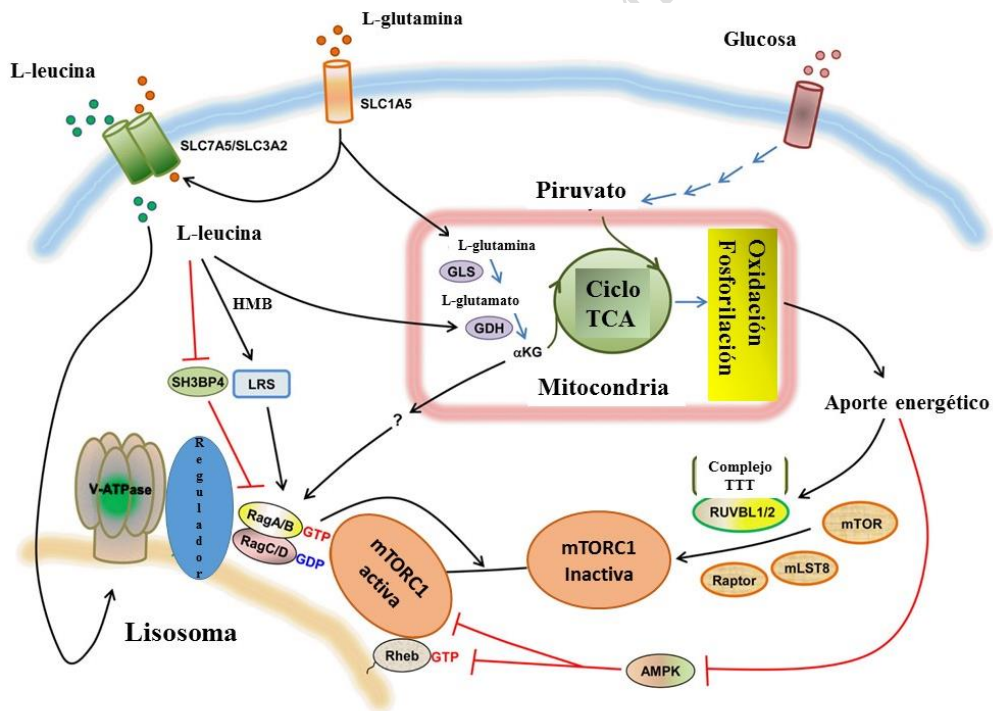
Por otra parte, la serotonina también desempeña un papel en la regla del apetito. Cuando tenemos niveles bajos de serotonina y a un exceso de BCAA, se observa un aumento del apetito lo que conlleva al aumento de peso.

**Bibliografía:** [122–131]





Esquema de la estructura química de los aminoácidos ramificados, a) L-Leucina, b) L-valina y c) L-isoleucina.



Esquema del mecanismo de activación de mTOR para la síntesis proteica. Imagen tomada y editada de [132]

### **HIDROXIMETILBUTIRATO O HMB**

Es un metabolito del aminoácido leucina. Sus funciones principales son la síntesis de proteínas, reducción de la degradación muscular y tiempo de recuperación.

La evidencia científica actual del HMB concluye que en personas entrenadas (adaptadas al entrenamiento) no aporta ningún beneficio adicional, aunque también hay un aumento creciente de trabajos que apoyan la suplementación con HMB en personas entrenadas, aun así, habrá que esperar a que salgan más estudios.

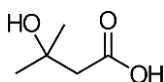
Nuestro cuerpo es capaz de sintetizar HMB en forma endógena a partir de la L-leucina, pero el porcentaje de obtención es muy bajo, ya que solo un 5% de la L-leucina obtenida a partir de la dieta es convertida en HMB, por lo que para obtener 1g necesitaríamos 20g de L-leucina.

La teoría de la suplementación con HMB se enfoca en que presenta un importante efecto anticatabólico mediante la mejora de la síntesis de proteínas o la inhibición de la degradación proteica, especialmente ante situaciones en las que el cuerpo es sometido a estrés en entrenamientos con altas cargas de trabajo y se produce un gran daño muscular (degradación de proteínas contráctiles o micro desgarros).

Hay ciertos indicios que muestran que la suplementación con HMB podría disminuir el catabolismo debido a una disminución en los niveles de cortisol, y un posible aumento de los niveles de testosterona, por lo cual se mejora la relación testosterona/cortisol.

El HMB puede llegar a ser un suplemento útil en sujetos con una degradación proteica muy elevada tales como personas de avanzada edad, con enfermedades degenerativas, o también personas que requieran mantener y recuperar masa muscular luego de un post operatorio.

La dosis diaria recomendada para estos casos es de 3g dividido en 3 tomas.

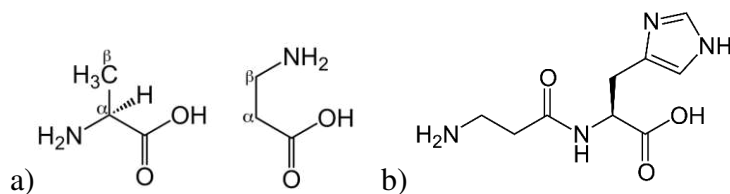


Esquema de la estructura química del HMB.

**Bibliografía:** [133–142]

### **BETA-ALANINA Y L-CARNOSINA**

La  $\beta$ -alanina es un precursor de la L-carnosina, que es muy abundante en el tejido muscular y es sintetizada a partir de L-histidina y la  $\beta$ -alanina. La  $\beta$ -alanina sirve de buffer o tampón de pH, es decir, regula el pH del músculo permitiendo mejorar el rendimiento cuando se ve perjudicado por la acumulación de metabolitos ácidos.



Esquema de la estructura química de la  $\beta$ -alanina a) y L-carnosina b).

La L-carnosina ( $\beta$ -alanil L-histidina), es un dipéptido que se encuentra de forma natural en músculo, cerebro y otros tejidos inervados, en animales y humanos. A menudo se le llama neuropéptido, debido a sus propiedades protectoras de la masa cerebral.

Se forma mediante un proceso en el que está implicada la enzima carnosina sintetasa, que une los aminoácidos L-alanina y L-histidina. Este proceso tiene lugar principalmente en músculos y cerebro, y se mantiene en equilibrio gracias a las carnosinasas, que son enzimas específicas, destinadas a inactivar la L-carnosina en los tejidos o en la sangre.

Hay altas concentraciones de L-carnosina en células de vida larga, tales como las neuronas. La concentración de L-carnosina en músculos está relacionada con la duración de la vida, lo que hace que sea un prometedor biomarcador del envejecimiento. Además, se encuentra en altas concentraciones en músculos que se contraen activamente, y en bajas concentraciones en casos de enfermedades neuromusculares.

Con el incremento de la edad, el efecto antioxidante de la L-carnosina disminuye aproximadamente a la mitad. Esta drástica reducción de su concentración en el músculo, puede ser debida a una disminución de la fortaleza y funcionalidad de la masa muscular, relacionada con la edad.

La L-carnosina, ha demostrado tener varios beneficios, entre los cuales se encuentran: Mantiene un pH equilibrado en los músculos, durante la carga, es un potente antioxidante, inhibe el daño celular causado por el alcohol, es un buen quelante de metales pesados, especialmente cobre y zinc, previene la carboxilación y glicosilación de proteínas celulares, y por tanto la modificación de biomacromoléculas, manteniendo su funcionalidad y actúa como neurotransmisor en el cerebro y nervios.

La carne es la principal fuente de L-carnosina. Son necesarias altas dosis de L-carnosina para un efecto terapéutico, porque el cuerpo la degrada naturalmente con la enzima carnosinasa. La absorción de la L-carnosina procedente de la comida es de un 30 a un 70% (dependiendo de la cantidad de aminoácidos). En cambio, la absorción de la L-carnosina pura es de más de un 70%. Una gran parte de la absorción ocurre en el intestino delgado. Una vez absorbida, y ya en sangre se traslada al músculo, cerebro y otros tejidos. En el plasma sanguíneo no es posible detectarla, ya que no se encuentra en cantidades detectables.

La L-carnosina actúa junto con otros antioxidantes biológicos, tales como la vitamina E y C, zinc y selenio. Estabiliza y protege la membrana celular, previniendo el estrés oxidativo producido por los radicales libres. Previene la formación de mediadores del estrés oxidativo, pero también protege de los dañinos compuestos ya formados, tras reaccionar con los radicales libres, como por ejemplo los peróxidos lipídicos como el MDA (malondialdehído).

El MDA, un peligroso compuesto producido tras la reacción con los radicales libres es bloqueado por la L-carnosina. Si no se controla el MDA, puede producir daño a los lípidos celulares, enzimas y ADN. De hecho, juega un importante papel en el proceso de arteriosclerosis, inflamación articular, formación de cataratas y envejecimiento, en general. La L-carnosina, reacciona con el MDA, inactivándolo y sacrificándose ella misma.

La L-carnosina tampona o neutraliza el ácido láctico producido por el esfuerzo intenso, al suplementarnos con  $\beta$ -alanina, obtenemos la concentración necesaria de L-carnosina, con la cual se aumenta la contractibilidad y resistencia del músculo. Aumenta en más de un 30% la capacidad buffer del cuerpo.

Estudios recientes confirman que el aumento de las concentraciones de L-carnosina en músculo conducen a un aumento de la capacidad tamponadora intramuscular del ión hidrógeno ( $H^+$ ), y que su ingesta regula el pH intracelular de las fibras musculares oxidativas y glicolíticas. Cuando el ácido láctico se acumula en los músculos, tras entrenamiento intenso (recordemos que, a pH fisiológico, por encima del pKa del ácido, se producen dos especies químicas, lactato y  $H^+$ ), con lo que el pH del medio disminuye y presenciamos la falla en la contracción y la fatiga muscular. Debido a que la concentración de L-carnosina en músculo disminuye con la edad, también disminuye nuestra resistencia física y fortaleza.

La capacidad tamponadora de la carnosina es superior a la de la histidina, en particular en el rango de pH entre 7 y 8. La capacidad tamponadora se refiere a la cantidad de ácido o base necesaria para cambiar el pH de un solvente en una unidad.

Al consumir  $\beta$ -alanina y producirse la L-carnosina, se restablece el pH en los músculos y recuperan casi inmediatamente la contractibilidad. A este efecto se le conoce como el Fenómeno Severin.

La L-carnosina ayuda a la bomba de calcio en el retículo sarcoplásmico de las células musculares y mantiene los canales de calcio abiertos. Con la carencia de ésta, se cierran los canales, y como resultado hay una acidificación, peroxidación lipídica y acumulación de malondialdehído (MDA).

En deportes en general, y en culturismo en particular, la L-carnosina está implicada en la detoxificación de los aldehídos reactivos (procedentes de la peroxidación de los lípidos), generados en las células musculares durante el esfuerzo físico. Los científicos sugieren que la suplementación con  $\beta$ -alanina parece restaurar la concentración muscular de la L-carnosina, incrementando así la fuerza, resistencia y velocidad de la recuperación tras el ejercicio.

Se ha demostrado en estudios in vitro, que concentraciones fisiológicas de L-carnosina (20-30mM) prolongan la vida de fibroblastos humanos, y reduce significativamente las características normales del envejecimiento en los mismos.

Diversos estudios han mostrado la capacidad de la L-carnosina para tamponar y evitar la toxicidad tanto del cobre como del zinc en el cerebro, uniéndose a ambos y eliminándolos del cuerpo.

En algunas personas hipersensibles se pueden dar síntomas de picor y enrojecimiento de algunas zonas de la piel como pueden ser el cuero cabelludo o las orejas, por lo general bajando las dosis disminuyen o se eliminan estos síntomas. Este efecto se produce por el proceso de sintetización de ambos aminoácidos (L-histidina y  $\beta$ -alanina). La liberación de L-histidina sobre la  $\beta$ -alanina para formar la L-carnosina puede producir estos leves episodios de picores también, en la cara, espalda o en las manos.

El uso y dosis recomendados varían según el peso de las personas, los valores están entre 3 y 6 gr diarios de  $\beta$ -alanina, repartidos en varias tomas para evitar los síntomas de picor y enrojecimiento de la piel.

Las actividades deportivas que pueden favorecerse en mayor medida por la suplementación con  $\beta$ -alanina son aquellas que generan una alta acidosis muscular. Los beneficios son mayores en actividades de carácter anaeróbico (fuerza y potencia), aunque también se han demostrado algunos efectos positivos durante el ejercicio aeróbico, por más que la demanda de ATP provenga exclusivamente de la vía aeróbica.

**Bibliografía:** [35,65,149–152,66,69,143–148]

### **L-CREATINA O MONOHIDRATO DE CREATINA**

La L-creatina también denominada ácido 2-(carbamimidoil-metil-amino) acético, ácido metilguanidinoacético, metilglicociamina, N-amidinosarcosina, N-metil-N-guanilglicina o ácido  $\alpha$ -metilguanido acético, es un aminoácido que no forma parte de las proteínas, sino que es un producto final del metabolismo de la L-glicina, L-arginina y L-metionina, que se encuentra predominantemente en el músculo de todos los mamíferos, aves, anfibios, peces y también en el cerebro, sangre y otras partes del organismo de éstos.

Es una de las sustancias extractivas del músculo que comprenden una serie de sustancias orgánicas tales como el ácido inosínico, L-carnosina (0,2 %), L-creatina (0,4 %), L-carnitina, inosita, etc, de bajo peso molecular, que se pueden separar del músculo por ebullición con agua.

La fosfocreatina también denominada ácido creatin-fosfórico o creatin-fosfato se compone de una molécula de L-creatina unida a una molécula de fosfato.

La contracción muscular depende de la energía proporcionada por el ATP. La mayor parte de esta energía se necesita para mover el mecanismo de los filamentos de actina, pero se necesitan cantidades pequeñas para bombear calcio del sarcoplasma (que contiene además fosfocreatina, proteínas libres, lípidos y gran cantidad de mitocondrias dispuestas a lo largo de las miofibrillas), hacia el interior del retículo sarcoplásmico, y bombear iones de sodio y potasio, a través de la membrana de la fibra muscular para conservar un medio iónico adecuado que permita la propagación de potenciales de acción.

Sin embargo, la cantidad de ATP presente en la fibra muscular sólo basta para conservar la contracción plena durante menos de un segundo. Afortunadamente, después de que el ATP se ha roto en ADP, este último se refosforila para formar de nuevo ATP

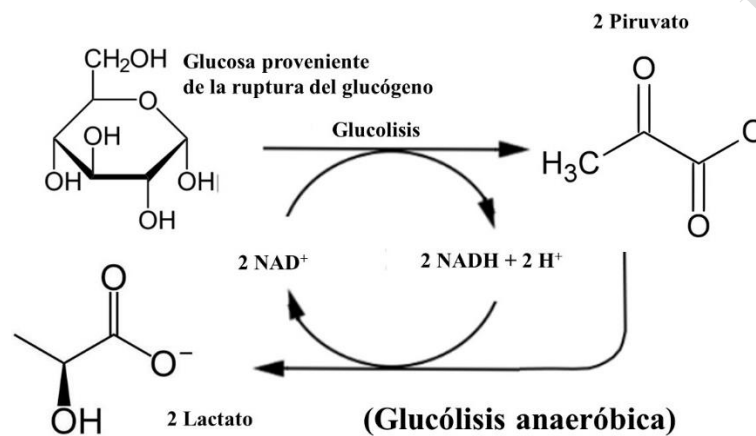
en el plazo de una fracción de segundo, gracias a la intervención del fosfato de creatina o fosfocreatina.

En el metabolismo anaeróbico, podemos obtener ATP a través de tres vías:

- ❖ Mediante la reacción catalizada por la enzima adenilatoquinasa, en la que se forman ATP y AMP.



- ❖ Mediante la glucólisis anaeróbica, en la que el glucógeno muscular se degrada a lactato, a través de unos cuantos pasos enzimáticos, con ATP sintetizado en el proceso por fosforilación de ADP a nivel de sustrato.



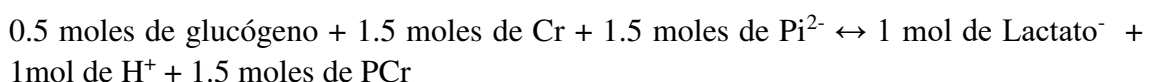
Esquema del mecanismo de la glucólisis anaeróbica.

- ❖ Mediante la reacción catalizada por la enzima creatin-quinasa, donde la fosfocreatina (PCr), puede desdoblarse para formar ATP y creatina (Cr).



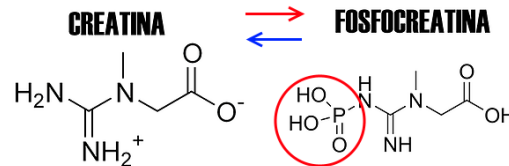
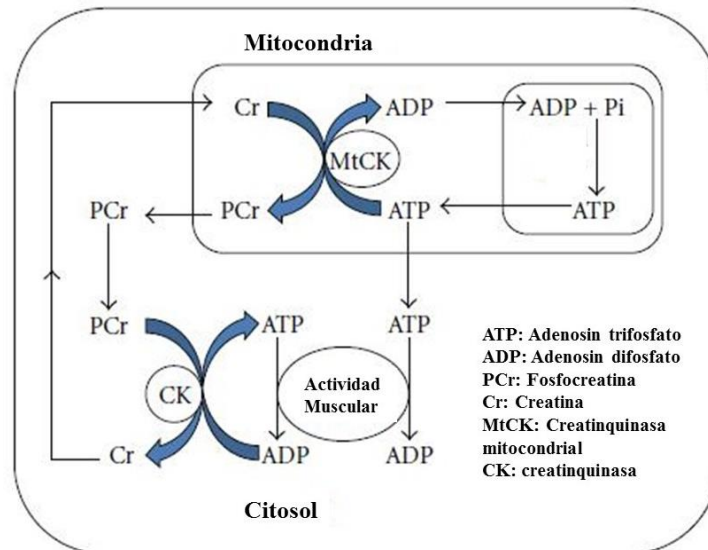
Como se puede deducir mediante la reacción anterior, la reacción de la creatin-quinasa, para la producción de ATP, necesita de "n" iones H<sup>+</sup> (protones o hidronios) por cada fosfocreatina utilizada. Esto significa que la reacción regulada por la creatin-quinasa capta iones H<sup>+</sup> y provoca una alcalinización relativa en el comienzo del ejercicio de acuerdo con el proceso predominante de producción de ATP.

Después, a medida que entra en juego la glucólisis anaeróbica, al comienzo del ejercicio y cuando aumenta el contenido de ATP de la fibras hasta alcanzar niveles suficientes para invertir el sentido de la reacción, se acopla, en lo funcional, a la reacción regulada por la creatin-quinasa:





Esto revierte efectivamente el proceso de alcalinización y pasa a otro de formación neta de iones  $H^+$  que tiende a una acidificación de las células musculares en actividad. Esta acidosis metabólica se produce debido al bajo  $pK_a$  ( $pH=3.86$ ) del grupo funcional ácido carboxílico del ácido láctico, el cual se ioniza casi completamente dando su base conjugada lactato y protones o iones hidronio ( $H^+$  o  $H_3O^+$ ) al medio, reduciendo el  $pH$  en las células musculares entre 0.4 a 0.8 unidades por debajo del  $pH$  fisiológico ( $pH$  tejido muscular  $\approx 7-7.2$ ) llegando a valores de  $pH$  que oscilan entre 6.2 a 7. Este proceso es llamado acidosis láctica.



Esquema en donde se muestra la desfosforilación en el sarcoplasma y refosforilación en la mitocondria de la fosfocreatina. Imagen tomada y editada de [153].

La suplementación con L-creatina mejora la actividad de los deportistas, aumentando la resistencia y la fuerza muscular, incrementando la energía muscular (mayor energía disponible por unidad de tiempo) y acelerando el tiempo de recuperación entre ejercicios intensos y de corta duración.

Se observó en algunos estudios realizados un aumento del peso corporal y del diámetro de las fibras musculares tipo 2. Recordemos que dentro de un músculo encontramos principalmente dos tipos de fibras: las de contracción lenta (tipo 1 o rojas) y las de contracción rápida (tipo 2 o blancas).

Con el aporte de un suplemento dietario de L-creatina, la cantidad total de este compuesto en el músculo esquelético puede aumentar por encima del 30 % y la cantidad de fosfocreatina por encima del 20 % y mejorar el rendimiento en esfuerzos de muy corta duración.

Posiblemente esto se deba a que la concentración elevada de fosfocreatina antes de iniciarse el ejercicio podría reducir la velocidad de la glucólisis al menos por tres mecanismos: inhibición de la fosfofructoquinasa, reducción potencial de la producción de ADP y AMP y aumento de la capacidad tampón del músculo (hasta un 7 %).

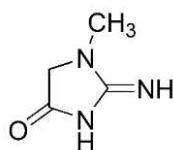
Se ha demostrado que el aumento del contenido total de L-creatina en el músculo dado por la administración de la misma mediante la dieta, puede retrasar la aparición de la fatiga durante series repetidas de ejercicios de gran intensidad.

En resumen, la suplementación con L-creatina en lo posible micronizada (proceso de reducir el diámetro promedio de las partículas de un material sólido, en este caso cristales de monohidrato de creatina hasta tamaño micrométrico), puede aumentar el rendimiento y ganancia de masa muscular. Por tal motivo es recomendada para ejercicios de alta intensidad y corta duración.

La L-creatina se metaboliza formando como producto final la creatinina. Los riñones eliminan la creatinina de la sangre y la excretan del cuerpo en forma de orina. Si los riñones están dañados y no pueden funcionar como deberían, la cantidad de creatinina en la orina desciende, mientras que el nivel en la sangre aumenta.

La dosis diaria recomendada es de 0.1g/kg de peso. Aunque en la mayoría de los casos 5g diarios alcanzan para cumplir su función. No es necesario realizar cargas con cantidades mayores a los 15-20g diarios ya que produce alteraciones gástricas y el exceso de creatina será eliminado como creatinina por orina.

Algunos autores consideran que consumir la L-creatina con carbohidratos de alto índice glucémico (fructosa, glucosa, etc.) puede permitir un mayor ingreso de L-creatina a las células, debido a que la insulina la empuja dentro de los músculos. Cuanto mayor sea el pico de insulina, mayor será la concentración de creatina en las células musculares. He aquí el motivo de la existencia de los famosos suplementos voluminizadores celulares.



Esquema de la estructura química de la creatinina.

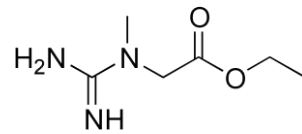
**Bibliografía:** [154,155,164–170,156–163]

**Nota:** En el mercado existen otras formas químicas de la creatina. Una de ellas es la creatina etil éster, la cual es una forma de creatina que se diferencia en que su ácido carboxílico se encuentra esterificado en su grupo funcional alcohol.

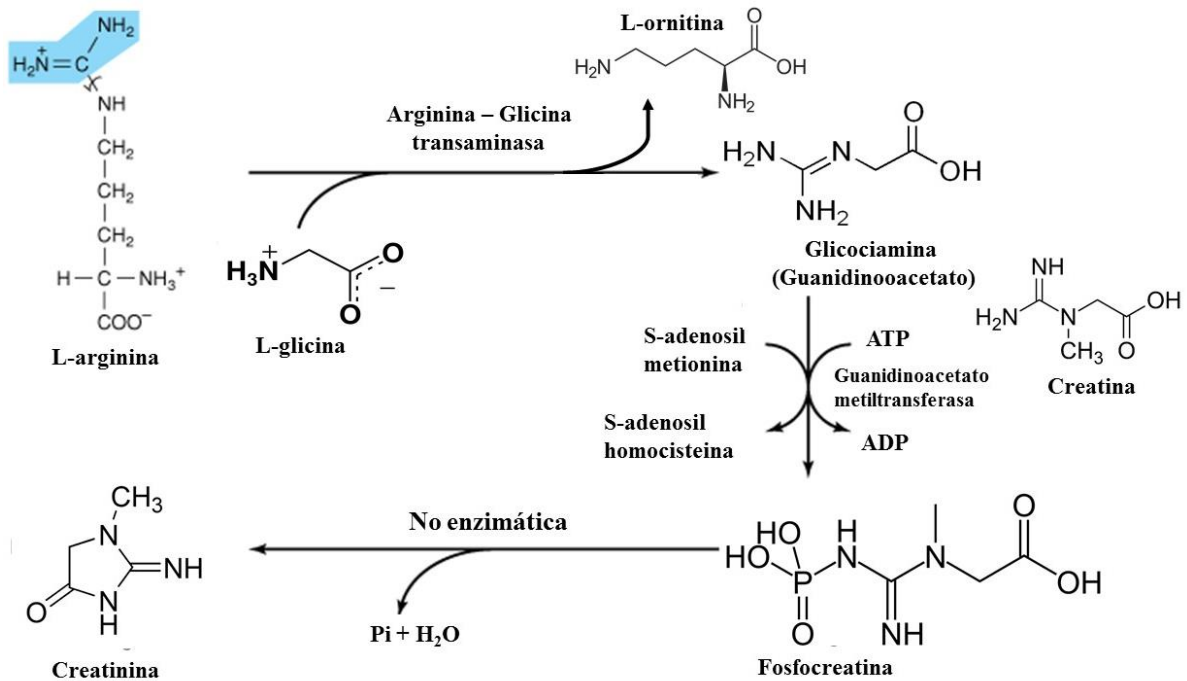
El objetivo es mejorar su biodisponibilidad, ya que al ser menos hidrofílica mejoraría el paso hacia el interior de la célula. Aunque de momento no existen suficientes evidencias científicas para poder afirmar que esta forma de entrega de la creatina sean



más estable o eficaz que la creatina monohidrato, ya que aunque presenta beneficios mejorando la hidrofobicidad, es inestable a las condiciones ácidas del estómago.



Esquema de la estructura química de la creatina etil éster.



Esquema de la síntesis y metabolismo de la creatinina.

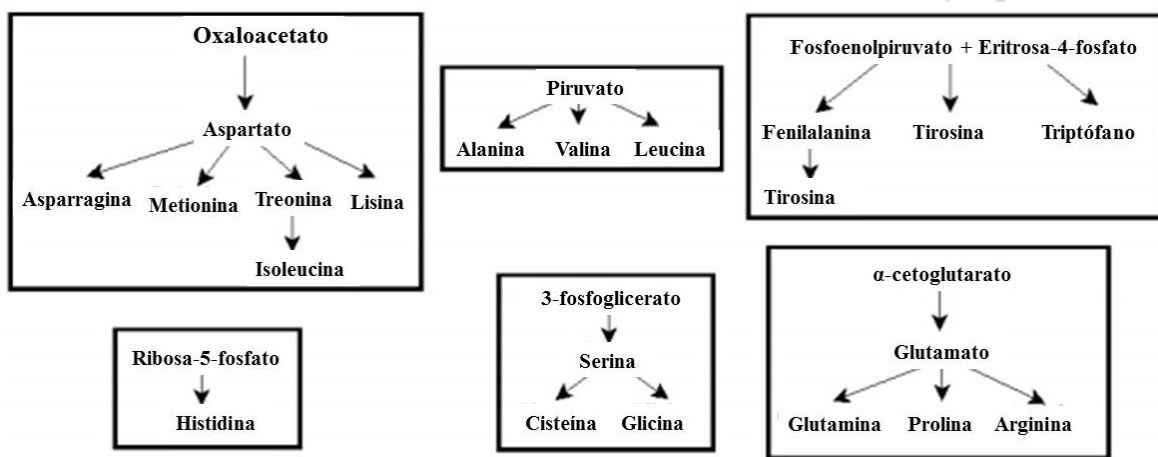
### AMINOACIDOS ESENCIALES O EAA

Los EAA hacen referencia a los 9 aminoácidos esenciales (L-triptófano, L-treonina, L-valina, L-lisina, L-leucina, L-metionina, L-histidina, L-fenilamina y L-isoleucina) y es un suplemento que está empezando a tener bastante auge en la actualidad. Los aminoácidos esenciales no pueden ser fabricados por nuestro organismo, y por ende deben provenir de fuentes externas, es decir mediante la dieta o alimentación.

Los microdesgarros producidos en nuestros músculos durante el entrenamiento, deben ser reparados aportando proteínas y aminoácidos mediante la dieta. Si esto no es así, no se produce la regeneración muscular post entrenamiento y por la tanto comienza el catabolismo. Nuestro organismo al no recibir las proteínas necesarias, se alimentará de sus propios tejidos, reduciendo nuestra masa muscular.

La suplementación con EAA no es necesaria, si tenemos una dieta rica en proteínas, ya que las mismas proteínas nos lo proveen, pero suelen ser beneficiosos en determinadas situaciones, como, períodos con una alta ingesta de proteínas y/o aumento de masa muscular. La principal diferencia que se encuentra entre un suplemento de EAA con respecto a una proteína, es que, al ser aminoácidos libres, no necesitan de un proceso digestivo y pueden ingresar más rápidamente al torrente sanguíneo.

En general se comercializan péptidos de proteínas de suero u otras, como fuentes de aminoácidos esenciales, por una cuestión de costos de fabricación, comercializando una proteína hidrolizada o tratada enzimáticamente, en capsulas o comprimidos como EAA, aunque los verdaderos suplementos de EAA, presentan en su formulación aminoácidos libres y no en forma de péptidos. Una dosis diaria recomendada podría variar entre los 20-40g.



Esquema de las vías metabólicas de síntesis de los distintos aminoácidos.

**Bibliografía:** [171–177]

### L-GLUTAMINA

La L-glutamina es un aminoácido no esencial y es el más abundante del cuerpo. Es muy utilizado en el ámbito clínico cuando la degradación muscular es alta para así poder acelerar los tiempos de recuperación. Durante muchos años a causa de estos beneficios a nivel clínico se ha llegado a extrapolar en el mundo del entrenamiento como un suplemento anticatabólico y acelerador de la recuperación muscular, sobre todo en períodos de definición (menor ingesta calórica).

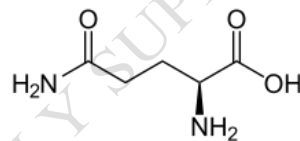
Presenta beneficios importantes como por ejemplo su papel en la salud gastrointestinal. Este último está empezando a coger mucho auge hoy en día ya que es capaz de mejorar la permeabilidad intestinal.

Además de promover el crecimiento muscular, evitar la pérdida de masa magra, y mejorar el desempeño de los entrenamientos y la recuperación muscular, la glutamina posee otros beneficios tales como:

- ❖ Mejorar el funcionamiento y la absorción intestinal porque es un nutriente vital para las células intestinales, refuerza el sistema inmune, siendo considerado como un inmunomodulador por regular la respuesta inmune de IgA, que es un anticuerpo importante que combate virus y bacterias,
- ❖ Tiene la capacidad de mejorar la memoria y la concentración por ser un neurotransmisor esencial a nivel cerebral, ayuda a tratar la diarrea equilibrando la producción de moco, pudiendo inclusive ser asociado a probióticos para mejorar la flora intestinal,
- ❖ Está involucrada en diversas reacciones metabólicas y en la desintoxicación celular, presenta propiedades anticancerígenas, mejora los síntomas de la diabetes, equilibra el balance ácido-básico durante estados de acidosis, promueve la desintoxicación corporal del nitrógeno y el amoníaco, y ayuda en la síntesis de nucleótidos por ser un precursor de nitrógeno.

La suplementación con glutamina también es recomendada para personas que están recuperándose de lesiones, quemaduras, tratamiento para el cáncer o cirugías, debido a que ayuda a acelerar la cicatrización y prevenir infecciones.

La dosis diaria recomendada de glutamina es de 10 a 15g divididos en 2 o 3 dosis al día, pudiendo ser consumida en ayuna, antes del entrenamiento o antes de dormir. Consumir más de 40 g de glutamina por día puede causar náuseas y dolores abdominales.



Esquema de la estructura química de la glutamina.

**Bibliografía:** [178–183]

### **ÁCIDO D-ASPÁRTICO**

El ácido D-aspártico (DAA, por sus siglas en inglés) es un aminoácido no esencial que se forma y se concentra en los testículos y en la glándula pituitaria, cuya función principal es incrementar los niveles de la hormona luteinizante (LH).

La LH es segregada por la parte anterior de la hipófisis, una glándula que está situada en la base del cerebro, junto con la hormona folículo estimulante FSH, que estimula el desarrollo de los ovocitos en la mujer y la producción de espermatozoides en el hombre. Un aumento de los niveles de la LH produce un incremento de los niveles de testosterona en el organismo.

La LH actúa como mensajero químico, ya que viaja desde la glándula pituitaria hasta los testículos, en donde se activa la producción de testosterona.

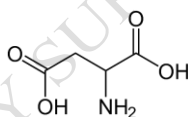
El ácido D-aspartico se forma cuando la enzima aspartato racemasa convierte el ácido L-aspartico en ácido D-aspartico, esto se produce en los testículos y en la glándula pituitaria. El ácido D-aspartico funciona como neurotransmisor en el cerebro, y además es un precursor de la L-arginina.

La dosis diaria utilizada es de 1 a 3g para los hombres y alrededor de 500mg para las mujeres, acompañados con vitamina B6 y B12, ya que ácido D-aspartico presenta un efecto sinérgico junto con ellas. Se recomienda consumirlo por la mañana, en ayunas.

Se ha observado que dosis por encima de los 6g diarios presentan efectos opuestos, esto significa que una sobredosificación de ácido D-aspartico puede llevar a una disminución de la producción de LH y esto acarrea una disminución en la producción de testosterona, debido a una retroalimentación negativa en las glándulas que la producen.

En las mujeres, este aminoácido ayuda a regular el ciclo menstrual y mejorar la ovulación. En los hombres, el ácido D-aspartico ayuda a restablecer los niveles hormonales, bien por el uso de ciertos medicamentos o porque genéticamente de forma natural presenten hipogonadismo (cuyos síntomas aparecen como una disminución de la función testicular, con una baja producción de testosterona e infertilidad o baja producción de espermatozoides).

Por tal motivo otro de los usos de este tipo de suplementos es en hombres con bajos niveles hormonales a partir de los 40 años, cuando empiezan a aparecer los síntomas de la andropausia o disminución de los niveles de producción de testosterona.



Esquema de la estructura química del ácido D-aspartico.

**Bibliografía:** [184–191]

### **ASPARTATO DE ZINC Y MAGNESIO O ZMA**

El zinc es un oligoelemento esencial que interviene en una gama de procesos bioquímicos y es requerido para la actividad de más de 300 enzimas. Las enzimas que contienen zinc participan en muchos componentes del metabolismo de los macronutrientes, particularmente el de replicación celular.

Además, las enzimas que contienen zinc tal como la anhidrasa carbónica y lactato deshidrogenasa están involucrados en el metabolismo del ejercicio, mientras que la superóxido dismutasa protege al cuerpo de los daños provocados por los radicales libres.

El magnesio es un micronutriente presente como cofactor en un gran número de reacciones metabólicas, algunas de las más importantes relacionan la glucólisis así como el metabolismo de grasas, proteínas y la síntesis de adenosin trifosfato. El magnesio además actúa en el sistema nervioso. Existen evidencias científicas que muestran que el

magnesio puede disminuir los niveles de cortisol y por ende disminuir el catabolismo muscular.

Teóricamente, la suplementación con zinc y magnesio puede mejorar los efectos anabólicos, los niveles hormonales, reducir el catabolismo, mejorar el estado inmunológico y/o mejorar la adaptación al entrenamiento de resistencia.

Según estudios realizados la suplementación con ZMA aumentó significativamente los niveles de testosterona, IGF-1 (factor de crecimiento) y la ganancia de fuerza durante el entrenamiento.

Por tal motivo la suplementación con ZMA va a promover la hipertrofia muscular y aumentar la fuerza, elevando los niveles de testosterona y del IGF-1.

Altas concentraciones de zinc y magnesio pueden potenciar la absorción de glucosa en las células, evitando la aparición de calambres y tensiones musculares frecuentes durante la práctica de cualquier actividad deportiva.

Por otra parte, favorece la fase de descanso nocturno, contribuyendo a conciliar un sueño más reparador y confortable, reduciendo los niveles de cortisol para establecer un estado de relajación, mejorando la respuesta al estrés.

Algunas formulaciones de este producto pueden contener en su fórmula Valeriana, Pasiflora, Tilo o Triptófano los cuales ayudan a relajar el cuerpo y resultar en un mejor descanso.

La relación entre zinc y magnesio en el ZMA está entre los 20-30 mg de zinc y los 400-500mg de magnesio con aproximadamente unos 10 mg de vitamina B6. Se recomienda consumir ZMA en lo posible antes de dormir con estómago vacío.

El producto no debería ser ingerido con calcio (o productos lácteos), la razón detrás de esa recomendación es que el calcio bloquea la absorción del zinc en el estómago.

**Bibliografía:** [36,37,192–194]

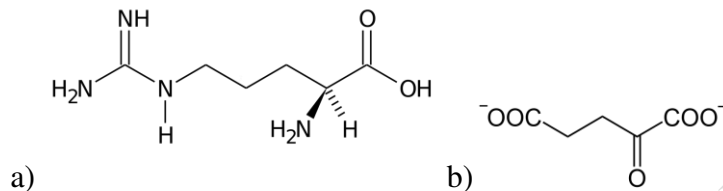
### **L-ARGININA, L-ORNITINA Y L-CITRULINA**

La L-arginina es un aminoácido no esencial ya que nuestro organismo es capaz de sintetizarlo, pero que pasa a ser esencial debido a su gran demanda diaria, en diversas rutas metabólicas. Se puede obtener comercialmente en dos formas químicas, una de ellas es L-arginina HCl y la otra es como L-arginina  $\alpha$ -cetoglutarato (puede haber otras formulaciones, estas son las más generales).

La L-arginina  $\alpha$ -cetoglutarato (AKG) es una sal formada por la combinación de dos moléculas de los aminoácidos arginina y una molécula de alfa-cetoglutarato.

Debido a que la L-arginina  $\alpha$ -cetoglutarato parece estar implicada en la síntesis de aminoácidos y la disponibilidad de proteínas, muchos atletas de deportes anaeróbicos emplean el AKG como una forma de aumentar la masa muscular (hipertrofia) y la fuerza .

Las función de la L-arginina es la de ofrecer sustrato de dos enzimas: la arginasa que favorece la biosíntesis de la urea y la óxido nítrico sintetasa que da lugar a la formación del óxido nítrico (NO), un gas soluble en agua que modula la relajación del músculo liso, actuando como vasodilatador.



Esquema de la estructura química de a) L-arginina y b)  $\alpha$ -cetoglutarato.

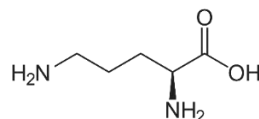
La L-arginina  $\alpha$ -cetoglutarato se ha utilizado para tratar a los pacientes que sufren de quemaduras, han tenido post-operatorios, desnutrición y otros problemas.

Aunque el mecanismo exacto no se conoce, el tratamiento mediante AKG disminuye el catabolismo proteico muscular (catalisis protéica) y/o aumenta la síntesis de proteínas, además de la promoción de la cicatrización de heridas.

La L-arginina  $\alpha$ -cetoglutarato puede promover la secreción de hormonas anabólicas, como la insulina y la hormona del crecimiento.

La L-arginina junto con la L-ornitina son dos aminoácidos que poseen una acción detoxificante y desfatigante favoreciendo la eliminación de sustancias tóxicas, como el amoníaco, producidas por el cuerpo durante el ejercicio intenso o la suplementación hiperproteica.

Este amoníaco proviene del catabolismo proteico interviniendo en el llamado ciclo de la urea como producto de excreción final. La L-ornitina y la L-arginina son productos intermedios en la formación del ciclo de la urea cuya sola presencia favorece los procesos intermedios de excreción de NH<sub>3</sub> (en forma de urea), lo que conlleva a un aumento de la resistencia y la capacidad de recuperación.



Esquema de la estructura química de la L-ornitina.

La combinación de la L-arginina y la L-ornitina en una proporción idónea de 2:1 parece capaz de incrementar la síntesis proteica. La L-arginina es también un precursor de la Creatina que juega un papel importante como hemos visto anteriormente en la resistencia muscular estando involucrada en las reacciones de refosforilacion del ADP para producir nuevamente ATP.

Algunos suplementos dietarios contienen una combinación de tres aminoácidos (L-arginina, L-ornitina, L-lisina) que junto con la vitamina B6 se presentan como estimuladores de la secreción de la hormona de crecimiento (STH) de forma natural.

Para culturistas, la hormona de crecimiento es la única sustancia que puede realmente iniciar la hiperplasia, que para el interés de nuestro uso en el físico-culturismo equivale a nuevas células musculares. La STH también incrementa la síntesis proteica, que puede ser la responsable de la hipertrofia.

La dosis recomendada es de 3-10g al día justo antes de acostarse. Se podrá aplicar otra dosis adicional antes de los entrenamientos dependiendo de la calidad y la intensidad del entrenamiento. El efecto se puede incrementar añadiendo unos gramos de L-glutamina.

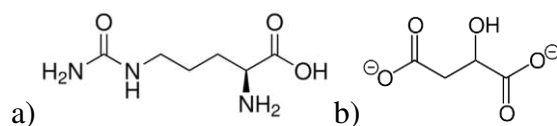
Por otra parte, la L-citrulina es uno de los aminoácidos que interviene en el ciclo de la urea (L-citrulina, L-arginina y L-ornitina). La ingesta de L-citrulina aumenta los niveles en sangre tanto de la L-ornitina como de la L-arginina, y esto puede resultar de gran utilidad en casos donde el óxido nítrico juegue un papel importante, como ser rendimiento deportivo, disfunción eréctil y salud cardiovascular.

Cuando se transforma en L-arginina, la L-citrulina da lugar a un sensible efecto vasodilatador, que estimula el sistema cardiovascular y mejora la elasticidad de los vasos sanguíneos.

La vasodilatación inducida se usa en el campo médico para tratar los problemas de disfunción eréctil y aumentar el rendimiento deportivo, al incrementar el flujo de sangre y, por tanto, de oxígeno y nutrientes esenciales a los tejidos musculares.

La L-citrulina se encuentra a menudo salificada con ácido málico para producir citrulina malato que combina la L-citrulina con el malato (intermediario del Ciclo de Krebs), con el fin de aumentar el efecto ergogénico de mejorar el rendimiento físico.

La combinación de estos 2 compuestos interviene en la producción de energía y la eliminación de algunos desechos durante el entrenamiento.



Esquema de la estructura química de a) L-citrulina y b) malato.

Dentro del organismo, la citrulina malato da lugar a un aumento de los niveles de bicarbonato (recordar el sistema amortiguador o buffer bicarbonato  $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ ), sustancia capaz de neutralizar los  $\text{H}^+$  que provienen de la disociación del ácido láctico (ácido láctico  $\rightarrow$  lactato +  $\text{H}^+$   $\text{pKa}= 3.86$ ) producido durante el entrenamiento intenso.

Para mejorar el rendimiento deportivo la dosis diaria recomendada es de 6 a 8g de citrulina malato 30 a 45 minutos antes del entrenamiento.

Nota sobre vasodilatación: En el músculo liso el óxido nítrico producido a partir de los aminoácidos L-arginina, L-citrulina, o también a través del metabolismo de nitritos ( $\text{NO}_2^-$



) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) obtenidos mediante la dieta, activa la enzima guanilato ciclasa (GC), que aumenta las concentraciones de guanosin monofosfato cíclico (GMPc) obtenido a partir del guanosin trifosfato (GTP), y el péptido intestinal vasoactivo (PIV) (un péptido intestinal con una secuencia de 28 aminoácidos, que presenta propiedades vasoactivas, vasodilatadoras, e hipotensivas) que aumenta las concentraciones de monofosfato de adenosina cíclica (AMPc) derivada del adenosin trifosfato (ATP) por medio de la enzima adenil ciclasa (AC). Ambos, GMPc y AMPc, provocan la activación de una proteína quinasa específica que abre los canales de potasio ( $\text{K}^+$ ) y una hiperpolarización de la membrana de las células musculares, con el consiguiente secuestro del calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) intracelular dentro del retículo endoplásmico y un bloqueo de la entrada de  $\text{Ca}^{2+}$  por la inhibición sus canales. Esta disminución de la concentración del  $\text{Ca}^{2+}$  citoplasmático provoca la relajación del músculo liso dando origen al efecto de vasodilatación.

Nota sobre precursores de hormona de crecimiento: La L-arginina no es un estimulante para la liberación de la STH (Hormona del crecimiento humana), sino que su liberación se produce por un mecanismo de inhibición que presenta con la somatostatina, una hormona que regula o incluso detiene la liberación de la STH por la hipófisis, y que tiene también efectos sobre el páncreas, donde inhibe la secreción de insulina y glucagón.

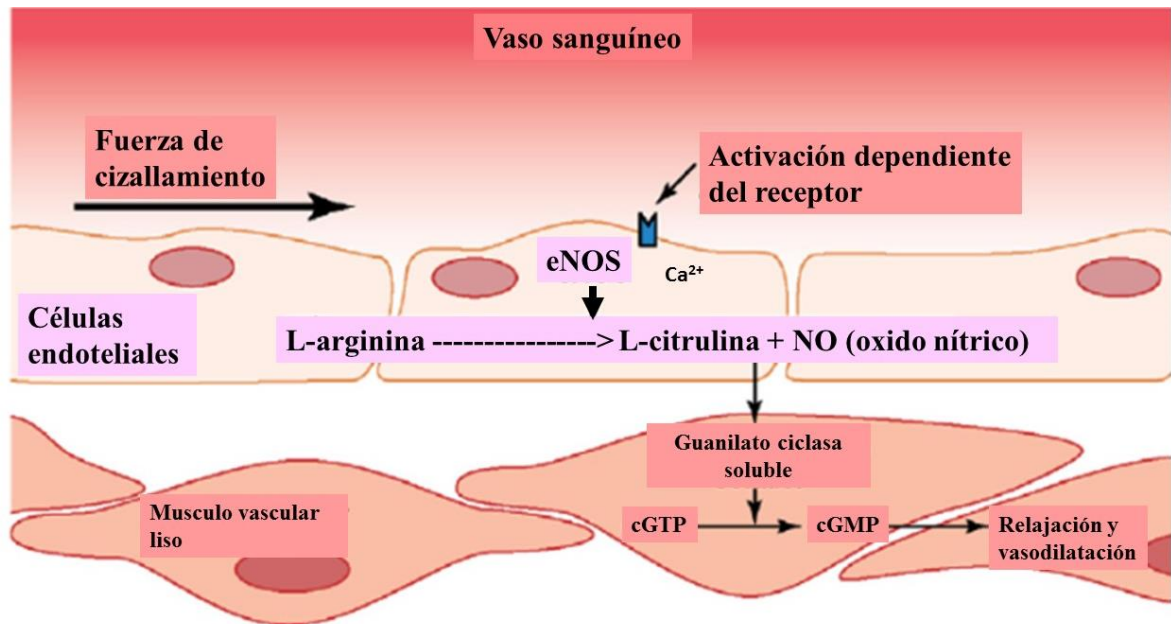
La hormona del crecimiento cumple un rol primordial al regular la energía del metabolismo produciendo la hiperglicemia, lipólisis con aumento de los ácidos grasos no esterificados y aumento en la síntesis proteica.

El ácido D-aspártico puede inhibir o retardar la respuesta de hormona del crecimiento a la L-arginina. La L-arginina es capaz de suprimir el efecto inhibitorio de la glucosa sobre la secreción de hormona del crecimiento, lo cual le da un valor especial a la suplementación con L-Arginina cuando se intenta aumentar la función del eje hormona del crecimiento-IGF 1 (factor de crecimiento insulínico tipo 1).

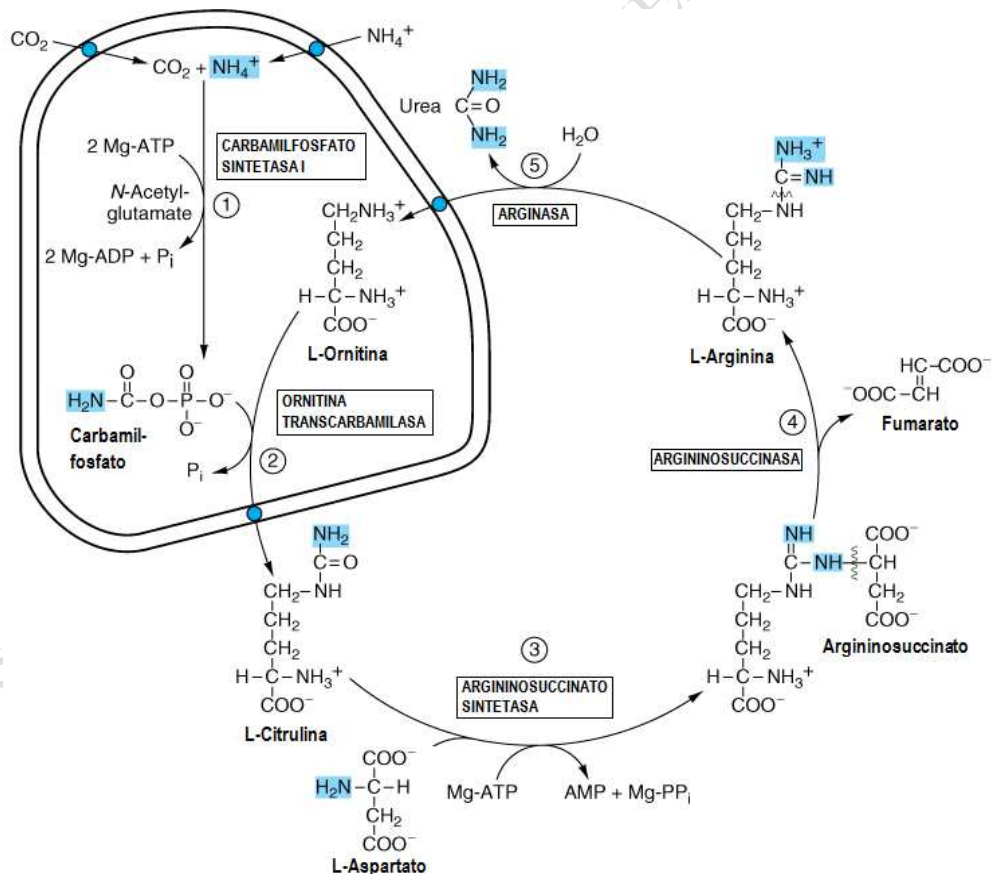
Los precursores de la STH en realidad son aminoácidos que estimulan o promueven su liberación. Algunos de los aminoácidos que afectan los niveles de hormona de crecimiento son la L-glutamina, L-arginina, L-ornitina, L-lisina, L-triptófano, L-histidina y L-cistina.

**Bibliografía:** [143,190,195–202]





Esquema del mecanismo de producción de óxido nítrico y vasodilatación.



Esquema del ciclo de la urea en donde participan los aminoácidos L-arginina, L-citrulina y L-ornitina. Imagen tomada de <https://m.exam-10.com/medicina/430/index.html?page=13>

## L-TAURINA

La L-aurina o ácido 2-aminoetanosulfónico, es uno de los aminoácidos no esenciales más abundantes en nuestro cuerpo. Es un producto de desintegración del azufre que contiene los aminoácidos cisteína y metionina.

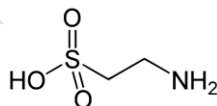
Contrariamente a la creencia popular, no hay ningún aminoácido L-aurina en el sentido científico estricto, ya que no contiene ningún grupo carboxilo. Exactamente se trata de un aminoácido llamado sulfónico.

La importancia de la taurina para el organismo se encuentra en el mantenimiento de los órganos y las funciones celulares. Debido a sus características, tales como la estabilización del equilibrio de líquidos en las células, su efecto antioxidante y su incidencia relativamente alta del músculo cardíaco.

La taurina también es conocida por su acción desintoxicante, que facilita la excreción de sustancias por el hígado.

El aminoácido L-aurina se haya significativamente más concentrado y en mayor proporción en las células del músculo cardíaco que otros aminoácidos. Con el 50% se trata de la mayor cantidad total de las reservas libres de aminoácidos en el corazón.

La L-aurina tiene un efecto positivo anti-arritmia en el músculo cardíaco lo que significa que aumenta la regularidad y refuerza las contracciones del corazón. Asimismo, junto a un regulador de la presión arterial, los suplementos de taurina bajan los niveles de colesterol ya que estimula el flujo biliar.



Esquema de la estructura química de la L-aurina.

La dosis diaria recomendada se encuentra entre los 0.5 a 2g. Es segura y no hay estudios científicos que demuestren que tiene efectos secundarios mientras se tome en dosis razonables que no superen los 3g al día.

**Bibliografía:** [56,203–210]

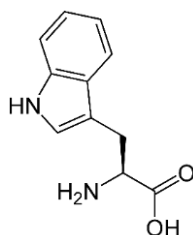
## L-TRIPTÓFANO

El L-Triptófano es un aminoácido esencial que actúa como regulador del estado del ánimo al ser un precursor de la serotonina una hormona que actúa regulando el humor, el sueño, el apetito, el ritmo cardíaco, la temperatura corporal, la sensibilidad y las funciones intelectuales y por esto, cuando esta hormona se encuentra en baja

concentración, puede causar mal humor, dificultad para dormir, ansiedad o incluso la depresión.

La suplementación con este aminoácido, mejora la recuperación, el descanso nocturno y una disminuye el estrés.

La dosis diaria puede variar entre unos 250mg a 1.5 g y se puede consumir en cualquier momento del día.



Esquema de la estructura química del triptófano.

Una vez se absorbe el L-triptófano en nuestro organismo, este lo convierte en 5-HTP o 5 Hidroxitriptofano, molécula que a su vez lo transforma en serotonina. La serotonina es la hormona que transmite señales entre las células nerviosas de nuestro cerebro lo que a su vez es la causa de cambios de humor y otros procesos relacionados con el bienestar emocional.

Mejora de la recuperación, descanso nocturno y una disminución del estrés. La serotonina juega un papel fundamental en la felicidad (antidepresivo).

La dosis diaria puede variar entre 300-500mg en una o diversas tomas, en cualquier momento del día. También presenta sus beneficios al consumirlo antes de dormir.

**Bibliografía:** [211–216]

### **L-TIROSINA**

La L-tirosina actúa como precursor en la síntesis de las catecolaminas, un grupo de neurotransmisores formados por la adrenalina, noradrenalina y la dopamina, favoreciendo sus concentraciones en plasma. Este grupo de neurotransmisores actúa en el sistema nervioso central y ayudan a aumentar el rendimiento físico y mental.

La L-tirosina es un aminoácido no esencial ya que nuestro organismo es capaz de sintetizarlo por sí mismo a partir de la L-fenilalanina.

Se convierte en dopamina, un neurotransmisor central que controla el placer y la motivación. La dopamina junto a la serotonina presenta un rol primordial en la regulación de su estado de ánimo. La dopamina interviene en la regulación del estado de ánimo y, por lo tanto, la L-tirosina como precursora, se utiliza ampliamente como suplementación dietaria para tratar la depresión e incluso estimular el deseo sexual.

Algunos estudios indican que este aminoácido es eficaz para aliviar el estrés y la ansiedad.

Este aminoácido ayuda a reducir el estrés, mejora el estado de alerta mental y el estado de ánimo, e incluso actúa como un supresor del apetito, por tal motivo es utilizado también en algunas formulaciones de quemadores de grasa, ya que es conocido por reducir el contenido de grasa corporal, por ayudar a producir pigmentos en la piel y el cabello y por influir positivamente en las glándulas tiroideas, hipófisis y suprarrenal.

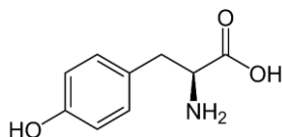
La L-tirosina también participa en la síntesis de las encefalinas, las cuales son las responsables de los efectos de alivio del dolor en el cuerpo.

La L-tirosina también es un precursor de la levotiroxina, una hormona tiroidea con bajos niveles en personas con hipotiroidismo o tiroiditis de Hashimoto. Algunos endocrinólogos reportan que los pacientes que toman tirosina ven una mayor disminución en la función tiroidea. Esto podría suceder ya que la tirosina aumenta la norepinefrina, que regula las hormonas tiroideas. La L-tirosina es indispensable, junto con el yodo, para la formación de las hormonas tiroideas, triyodotironina (T3) y tiroxina (T4).

Estas hormonas son las encargadas de regular procesos tanto anabólicos como catabólicos de carbohidratos, lípidos y proteínas, regulan la velocidad a la que se queman calorías, lo cual afecta la pérdida o el aumento de peso, pueden aumentar o disminuir los latidos del corazón, son capaces de elevar o bajar la temperatura corporal (termogénesis), controlan la velocidad a la que los alimentos se mueven a través del tubo digestivo, controlan la forma en la que se contraen los músculos y la velocidad a la que se reemplazan las células que mueren en el cuerpo.

La dosis diaria utilizada de L-tirosina es de 150 mg/kg de peso corporal, o hasta 12g diarios durante un periodo de 3 meses seguido de por lo menos dos semanas de descanso.

Se debe tener en cuenta que la L-tirosina puede producir cambios en la tensión arterial, así que, en personas con problemas de tensión, es mejor evitar la suplementación con L-Tirosina. Además, su consumo puede causar náuseas, vómitos, somnolencia o agitación, en algunas personas, pero esto sólo ocurre en casos donde las dosis superan la ingesta diaria recomendada.



Esquema de la estructura química de la L-tirosina.

**Bibliografía:** [217–226]

## **PRE-ENTRENO O PRE-WORKOUTS**

Los pre-entrenos son suplementos que se consumen tal como su nombre lo indica previo al entrenamiento, con motivo de mejorar las funciones cognitivas, resistencia, fuerza, produciendo vasodilatación, mayor congestión muscular y una rápida recuperación post-entrenamiento.

Su composición por lo general está basada en aminoácidos ramificados o BCAA, L-creatina, L-citrulina, L-arginina,  $\beta$ -alanina, L-tirosina, L-aurina, ácido alfa lipoico (ALA), N-acetil cisteína (NAC), guaraná, ginseng, cafeína anhidra, hierbas o especias con capacidades termogénicas (extracto de té verde, naranja amarga (*citrus aurantium*), pimienta cayena, pimienta negra, entre otras), vitaminas y minerales.

La mejora en el rendimiento y el retraso en la fatiga es debido a los estimulantes incorporados en su composición (tales como ginseng, guaraná o cafeína) y a la presencia de algunos aminoácidos, tal como la  $\beta$ -alanina que ayudan a la neutralización de las especies ácidas que son producidas durante el entrenamiento intenso y la L-creatina que está involucrada en la regeneración de ATP, lo que produce una mayor resistencia al esfuerzo físico.

Además, algunos principios activos presentan la capacidad de incrementar la  $\beta$ -oxidación o mal dicho la quema de grasas, al acelerar el metabolismo basal y el gasto calórico, y por tal motivo incrementando la pérdida de peso, tal como la cafeína y el galato de epigallocatequina (EGCG) contenida en el té verde. Algunas formulaciones de productos contienen L-carnitina o acetil L-carnitina para potenciar el efecto de la  $\beta$ -oxidación de ácidos grasos.

Por otra parte, debido a la presencia de aminoácidos capaces de inducir el proceso de la vasodilatación como la L-arginina y la L-citrulina, se obtiene una mejora en la circulación sanguínea y por lo tanto un mayor aporte de nutrientes y mejor oxigenación de los músculos que se están ejercitando.

Dependiendo de su formulación química su consumo puede variar entre unos 5-10g a unos 20-40g de producto por servicio. Preferentemente debe consumirse unos 45 minutos antes del entrenamiento, en lo posible con el estómago vacío. La variación en la cantidad dosificada está directamente relacionada a la concentración de estimulantes que presente la formulación de cada producto, siendo algunos más concentrados con una alta carga de estimulantes por gramo de producto y por ende necesitando una menor cantidad del mismo.

Se deben tener en cuenta algunos de los efectos secundarios más frecuentes que pueden sufrir las personas que consumen un exceso de las dosis indicadas en los suplementos de pre-entrenamiento (en general producidas por sobreestimulación del sistema nervioso), tales como la sensación de nerviosismo, temblores, cefaleas o dolores de cabeza, náuseas y además alteraciones de la presión arterial o el ritmo cardíaco (taquicardia).

**Bibliografía:** [227–236]

---

## Capítulo 4

---

### **ERGOGÉNICOS Y ADAPTÓGENOS**

Se denomina ergogénico a cualquier sustancia cuya utilización da lugar a un aumento de la capacidad de trabajo o rendimiento físico. Por otro lado, los adaptógenos son sustancias naturales que se encuentran solamente en unas cuantas plantas y hierbas raras. Algunas plantas y hierbas proporcionan nutrientes especiales que ayudan al cuerpo a alcanzar un rendimiento óptimo mental, físico y de trabajo. Dentro de ellas se encuentran la Ashwaganda, Ginseng, Guaraná y la Maca peruana, entre otras que serán descritas en este capítulo.

#### **ASHWAGANDHA**

La Ashwagandha o Withania somnifera (suele llamarse Ginseng Indio) es una planta muy utilizada en el mundo de la medicina ayurvédica (India). Es conocida por ser un adaptógeno (capacidad para combatir el estrés, disminuyendo el cortisol). Se suele utilizar en períodos donde el estrés se vea aumentado, como por ejemplo para preparar exámenes, jornadas laborales largas, etapas con déficits calóricos prolongados, entrenamientos muy exigentes, depresión/ansiedad, etc.

Relajación mental, reducción del estrés, fatiga nerviosa y estados depresivos y ansiosos, facilita el sueño y ayuda a mitigar el insomnio.

Ha demostrado reducir el estrés y la ansiedad en múltiples ensayos clínicos, pero su lista de beneficios es mucho más amplia:

Ayuda a controlar la glucemia, aumenta la testosterona y mejora la calidad del esperma. En mujeres puede mejorar la función sexual. Es anabólica. Potencia ganancias de fuerza y músculo, así como el rendimiento aeróbico.

Es efectiva contra la artritis, probablemente por su capacidad antiinflamatoria. Parece tener efecto neuroprotector, aunque de momento solo hay estudios en animales.

Posee propiedades anticancerígenas. Ningún adaptógeno debe ser usado como terapia principal contra el cáncer, pero pueden ayudar en la prevención, así como mitigar después los efectos de tratamientos convencionales (como quimio). La Ashwaganda contiene un compuesto denominado witaferina A, efectivo contra distintos tipos de células tumorales (estudio, estudio, revisión).

Las dosis diarias recomendadas varían entre 300-500mg, aunque se han utilizado dosis mucho mayores sin aparentes complicaciones (hasta 6g por día en varias tomas). Se recomienda tomarla con la comida, preferiblemente por la mañana.

**Bibliografía:** [154,237–243]

## MACA PERUANA

La maca (*Lepidium peruvianum*, *Lepidium meyenii*) es un tubérculo anual o bienal con una forma similar a la del rábano, originario de las partes altas de Perú y Bolivia, lugares donde se cultiva a partir de los 2.700 metros sobre el nivel del mar hasta los 4.300. La raíz cuenta con propiedades que aumentan la libido y la fertilidad tanto en hombres como mujeres.

Algunas de las propiedades de la maca son que es rica en minerales esenciales: magnesio, calcio, fósforo, potasio, bismuto, manganeso, azufre, sodio, cobre, selenio, yodo, silicio, hierro y estaño. Aporta vitaminas B1 y B2, vitamina C y vitamina E. Es antioxidante, energética y revitalizante. Aumenta la libido y mejora la fertilidad: incrementa el número y la movilidad de los espermatozoides.

Reduce los síntomas premenstruales y el dolor menstrual. Estimula la formación de glóbulos rojos. Ayuda en casos de anemia. Regula el colesterol y ayuda en la diabetes, incrementando la actividad del páncreas. Posee propiedades anti estrés y antidepresivas. Reduce la osteoporosis. Aumenta la capacidad de aprendizaje y la memoria. Reduce los síntomas de la fatiga.

Podemos encontrar diferentes tipos de maca con sus propias características y efectos, que se definen por el color externo de la raíz. Dependiendo del color, varían las concentraciones de sus componentes.

### Tipos de maca

#### Maca roja

Esta variedad posee una mayor cantidad de elementos antioxidantes, como el caroteno o niacina, además de otros componentes necesarios para el correcto funcionamiento del organismo, como la vitamina C, zinc, hierro y calcio.

Se utiliza principalmente en casos de osteoporosis, para la regeneración ósea, y en casos de próstata, para disminuir la inflamación. Por tanto, la maca roja se indica especialmente para personas mayores de 40 años.

#### Maca negra

Los efectos de la maca negra son mucho más rápidos y potentes que los de cualquier otro tipo. Se caracteriza principalmente por aumentar la resistencia física y sexual, la fertilidad masculina y femenina y la concentración mental. Es muy revitalizante, aumenta la resistencia física y disminuye los efectos del estrés y la fatiga. Favorece, además, el buen estado de ánimo. Mejora la memoria, la concentración y el aprendizaje más que ninguna otra maca.

Aumenta la fertilidad, puesto que incrementa el número de espermatozoides y su movilidad. Contribuye al buen rendimiento de los ovarios, ya que ayuda a regular el ciclo menstrual.



### Maca amarilla

Los beneficios principales de consumir maca amarilla son: Ayuda a reducir síntomas de estrés y fatiga. Actúa como energizante y estimulante natural. Presenta propiedades antioxidantes ayudando a retrasar el envejecimiento celular.

### Dosis y contraindicaciones en el consumo de maca

Siempre y cuando no se abuse de su consumo, la maca no presenta efectos adversos de gravedad.

La dosis diaria recomendada de maca puede variar entre 1-3g repartidos durante el día. No se recomienda sobrepasar de los 6g diarios. La maca posee un alto porcentaje de fibra, algo que puede provocar molestias durante el proceso digestivo.

Se ha registrado que algunas personas pueden presentar efectos secundarios tales como calambres estomacales, insomnio, cambios de humor, gastritis, alteraciones del ciclo menstrual y palpitaciones fuertes. En el caso del insomnio, se puede aminorar evitando el consumo de maca por la noche.

**Bibliografía:** [244–253]

### CAFEÍNA

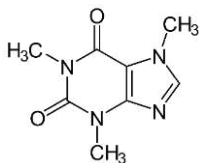
La cafeína es un alcaloide que actúa en el sistema nervioso central, eliminando la somnolencia y generando un nivel de alerta mayor que el habitual. Se consume desde hace siglos, cuando se utilizaba para eliminar la fatiga de manera natural. En la actualidad se ha conseguido sintetizarla y aportarla a diferentes compuestos para conseguir que sus efectos se liberen de manera adecuada.

El efecto de la cafeína es continuado, provocando que la atención y concentración se mantengan en el tiempo.

La cafeína es el estimulante por excelencia y empleado por casi toda la humanidad. Su principal mecanismo de acción se fundamenta en ser un antagonista de los receptores de adenosina, que esta última causa sedación y relajación, es decir, la cafeína inhibe o reduce la capacidad de la adenosina a ejercer sus efectos, por lo tanto, incrementa el estado de alerta y vigilia, por tal motivo aumenta la concentración, el rendimiento y reduce la fatiga.

La dosis diaria de cafeína ronda los 3-9mg/kg de peso corporal dependiendo de la tolerancia hacia la misma de cada persona. Se debe tener en cuenta que una sobredosis de cafeína puede producir excitación, ansiedad e insomnio, temblores, irritabilidad, hiperactividad, taquicardia, mareos, náuseas y gastritis. Además de esto, la cafeína tiene propiedades diuréticas, por lo que su consumo en exceso podría causar una deshidratación.

Por otra parte, para mejorar el rendimiento deportivo o reducir el cansancio, lo recomendable es tomar cafeína 30-45 minutos antes del entrenamiento, preferentemente con estómago vacío para mejorar su adsorción.



Esquema de la estructura química de la cafeína.

**Bibliografía:** [34,56,57,163,203,227,254–257]

### **EXTRACTO DE TÉ VERDE**

El té verde es una infusión a la que siempre se le han atribuido diversos efectos. Esta bebida posee un efecto relajante y placentero. Ambas cualidades provienen de un aminoácido que se encuentra en grandes concentraciones en las hojas del té verde, la L-teanina.

La L-teanina promueve la relajación y facilita el sueño al contribuir a una serie de cambios en el cerebro:

La L-teanina eleva los niveles de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) (es un aminoácido no proteico que se encuentra presente ampliamente en microorganismos, plantas y animales, es un neurotransmisor implicado en procesos como el sueño y la vigilia y la relajación), así como la serotonina y la dopamina.

Estos químicos se conocen como neurotransmisores y trabajan en el cerebro para regular las emociones, el estado de ánimo, la concentración, el estado de alerta y el sueño, así como el apetito, la energía y otras habilidades cognitivas. El aumento de los niveles de estos químicos calmantes del cerebro promueve la relajación y puede ayudar con el sueño.

Al mismo tiempo, aumenta los químicos que promueven los sentimientos de calma, la L-teanina también reduce los niveles de químicos en el cerebro que están vinculados al estrés y la ansiedad. Esta también puede ser una forma en que la L-teanina puede proteger las células cerebrales contra el estrés y el daño relacionado con la edad.

La L-teanina parece desencadenar la liberación de ondas alfa, lo que mejora la relajación, el enfoque y la creatividad. Uno de los aspectos atractivos de la L-teanina es que funciona para relajar sin sedar. Eso puede hacer que la L-teanina sea una buena opción para las personas que buscan mejorar su "relajación despierta", sin preocuparse por dormirse y fatigarse durante el día.

La L-teanina puede ayudar a las personas a dormirse más rápida y fácilmente a la hora de acostarse, gracias al impulso de relajación que ofrece. La investigación también

muestra que la L-teanina puede mejorar la calidad del sueño, no actuando como un sedante, sino reduciendo la ansiedad y promoviendo la relajación.

Hay evidencia de que la L-teanina puede ayudar a mejorar la calidad del sueño en niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH).

La L-teanina es lo que se conoce como un ansiolítico, funciona para reducir la ansiedad. Algunos ansiolíticos, como la valeriana y el lúpulo, tienen efectos sedantes. La L-Teanina, por otro lado, promueve la relajación y la reducción del estrés sin sedar.

La L-teanina tiene efectos positivos en los síntomas mentales y físicos del estrés, incluida la disminución del ritmo cardíaco y la presión arterial.

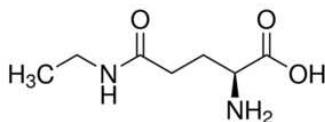
Bajo estrés, el cuerpo aumenta la producción de ciertas hormonas, incluyendo cortisol y corticosterona. Estos cambios hormonales inhiben cierta actividad cerebral, incluida la formación de memoria y el aprendizaje espacial. L-teanina ayuda a reducir los niveles de la hormona del estrés corticosterona, y evita la interferencia con la memoria y el aprendizaje.

Para mejorar las habilidades cognitivas, la L-teanina se suele combinar con cafeína. Las combinaciones de L-teanina y cafeína pueden mejorar la capacidad de atención, mejorar la capacidad de procesar información visual y aumentar la precisión al cambiar de una tarea a otra.

La L-teanina también puede desempeñar un papel más directo en el mantenimiento del peso. Hay evidencia científica que indica que la L-teanina puede ayudar a limitar la acumulación de grasa y el aumento de peso, y ayudar para proteger contra la obesidad.

La dosis diaria recomendada para dormir, estrés y otros usos puede variar entre 100 a 400 mg, cuando la combinamos con cafeína, la dosis de L-teanina debe ser menor, de entre 12-100 mg combinados con unos 30 a 100 mg de cafeína.

A estos efectos sobre el SNC se puede sumar sus posibles usos junto con doxorubicina y otros antineoplásicos, en quimioterapias, mejorando sus acciones y disminuyendo su toxicidad.

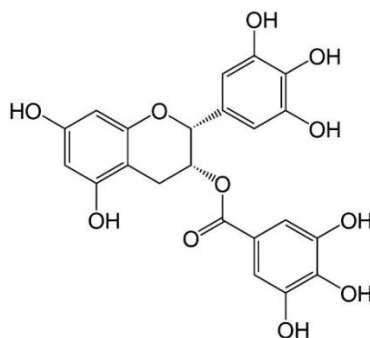


Esquema de la estructura química de la L-teanina.

Por otro lado, el té verde presenta una catequina llamada galato de epigalocatequina la cual es conocida por su papel en la oxidación de grasas, pero también presenta otros beneficios interesantes procedentes de los polifenoles como por ejemplo una disminución del riesgo de padecer ECV (enfermedades cardiovasculares).

Se han utilizado diversas dosis, tanto de té como de su contenido de EGCG y de cafeína. En diversos estudios se ha observado que su consumo muestra una mayor

tendencia hacia una disminución de peso y grasa corporal, utilizando dosis de EGCG de entre 100 y 460 mg/día. Además, se observó que la adición de cafeína entre los 80 y los 300 mg/día incrementa el efecto del té verde.



Esquema de la estructura química del galato de epigalocatequina.

La dosis diaria utilizada para maximizar el efecto de oxidación de grasas puede variar entre unos 400 a 600mg y se recomienda consumirlo entre 30-60 minutos antes del inicio de la actividad física.

El efecto sinérgico en la oxidación de grasas se observa cuando se combina la EGCG con 3-6mg de cafeína/kg de peso corporal.

**Bibliografía:** [258–267]

### **GINKGO BILOBA**

Las hojas del Ginkgo biloba contienen flavonas (quercetol y kenferol), lactonas terpénicas (ginkgólidos) y fitosteroles. Poseen efectos venotónicos más que notables, actúan como neuroprotectoras, vasodiladoras a nivel periférico, antiagregante plaquetario, antihemorroidal, diurético y antioxidante.

En la medicina tradicional china, las semillas del ginkgo se han tomado para combatir las flemas en ataques asmáticos y bronquitis, como antialérgico, para tratar la incontinencia urinaria, la enuresis infantil, la inflamación de vejiga, la candidiasis vaginal, como tónico renal y para incrementar la libido o impulso sexual.

Por otra parte, las hojas se han destinado a aliviar trastornos de circulación, inflamaciones reumáticas y problemas de la piel.

La suplementación con Ginkgo biloba se utiliza para el tratamiento de:

El dolor y pesadez de piernas provocado por una deficiencia en el flujo circulatorio de las extremidades inferiores conocido como claudicación intermitente, que padecen muchas personas, sobre todo en la madurez y la vejez, pero que también se da en personas obesas, sedentarias o con trastornos de la circulación sanguínea.

Las sensaciones de vértigo, mareos ocasionales y episodios de migraña, vinculados con una disminución del riego sanguíneo a nivel cerebral. Trastornos venosos asociados a una circulación sanguínea deficiente, como las varices y las hemorroides.

Se ha indicado para la prevención de tromboembolias, arteriosclerosis y derrames cerebrales, por tener efectos vasodilatadores y antioxidantes, que actúan sobre el mecanismo vascular. Puede ayudar a potenciar la memoria y la capacidad de concentración.

Se ha prescrito también para el tratamiento de procesos depresivos no profundos en personas mayores. Estos procesos pueden estar asociados en muchos casos a una insuficiencia cerebral y a una reducción de los receptores de serotonina (un neurotransmisor) en las células nerviosas del cerebro, por ello se considera que el Ginkgo puede ayudar a combatir la depresión cuando existen alteraciones vinculadas al envejecimiento.

Otras de las aplicaciones de la Ginkgo biloba son para tratar la pérdida de audición, la enfermedad de Raynaud, las retinopatías en pacientes diabéticos, la esclerosis múltiple, la fibrosis pulmonar intersticial, la apoplejía, el vitíligo, la reducción de los efectos de la quimioterapia y el aumento de la libido o del deseo sexual.

La dosis diaria recomendada puede variar entre unos 100mg y 1500mg dependiendo del tratamiento o fin con el que se utilizara.

**Bibliografía:** [268–273]

### **GINSENG ROJO Y GUARANA**

Estudios recientes han demostrado que los extractos de panax ginseng y la guaraná (hierba de América del Sur), tanto solos como combinados, pueden mejorar la función cognitiva.

El ginseng rojo (también llamado ginseng coreano o ginseng chino), una planta procedente de la medicina tradicional china, a la raíz del ginseng (panax ginseng) se le atribuyen varias propiedades beneficiosas tales como: Aumentar el rendimiento físico y mental ya que estimula las funciones mentales y de la memoria cuando se requiere un sobreesfuerzo mental y físico, activa el sistema inmunológico ya que los ginsenósidos son muy eficientes en la proliferación de los linfocitos, y resulta muy útil en ancianos y pacientes con la capacidad inmunológica deprimida.

Dentro de este campo también se ha demostrado útil aumentando la capacidad de las defensas contra agentes tóxicos como el virus de la gripe y los catarros y potenciando los efectos de la vacuna antigripal.

La administración de cierta cantidad de panax ginseng reduce la presión arterial y el nivel de la frecuencia cardiaca, y evita la formación de trombos gracias a su actividad anti plaquetaria. También protege frente a la arteriosclerosis.

Incrementa los niveles de insulina, gracias a las propiedades hipoglucemiantes de los ginsenósidos, previene la formación de úlceras causadas por estrés, ya que el extracto del panax ginseng previene la actividad antigástrica y ulcerosa al reducir la producción de ácido clorhídrico en el aparato digestivo y además ayuda a combatir la disfunción eréctil y la eyaculación precoz. Diversos estudios avalan el uso de panax ginseng por vía oral para tratar con éxito la impotencia masculina.

La guaraná (Paullinia cupana) es una planta nativa de la cuenca amazónica y por sus propiedades son muy famosas en Brasil. Sus semillas tostadas (que tienen un olor similar al chocolate) tradicionalmente se utilizaban para una variedad de problemas incluyendo la fatiga, dolores de cabeza, y la impotencia.

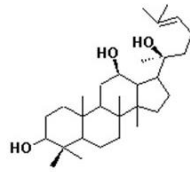
Aunque se han realizado pocos estudios para examinar los innumerables efectos de la guaraná en los humanos, los científicos han identificado muchos de los componentes químicos de esta planta, incluyendo la cafeína, alcaloides, teofilina, teobromina, varias saponinas y taninos, las dos últimas siendo potentes antioxidantes.

Un número de estudios en animales han demostrado que la hierba es segura y no es tóxica. También encontraron que la guaraná tiene una potente propiedad antioxidante. Por sus efectos la guaraná a menudo se utiliza para bajar de peso, mejorar el rendimiento deportivo, y como estimulante para reducir la fatiga mental y física. Frecuente se añade guaraná a productos energéticos y de pérdida de peso.

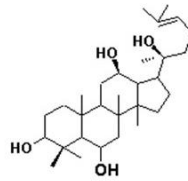
Aunque se comprobó que la guaraná no es tóxica y casi no presenta efectos secundarios, si se toma en grandes cantidades, hay que tomar precauciones.

Puede haber contraindicaciones en casos de embarazo, trastornos de la coagulación, diabetes, diarrea, enfermedades de corazón, alta presión arterial, glaucoma y osteoporosis, similares a las contraindicaciones del ginseng coreano.

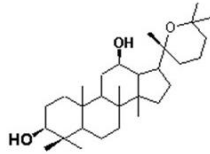
La dosis diaria recomendada puede variar entre los 100 a 600 mg de extracto seco de Ginseng o Guaraná en polvo.



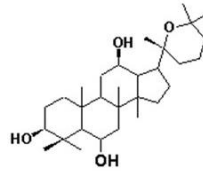
Protopanaxadiol



Protopanaxatriol



Panaxadiol



Panaxatriol

Esquema de la estructura química de los principales ginsenósidos.

**Bibliografía:** [203,245,274–281]

### **TONGKAT ALI**

El Tongkat ali (*Eurycoma longifolia* o ginseng malayo) es un árbol originario de los países del sudeste asiático, como Malasia, Tailandia e Indonesia. La raíz del árbol contiene compuestos llamados quasinoídes y alcaloídes y es la parte del árbol que se usa con fines medicinales.

El Tongkat ali se consume típicamente en suplementos dietéticos, infusiones o té, bebidas energéticas o café ya que presenta efecto sinérgico con la cafeína.

Cuando se lo toma diariamente, puede reducir los niveles de cortisol (hormona del estrés, catabólica) y aumentar los niveles de testosterona.

Se ha demostrado que una dosis diaria de 200mg pueden aumentar los niveles de testosterona, además puede ser útil para mejorar no solo la libido masculina, sino también la calidad y cantidad del esperma.

La dosis diaria recomendada es de alrededor de 200 a 1000mg dependiendo de cuál sea su propósito.

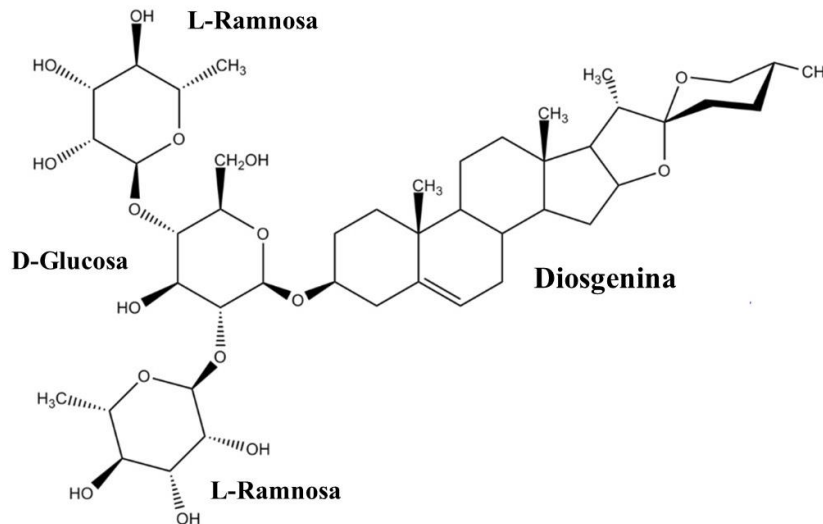
**Bibliografía:** [269,282–289]

### **TRIBULUS TERRESTRIS**

El Tribulus Terrestris es una planta de flores perteneciente a la familia Zygophyllaceae, nativa de regiones templadas y tropicales del sur de Europa, el sur de Asia, África y Australia, la cual presenta como principio activo saponinas esteroidales con una estructura molecular similar a la testosterona.



Es por este motivo que se le atribuya el nombre de anabólico natural. Pero la realidad es que, aunque consigue aumentar la libido, no presenta ningún efecto significativo en los niveles de testosterona, aunque la teoría indica que tres sustancias químicas de la planta podrían ayudar a fomentar el crecimiento de los músculos y activar la producción de testosterona. Estas tres sustancias fitoquímicas son: dioscina, protodioscina y diosgenina.



Esquema de la estructura química de la Diosgenina, una de las saponinas presentes en el Tribulus Terrestris.

Algunos de los beneficios de Tribulus Terrestris son: ayuda en el tratamiento de las infecciones del tracto urinario, mejora los impulsos sexuales en hombres y mujeres, actúa como un afrodisíaco, mejora los problemas de impotencia, ayuda en el tratamiento de los cálculos renales, presión arterial alta y algunas formas de cáncer.

Al parecer no presenta o se desconocen posibles efectos secundarios de Tribulus Terrestris. Aunque uno de los posibles efectos secundarios podría ser el aumento de los niveles de testosterona, el cual puede repercutir en el crecimiento del cabello y el tamaño de la próstata. Se necesita realizar más estudios sobre esta hierba para corroborar mejor sus funciones.

**Bibliografía:** [269,290]

### YOHIMBINA

La yohimbina se trata de un extracto del Pausinystalia johimbe, un árbol nativo de África central. Mediante la extracción de sus alcaloides, se produce un polvo que sirve como suplemento con fines estimulantes y afrodisiacos.

A nivel farmacológico, se encuentra dentro de la categoría de los inhibidores de la monoaminoxidasa, es decir, que actúa como antagonista de los receptores adrenérgicos, más concretamente bloqueando el receptor alfa-2-adrenérgico. Gracias al bloqueo del receptor alfa-2-adrenérgico se estimula la pérdida de grasa, la cual está íntimamente relacionada con un mejor aspecto y un mayor rendimiento sexual al aumentarse la resistencia.

Los efectos secundarios de Yohimbe, nombre con el que se comercializa la yohimbina, pueden ser controlados mediante una administración progresiva, de modo que se comience por la menor dosis posible y en función de la tolerancia, se vaya ajustando la cantidad hasta la dosis recomendada.

La yohimbina no sirve para aumentar la testosterona, ya que no provoca un impacto significativo sobre los niveles hormonales, es un buen complemento para mejorar la calidad de las erecciones, especialmente en personas que practican deporte o, en su defecto, en aquellos pacientes a los que se les administró Yohimbe en combinación con el aminoácido L-arginina.

Se ha comprobado que produce un aumento de los niveles de noradrenalina y cortisol, lo cual se traduce en una mayor concentración, un aumento de la frecuencia cardíaca y una liberación de glucosa de las reservas de energía.

Por otro lado, si bien es cierto que un exceso de noradrenalina contribuye a una excesiva contracción muscular que impediría la erección, la administración de suplementos de L-arginina de forma paralela, fomenta la liberación de óxido nítrico, que oxigena el tejido eréctil de los cuerpos cavernosos del pene. Este aumento del flujo sanguíneo, mostró ser además un tratamiento preventivo contra la disfunción eréctil.

La evidencia indica que una dosis diaria de 2 tomas de 2.5mg de Yohimbina HCl junto con 5g de L-Arginina es una muy buena combinación.

Hay que tener en cuenta que la yohimbina tiene un mayor efecto si se consume en ayunas, ya que permite despertar los depósitos de glucógeno, los cuales serían bloqueados ante una ingesta de alimentos que provocaría una respuesta insulínica.

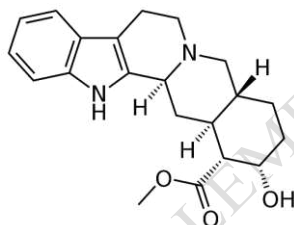
Para que pueda tener un efecto lipotrópico o mal dicho quemador de grasas sin producir efectos secundarios a nivel cardiovascular, tales como la elevación del ritmo cardíaco o de la presión sanguínea, está establecido en 0.2 mg por cada kilogramo de peso corporal. Esto quiere decir que una persona de 70 kg debería consumir aproximadamente 14 mg del suplemento.

El consumo excesivo de la Yohimbina, es decir, cuando se toman dosis superiores a las ya recomendadas, puede acarrear problemas a nivel cardiovascular, emocional y psicológico, desatando problemas tales como, la elevación de la presión arterial, cuyo riesgo puede aumentar aún más si se combina con drogas como la efedrina, por lo que habrá que abstenerse su consumo en caso de recibir medicación a partir de dicha sustancia, la elevación del ritmo cardíaco, que puede aumentar si combinamos con otros suplementos como la cafeína, la ansiedad que se ven con mayor frecuencia en personas que sufren de esta enfermedad y se suplementan con Yohimbina al mismo tiempo.

Se han registrado también episodios suicidas en personas bipolares y que han recibido mediación o suplementación a partir de la Yohimbina, por lo que su consumo queda estrictamente prohibido.

Por último, las personas en etapa de definición y que generalmente, tienden a consumir suplementos como el ECA, también pueden verse perjudicadas al combinarlo con la Yohimbina. Explícitamente, el tomar ambos productos de manera simultánea podría llegar a duplicar los efectos negativos en cada uno de ellos. Aunque lo más recomendable es no tomar ambos en el mismo período, en caso de ser necesario, podrían consumirse de manera alterna, dejando pasar entre seis y ocho horas antes de tomar el siguiente suplemento.

Nota: El ECA es un suplemento que principalmente se utiliza en etapas de definición y que está formado por tres compuestos diferentes, los cuales forman las siglas del producto. Estos tres compuestos son la Efedrina, la Cafeína y la Aspirina. Los tres compuestos tomados de forma conjunta presentan un efecto sinérgico que potencia las características de los ingredientes por separado.



Esquema de la estructura química del alcaloide yohimbina.

**Bibliografía:** [247,274,291–298]

### **EFEDRINA**

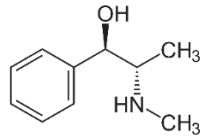
Es uno de los cuatro componentes activos de la *Ephedra distachya*, una planta comúnmente conocida como Ma Huang, usada en la medicina tradicional china. La efedrina es capaz de inducir la quema de grasas mediante el aumento de grasa disponible para usar como energía y mediante el aumento de la tasa metabólica. Se han llegado a observar aumentos de hasta el 5% en humanos.

La Efedrina tiene otras cualidades, tanto positivas como negativas. Como positivas se puede decir que aparentemente ayuda a retener masa muscular mediante la retención de nitrógeno. Como negativas puede elevar el ritmo cardíaco y la presión sanguínea, por lo que personas con esas condiciones deberán tener extrema precaución o no tomar el compuesto directamente.

Las dosis de efedrina que suelen utilizarse pueden ser de 20-24 mg tomadas tres veces al día. Eso significa que la dosis diaria es de 60-72 mg. Se ha observado que el

límite tolerable para la mayoría de las personas es 150mg al día cuando se toma la efedrina aisladamente. No se debe superar nunca esa dosis.

Nota: La Efedrina puede aumentar los niveles de dopamina en el cerebro, por lo que se recomienda precaución cuando se complementa con productos como la Yohimbina.



Esquema de la estructura química de la efedrina.

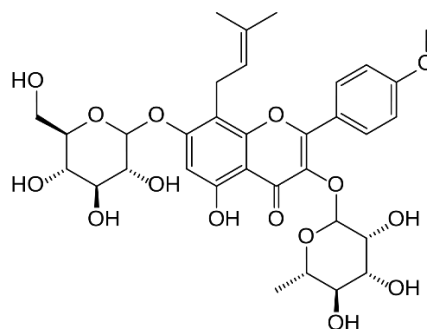
### **HORNY GOAT WEED**

La hierba de cabra en celo es una hierba pertenecientes al género *Epimedium*. Sus hojas se utilizan para realizar aplicaciones medicinales. En la medicina China, se conocen por lo menos 15 especies de hierba de cabra en celo con el nombre yinyang huo.

Se utiliza comúnmente para tratar los problemas de rendimiento sexual como la disfunción eréctil (DE) y el bajo apetito sexual. Su principal componente es la icariina un compuesto químico clasificado como un glicósido de flavonol prenilado , un tipo de flavonoide.

La icariina es un inhibidor débil de la fosfodiesterasa tipo 5, lo que incrementa la producción de óxido nítrico, por ello incrementar la concentración de GMPc provocando dilatación de los cuerpos cavernosos, mecanismo de acción similar al sildenafil, incrementa la expresión de la óxido nítrico sintasa endotelial.

La dosis diaria puede variar entre los 500 a 1500mg.



Esquema de la estructura química de la icariina.

**Bibliografía:** [238,247,293,294,299–304]

## Capítulo 5

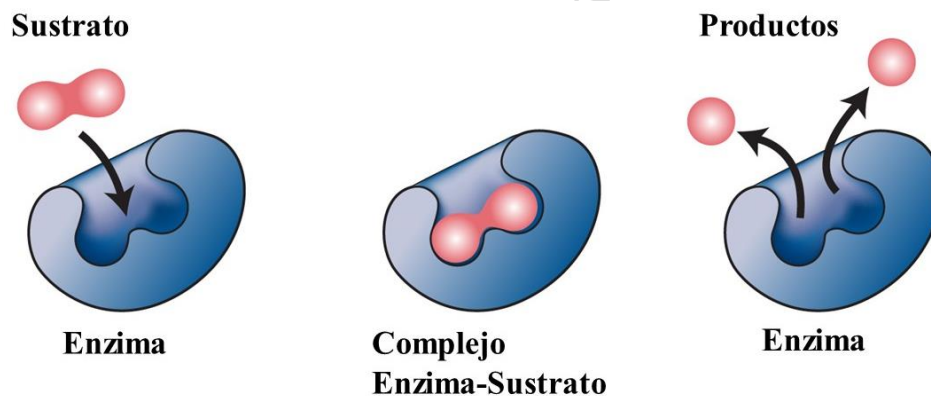
### ENZIMAS DIGESTIVAS

Son un conjunto de enzimas que se encargan de facilitar la descomposición de una sustancia (por ejemplo, la enzima lactasa con el disacárido lactosa) y mejorar su absorción. Existen enzimas propias del cuerpo humano (por ejemplo, la amilasa) y enzimas que se pueden obtener mediante la dieta (por ejemplo, la bromelina es una enzima con acción proteolítica para una mejor asimilación de los aminoácidos que las componen. La bromelina deshace las proteínas de igual manera que la pepsina, enzima que forma parte del jugo gástrico. Se encuentra en las piñas o ananá).

Se deben consumir preferentemente antes de las comidas principales.

Recomendado en individuos con problemas de digestión y/o absorción de nutrientes.

Las enzimas digestivas son catalizadores biológicos que ayudan a descomponer las proteínas, los carbohidratos y las grasas en una forma más simple, lo que les permite ser absorbidos por el cuerpo.



Esquema del mecanismo de acción de una enzima sobre un sustrato.

La digestión comienza en la boca, donde la amilasa salival comienza a descomponer los carbohidratos. Si se mastica lo suficiente un pedazo de pan integral, se puede notar un sabor ligeramente dulce. Este es el azúcar que se libera a medida que los carbohidratos complejos como el almidón se descomponen en azúcares más simples. A medida que la comida pasa por nuestro estómago, los jugos gástricos actúan sobre las proteínas.

Una vez que ingresan al intestino, la mayor parte de la descomposición ocurre cuando el páncreas y el intestino delgado liberan amilasa, proteasa y lipasa (estas son sus enzimas digestivas naturales) para hacer la descomposición final de los nutrientes.

## Amilasas

Las amilasas ayudan a descomponer los carbohidratos que se consumen, en los azúcares que nuestro cuerpo necesita para producir energía. La amilasa se produce naturalmente en el cuerpo. Los bajos niveles de amilasa se han relacionado con un mayor riesgo de síndrome metabólico. Esta es una colección de condiciones incluyendo la grasa del vientre, los bajos niveles de colesterol bueno y altos niveles de triglicéridos, que pueden conducir a la hipertensión arterial.

El síndrome metabólico puede aumentar el riesgo de ataque al corazón, derrames cerebrales y ciertos tipos de cánceres. Se puede ayudar a la acción de la enzima masticando bien los alimentos, debido a que la amilasa salival lanzado en la boca es el primer paso en la digestión de los hidratos de carbono.

La digestión de carbohidratos (polisacáridos o almidones) comienza en la boca con la amilasa salival. Luego actúa la amilasa pancreática que rompe enlaces alfa 1-4 entre disacáridos. La celulosa tiene enlaces beta 1-4, no es digerible en humanos y por lo tanto es fibra indigerible (la lactosa presenta el mismo tipo de enlace).

Las enzimas de la mucosa intestinal, las disacaridasas, tal como la sucrasa que rompen la sucrosa en fructuosa y glucosa, la maltasa rompe la maltosa en dos moléculas de glucosa y la lactasa rompe la lactosa en galactosa y glucosa. La deficiencia de lactasa es muy común y produce pesadez estomacal y diarrea osmótica. La isomaltasa rompe enlaces alfa 1-6 de dextrinas limitantes.

Una vez realizado el proceso de digestión, los monosacáridos ingresan al torrente sanguíneo y las moléculas de glucosa ingresan a las células vía co-transporte sodio-glucosa (SGLT) por difusión facilitada. La galactosa usa el mismo transportador de glucosa, pero tiene menos afinidad por él. La fructosa pasa por difusión simple. Puede haber malabsorción de glucosa-galactosa por mutación en los co-transportadores, en este caso, la alimentación se hace con fructosa.

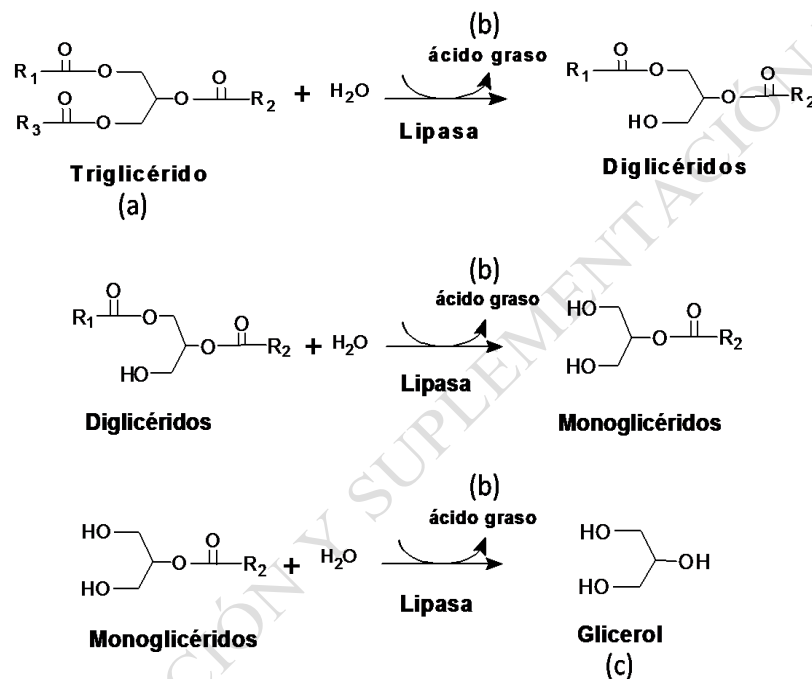
## Lipasas

Las lipasas son liberadas de manera natural por el páncreas y es necesaria para digerir las grasas. Cuando las grasas que consumimos llegan al intestino delgado, se mezclan con la bilis que libera nuestro hígado. Este líquido se mezcla con las grasas y los emulsiona, así como la adición de vinagre para emulsionar el aceite de oliva. Es necesaria esta emulsión para descomponer las grasas en moléculas lo suficientemente pequeñas como para nuestro intestino delgado para absorber. Demasiadas moléculas de grasa en la sangre pueden obstruir las arterias y se acumularse alrededor de los órganos, que nos pone en riesgo de presión arterial alta, derrame cerebral, ataque al corazón y algunos tipos de cáncer.

La digestión de las grasas comienza en la boca mediante la lipasa lingual y posteriormente con la enzima pancreática lipasa pancreática que se adhiere a las micelas con ayuda de las sales biliares para facilitar el paso de triglicéridos a monoglicéridos más

2 ácidos grasos. Por otro lado, la enzima fosfolipasa es la encargada de digerir los fosfolípidos.

La lipasa rompe los triglicéridos en monoglicéridos y ácidos grasos libres. Los ácidos grasos difunden a través de los enterocitos (células epiteliales del intestino encargadas de realizar la absorción de nutrientes) por difusión simple. Los ácidos grasos son reesterificados a triglicéridos dentro de los enterocitos. Se adhieren a los triglicéridos, colesterol y una cubierta proteica formando quilomicrones (partículas de gran diámetro (100-1200 nm), ricas en triglicéridos que se producen en el intestino y transportan los lípidos absorbidos, al resto de órganos y especialmente al músculo esquelético y al tejido adiposo.



Esquema representativo de la reacción de la lipasa frente a los triglicéridos.

Imagen tomada de <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art94/>

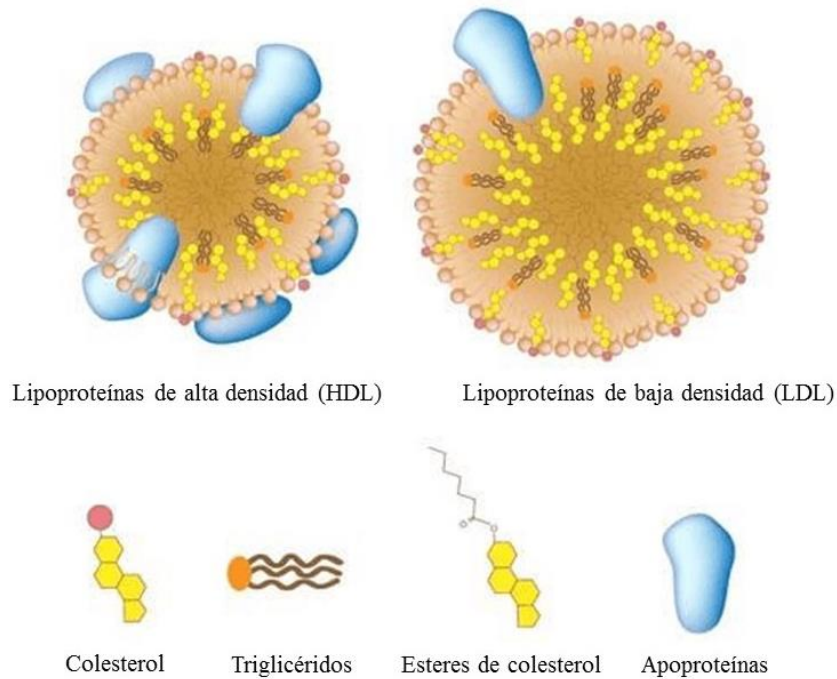
Los quilomicrones entran a la circulación a través de vasos linfáticos de las vellosidades intestinales y de allí al conducto linfático y circulación general. Los ácidos grasos de cadena corta son absorbidos por los enterocitos y de allí pasan directamente a la circulación portal.

**Nota:** Los lípidos al ser insolubles en agua, necesitan transportadores químicos para trasladarse por nuestro cuerpo. Las HDL y LDL son dos tipos de lipoproteínas, una combinación de grasas (lípidos) y proteínas. Los lípidos necesitan unirse a las proteínas para poder moverse en la sangre. El HDL y el LDL tienen funciones diferentes, HDL significa lipoproteínas de alta densidad en inglés.

A veces se le llama colesterol "bueno" porque transporta el colesterol de otras partes de su cuerpo a su hígado. Su hígado luego elimina el colesterol de su cuerpo, en cambio LDL significa lipoproteínas de baja densidad en inglés. En ocasiones se le llama



colesterol "malo" porque un nivel alto de LDL lleva a una acumulación de colesterol en las arterias. La diferencia entre las mismas radica en su tamaño y en la cantidad de proteínas (apoproteínas que presenta en su superficie) ya que las LDL son lipoproteínas con un tamaño de alrededor de 20nm, mientras que las HDL presentan un tamaño de aproximadamente 10nm, y a su vez presenta mayor cantidad de apoproteínas, lo cual hace que no se adhieran a la pared de las arterias.



Esquema de la estructura de las lipoproteínas de alta y baja densidad.

### Proteasas

Las proteasas son necesarias para descomponer las proteínas. El primer paso en este proceso se lleva a cabo en el estómago, donde la pepsina rompe las proteínas que se han consumido. Una vez digeridas, pasan al intestino delgado donde son subdivididas por las enzimas secretadas por el páncreas y el intestino delgado.

La digestión de proteínas comienza en el estómago con la pepsina, la forma inactiva pepsinógeno se transforma en pepsina por acción del ácido gástrico (ácido clorhídrico - HCl). La pepsina es una endopeptidasa que rompe enlaces entre tirosina y fenilalanina.

Posteriormente la digestión continua con las enzimas del páncreas tripsina, quimiotripsina y elastasa las cuales son endopeptidasas.

La tripsina, es una serina proteasa que usa serina como sitio activo para clivar proteínas. La forma inactiva tripsinógeno se convierte en tripsina por acción de una

enzima secretada por el borde en cepillo de la mucosa intestinal, la enteropeptidasa o enterokinasa. La tripsina corta aminoácidos que están adyacentes a lisina y arginina.

El quimiotripsinógeno es activado a quimiotripsina por la tripsina. Cliva cadenas no polares y aromáticas, no es tan específica como la tripsina, cliva en cualquiera de los siguientes residuos triptofano, fenilalanina, tirosina, metionina, leucina.

La elastasa, la proelastasa es activada a elastasa por la tripsina. Cliva residuos adyacentes a alanina, glicina y serina.

Por otra parte, las carboxipeptidasas A y B son exopeptidasas que clivan el terminal carboxilo. Ambas son activadas por tripsina, son metaloproteasas pues requieren zinc para la catálisis a diferencia de las endopeptidasas que son serinoproteasas. Las carboxipeptidasas A clivan residuos básicos, de lisina o arginina.

Cada vez que la tripsina corta una proteína, se queda un pedazo de proteína que tiene o lisina o arginina en el terminal carboxilo. Las carboxipeptidasas puede remover ese pedazo, esto en efecto da aminoácidos libres de lisina o arginina que pueden ser absorbidos.

Finalmente, las enzimas de la mucosa intestinal, las aminopeptidasas cortan el terminal amino de los péptidos que quedan, para su correcto funcionamiento requieren zinc y manganeso.

Una vez realizado el proceso digestivo de las proteínas, el 70% de los aminoácidos son captados por las células como di o tripéptidos. Ellas pueden degradar los péptidos a aminoácidos por la acción de peptidasas intracelulares. El 30% son aminoácidos libres, e ingresan a las células vía co-transporte con sodio. Hay múltiples transportadores para las diferentes clases de aminoácidos (neutrales, básicos, ácidos).

**Bibliografía:** [12,305–309]

## PROBIÓTICOS

Los probióticos son un conjunto de microorganismos vivos que presentan una serie de beneficios para nuestra microbiota intestinal, como por ejemplo una mejora del sistema inmune. Antes de pasar a los objetivos y beneficios del uso de los probióticos, es importante repasar el concepto de microbiota (intestinal).

La microbiota intestinal es toda aquella población de microorganismos que viven en nuestro intestino repercutiendo a nuestra salud [tanto positivamente (Ejemplo: bacterias BAL) como negativamente (Ejemplo: Helycobacter Pylori). Al estar muy ligada con otros sistemas como el inmune o el hormonal, los beneficios de los probióticos serán muy diversos.

Mejoran la respuesta inmune. Mejora la absorción de los nutrientes. Mejora problemas gastrointestinales como la diarrea o el estreñimiento. Reduce efectos negativos

de los tratamientos con antibióticos. Reduce la intolerancia a la lactosa. Aumenta la velocidad de digestión de los alimentos.

Los probióticos son microorganismos vivos principalmente bacterias que, administrados en la cantidad adecuada, tienen efectos beneficiosos para la salud. Una de las bacterias más utilizadas para las formulaciones de los probióticos es la *Lactobacillus Rhamnosus* o también llamada *Lactobacillus rGG*.

Aunque a menudo se asocia el término microorganismo con enfermedad, lo cierto es que en el cuerpo humano habitan unas 2.000 especies de bacterias diferentes, de las cuales solamente 100 pueden llegar a ser perjudiciales. El resto constituye la flora microbiana normal. Más del 95% de esta flora vive en el tracto digestivo, principalmente en el colon, donde desempeña importantes funciones sobre la digestión, la producción de algunas vitaminas y la protección contra otros microorganismos que pueden ser perjudiciales.

Podemos encontrar probióticos en alimentos como el yogur o el kéfir, o en forma de complementos alimenticios. Los probióticos más comúnmente utilizados pertenecen a los grupos de los lactobacilos y las bifidobacterias, y cada uno de estos grupos incluye diferentes tipos de bacterias con funciones distintas; por lo tanto, no todos los probióticos ejercen los mismos efectos.

A veces puede haber confusión entre los términos probiótico y prebiótico, pero no son sinónimos. A diferencia de los probióticos, los prebióticos no son seres vivos, son hidratos de carbono complejos que nuestro cuerpo no es capaz de digerir, como por ejemplo la fibra. Estos hidratos de carbono son utilizados como alimento por los microorganismos de la flora intestinal, favoreciendo el crecimiento de aquellos que son beneficiosos.

Los prebióticos se encuentran de forma natural en muchas frutas y verduras, y entre los más utilizados en los suplementos dietéticos se encuentran los fructooligosacáridos y la inulina. Además, existen productos que combinan probióticos y prebióticos en su composición; estos productos también reciben el nombre de simbióticos.

Los diferentes tipos de probióticos ejercen distintos efectos sobre la salud. Muchos de los efectos de los probióticos tienen lugar a través de distintas acciones de estos sobre la flora intestinal, contribuyen a mantener una flora microbiana adecuada, actúan frente a los microorganismos dañinos a través de distintas acciones, como la preservación de las barreras naturales del tracto digestivo, la producción de sustancias que impiden el crecimiento de los microorganismos nocivos, la reducción del pH del intestino, o la competición por los nutrientes con estos microorganismos y promueven la regeneración de la flora intestinal tras su alteración (por ejemplo, tras la toma de antibióticos).

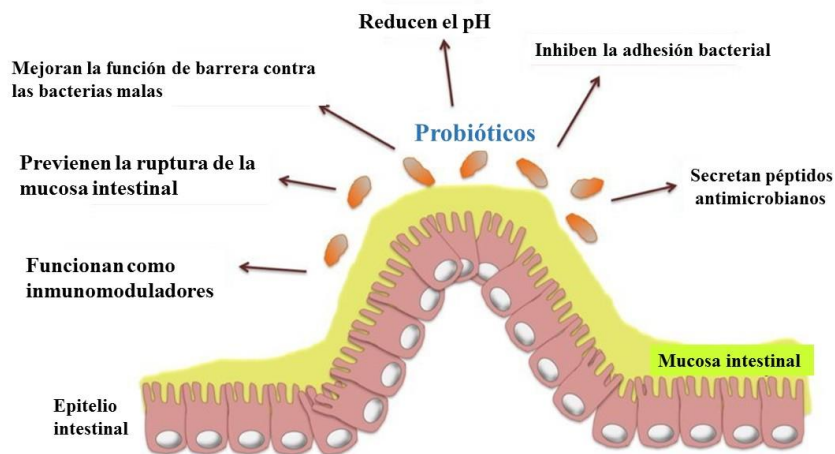
Varios estudios han demostrado la utilidad de los probióticos para prevenir la diarrea (ya sea asociada a infección o a tratamiento antibiótico), y para reducir la duración y la severidad de los procesos diarreicos, en especial si se administran junto con una solución de rehidratación oral.

Otros usos de los probióticos incluyen la prevención y el tratamiento del síndrome de colon irritable, colitis ulcerosa y enfermedad de Crohn, de las infecciones

por *Helicobacter pylori* (bacteria causante de úlceras en el estómago), e infecciones vaginales. También es habitual el uso de probióticos para prevenir y tratar el estreñimiento, para tratar los cólicos del lactante o para prevenir resfriados.

En resumen, los probióticos tienen multitud de efectos beneficiosos para la salud, tanto en el tratamiento como en la prevención de distintas enfermedades. Además, generalmente no tienen efectos adversos en personas sanas y, cuando se ha presentado alguno, no ha sido de gravedad.

**Bibliografía:** [310–316]



Esquema del mecanismo de acción de los probióticos.

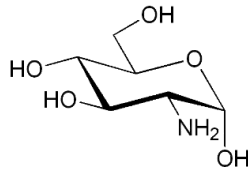
## **OTROS SUPLEMENTOS DIETARIOS**

### **GLUCOSAMINA**

La glucosamina es una de las sustancias del organismo que se emplea para construir los cartílagos. La artrosis, que es el tipo de artritis más frecuente, desgasta el cartílago resbaladizo que cubre los extremos de los huesos y que permite que las articulaciones se muevan suavemente.

Se cree que la administración de suplementos de glucosamina disminuye la destrucción y aumenta la síntesis de cartílago y reduce la inflamación. La glucosamina viene en diversas formas comerciales, siendo las más comunes el sulfato de glucosamina y el hidrocloreuro de glucosamina. Aunque ambas tengan la misma eficacia, la mayoría de los estudios que se han realizado emplearon la sal de sulfato.

La dosis diaria recomendada es de 1,5g.



Esquema de la estructura química de la glucosamina.

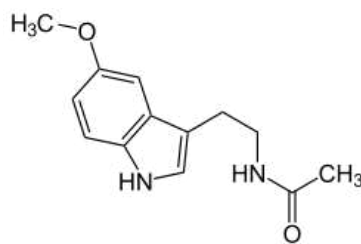
**Bibliografía:** [317–320]

### **MELATONINA**

La melatonina (N-Acetil-5-Metoxitriptamina) es una hormona producida en el cerebro por la glándula pineal a partir del aminoácido triptófano. La síntesis y liberación de la melatonina son estimuladas por la oscuridad y suprimidas por la luz, lo cual sugiere que la melatonina está involucrada en el ritmo circadiano y en la regulación de diversas funciones fisiológicas. Los niveles de melatonina se encuentran más altos justo antes de la hora de dormir.

Los suplementos de melatonina se han usado para una variedad de condiciones médicas, más notablemente para desórdenes del sueño. Los únicos trastornos para los que la melatonina está científicamente probada son, en primer lugar, para el tratamiento de niños que tengan problemas para dormir y que sufran autismo. También se usa para personas ciegas que tengan trastornos del sueño.

No hay una dosis predeterminada ya que cada individuo reacciona y tolera una ingesta diferente. Las dosis recomendadas rondan alrededor de los 1-5mg, pero puede que sea mayor en algunos casos. Lo mejor es ir probando a dosis bajas e ir aumentando hasta notar el efecto deseado. Se recomienda su consumo 30 a 60 minutos antes de dormir.



Esquema de la estructura química de la melatonina.

**Bibliografía:** [321–325]

---

## Capítulo 6

---

### **DEHIDROEPIANDROSTERONA O DHEA**

La utilización de la DHEA como suplemento dietético (forma parte de los suplementos pre o pro hormonales) es muy popular entre la gente que busca desarrollo muscular y mejora en las funciones que se deterioran con el envejecimiento. Es muy conocida en el campo de la herboristería y medicina “natural” en donde sus indicaciones y dosificación se realizan de forma empírica.

La fuente natural de la DHEA es una planta de la familia de la Dioscóreas, la Dioscorea villosa, que en sus raíces y rizomas contiene diosgenina, precursor natural de un gran número de esteroides. Como comentamos anteriormente, la diosgenina está presente también en el tribulus terrestris.

No obstante, la ingestión del precursor (diosgenina), no se sabe que en el organismo produzca DHEA. Son necesarios varios pasos metabólicos para obtener la hormona a partir de la diosgenina a pesar de lo cual, los extractos de la planta, se utilizan con los mismos fines que el producto purificado.

Hoy en día se consiguen suplementos de DHEA pura, de calidad farmacéutica.

Se publicita para aumentar el vigor sexual, mejorar la percepción de estado de salud, aumento de la masa muscular, regulación de los niveles de lípidos y control de la diabetes tipo 2.

El DHEA se utiliza para retardar o revertir el envejecimiento, para mejorar la habilidad para pensar en las personas mayores y para retardar el progreso de la enfermedad de Alzheimer. Los atletas y otras personas usan el DHEA para aumentar la masa muscular, la fuerza y la energía.

El DHEA es utilizado por los hombres para la disfunción eréctil (DE), y es utilizado también, por mujeres sanas y mujeres que tienen bajos niveles de algunas hormonas, para mejorar el bienestar y la sexualidad.

Algunas personas usan el DHEA para el tratamiento del lupus sistémico eritematoso (LSE), de los huesos débiles (osteoporosis), de la esclerosis múltiple (EM), de los niveles bajos de las hormonas esteroidales (enfermedad de Addison), de la depresión, de la esquizofrenia, del síndrome de fatiga crónica (SFC) y para retardar la progresión de la enfermedad de Parkinson.

Se utiliza también para la prevención de las enfermedades del corazón, para el cáncer de mamas, la diabetes y el síndrome metabólico. El DHEA se usa para la pérdida de peso, para disminuir los síntomas de la menopausia y para estimular el sistema inmunológico.

Las personas con VIH a veces usan el DHEA para aliviar la fatiga y la depresión. Las mujeres que han pasado la menopausia a veces usan DHEA en el interior de la vagina para reforzar las paredes de la vagina. También lo toman para aumentar la densidad mineral ósea.

Algunos de los beneficios comprobados del consumo de DHEA como suplemento dietario son por ejemplo el aumento del grosor e hidratación de la capa superficial de la piel en los ancianos. La investigación preliminar muestra que la aplicación de DHEA en la piel durante cuatro meses mejora su apariencia.

La mayoría de la investigación muestra que la ingesta de 30-500 mg de DHEA por vía oral mejora los síntomas de la depresión. Es inconsistente la evidencia sobre la efectividad del uso de DHEA para el tratamiento de la debilidad muscular. La ingesta diaria de DHEA por vía oral parece mejorar la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres y hombres con osteoporosis u osteopenia (preosteoporosis).

La DHEA podría también mejorar la DMO en mujeres jóvenes con el trastorno alimenticio llamado anorexia nerviosa. Algunas investigaciones realizadas sugieren que la ingesta de 25mg de DHEA por día durante 1 año podría mejorar el estado de ánimo, la fatiga y el dolor articular en hombres mayores con deficiencia hormonal. Los adultos que ingieren DHEA han mejorado las mediciones del fortalecimiento muscular.

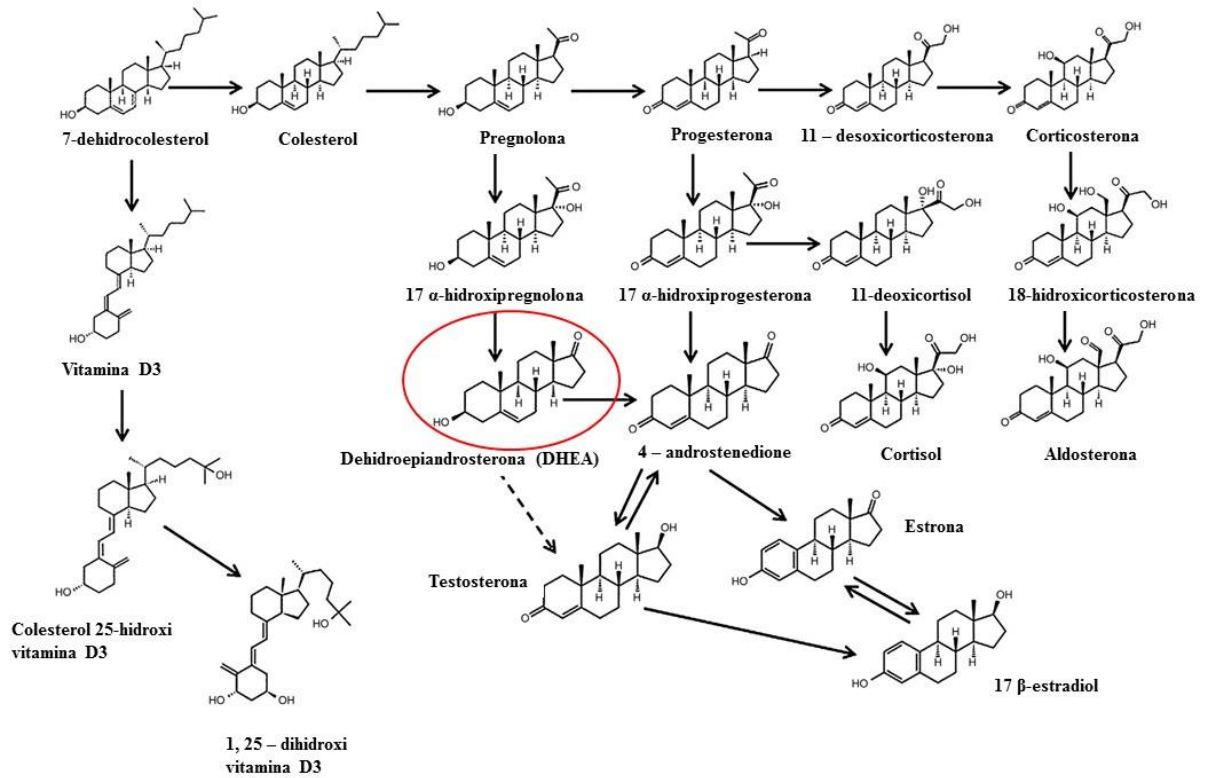
Algunas investigaciones preliminares sugieren que la DHEA parece ayudar a perder peso a las personas con exceso de peso propensas a contraer el síndrome metabólico. Se desconoce si la DHEA ayuda a perder peso a las personas jóvenes. Además de esto, se ha comprobado que en el metabolismo de los hidratos de carbono parece claro que la administración de DHEA produce una mayor sensibilidad a la insulina.

Este es otro de los suplementos que requieren más investigaciones al respecto, para corroborar sus funciones.

Las dosis diarias que han sido estudiadas en investigaciones científicas por vía oral son:

En mujeres post menopáusicas y en los hombres de edad, comúnmente se utilizan dosis de 25-50mg al día. Para el reemplazo hormonal cuando las glándulas adrenales no están funcionando bien (deficiencia de andrógeno) se consumen entre 25-50mg al día como una sola dosis. Para mejorar la densidad mineral ósea en las personas con huesos débiles (osteoporosis) se utilizan dosis de entre 50-100mg por día. Para la disfunción eréctil se utilizan dosis de 50 mg por día.





Esquema de la biosíntesis de DHEA a partir de colesterol.  
Imagen tomada y editada de [326]

**Bibliografía:** [290,327–335]

---

## Capítulo 7

---

### ÁCIDO FOSFATÍDICO

El ácido fosfatídico (PA) es un lípido a partir del cual se forman los fosfoglicéridos, que son unos fosfolípidos que forman parte esencial de la membrana celular. Estudios previos han observado que el PA activa la vía de señalización de la proteína mTOR (diana de rapamicina en células de mamífero), lo que podría potenciar los efectos anabólicos del ejercicio de fuerza.

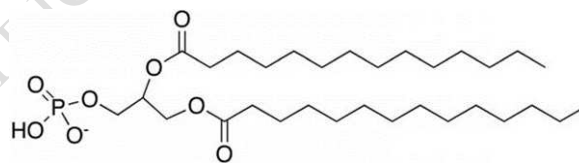
Hace unos años se publicaron resultados que sugieren que la suplementación con 750mg al día de PA asociado al entrenamiento de fuerza mejora la fuerza e incrementa la masa muscular.

El PA es un mensajero lipídico que aumenta la síntesis de proteínas musculares mediante la estimulación de la vía mTOR.

Actualmente se están comercializando productos que contienen PA como ingrediente principal, pero además se lo combina con otras sustancias naturales capaces de incrementar la activación de la vía de la mTOR, por ejemplo, HMB ( $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato), L-leucina o vitamina D3.

Los resultados de distintas investigaciones realizadas apuntan a considerar esta ayuda ergogénica como eficaz, ya que la adición como suplemento en la dieta provoca mejoras en la fuerza, resistencia y potencia e induce un incremento de la masa muscular.

La dosis diaria recomendada puede variar desde 500 a 1500mg, aunque una dosis diaria de 750mg según diversos estudios es suficiente para obtener sus beneficios.



Esquema de la estructura química del ácido fosfatídico.

**Bibliografía:** [35,78,336–343]

### **ACIDOS GRASOS OMEGA 3**

Los ácidos grasos omega 3 ( $\omega$ -3) son ácidos grasos esenciales (nuestro organismo no puede sintetizarlos) de tipo poliinsaturados. Se pueden obtener a través de la dieta, pero hoy en día el consumo de alimentos ricos en  $\omega$ -3 es muy bajo, y el consumo de alimentos ricos en  $\omega$ -6 (omega 6) muy alto, por lo que crea un desequilibrio dañino para la salud.

Debido a su gran efecto antioxidante, es además una de las mayores armas antienvjecimiento. Se sabe que la oxidación de las células provoca que mueran prematuramente.

Pero, además, el ácido graso omega 3 tiene la capacidad de combatir cualquier proceso inflamatorio que se produce en el cuerpo y que se da en enfermedades autoinmunes, reumatológicas e infecciosas.

Un correcto equilibrio entre el  $\omega$ -3 y el  $\omega$ -6 aporta beneficios tales como una reducción del colesterol y los TG (triacilglicéridos) en sangre, menor riesgo de las ECV (enfermedades cardiovasculares) y destaca por su gran papel como antiinflamatorio.

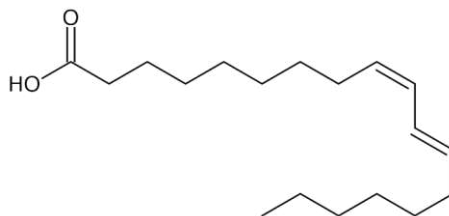
La dosis diaria varía entre 2 y 4 gramos en total de EPA y DHA son la cantidad óptima recomendada. La cantidad mínima se encuentra (aproximadamente) en 1g de EPA y 600mg de DHA.

Se recomienda consumirlo con comidas altas en grasas, repartido en 3 tomas para distribuirlos a lo largo del día.

**Bibliografía:** [344–353]

### **ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO O CLA**

El CLA o ácido linoleico conjugado se ha usado mucho en etapas de definición como quemador de grasa ( $\beta$ -oxidación de ácidos grasos). Se ha demostrado que la suplementación con CLA disminuye la grasa corporal y aumenta la masa muscular.



Esquema de la estructura química del ácido linoleico conjugado o CLA.

El CLA inhibe la actividad de la enzima lipoproteína lipasa (LPL). Esta enzima transporta las grasas desde el torrente sanguíneo hasta las células adiposas. Como resultado de la actividad reducida de la enzima, el transporte de grasa a las células adiposas es bloqueado.

De forma simultánea, el CLA también estimula la eliminación de la grasa corporal acumulada (lipólisis). El CLA también aumenta la desintegración celular (apoptosis), resultando en una reducción del número de células adiposas existentes.

El CLA aumenta la actividad de la enzima carnitina palmitoiltransferasa (CPT). La CPT está presente en los músculos esqueléticos y es responsable del transporte de los ácidos grasos a la mitocondria.

El consumo de CLA ha demostrado una reducción significativa de los valores de LDL y colesterol total.

Algunas investigaciones indican que se obtiene un efecto sinérgico al combinar el CLA con algunos termogénicos (de los cuales hablaremos en el próximo capítulo) como la pimienta cayena, té verde, guaraná o cafeína con el fin de lograr los máximos resultados a corto plazo.

El consumo del CLA no tiene efectos secundarios. Por lo tanto, el CLA es un suplemento nutricional que puede consumirse durante periodos largos de tiempo.

La ingesta diaria recomendada para este suplemento varía en el rango de 3 a 7g y se recomienda tomarlo con las comidas.

**Bibliografía:** [354–361]

### **ÁCIDO ALFA LIPOICO O ALA**

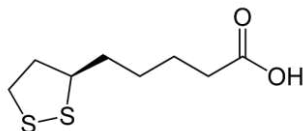
Es un antioxidante que podemos encontrar en nuestras células. Sus beneficios principales son su gran papel como antioxidante y antiinflamatorio, y como secundarios nos encontramos con su control de la glucosa y la sensibilidad a la insulina ya que actúa en la conversión de glucosa en energía dentro de las mitocondrias.

Puede ser un suplemento interesante en aquellas personas que realicen muchas cargas (y grandes) de carbohidratos o que padezcan de diabetes tipo 2 en donde el cuerpo de la persona no produce suficiente insulina o es resistente a la insulina.

Antioxidante, antiinflamatorio, antiaging y regulador de la glucosa y la insulina.

Si se quiere usar como antioxidante, las dosis pueden rondar los 100mg diarios. En cambio, para el control de la glucosa las dosis pueden superar los 500mg, divididas en varias tomas. La dosis recomendada varía entre 300 a 600mg.

No es necesario tomarlo junto con las comidas. Se puede tomar en un estado de ayuno sin problemas.



Esquema de la estructura química del ácido alfa lipoico.

**Bibliografía:** [362–368]

TÓPICOS EN NUTRICIÓN Y SUPLEMENTACIÓN DEPORTIVA

---

## Capítulo 8

---

### **L-CARNITINA Y ACETIL L-CARNITINA**

La L-carnitina se sintetiza en el hígado, riñones y cerebro a partir de lisina y metionina y es el transportador de los ácidos grasos hacia el interior de las mitocondrias de las células.

Siempre se ha creído que la L-carnitina era útil para aumentar el transporte de grasas, pero la realidad es que existe un cierto umbral de transportadores y una vez alcanzado este, por mucho que tomes más L-carnitina no conseguirás aumentar la quema de grasas.

Una persona sana presenta la concentración de transportadores necesarios y suficientes para movilizar la máxima capacidad de grasa sin el uso de suplementación.

La L-Carnitina es una molécula de muy pequeño tamaño, soluble en agua, que se encuentra natural y altamente concentrada en los músculos. Alrededor del 98% de las reservas de L-carnitina se encuentran en ellos, junto con trazas en el hígado y la sangre.

Es allí donde la L-Carnitina juega un papel fundamental en el metabolismo de los ácidos grasos, así como en el desempeño de la contractilidad muscular.

El organismo la produce naturalmente, aunque también se integra en el organismo por la ingesta proteica animal y en forma de suplementos dietarios. Llega a nuestros tejidos a través de la circulación sanguínea. Para su síntesis, precisa de un soporte de aminoácidos esenciales, principalmente lisina y metionina con la ayuda del hierro y de las vitaminas C, B3 y B6.

La L-Carnitina facilita que los ácidos grasos libres sean transportados al interior de las mitocondrias de las células para ser transformados en energía. Sin la actividad de la L-Carnitina, los cuerpos grasos tendrían tendencia a acumularse en el tejido muscular, tejido adiposo y en las arterias.

Las mitocondrias actúan como motores dentro de las células, quemando (la palabra correcta es “oxidando”) las grasas para crear energía utilizable.

En primera instancia, la L-Carnitina se sintetiza principalmente en el hígado, y de ahí se transporta por el torrente sanguíneo a los músculos.

La L-Carnitina participa en la producción y liberación de energía, se almacena en nuestro organismo y se libera rápidamente como aporte de energía. Gracias a esto, puede optimizar el rendimiento deportivo y las capacidades aeróbicas y anaeróbicas.

La L-Carnitina en nuestro cuerpo utiliza en mayor medida las grasas (ácidos grasos) como fuente de energía frente a los azúcares. Esta actividad influye sobre la masa grasa, aminora la fatiga muscular y el tiempo de recuperación tras el ejercicio, de ahí que sea común su uso entre deportistas.

La producción de L-Carnitina en el organismo se reduce con el paso de los años, por lo que es habitual la debilidad muscular y ósea en edades avanzadas.

Esto suele ir acompañado de agotamiento, poca fuerza de agarre o pérdida de peso involuntaria derivado de la disfunción mitocondrial provocada por la deficiencia de L-Carnitina.

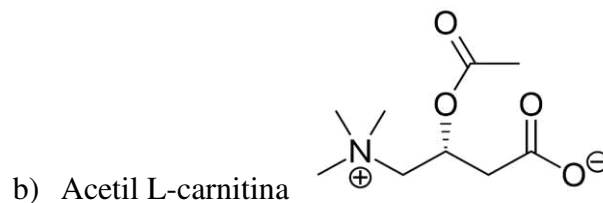
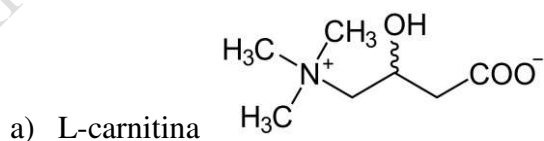
La ingesta dietética de L-carnitina podría limitar el desequilibrio entre el anabolismo de las proteínas (síntesis) y el catabolismo (degradación) que conduce al desgaste del músculo esquelético.

La dosis diaria recomendada de L-carnitina puede variar entre 500mg a 1500mg.

La acetil-L-carnitina es un éster de la L-carnitina que atraviesa la barrera hematoencefálica e interviene en la producción de energía celular, entre otros procesos. Su administración mejora el funcionamiento cognitivo de los pacientes con deterioro cognitivo leve y enfermedad de Alzheimer leve.

Los resultados obtenidos en diferentes estudios permiten sugerir que el tratamiento con acetil-L-carnitina (ALCAR) mejora el déficit cognitivo y retrasa la progresión clínica en presencia de enfermedad de Alzheimer (EA). La acetil L-carnitina es un éster de la L-carnitina que atraviesa la barrera hematoencefálica e interviene en la producción de energía celular y en la eliminación de ácidos grasos tóxicos provenientes de la mitocondria en condiciones en las cuales no es posible un catabolismo oxidativo completo. Además, la acetil L-carnitina es un agonista colinérgico parcial directo y puede convertirse en acetilcolina.

Según lo informado, la acetil L-carnitina tiene un efecto neuroprotector en modelos de neurodegeneración asociada con el envejecimiento, aumenta los niveles del factor de crecimiento nervioso y mejora el funcionamiento cognitivo. En consecuencia, es posible que tenga un efecto beneficioso en presencia de deterioro cognitivo leve (DCL) o EA, aunque la información disponible al respecto es heterogénea.



Esquema de la estructura química de la L-carnitina a) y Acetil L-carnitina b).

La acetil L-carnitina es una sustancia que puedes encontrar en infinidad de productos y suplementos para la alimentación y para mejorar el rendimiento deportivo. Es una de las formas de L-carnitina y sus propiedades son muy parecidas. Aunque como ya hemos dicho, se diferencian en algunos aspectos.



Debido a estas diferencias vamos a describir para acetil L-carnitina propiedades beneficiosas que puedes encontrar para la salud: Refuerza la memoria, combate la demencia senil, estabiliza el sistema nervioso, aumenta la resistencia, elimina la fatiga, acelera la absorción de glucosa en las células, mejora las fibras relacionadas con el sistema cardiovascular.

Esta es una sustancia que funciona en la mitocondria celular. Así que L-carnitina aporta propiedades muy parecidas pero, además, tiene la cualidad de traspasar la barrera nerviosa y funcionar a diferentes niveles. La capacidad de penetrar el sistema sanguíneo del cerebro la hace mucho mejor y le da una propiedad extra. Así que le da un plus para ser utilizada en personas que necesitan mejorar sus procesos cognitivos.

Puede incrementar la concentración, despejar los pensamientos y dar un toque de claridad mayor en ciertos individuos.

También, la acetil L-carnitina sirve para acelerar el metabolismo de las células y conseguir que los ácidos grasos sean absorbidos con mayor aprovechamiento. Y esto puede realizarlo mejor debido a que su grupo acetil puede ser utilizado en el ciclo de Krebs, justo cuando se produce la energía. Su funcionamiento está muy relacionado con el ácido tioctico o alfa lipoico que, a su vez, también interviene en la transformación de la glucosa en energía. Utilizadas estas dos sustancias en conjunto mejoran la presión arterial.

Respecto a la eliminación de la fatiga, debido a que entra en acción en la metabolización de los ácidos grasos puede proporcionar un aporte extra en el rendimiento muscular, para fitness, culturismo, así como también como suplemento dietético debido a que impide, en cierta medida, la creación de tejido adiposo con un mejor aprovechamiento de la comida. La base de su funcionamiento es cuando se oxidan los ácidos grasos en la mitocondria celular.

Asimismo, la L-carnitina para bajar de peso en su forma acetilada también es utilizada porque funciona como un termogénico para mujeres y hombres. Sustancia que provoca un mayor consumo de calorías del cuerpo humano en las mismas condiciones que sin tomarla.

La acetil L-carnitina presenta mayor biodisponibilidad y que también tiene poder anabólico ya que eleva los niveles de testosterona. No solo eleva los niveles de testosterona, sino que ayuda al aumento la masa muscular, disminuye los niveles de colesterol y mejora el coeficiente entre el colesterol bueno y el colesterol malo.

La dosis diaria recomendada para la acetil L-carnitina varía entre 1.5 y 3g.

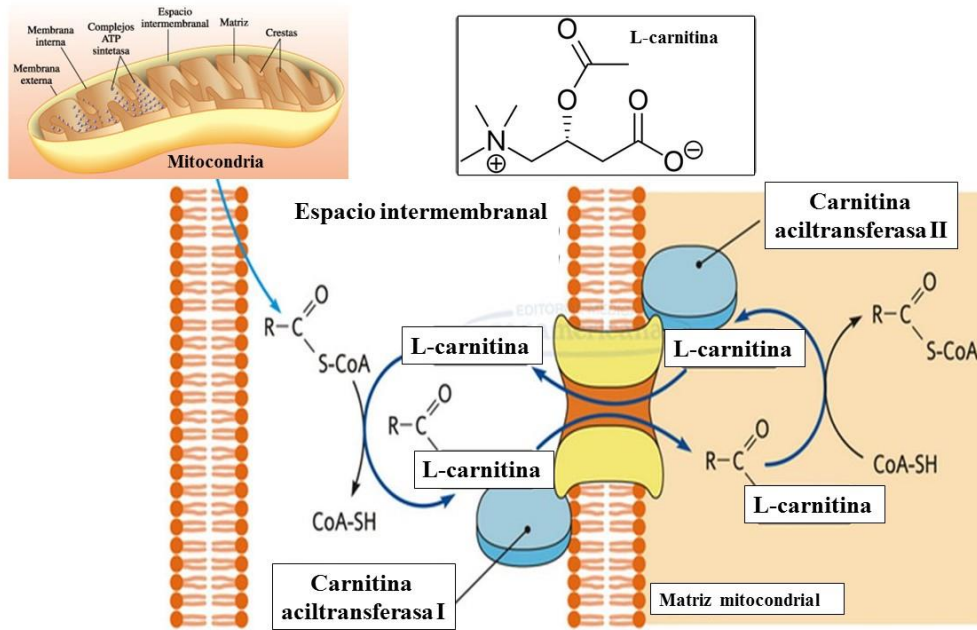
#### Diferencias entre L-carnitina y acetil L-carnitina

Prácticamente, y al nivel de uso que puedes apreciar es la misma sustancia, pero diseñada y presentada en otra forma molecular, es decir, incluye un grupo metilo. Así que su funcionamiento en el organismo difiere en algunos aspectos.

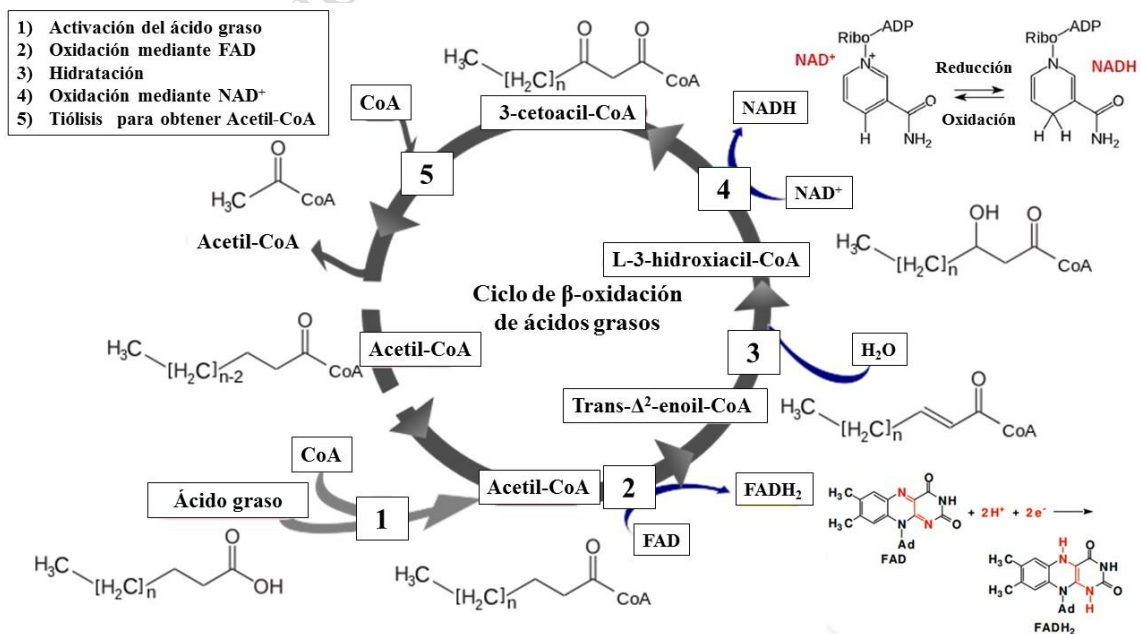
Las personas que buscan perder peso y mejorar su índice de grasa corporal, marcar abdominales, perder esa capa externa de tejido adiposo, así como las que buscan desarrollar más su masa muscular deben utilizar L- carnitina.

La otra forma está pensada y diseñada para mejorar la función cerebral y neuronal. Aunque la acetil l-carnitina tiende a incrementar los niveles de testosterona y por ende aumentar la masa muscular, quizás un suplemento combinando ambas formas podría ser la mejor opción.

**Bibliografía:** [369–378]



Esquema del mecanismo de transporte de los ácidos grasos hacia la matriz mitocondrial mediado por la L-carnitina.



Esquema de la β-oxidación de los ácidos grasos en las mitocondrias celulares.

## **PICOLINATO DE CROMO**

El picolinato de cromo es un suplemento en el que se combina el ácido picolínico con el cromo. Los principales beneficios de este suplemento provienen del propio cromo (como catión  $\text{Cr}^{3+}$ ), pero suele venir combinado con el ácido picolínico (formando el picolinato de cromo) para mejorar la absorción del propio cromo.

El cromo es un mineral esencial y tiene como función principal la de regular la glucosa, mejorar la sensibilidad a la insulina y también puede actuar como supresor del apetito.

El inconveniente principal de este suplemento es que suplementarse con más cromo del que el cuerpo realmente necesita, apenas aportará beneficios adicionales en sujetos normales. En individuos con diabetes 2 puede presentar cierta utilidad, pero de momento tampoco se han encontrado beneficios importantes en estos grupos.

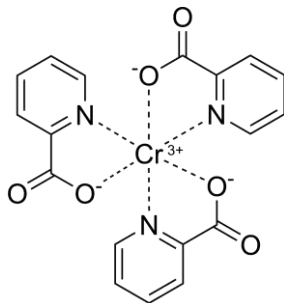
En cuanto al efecto de controlar la ansiedad, la evidencia es mixta y puede funcionar en algunos sujetos, pero tampoco se han encontrado muchos resultados positivos.

El cromo también influye en el metabolismo de las grasas, ayudando a estabilizar los niveles de colesterol. Existen estudios que demuestran la capacidad potencial del cromo para reducir el colesterol LDL y aumentar el colesterol HDL.

La suplementación con picolinato de cromo tiene, como principal cometido, prevenir las deficiencias de cromo. La función del picolinato es actuar como quelante, es decir, servir de transportador del cromo para facilitar la entrada de este a las células.

El picolinato de cromo al mejorar la actividad de la insulina, ayuda a reducir la grasa corporal y fomentar las ganancias de grasa magra. Algunos estudios afirman que con el picolinato de cromo se pueden conseguir cambios significativos en la composición corporal y pérdida de peso, mientras que otros no muestran tales efectos.

La dosis diaria recomendada de picolinato de cromo puede variar entre 150 a 1.000  $\mu\text{g}$ .



Esquema de la estructura química de la molécula de picolinato de cromo.

**Bibliografía:** [116,379,388,389,380–387]

## COLINA

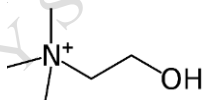
El cuerpo humano necesita la colina para importantes funciones como la integridad de las membranas celulares y la transmisión neuromuscular. En combinación con la lecitina puede prevenir el riesgo coronario porque disminuye la absorción del colesterol.

Dado su rol en el metabolismo de las grasas se anuncia como reductor de la grasa corporal sin embargo no hay evidencia científica que pruebe que tomada a dosis mayores de las requeridas aumente el metabolismo de la grasa ni la pérdida de peso.

Su acción mejora el estado de ánimo, el ciclo de sueño y la capacidad de recuperarse tras realizar una sesión de intenso ejercicio físico. Ya que la acetilcolina participa en cada movimiento de los músculos, su presencia es útil para prevenir la fatiga y dolores musculares.

Al considerarse un componente importante para las membranas celulares y los neurotransmisores, ayuda a evitar el deterioro cognitivo. Su influencia fortalece la memoria y favorece la capacidad de concentración. La presencia de la colina garantiza el mantenimiento hepático.

Resulta fundamental en el proceso de transporte de grasa (tanto triglicéridos como colesterol) desde el hígado a las células de todo el organismo. Además de emulsionar los depósitos de grasa acumulados en el hígado, la colina actúa en nuestro cuerpo reduciendo el colesterol y redistribuyendo la grasa de nuestro cuerpo.



Esquema de la estructura química de la colina.

**Bibliografía:** [390–399]

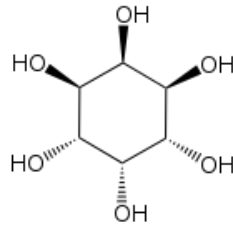
## INOSITOL

Es una sustancia que forma parte del complejo de vitaminas B (se le llama la B8) y una de sus múltiples funciones es la de ayudar a movilizar la grasa y reducir los niveles de colesterol. Como las anteriores no existe evidencia científica para demostrar que ayude en la reducción de peso tomada en altas dosis.

Se concluye que todos estos productos, aunque tienen funciones relacionadas con el metabolismo de las grasas y su carencia puede ocasionar problemas en nuestro cuerpo no significa que usados en dosis más altas que la de requerimiento diario quemen la grasa y reduzcan el peso corporal.

Puede obtenerse a partir de la dieta o fabricado a partir de la glucosa en la flora intestinal. Entre los beneficios que reporta al organismo, podemos citar que suministra energía a los músculos, por lo que resulta un suplemento muy interesante para los que

practican deporte, reduce la presencia de colesterol, al igual que la colina, el inositol contribuye a eliminar depósitos de grasa en zonas donde suelen acumularse.



Esquema de la estructura química del inositol.

**Bibliografía:** [391,400–403]

### **TERMOGÉNICOS**

La termogénesis es la capacidad de generar calor en el organismo debido a las reacciones metabólicas.

Se denomina termogénico a toda sustancia capaz de aumentar la temperatura corporal con el objetivo de producir ciertas reacciones metabólicas que tienen que ver con la quema de grasas y la reducción de tejido adiposo. Precisamente esto es el proceso conocido como termogénesis.

Algunos de los componentes de este tipo de suplementos dietarios son:

#### **Cafeína**

La mayoría ya conocemos los efectos que tiene la cafeína en el organismo, anteriormente en el libro se habló de ella. Tiene propiedades termogénicas que elevan la temperatura corporal y, además, contiene paraxantina, otra sustancia utilizada en la quema de grasas.

#### **Té verde**

Otro de los suplementos que comentamos anteriormente, posee polifenoles que son los encargados de acelerar el metabolismo y la oxidación de grasas, además de influir en los radicales libres y tener un potente efecto antioxidante.

#### **Naranja amarga**

También llamada *Citrus aurantium*, presenta componentes activos con una estructura similar a la efedrina actuando sobre los receptores beta-3 adrenérgicos, que son los responsables del efecto lipolítico (quema de grasa) y termogénico (aumento de la temperatura corporal).

Tiene un potente poder para suprimir el apetito y gracias a la sinefrina y la fenilefrina se convierte en un buen termogénico natural.

### Guaraná

Esta planta contiene cafeína y los llamados taninos, ambos útiles en la oxidación de las grasas. El alto contenido de cafeína aumenta el metabolismo entre un 3 a un 11%, lo que le permite a nuestro organismo oxidar una mayor cantidad de ácidos grasos estando en reposo.

### Frambuesas

Se trata de una fruta considerada quemadora de grasas por su efecto directo en las hormonas reguladoras del metabolismo. El extracto de cetona, obtenido a partir de la frambuesa, es la sustancia que realmente tendría propiedades termogénicas naturales.

### Pimienta Cayena

Este tipo de pimienta picante contiene capsaicina, la sustancia responsable de ese sabor picante y del aumento de temperatura corporal cuando la ingieres. La cayena puede causar un incremento del 25% en la tasa metabólica durante las 3 primeras horas posteriores a su toma. Esto resulta en un mayor gasto calórico, promoviendo así el proceso de oxidación de grasas y pérdida de peso.

Por otra parte, la pimienta cayena es capaz de regular el azúcar en la sangre y limita la liberación de insulina en el cuerpo, evitando la acumulación de tejido graso.

### Garcinia cambogia

Es una fruta nativa de la india que contiene ácido hidroxycítrico y posee un efecto sobre la serotonina, proporcionando al organismo una sensación de saciedad que evitará la ingesta excesiva de alimentos.

**Bibliografía:** [404-413]

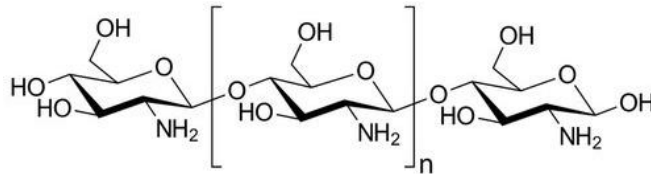
## **BLOQUEADORES DE GRASAS Y CARBOHIDRATOS O FAT & CARB-BLOQUERS**

Son suplementos cuya función principal es tratar de evitar la digestión y absorción de grasas y carbohidratos. Su componente principal suele ser Chitosán o quitosano (un biopolímero de aminopolisacáridos, compuesto por unidades distribuidas aleatoriamente de  $\beta$ -D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina), que ayuda a que tu cuerpo no absorba gran parte de la grasa ingerida.

Algunos de ellos poseen Phaseolamina (Extracto de Phaseolus Vulgaris) que actúa inhibiendo la enzima amilasa e impide la digestión y absorción de alimentos ricos en almidón, de forma que los carbohidratos consumidos avancen hacia el intestino sin ser

convertidos en glucosa, aportando menos calorías. Este mecanismo obliga a nuestro cuerpo a consumir las reservas de grasa para obtener la energía faltante.

El problema principal que tienen este tipo de suplementos son los graves efectos secundarios que presentan como una mala digestión, flatulencias, mal estar general, esteatorreas (heces grasientas), etc. Además de su peligro tanto a nivel psicológico como a nivel nutritivo.



Esquema de la estructura química del quitosano.

**Bibliografía:** [414–417]

### **ANOREXÍGENOS**

Los agentes anorexígenos actúan suprimiendo el apetito, son empleados en el tratamiento de la obesidad y se dividen en tres categorías, adrenérgica, serotoninérgica y adrenérgica-serotoninérgica.

Los adrenérgicos incluyen a las anfetaminas y sus derivados. La anfetamina produce un potente efecto anorexígeno, una estimulación del sistema nervioso central e induce rápidamente adicción. Los derivados anfetamínicos fueron sintetizados para reducir estos efectos; sin embargo, producen efectos colaterales similares: insomnio, agitación, impotencia sexual y adicción. Los más utilizados son el dietilpropión, la dextroanfetamina, la fenilpropanolamina, la fentermina y el fenproporex.

Los serotoninérgicos en los cuales se encuentran la fenfluramina y la dextrofenfluramina. Actúan aumentando la liberación de serotonina y disminuyen la apetencia por los hidratos de carbono. Inducen la sensación de saciedad y tienden a reducir el volumen y la frecuencia de los alimentos ingeridos. Los agentes serotoninérgicos pueden afectar la ingesta alimentaria de dos maneras, la primera es reduciendo la ansiedad de comer, lo que sugiere que la persona tiene menos hambre o ha reducido la conducta de búsqueda de comida, y la segunda es disminuyendo la cantidad consumida en una comida.

Algunos datos sugieren que los agentes serotoninérgicos tienen un efecto selectivo en la disminución de los antojos por los carbohidratos, pero también afecta la ingestión de grasa. También se ha informado que estos agentes aumentan el rango de metabolismo basal a 100 calorías diarias, lo que puede jugar un papel menor en la reducción de peso.

Los adrenergicos-serotinínérgicos en donde se incluye la sibutramina que inhibe a nivel sináptico la recaptación, tanto de la serotonina como de noradrenalina. Está demostrado que su consumo produce un descenso de peso del orden del 10% al 15% en comparación a grupos en donde se aplicó un placebo.



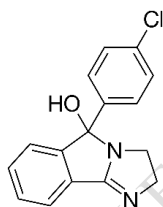
En Argentina algunos de los anorexígenos más utilizados son el mazindol y la sibutramina.

El Mazindol inhibe la captación neuronal de noradrenalina y dopamina liberadas en las sinapsis. Se metaboliza en el hígado, con una vida media de 47 horas y se excreta por vías renal y fecal.

Dentro de los efectos adversos se observaron: Constipación, sequedad de boca, taquicardia, nerviosismo o inquietud y alteración del sueño son los más frecuentes. Otros efectos observados en menor recurrencia son diarrea, mareos, somnolencia, cefalea, aumento de la sudoración, náuseas o vómitos y palpitaciones.

Está contraindicado en estados de agitación, enfermedades cardiovasculares, incluyendo arritmias, isquemia cerebral, antecedentes de dependencia de fármacos, glaucoma, hipertensión arterial, uremia.

La dosis diaria utilizada es de 1 a 3mg una hora antes de las comidas.



Esquema de la estructura química del mazindol.

Por otra parte, la sibutramina es una  $\beta$ -fenetilamina con una potente inhibición de la recaptación de la serotonina y norepinefrina, aprobada en noviembre de 1997 por la FDA (Food and Drug Administration, de EEUU) para el tratamiento de la obesidad. La sibutramina rápidamente atenúa la función pre y post sináptica del adrenoceptor, disminuyendo de esta manera el apetito.

En un estudio realizado en un grupo de personas se determinó que en un lapso de 24 semanas con una dosis de 20 mg por día se produjo un descenso de peso en las personas en estudios de alrededor de 7.2kg y con una dosis de 30mg por día un descenso de peso de alrededor de 8.3kg.

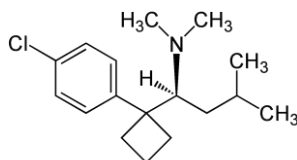
En otro estudio se observó que después de 60 semanas hubo una recuperación estable del peso.

Produce su efecto terapéutico por inhibición de la recaptación de la norepinefrina, serotonina y dopamina. Aproximadamente el 85% se excreta por la orina y heces.

Los efectos adversos más comunes son sequedad bucal, anorexia, insomnio y constipación, fiebre, diarrea, flatulencia, gastroenteritis, edema periférico, artritis, agitación de las piernas, contracciones musculares, hipertonia, alteración del pensamiento, bronquitis, disnea, prurito, ambliopía, trastorno menstrual, convulsiones, equimosis, nefritis intersticial aguda, exámenes de función hepática anormales (aumento de las transaminasas, LDH, fosfatasa alcalina y bilirrubina).

Además, puede producir ansiedad, constipación, mareos, cefalea, irritabilidad, impaciencia, inquietud, insomnio, congestión nasal, picazón de extremidades, congestión, dolor faríngeo. Aunque los más comunes como se dijo anteriormente son constipación, sequedad bucal, insomnio y un leve aumento de la presión sanguínea.

Las dosis diarias recomendadas pueden variar entre 5 a 30mg, Aunque no es recomendable utilizar dosis mayores de 20mg diarios para evitar la aparición de los efectos adversos anteriormente nombrados.



Esquema de la estructura química de la sibutramina.

**Bibliografía:** [418–427]

### **OREXÍGENOS**

Se les llama de esta manera a las sustancias que son capaces de estimular el apetito, en realidad no existen en sí medicamentos que aumenten el apetito, sino que hay medicamentos en los que, dentro de sus efectos secundarios está el del aumento del apetito.

Uno de los orexígenos más conocidos en Argentina es la ciproheptadina, la cual es un antihistamínico y entre sus efectos secundarios se destaca el aumento del apetito. Está especialmente indicado en las anorexias o falta de apetito infantil y desnutrición.

La ciproheptadina (en forma de clorhidrato) es un antagonista H<sub>1</sub> de la histamina, si bien, a diferencia de otros antagonistas H<sub>1</sub>, también antagoniza los receptores serotoninérgicos (antagoniza receptores 5-HT 2A de serotonina).

La ciproheptadina antagoniza competitivamente los efectos de la histamina sobre los receptores H<sub>1</sub> del tracto digestivo, útero, grandes vasos y músculo liso bronquial. El bloqueo de los receptores H<sub>1</sub> suprime la formación de edema, prurito y otras reacciones que resultan de una actividad histamínica. Los efectos sedantes de la ciproheptadina se explican por sus efectos antagonistas a nivel de los receptores histaminérgicos centrales.

Después de la administración prolongada, se puede producir la tolerancia, pero esto puede ser beneficioso ya que los efectos sedantes se van reduciendo. La ciproheptadina también compite con la serotonina en los receptores en el músculo liso del intestino y otros lugares.

El antagonismo de la serotonina en el centro del apetito del hipotálamo puede explicar la capacidad de la ciproheptadina para estimular el apetito. La ciproheptadina

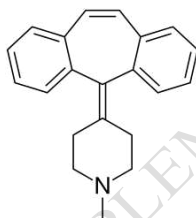
también se ha utilizado para combatir dolores de cabeza vasculares, que muchos creen que son causados por cambios en la actividad de la serotonina.

El aumento de peso se observa por lo general durante las primeras semanas de terapia.

La ciproheptadina puede provocar somnolencia. Los pacientes que reciben ciproheptadina deben ser advertidos de evitar conducir u operar maquinaria hasta que se conozcan los efectos de la droga.

Se produce una depresión del SNC, que se manifiesta como sedación, somnolencia y/o mareos. Existe una considerable variación en la respuesta de cada paciente a los efectos sedantes, por lo que los pacientes deben ser advertidos del posible deterioro de su agudeza mental. Estos efectos secundarios pueden desaparecer después de unos días de interrumpir la medicación.

La ciproheptadina, junto a la metionina, un aminoácido esencial, poseen acción lipotrópica protegiendo a la célula hepática de la degeneración y acumulación de grasa.



Esquema de la estructura química de la ciproheptadina.

La dosis diaria utilizada de la ciproheptadina (clorhidrato de ciproheptadina) es de 4mg cada 8-12 horas. La dosis puede aumentarse según sea necesario. La dosis diaria habitual en general puede variar entre 4-20 mg. Esta es la dosis utilizada para casos de anorexia nerviosa y aumento de peso.

En general la ciproheptadina viene acompañada de vitamina B6 y B12 en sus formulaciones relacionadas al aumento de apetito y de peso, debido a que de esta manera se potencian sus efectos.

**Bibliografía:** [428–431]

**Nota:** el tema orexígenos debería de pertenecer a un capítulo destinado al aumento de peso, sin embargo, al ser sustancias que producen el efecto opuesto a los anorexígenos, se describieron en este capítulo para no apartar el tema de estimulantes e inhibidores del apetito.

---

## Capítulo 9

---

### **MODULADORES SELECTIVOS DE LOS RECEPTORES ANDROGENICOS**

Los Moduladores Selectivos de los Receptores Androgénicos (SARMS, por sus siglas en inglés) son un grupo de moduladores de los receptores androgénicos tal como su nombre lo indica que tienen una acción muy similar a la de los esteroides anabólicos.

Originalmente, estos compuestos fueron estudiados y desarrollados para posibles aplicaciones médicas, en particular para la prevención del desgaste muscular causado por diversas enfermedades como el cáncer, el hipogonadismo y la osteoporosis.

Sin embargo, como con muchas sustancias, se descubrió por casualidad que estos compuestos tienen una acción selectiva sobre los tejidos corporales. Esta característica les permitiría proporcionar los beneficios de un esteroide anabólico, y ser libre de los efectos secundarios nocivos asociados con el uso de esteroides en el mundo del culturismo.

En otras palabras, sus limitadas propiedades androgénicas los harían altamente deseables para su uso como suplementos para mejorar el rendimiento, estimular el crecimiento de la masa muscular magra y acelerar la pérdida de grasa.

Cuando se administran en las dosis recomendadas, estos productos pueden ayudar a prevenir la pérdida muscular en pacientes con cáncer. Para un culturista en un ciclo de corte, esto podría significar prevenir la pérdida de músculo ganado con esfuerzo.

Estos compuestos no causan los típicos efectos secundarios asociados con otros agentes de corte. No producen palpitaciones, ansiedad o cambios repentinos en el estado de ánimo.

Además de esto, se puede ganar masa muscular, sin los típicos efectos secundarios asociados con los esteroides. No habría daño al hígado, no habría acné, ginecomastia, pesadez en la voz y crecimiento de vello en la cara y el cuerpo. Debido a sus acciones selectivas, el SARMS permite a los atletas beneficiarse de las ventajas de los esteroides anabólicos y protegerse de sus efectos nocivos.

Los SARMS, son no esteroides y selectivos en su acción sobre los tejidos. En otras palabras, sólo transmiten sus mensajes anabólicos a los receptores de andrógenos ubicados en las células óseas y musculares. De esta manera, se evitan problemas de toxicidad hepática, agrandamiento de la próstata, atrofia testicular, acné, ginecomastia o calvicie.

No se descomponen en otros compuestos como estrógeno y DHT, que causan algunos de los peores efectos secundarios asociados con el uso de esteroides.

Entre los mejores y los más comercializados SARMS se encuentran, Andarine (S4-GTX007), Ligandrol (LGD-4033), Cardarine (GW-501516) y Ostarine (MK-2866).

Esta primera generación de SARMS es reconocida por su capacidad para mejorar el rendimiento. En pocas palabras, le proporcionará enormes ganancias de fuerza. Pero eso no es todo.

- ❖ Andarine también mejora la densidad ósea. Le ayudará a ganar masa magra, quemar grasa más rápido y ayudar a su cuerpo a recuperarse más rápido. Una de sus capacidades innatas es estimular la libido y la espermatogénesis. Por lo tanto, si usted pensó que el SARMS reduciría sus niveles de fertilidad, andarina es su mejor opción.
- ❖ Ligandrol produce efectos muy similares a los de la testosterona, puede ayudar a adquirir músculos magros en muy poco tiempo. No proporciona retención de agua y también aumenta la libido y el bienestar general.
- ❖ Cardarine es el último compuesto de corte que a menudo está presente en los programas de aumento de peso. Mejora la expresión génica y permite al cuerpo aprovechar sus reservas de grasa almacenada. Si se desea perder grasa, el Cardarine es la mejor opción. Además, acelera la recuperación y mejora la resistencia. No es un SARMS muy anabólico, tal como el Ligandrol, por lo que no produce grandes aumentos de masa muscular, sino que es más utilizado en etapas de definición por ser un buen lipotrópico.
- ❖ Ostarine es conocida como lo mejor para la recuperación muscular. Pero sus beneficios van mucho más allá de la recuperación muscular. Ostarine se destaca como uno de los únicos SARMS que ha sido sometido a numerosas pruebas clínicas. Estos estudios revelaron un aumento de la masa muscular magra y una reducción de la degeneración tisular. Es anabólico incluso en dosis muy bajas. La mayoría de los culturistas utilizan hasta 25 mg/día para los ciclos de carga.

La dosis máxima recomendada de Cardarine es de 10 a 20 mg al día. Para aumentar la resistencia, una dosis de 10 mg al día es suficiente, y cuanto mayor sea la dosis, mayores serán los beneficios de pérdida de grasa. La pérdida de grasa acelerada en Cardarine se produce al aumentar la captación de glucosa en el tejido muscular esquelético, y activar la  $\beta$ -oxidación de grasas como fuente principal de energía.

Muchos culturistas utilizan dosis de hasta 50 mg por día. Hasta el momento y con las dosis diarias recomendadas no se han presentado efectos secundarios significativos con la utilización de Cardarine. Aunque todavía no están del todo estudiados los efectos secundarios provocados por el consumo de dosis por encima de los 50mg diarios.

El Ligandrol o LGD4033 actúa específicamente sobre los receptores que se desean estimular, que en este caso actúa sobre, tejido muscular y hueso. El cual fue desarrollado para pacientes con enfermedades crónico-degenerativas, como cáncer y en enfermedades que provoquen estados de caquexia, (pérdida de peso y atrofia muscular en extremo).

LGD 4033 funciona activando los receptores androgénicos de los musculo y huesos. Siendo el más anabólico y más potente de toda la familia de SARMS que actualmente está disponible. Al actuar selectivamente sobre musculo y huesos, elimina el acceso a receptores de próstata, incrementar estrógenos o generar efectos secundarios que se presentan en el uso de anabólicos esteroides, que se presentan por un mal uso y desconocimiento de quien lo usa o recomienda.

LGD 4033, se le conoce como uno de los más poderosos SARMS actualmente disponible en el mercado. Incrementando el crecimiento muscular y resistencia ósea.

Dentro de los beneficios más importantes tenemos el incremento de actividad anabólica en masa muscular y hueso, reducción de desgaste muscular y degradación ósea, aumento de la capacidad cognitiva.

La administración es de forma oral, y podemos encontrarla de forma líquida o en capsulas. Tiene una vida media de aproximadamente 24h por lo cual podemos encontrar una buena cantidad en sistema durante el día.

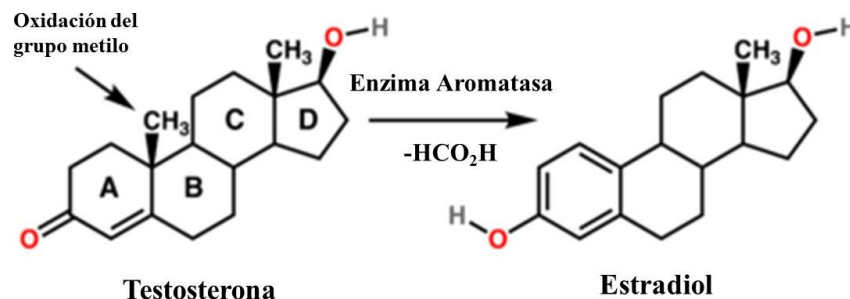
La dosis es de 5mg cada 24h. Y si el atleta es tolerante, puede incrementarse la dosis hasta 20 mg al día. La mejor forma es tomarla 2 veces al día, para mantener la concentración alta.

Los ciclos tienen que ser de 6 a 8 semanas con un intervalo de 5 semanas para poder usarlo nuevamente. Es recomendable no usar ni más tiempo ni más cantidad ya que incrementamos el riesgo de efectos secundarios.

Dentro de los efectos secundarios más importantes tenemos la posibilidad de reducción de HDL, es decir colesterol bueno por lo que tenemos un riesgo de disminuir la producción de testosterona. Este es un efecto dosis-dependiente que se presenta mientras estemos usando LGD 4033. También podemos presentar dolores de cabeza y resequecedad de la boca.

Se ha observado que los SARMS podrían llegar a causar ginecomastia, a pesar de no presentar una estructura química como la testosterona con la posibilidad de aromatizar para formar estrógenos. Al ser moduladores de los receptores androgénicos, pueden ocurrir dos cosas, que el cuerpo los identifique como testosterona o que estos se adhieran a los receptores de testosterona y queden pocos receptores libres para la misma.

Si el cuerpo los identifica como testosterona, se puede suprimir la producción de la misma, dependiendo de que SARMS se utilice, las dosis utilizadas y la duración del tratamiento, puede ocurrir que el cuerpo no produzca la suficiente testosterona para convertir a estradiol (supresión total de la producción de testosterona).



Esquema de reacción de la biosíntesis de estradiol a partir de testosterona.

Los estrógenos en el hombre son muy importantes a la hora de la creación y desarrollo de espermatozoides en los testículos. Pero la concentración debe ser la adecuada ya que, si la concentración de estrógenos en los hombres es muy elevada, puede hacer que se vea afectada la producción de esperma.

Los estrógenos son hormonas que son capaces de producir una mejora en el estado de ánimo e incrementar la memoria y sobre todo la libido o deseo sexual. También incrementa la cantidad de glóbulos rojos. Mejora la densidad ósea en los huesos y mejora la función eréctil, pudiendo mantener relaciones sexuales durante más tiempo.

En los hombres normalmente se tiene una relación alta de hormonas masculinas (andrógenos) sobre las femeninas (estrógenos), esta relación (mayores niveles de testosterona que de estrógenos) es la que caracteriza una mayor cantidad de masa muscular en el hombre, que en la mujer.

Cuando se produce una disminución de las concentraciones de testosterona en el hombre, el efecto de una cantidad normal de estrógeno puede volverse excesivo.

El estradiol es el estrógeno que proviene de aromatizar la testosterona mediante la enzima aromatasa y cuando la concentración de testosterona es demasiado baja, nos puede llevar a una serie de efectos secundarios, además de impedir que podamos obtener un incremento de la masa muscular, ya que es necesario que haya una mínima concentración al menos de testosterona para que esto ocurra.

Algunos de los efectos secundarios provocados por la baja concentración de testosterona son ginecomastia (desarrollo o agrandamiento de las glándulas mamarias en el hombre), acné, deseos de comer alimentos con carbohidratos simples (azúcares), aumento del tamaño prostático temporal, depresión, irritabilidad, reducción del tamaño de los testículos, retención de agua y con esto aumento de la presión arterial, baja libido y disfunción eréctil.

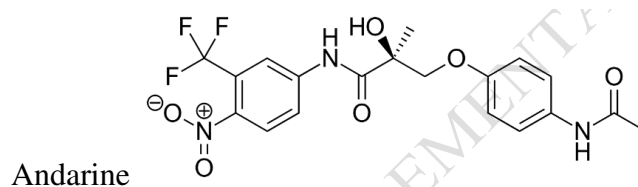
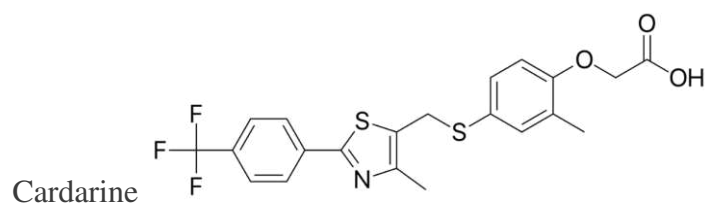
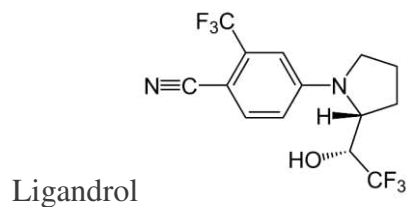
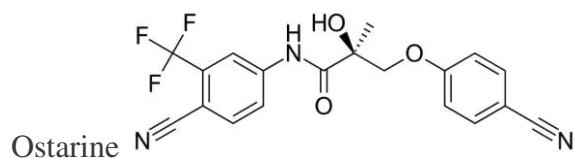
Por otro lado, se sabe que algunos SARMS se unen con una gran afinidad a los receptores androgénicos. Cuando esto ocurre, hay menos receptores de andrógenos libres a los que se pueda unir la testosterona por lo que entonces el cuerpo puede convertirla en estrógeno o dihidrotestosterona (DHT).

Cuanta más alta sea la dosis de SARMS mayor será la cantidad de testosterona que se convertirá en estrógeno o DHT, ya que cada vez habrá menos receptores de andrógenos libres.

Cuando esto sucede los niveles de estrógeno se salen de control (niveles de estrógenos altos) y aparecen una serie de efectos secundarios relacionados, en donde uno de ellos es la ginecomastia. Otros efectos secundarios son fatiga y letargo, piel seca, baja libido y disfunción eréctil, cambios de humor e irritabilidad y pérdida de apetito.

En el caso de otros SARMS que se comercializan, uno de los efectos secundarios más importantes notados en el caso particular de Andarine, es su afinidad por los receptores androgénicos en los ojos, por lo que a veces suelen presentarse momentos de visión borrosa, de un color amarillento, y un desajuste de la visión nocturna que puede dar dificultades al enfocar bien durante la noche.





Esquema de la estructura química de los principales SARMs comercializados en la actualidad.

**Bibliografía:** [432–457]

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] M. Ruiz Bermejo, C. Menor Salván, Teoría de la evolución química: “Tholins”: materia orgánica ubicua en el universo, *An. La Real Soc. Española Química*. (2007) 14–22.
- [2] R. Paredes, B. Yates, F. Zuluga, B. Insuasty, AMINOÁCIDOS, PÉPTIDOS Y PROTEÍNAS, in: *Introd. a La Química Orgánica*, 2020. <https://doi.org/10.2307/j.ctv14jx8qj.11>.
- [3] M.V. Luque Guillen, *Estructura Y Propiedades de las Proteínas*, Bioquímica Médica. (2011).
- [4] A. León, *Hidratos de carbono*, *Bioquímica*. (2008). [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(14\)70178-7](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(14)70178-7).
- [5] H. Zárate, *Proteínas*, *Nutr. Clin. y Diet. Hosp.* (2009).
- [6] I. Túnez, *Aminoácidos y Proteínas*, Scielo. (2018).
- [7] *Las proteínas en la nutrición*, *Rev. Salud Pública y Nutr.* (2007).
- [8] M.M. Nelson, David L. Cox, *Principios de Bioquímica*, 2014. <https://doi.org/10.2307/j.ctvk8vxxm.7>.
- [9] P. Victor W. Rodwell, P. David A. Bender, Ds. Kathleen M. Botham, PhD, P. Peter J. Kennelly, P. P. Anthony Weil, *Harper Bioquímica Ilustrada*, 2016.
- [10] A.C.M. Nelson D, Lehninger, *Lehninger: principios de bioquímica*, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.03.016>.
- [11] and M.M.C. Nelson, David L., Albert L. Lehninger, *Principios de Bioquímica*, 2019. <https://doi.org/10.2307/j.ctvk8vxxm.7>.
- [12] A. Blanco, *Química Biológica*, 53 (2013) 610. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [13] M.K. Parr, U. Flenker, W. Schänzer, *Sports-Related Issues and Biochemistry of Natural and Synthetic Anabolic Substances*, *Endocrinol. Metab. Clin. North Am.* 39 (2010) 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2009.11.004>.
- [14] T. Feromonas, O.H. Grasa, M.L. Atrayente, C. Ch, C. Ch, E. Ch, C. Pge, *Lípidos : Ceras , Grasas y Aceites*, (n.d.).
- [15] U. Mayor, P. Ximena, A. Maribel, A. Roberto, *Apuntes de Biomoléculas : Lípidos*, (n.d.) 1–20.
- [16] R. Paredes, B. Yates, F. Zuluga, B. Insuasty, LÍPIDOS, in: *Introd. a La Química Orgánica*, 2020. <https://doi.org/10.2307/j.ctv14jx8qj.9>.
- [17] R. Argüeso Armesto, J. Díaz Díaz, J. Díaz Peromingo, A. Rodríguez González, M. Castro Mao, F. Diz-Lois Martínez, *Lípidos, colesterol y lipoproteínas*, *Galicía Clínica*. (2011).
- [18] A. Valenzuela B, J. Sanhueza C, *Estructuración de lípidos y sustitutos de grasas, ¿lípidos del futuro?*, *Rev. Chil. Nutr.* (2008). <https://doi.org/10.4067/S0717-75182008000500001>.

- [19] M. de la L. Velázquez, M. Ordorica, Estructura de Lípidos, Bioquímica. Caso y Texto. (2013).
- [20] M. Argueso, Los lípidos, CLÍNICA. (2011).
- [21] T. McKee, J.R. McKee, Lípidos Y Membranas, Las Bases Mol. La Vida. (2007).
- [22] F.B. Romero, E.M. Pacheco, A.L. Meneses, Endocrinología y nutrición, Endocrinol. y Nutr. (2010).
- [23] S. Lopez Calvo, M. Delgado Blanco, M.L. Isidro San Juan, F.J. de Toro Santos, Endocrinología y Nutrición, in: Compend. Casos Clin. Para Resid. Del Complejo Hosp. Univ. Da Coruña 2007-2008, 2011. <https://doi.org/10.4272/978-84-96667-39-6.ch13>.
- [24] L. Vilar, Endocrinología Clínica, 2016.
- [25] J. Esteban, C. Gil, E. Spinedi, Endocrinología y metabolismo, REVISTA ARGENTINA DE Endocrinol. Y Metab. (2017).
- [26] N. Brandan, I. Llanos, F. Horak, H. Tannuri, A. Rodriguez, Principios de endocrinología, Univ. Nac. Del Nord. Fac. Med. Cátedra Bioquímica. (2014).
- [27] D.G. et al Gardner, Greenspan Endocrinología básica y clínica, 2012.
- [28] D.S. Cooper, P.W. Ladenson, Endocrinología básica y clínica, 2012.
- [29] J. J. ESCRIVÁ J. A. CARBAJAL M. MENDAZA, 5. Endocrinología, Farm. Hosp. (2019).
- [30] Williams, tratado de endocrinología, 2019.
- [31] J. Girbés Borrás, J. Escalada San Martín, M. Mata Cases, F. Gomez-Peralta, S. Artola Menéndez, D. Fernández García, C. Ortega Millán, F. Alvarez Guisasola, J. Carlos Ferrer García, P. Ezkurra Loiola, F. Escobar Jiménez, J. Antonio Fornos Pérez, M. Galindo Rubio, I. Rica Echevarría, E. Menéndez Torre, Endocrinología, Diabetes y Nutrición, Endocrinol Diabetes Nutr. (2018).
- [32] V. Farreras, C. Rozman, Metabolismo y Nutrición Endocrinología, in: Med. Interna (Bucur)., 2014.
- [33] Z. Šatalić, Sports Nutrition, Encycl. Food Heal. (2015) 118–123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00224-5>.
- [34] J.G. Villa Vicente, F.J. Navas Cámara, Manejo nutricional y otras medidas terapéuticas en la práctica deportiva y la competición, Med. - Programa Form. Médica Contin. Acreditado. 8 (2002) 4577–4586. [https://doi.org/10.1016/s0304-5412\(02\)70852-4](https://doi.org/10.1016/s0304-5412(02)70852-4).
- [35] G.L. Close, D.L. Hamilton, A. Philp, L.M. Burke, J.P. Morton, New strategies in sport nutrition to increase exercise performance, Free Radic. Biol. Med. 98 (2016) 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>.
- [36] L.R. Brilla, T.F. Haley, Effect of magnesium supplementation on strength training in humans, J. Am. Coll. Nutr. 11 (1992) 326–329. <https://doi.org/10.1080/07315724.1992.10718233>.
- [37] H.O. Santos, F.J. Teixeira, B.J. Schoenfeld, Dietary vs. pharmacological doses of

- zinc: A clinical review, *Clin. Nutr.* 39 (2020) 1345–1353. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.06.024>.
- [38] R.J. Snow, R.M. Murphy, Creatine and the creatine transporter: A review, *Mol. Cell. Biochem.* (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1011908606819>.
- [39] E.J. Baran, Química bionorgánica. Avances recientes y perspectivas, *Educ. Química.* (2018). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1999.1.66504>.
- [40] M. Fuertes Villadangos, J. Pérez Martín, Química Bioinorgánica. Un ciencia interdisciplinar en desarrollo, *Encuentros Multidiscip.* (2000).
- [41] K. Fischer, Vitamin D, in: *Princ. Nutr. Nutr. Fundam. Individ. Nutr.*, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804572-5.00032-X>.
- [42] X.Y. Kong, L. Da Du, G.H. Du, Vitamin A, in: *Nat. Small Mol. Drugs from Plants*, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7\\_102](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7_102).
- [43] L. Da Du, X.Y. Kong, G.H. Du, Vitamin C, in: *Nat. Small Mol. Drugs from Plants*, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7\\_105](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7_105).
- [44] M.J. McKenna, B. Murray, Vitamin D deficiency, in: *Endocrinol. Diabetes A Probl. Approach*, 2014. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8684-8\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8684-8_23).
- [45] S.J. Padayatty, A. Katz, Y. Wang, P. Eck, O. Kwon, J.H. Lee, S. Chen, C. Corpe, M. Levine, A. Dutta, S.K. Dutta, Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention, *J. Am. Coll. Nutr.* (2003). <https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719272>.
- [46] T.D. Thacher, B.L. Clarke, Vitamin D insufficiency, *Mayo Clin. Proc.* (2011). <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0567>.
- [47] M.F. Holick, Vitamin D: Importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis, in: *Am. J. Clin. Nutr.*, 2004. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.3.362>.
- [48] M.G. Traber, Vitamin E, in: *Encycl. Diet. Suppl.*, 2004. <https://doi.org/10.1081/E-EDS-120022054>.
- [49] B. Prietl, G. Treiber, T.R. Pieber, K. Amrein, Vitamin D and immune function, *Nutrients.* (2013). <https://doi.org/10.3390/nu5072502>.
- [50] P. Lips, Vitamin D physiology, *Prog. Biophys. Mol. Biol.* (2006). <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.02.016>.
- [51] J. Saupe, Vitamin K, in: *Princ. Nutr. Nutr. Fundam. Individ. Nutr.*, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804572-5.00034-3>.
- [52] F. Watanabe, Vitamin B12 sources and bioavailability, *Exp. Biol. Med.* (2007). <https://doi.org/10.3181/0703-MR-67>.
- [53] M. Wacker, M.F. Holiack, Vitamin D-effects on skeletal and extraskelatal health and the need for supplementation, *Nutrients.* (2013). <https://doi.org/10.3390/nu5010111>.
- [54] W.J. Evans, Vitamin E, vitamin C, and exercise, in: *Am. J. Clin. Nutr.*, 2000. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.647s>.

- [55] G. Dubnov-Raz, Y. Lahav, N.W. Constantini, Non-nutrients in sports nutrition: Fluids, electrolytes, and ergogenic aids, *E-SPEN*. 6 (2011) e217–e222. <https://doi.org/10.1016/j.eclnm.2011.05.001>.
- [56] G.E. Giles, C.R. Mahoney, T.T. Brunyé, A.L. Gardony, H.A. Taylor, R.B. Kanarek, Differential cognitive effects of energy drink ingredients: Caffeine, taurine, and glucose, *Pharmacol. Biochem. Behav.* 102 (2012) 569–577. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2012.07.004>.
- [57] V. Simulescu, G. Iliu, L. Macarie, P. Merghes, Sport and energy drinks consumption before, during and after training, *Sci. Sport*. 34 (2019) 3–9. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.10.002>.
- [58] P.M. Nowak, Simultaneous quantification of food colorants and preservatives in sports drinks by the high performance liquid chromatography and capillary electrophoresis methods evaluated using the red-green-blue model, *J. Chromatogr. A*. 1620 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460976>.
- [59] Y. Kaminer, Problematic Use of Energy Drinks by Adolescents, *Child Adolesc. Psychiatr. Clin. N. Am.* (2010). <https://doi.org/10.1016/j.chc.2010.03.015>.
- [60] E.C. Duchan, N.D. Patel, Energy drinks, *Food Eng. Ingredients*. (2010). <https://doi.org/10.4324/9780429465567-12>.
- [61] T.M. McLellan, H.R. Lieberman, Do energy drinks contain active components other than caffeine?, *Nutr. Rev.* (2012). <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00525.x>.
- [62] J.P. Higgins, T.D. Tuttle, C.L. Higgins, Energy beverages: Content and safety, *Mayo Clin. Proc.* (2010). <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0381>.
- [63] M. Rath, Energy drinks: What is all the hype? The dangers of energy drink consumption, *J. Am. Acad. Nurse Pract.* (2012). <https://doi.org/10.1111/j.1745-7599.2011.00689.x>.
- [64] S.L. Ballard, J.J. Wellborn-Kim, K.A. Clauson, Effects of commercial energy drink consumption on athletic performance and body composition, *Phys. Sportsmed.* (2010). <https://doi.org/10.3810/psm.2010.04.1768>.
- [65] W. Chung, G. Shaw, M.E. Anderson, D.B. Pyne, P.U. Saunders, D.J. Bishop, L.M. Burke, Effect of 10 week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers, *Nutrients*. (2012). <https://doi.org/10.3390/nu4101441>.
- [66] R.M. Hobson, R.C. Harris, D. Martin, P. Smith, B. Macklin, B. Gualano, C. Sale, Effect of beta-alanine, with and without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance., *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2013).
- [67] A.A. Mero, P. Hirvonen, J. Saarela, J.J. Hulmi, J.R. Hoffman, J.R. Stout, Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on maximal sprint swimming, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2013). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-52>.
- [68] K.J. Ducker, B. Dawson, K.E. Wallman, Effect of beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance, *J. Strength Cond. Res.* (2013). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828fd310>.

- [69] A.H. Lancha Junior, V. de Salles Painelli, B. Saunders, G.G. Artioli, Nutritional Strategies to Modulate Intracellular and Extracellular Buffering Capacity During High-Intensity Exercise, *Sport. Med.* (2015). <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0397-5>.
- [70] S.D. Patterson, M. Waldron, O. Jeffries, *Proteins and amino acids and physical exercise*, Elsevier Inc., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810422-4.00013-0>.
- [71] T.A. Churchward-Venne, N.A. Burd, C.J. Mitchell, D.W.D. West, A. Philp, G.R. Marcotte, S.K. Baker, K. Baar, S.M. Phillips, Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: Effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men, *J. Physiol.* (2012). <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.228833>.
- [72] A. Kilara, M.N. Vaghela, Whey proteins, in: *Proteins Food Process*. Second Ed., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00005-X>.
- [73] NCT01156493, Hydrolyzed Protein Formula for Premature Infants, <https://Clinicaltrials.gov/Show/Nct01156493>. (2010).
- [74] A.C. Gomes-Santos, R.C. Fonseca, L. Lemos, D.S. Reis, T.G. Moreira, A.L. Souza, M.R. Silva, M.P.C. Silvestre, D.C. Cara, A.M.C. Faria, Hydrolyzed whey protein prevents the development of food allergy to  $\beta$ -lactoglobulin in sensitized mice, *Cell. Immunol.* 298 (2015) 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.cellimm.2015.09.001>.
- [75] B. Ahrens, C. Hellmuth, N. Haiden, D. Olbertz, E. Hamelmann, M. Vusurovic, M. Fleddermann, R. Roehle, A. Knoll, B. Koletzko, U. Wahn, K. Beyer, Hydrolyzed Formula with Reduced Protein Content Supports Adequate Growth: A Randomized Controlled Noninferiority Trial, 2018. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001853>.
- [76] K. Marshall, Therapeutic applications of whey protein, *Altern. Med. Rev.* (2004).
- [77] O.C. Witard, S.R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby, K.D. Tipton, Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise, *Am. J. Clin. Nutr.* (2014). <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.055517>.
- [78] C.B. Mobley, T.A. Hornberger, C.D. Fox, J.C. Healy, B.S. Ferguson, R.P. Lowery, R.M. McNally, C.M. Lockwood, J.R. Stout, A.N. Kavazis, J.M. Wilson, M.D. Roberts, Effects of oral phosphatidic acid feeding with or without whey protein on muscle protein synthesis and anabolic signaling in rodent skeletal muscle, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0094-7>.
- [79] G. Smith, Whey protein., *World Rev. Nutr. Diet.* (1976). <https://doi.org/10.4103/2249-5975.99663>.
- [80] A.S. Truswell, The A2 milk case: A critical review, *Eur. J. Clin. Nutr.* (2005). <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602104>.
- [81] B. Lönnerdal, Nutritional and physiologic significance of human milk proteins., *Am. J. Clin. Nutr.* (2003). <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.6.1537s>.
- [82] A.R. Sarode, P.D. Sawale, C.D. Khedkar, S.D. Kalyankar, R.D. Pawshe, Casein



- and Caseinate: Methods of Manufacture, in: *Encycl. Food Heal.*, 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00122-7>.
- [83] S. Jianqin, X. Leiming, X. Lu, G.W. Yelland, J. Ni, A.J. Clarke, Effects of milk containing only A2 beta casein versus milk containing both A1 and A2 beta casein proteins on gastrointestinal physiology, symptoms of discomfort, and cognitive behavior of people with self-reported intolerance to traditional cows' milk, *Nutr. J.* (2016). <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0147-z>.
- [84] N.A. Burd, Y. Yang, D.R. Moore, J.E. Tang, M.A. Tarnopolsky, S.M. Phillips, Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men, *Br. J. Nutr.* (2012). <https://doi.org/10.1017/S0007114511006271>.
- [85] M. He, J. Sun, Z.Q. Jiang, Y.X. Yang, Effects of cow's milk beta-casein variants on symptoms of milk intolerance in Chinese adults: A multicentre, randomised controlled study, *Nutr. J.* (2017). <https://doi.org/10.1186/s12937-017-0275-0>.
- [86] W.L. Hall, D.J. Millward, S.J. Long, L.M. Morgan, Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite, *Br. J. Nutr.* (2003). <https://doi.org/10.1079/bjn2002760>.
- [87] M.Y. Bhat, T.A. Dar, L.R. Singh, Casein Proteins: Structural and Functional Aspects, in: *Milk Proteins - From Struct. to Biol. Prop. Heal. Asp.*, 2016. <https://doi.org/10.5772/64187>.
- [88] S. Ho, K. Woodford, S. Kukuljan, S. Pal, Comparative effects of A1 versus A2 beta-casein on gastrointestinal measures: A blinded randomised cross-over pilot study, *Eur. J. Clin. Nutr.* (2014). <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.127>.
- [89] C. Kunz, B. Lönnerdal, Human-milk proteins: Analysis of casein and casein subunits by anion-exchange chromatography, gel electrophoresis, and specific staining methods, *Am. J. Clin. Nutr.* (1990). <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.1.37>.
- [90] S.H.M. Gorissen, J.J.R. Crombag, J.M.G. Senden, W.A.H. Waterval, J. Bierau, L.B. Verdijk, L.J.C. van Loon, Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates, *Amino Acids*. (2018). <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>.
- [91] Y. Mine, Recent advances in the understanding of egg white protein functionality, *Trends Food Sci. Technol.* (1995). [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89083-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89083-4).
- [92] V. Kiosseoglou, Egg yolk protein gels and emulsions, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* (2003). [https://doi.org/10.1016/S1359-0294\(03\)00094-3](https://doi.org/10.1016/S1359-0294(03)00094-3).
- [93] J. Soderberg, Functional properties of legume proteins compared to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food, *Fac. Nat. Resour. Agric. Sci.* (2013). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- [94] Y. Mine, Recent advances in egg protein functionality in the food system, *Worlds. Poult. Sci. J.* (2002). <https://doi.org/10.1079/WPS20020005>.
- [95] S. Guha, K. Majumder, Y. Mine, Egg proteins, in: *Encycl. Food Chem.*, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21603-X>.



- [96] R. Karoui, B. De Ketelaere, B. Kemps, F. Bamelis, K. Mertens, J. De Baerdemaeker, Eggs and Egg Products, in: *Infrared Spectrosc. Food Qual. Anal. Control*, 2009. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374136-3.00015-8>.
- [97] A.M. López Sobaler, A. Aparicio Vizuete, R.M. Ortega, Role of the egg in the diet of athletes and physically active people, *Nutr. Hosp.* (2017). <https://doi.org/10.20960/nh.1568>.
- [98] A.M. López-Sobaler, A. Aparicio Vizuete, R.M. Ortega, Papel del huevo en la dieta de deportistas y personas físicamente activas TT - Role of the egg in the diet of athletes and physically active people, *Nutr. Hosp.* (2017).
- [99] M.C. Gomez-Guillen, B. Gimenez, M.E. Lopez-Caballero, M.P. Montero, Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review, *Food Hydrocoll.* 25 (2011) 1813–1827. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>.
- [100] M.D. Shoulders, R.T. Raines, Collagen structure and stability, *Annu. Rev. Biochem.* 78 (2009) 929–958. <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>.
- [101] R. Residente, Medicina del deporte, *Acta Médica Colomb.* 43 (2019) 176. <https://doi.org/10.36104/amc.2018.1400>.
- [102] W.F. Martin, L.E. Armstrong, N.R. Rodriguez, Dietary protein intake and renal function, in: *Clin. Nutr. Interface Between Metab. Diet, Dis.*, 2013. <https://doi.org/10.1201/b16308>.
- [103] W.F. Martin, L.E. Armstrong, N.R. Rodriguez, Dietary protein intake and renal function, *Nutr. Metab.* (2005). <https://doi.org/10.1186/1743-7075-2-25>.
- [104] E.L. Knight, M.J. Stampfer, S.E. Hankinson, D. Spiegelman, G.C. Curhan, The Impact of Protein Intake on Renal Function Decline in Women with Normal Renal Function or Mild Renal Insufficiency, *Ann. Intern. Med.* (2003). <https://doi.org/10.7326/0003-4819-138-6-200303180-00009>.
- [105] A.J. King, A.S. Levey, Dietary protein and renal function, *J. Am. Soc. Nephrol.* (1993).
- [106] W.F. Martin, L.E. Armstrong, N.R. Rodriguez, Nutrition & Metabolism Dietary protein intake and renal function, *Nutr. Metab. (Lond.)* (2005). <https://doi.org/10.1186/1743-7075-2-25>.
- [107] L. Robertson, N. Waugh, A. Robertson, Protein restriction for diabetic renal disease, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2007). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002181.pub2>.
- [108] B.W. Yoo, G.M. Choi, J.H. Kim, S.W. Lee, Sports drink comprising extracts of red ginseng, *Lycium barbarum* and *Euterpe oleracea.*, *Repub. Korean Kongkae Taeho Kongbo.* (2013).
- [109] V. Wyss, G.P. Ganzit, Piroxicam- $\beta$ -Cyclodextrin in Sports Medicine and Traumatology, *Drug Investig.* (1990). <https://doi.org/10.1007/BF03258230>.
- [110] 2) Keiji Terao (1, Y.U. (2), N.I. (2), T.F. (2), H. (2), D.N. (2), T.O. (1), K.S. (1), K. Matsumoto(1), N.K. 1), *Gamma-cyclodextrin complexes of functional food*

- ingredients for sport nutrition, 29th Natl. Cyclodext. Symp. Japan, Sept. 6-7, 2012, P-52. (2012).
- [111] K. Martina, A. Binello, D. Lawson, L. Jicsinszky, G. Cravotto, Recent Applications of Cyclodextrins as Food Additives and in Food Processing, *Curr. Nutr. Food Sci.* (2013). <https://doi.org/10.2174/1573401311309030001>.
- [112] Fenyvesi, M. Vikmon, L. Szente, Cyclodextrins in Food Technology and Human Nutrition: Benefits and Limitations, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* (2016). <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.809513>.
- [113] A.S. Fagundes, F.Q. Almeida, F.N. de Godoi, E.X.F. Migon, T.M. dos Santos, P.V.E.H. Laranjeira, Creatine and maltodextrine dietetic supplementation in eventing horses at training, *Rev. Bras. Zootec.* (2011). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000900013>.
- [114] M.A. Tarnopolsky, G. Parise, N.J. Yardley, C.S. Ballantyne, S. Olatunji, S.M. Phillips, Creatine-dextrose and protein-dextrose induce similar strength gains during training, *Med. Sci. Sports Exerc.* (2001). <https://doi.org/10.1097/00005768-200112000-00011>.
- [115] J.E. Tang, J.J. Manolagos, G.W. Kujbida, P.J. Lysecki, D.R. Moore, S.M. Phillips, Minimal whey protein with carbohydrate stimulates muscle protein synthesis following resistance exercise in trained young men, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* (2007). <https://doi.org/10.1139/H07-076>.
- [116] J.B. Vincent, The biochemistry of chromium, *J. Nutr.* (2000). <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.715>.
- [117] J.M. Ashley, S.T. St Jeor, S. Perumean-Chaney, J. Schrage, V. Bovee, Meal replacements in weight intervention., *Obes. Res.* (2001). <https://doi.org/10.1038/oby.2001.136>.
- [118] S.B. Heymsfield, Meal replacements and energy balance, *Physiol. Behav.* (2010). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.02.010>.
- [119] J.B. Keogh, P.M. Clifton, The role of meal replacements in obesity treatment, *Obes. Rev.* (2005). <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2005.00171.x>.
- [120] M. Noakes, P.R. Foster, J.B. Keogh, P.M. Clifton, Meal replacements are as effective as structured weight-loss diets for treating obesity in adults with features of metabolic syndrome, *J. Nutr.* (2004). <https://doi.org/10.1093/jn/134.8.1894>.
- [121] R.I. Berkowitz, T.A. Wadden, C.A. Gehrman, C.T. Bishop-Gilyard, R.H. Moore, L.G. Womble, J.L. Cronquist, N.L. Trumpikas, L.E. Levitt Katz, M.S. Xanthopoulos, Meal replacements in the treatment of adolescent obesity: A randomized controlled trial, *Obesity.* (2011). <https://doi.org/10.1038/oby.2010.288>.
- [122] S. Warner, Branched Chain Amino Acids and Exercise, *Firstendurance.Com.* (2006) 529–532. [http://www.firstendurance.com/newsletter\\_aminoacids.html](http://www.firstendurance.com/newsletter_aminoacids.html).
- [123] F. Bifari, E. Nisoli, Branched-chain amino acids differently modulate catabolic and anabolic states in mammals: a pharmacological point of view, *Br. J. Pharmacol.* 174 (2017) 1366–1377. <https://doi.org/10.1111/bph.13624>.

- [124] Z. Bloomgarden, Diabetes and branched-chain amino acids: What is the link?, *J. Diabetes*. (2018). <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12645>.
- [125] Y. Shimomura, Y. Yamamoto, G. Bajotto, J. Sato, T. Murakami, N. Shimomura, H. Kobayashi, K. Mawatari, Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle, in: *J. Nutr.*, 2006. <https://doi.org/10.1093/jn/136.2.529s>.
- [126] Y. Shimomura, T. Murakami, N. Nakai, M. Nagasaki, R.A. Harris, Exercise promotes BCAA catabolism: Effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise, *J. Nutr.* 134 (2004) 1583–1587. <https://doi.org/10.1093/jn/134.6.1583s>.
- [127] K.R. Karlsson, R. Ko, E. Blomstrand, Branched-Chain Amino Acids : Metabolism , Physiological Function , and Application Branched-Chain Amino Acids Activate Key Enzymes in Protein Synthesis, *J. Nutr.* 136 (2006) 269–273.
- [128] J.M. Martínez Sanz, A. Norte Navarro, E. Salinas García, I. Sospedra López, An Overview on Essential Amino Acids and Branched Chain Amino Acids, Second Edi, Elsevier Inc., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813922-6.00043-6>.
- [129] D.T. Chuang, Branched-Chain Amino Acids, in: *Encycl. Biol. Chem. Second Ed.*, 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378630-2.00072-4>.
- [130] R.R. Wolfe, Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: Myth or reality?, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14 (2017) 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0184-9>.
- [131] M. Holeček, Branched-chain amino acids in health and disease: Metabolism, alterations in blood plasma, and as supplements, *Nutr. Metab.* (2018). <https://doi.org/10.1186/s12986-018-0271-1>.
- [132] S.G. Kim, G.R. Buel, J. Blenis, Nutrient regulation of the mTOR complex 1 signaling pathway., *Mol. Cells.* 35 (2013) 463–473. <https://doi.org/10.1007/s10059-013-0138-2>.
- [133] D.J. Wilkinson, T. Hossain, D.S. Hill, B.E. Phillips, H. Crossland, J. Williams, P. Loughna, T.A. Churchward-Venne, L. Breen, S.M. Phillips, T. Etheridge, J.A. Rathmacher, K. Smith, N.J. Szewczyk, P.J. Atherton, Effects of leucine and its metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism, *J. Physiol.* 591 (2013) 2911–2923. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.253203>.
- [134] J.S. Jakubowski, E.A. Nunes, F.J. Teixeira, V. Vescio, R.W. Morton, L. Banfield, S.M. Phillips, Supplementation with the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (Hmb) does not improve resistance exercise-induced changes in body composition or strength in young subjects: A systematic review and meta-analysis, *Nutrients*. 12 (2020) 10–12. <https://doi.org/10.3390/nu12051523>.
- [135] P.J. Fitschen, G.J. Wilson, J.M. Wilson, K.R. Wilund, Efficacy of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation in elderly and clinical populations, *Nutrition*. (2013). <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.05.005>.
- [136] K. Durkalec-Michalski, J. Jeszka, The effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on aerobic capacity and body composition in trained athletes, *J. Strength Cond. Res.* (2016). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001361>.

- [137] E. Jówko, P. Ostaszewski, M. Jank, J. Sacharuk, A. Zieniewicz, J. Wilczak, S. Nissen, Creatine and  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program, *Nutrition*. (2001). [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00540-8](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00540-8).
- [138] N.E.P. Deutz, S.L. Pereira, N.P. Hays, J.S. Oliver, N.K. Edens, C.M. Evans, R.R. Wolfe, Effect of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) on lean body mass during 10 days of bed rest in older adults, *Clin. Nutr.* (2013). <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2013.02.011>.
- [139] S. Portal, Z. Zadik, J. Rabinowitz, R. Pilz-Burstein, D. Adler-Portal, Y. Meckel, D.M. Cooper, A. Eliakim, D. Nemet, The effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal and inflammatory mediators in elite adolescent volleyball players: A prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study, *Eur. J. Appl. Physiol.* (2011). <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1855-x>.
- [140] L.B. Panton, J.A. Rathmacher, S. Baier, S. Nissen, Nutritional supplementation of the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) during resistance training, *Nutrition*. (2000). [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00376-2](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00376-2).
- [141] Y. Gepner, A.N. Varanoske, D. Boffey, J.R. Hoffman, Benefits of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate supplementation in trained and untrained individuals, *Res. Sport. Med.* 27 (2019) 204–218. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1533470>.
- [142] J. Courel-Ibáñez, J.G. Pallarés, J.G. Pallarés, R. Morán Navarro, E. Saura Guillén, A. Martínez Cava, A. Sánchez Pay, Á. Buendía Romero, S. García Conesa, Effects of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (HMB) supplementation in addition to multicomponent exercise in adults older than 70 years living in nursing homes, a cluster randomized placebo-controlled trial: The HEAL study protocol, *BMC Geriatr.* (2019). <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1200-5>.
- [143] J. Cholewa, E. Trexler, F. Lima-Soares, K. de Araújo Pessôa, R. Sousa-Silva, A.M. Santos, X. Zhi, H. Nicastro, C.E.T. Cabido, M.C. de Freitas, F. Rossi, N.E. Zanchi, Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on “secondary” physiological determinants, *Nutrition*. 60 (2019) 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.10.011>.
- [144] E.T. Trexler, A.E. Smith-Ryan, J.R. Stout, J.R. Hoffman, C.D. Wilborn, C. Sale, R.B. Kreider, R. Jäger, C.P. Earnest, L. Bannock, B. Campbell, D. Kalman, T.N. Ziegenfuss, J. Antonio, International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0090-y>.
- [145] L. Blancquaert, I. Everaert, W. Derave, Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance, *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* (2015). <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000127>.
- [146] J.J. Quesnele, M.A. Laframboise, J.J. Wong, P. Kim, G.D. Wells, The effects of beta-alanine supplementation on performance: A systematic review of the literature, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2014). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0007>.
- [147] C. Sale, B. Saunders, R.C. Harris, Effect of beta-alanine supplementation on

- muscle carnosine concentrations and exercise performance, *Amino Acids*. (2010). <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0443-4>.
- [148] J.A. Davies, Beta alanine, in: *XPharm Compr. Pharmacol. Ref.*, 2007. <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.61301-7>.
- [149] K.J. Ducker, B. Dawson, K.E. Wallman, Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2013). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.23.6.554>.
- [150] A.R. Jagim, G.A. Wright, A.G. Brice, S.T. Doberstein, Effects of beta-alanine supplementation on sprint endurance, *J. Strength Cond. Res.* (2013). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318256bedc>.
- [151] S. Del Favero, H. Roschel, M.Y. Solis, A.P. Hayashi, G.G. Artioli, M.C. Otaduy, F.B. Benatti, R.C. Harris, J.A. Wise, C.C. Leite, R.M. Pereira, A.L. De Sá-Pinto, A.H. Lancha-Junior, B. Gualano, Beta-alanine (Carnosyn™) supplementation in elderly subjects (60-80 years): Effects on muscle carnosine content and physical capacity, *Amino Acids*. (2012). <https://doi.org/10.1007/s00726-011-1190-x>.
- [152] J.Y. Culbertson, R.B. Kreider, M. Greenwood, M. Cooke, Effects of Beta-alanine on muscle carnosine and exercise performance: A review of the current literature, *Nutrients*. (2010). <https://doi.org/10.3390/nu2010075>.
- [153] M.F. Baird, S.M. Graham, J.S. Baker, G.F. Bickerstaff, Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery, *J. Nutr. Metab.* 2012 (2012). <https://doi.org/10.1155/2012/960363>.
- [154] S. Wankhede, D. Langade, K. Joshi, S.R. Sinha, S. Bhattacharyya, Examining the effect of *Withania somnifera* supplementation on muscle strength and recovery: A randomized controlled trial, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 12 (2015) 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0104-9>.
- [155] M. Wyss, R. Kaddurah-Daouk, Creatine and creatinine metabolism, *Physiol. Rev.* 80 (2000) 1107–1213. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.3.1107>.
- [156] R.B. Kreider, Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations, *Mol. Cell. Biochem.* (2003). <https://doi.org/10.1023/A:1022465203458>.
- [157] M. Hall, T.H. Trojian, Creatine supplementation, *Curr. Sports Med. Rep.* (2013). <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829cdf2>.
- [158] R. Cooper, F. Naclerio, J. Allgrove, A. Jimenez, Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: An update, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2012). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-33>.
- [159] S. Andres, R. Ziegenhagen, I. Trefflich, S. Pevny, K. Schultrich, H. Braun, W. Schänzer, K.I. Hirsch-Ernst, B. Schäfer, A. Lampen, Creatine and creatine forms intended for sports nutrition, *Mol. Nutr. Food Res.* (2017). <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600772>.
- [160] L. Mora, F. Toldrá, Creatine, in: *Handb. Anal. Act. Compd. Funct. Foods*, 2012. <https://doi.org/10.1201/b11653>.
- [161] E. Hultman, K. Söderlund, J.A. Timmons, G. Cederblad, P.L. Greenhaff, Muscle



- creatine loading in men, *J. Appl. Physiol.* (1996).  
<https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.1.232>.
- [162] A. Shao, J.N. Hathcock, Risk assessment for creatine monohydrate, *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 45 (2006) 242–251.  
<https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2006.05.005>.
- [163] M.A. Tarnopolsky, Caffeine and creatine use in sport, *Ann. Nutr. Metab.* (2011).  
<https://doi.org/10.1159/000322696>.
- [164] J. Butts, B. Jacobs, M. Silvis, Creatine Use in Sports, *Sports Health.* (2018).  
<https://doi.org/10.1177/1941738117737248>.
- [165] A. de Souza e Silva, A. Pertille, C.G. Reis Barbosa, J. Aparecida de Oliveira Silva, D.V. de Jesus, A.G.S.V. Ribeiro, R.J. Baganha, J.J. de Oliveira, Effects of Creatine Supplementation on Renal Function: A Systematic Review and Meta-Analysis, *J. Ren. Nutr.* 29 (2019) 480–489. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2019.05.004>.
- [166] A.M. Persky, G.A. Brazeau, G. Hochhaus, Pharmacokinetics of the dietary supplement creatine, *Clin. Pharmacokinet.* 42 (2003) 557–574.  
<https://doi.org/10.2165/00003088-200342060-00005>.
- [167] P.D. Balsom, K. Söderlund, B. Ekblom, Creatine in Humans with Special Reference to Creatine Supplementation, *Sport. Med.* (1994).  
<https://doi.org/10.2165/00007256-199418040-00005>.
- [168] P.D. BALSOM, K. SÖDERLUND, B. SJÖDIN, B. EKBLÖM, Skeletal muscle metabolism during short duration high-intensity exercise: influence of creatine supplementation, *Acta Physiol. Scand.* (1995). <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1995.tb09914.x>.
- [169] P.D. Balsom, B. Ekblom, K. Söerlund, B. Sjödlm, E. Hultman, Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise, *Scand. J. Med. Sci. Sports.* (1993). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1993.tb00378.x>.
- [170] P.D. BALSOM, S.D.R. HARRIDGE, K. SODERLUND, B. SJODIN, B. EKBLÖM, Creatine supplementation per se does not enhance endurance exercise performance, *Acta Physiol. Scand.* (1993). <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1993.tb09649.x>.
- [171] S. Fujita, H.C. Dreyer, M.J. Drummond, E.L. Glynn, E. Volpi, B.B. Rasmussen, Essential amino acid and carbohydrate ingestion before resistance exercise does not enhance postexercise muscle protein synthesis, *J. Appl. Physiol.* (2009).  
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.90395.2008>.
- [172] H.C. Dreyer, L.A. Strycker, H.A. Senesac, A.D. Hocker, K. Smolkowski, S.N. Shah, B.A. Jewett, Essential amino acid supplementation in patients following total knee arthroplasty, *J. Clin. Invest.* (2013). <https://doi.org/10.1172/JCI70160>.
- [173] P. Tessari, A. Lante, G. Mosca, Essential amino acids: Master regulators of nutrition and environmental footprint?, *Sci. Rep.* (2016).  
<https://doi.org/10.1038/srep26074>.
- [174] R.W. Dal Negro, A. Testa, R. Aquilani, S. Tognella, E. Pasini, A. Barbieri, F. Boschi, Essential amino acid supplementation in patients with severe COPD: A step towards home rehabilitation, *Monaldi Arch. Chest Dis. - Pulm. Ser.* (2012).

- <https://doi.org/10.4081/monaldi.2012.154>.
- [175] P.P. Paoli, D. Donley, D. Stabler, A. Saseendranath, S.W. Nicolson, S.J. Simpson, G.A. Wright, Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age, *Amino Acids*. (2014). <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1706-2>.
- [176] E. Børsheim, K.D. Tipton, S.E. Wolf, R.R. Wolfe, Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise, *Am. J. Physiol. - Endocrinol. Metab.* (2002). <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00466.2001>.
- [177] E. Volpi, H. Kobayashi, M. Sheffield-Moore, B. Mittendorfer, R.R. Wolfe, Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults, *Am. J. Clin. Nutr.* (2003). <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.2.250>.
- [178] S.F. Abcouwer, Glutamine, in: *Encycl. Diet. Suppl.*, 2004. <https://doi.org/10.1081/E-EDS-120022066>.
- [179] P. Nicklin, P. Bergman, B. Zhang, E. Triantafellow, H. Wang, B. Nyfeler, H. Yang, M. Hild, C. Kung, C. Wilson, V.E. Myer, J.P. MacKeigan, J.A. Porter, Y.K. Wang, L.C. Cantley, P.M. Finan, L.O. Murphy, Bidirectional Transport of Amino Acids Regulates mTOR and Autophagy, *Cell*. (2009). <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.11.044>.
- [180] J.L. Jewell, Y.C. Kim, R.C. Russell, F.X. Yu, H.W. Park, S.W. Plouffe, V.S. Tagliabracchi, K.L. Guan, Differential regulation of mTORC1 by leucine and glutamine, *Science* (80-. ). (2015). <https://doi.org/10.1126/science.1259472>.
- [181] R.K. Rao, G. Samak, Role of glutamine in protection of intestinal epithelial tight junctions, *J. Epithel. Biol. Pharmacol.* (2012). <https://doi.org/10.2174/1875044301205010047>.
- [182] W.W. Souba, Glutamine and cancer, *Ann. Surg.* (1993). <https://doi.org/10.1097/00000658-199312000-00004>.
- [183] C.T. Hensley, A.T. Wasti, R.J. DeBerardinis, Glutamine and cancer: Cell biology, physiology, and clinical opportunities, *J. Clin. Invest.* (2013). <https://doi.org/10.1172/JCI69600>.
- [184] A. D’Aniello, A. Di Cosmo, C. Di Cristo, L. Annunziato, L. Petrucelli, G. Fisher, Involvement of D-aspartic acid in the synthesis of testosterone in rat testes, *Life Sci.* 59 (1996) 97–104. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(96\)00266-4](https://doi.org/10.1016/0024-3205(96)00266-4).
- [185] E. Topo, A. Soricelli, A. D’Aniello, S. Ronsini, G. D’Aniello, The role and molecular mechanism of D-aspartic acid in the release and synthesis of LH and testosterone in humans and rats, *Reprod. Biol. Endocrinol.* (2009). <https://doi.org/10.1186/1477-7827-7-120>.
- [186] G.W. Melville, J.C. Siegler, P.W.M. Marshall, Three and six grams supplementation of d-aspartic acid in resistance trained men, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0078-7>.
- [187] A. D’Aniello, d-Aspartic acid: An endogenous amino acid with an important neuroendocrine role, *Brain Res. Rev.* (2007). <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.08.005>.



- [188] G.W. Melville, J.C. Siegler, P.W.M. Marshall, The effects of d-aspartic acid supplementation in resistance-trained men over a three month training period: A randomised controlled trial, *PLoS One.* (2017). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182630>.
- [189] F. Roshanzamir, S.M. Safavi, The putative effects of D-Aspartic acid on blood testosterone levels: A systematic review, *Int. J. Reprod. Biomed.* (2017). <https://doi.org/10.29252/ijrm.15.1.1>.
- [190] C. Lamanna, L. Assisi, A. Vittoria, V. Botte, M.M. Di Fiore, d-Aspartic acid and nitric oxide as regulators of androgen production in boar testis, *Theriogenology.* (2007). <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.07.016>.
- [191] D.S. Willoughby, B. Leutholtz, D-Aspartic acid supplementation combined with 28 days of heavy resistance training has no effect on body composition, muscle strength, and serum hormones associated with the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in resistance-trained men, *Nutr. Res.* (2013). <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.07.010>.
- [192] C.D. Wilborn, C.M. Kerksick, B.I. Campbell, L.W. Taylor, B.M. Marcello, C.J. Rasmussen, M.C. Greenwood, A. Almada, R.B. Kreider, Effects of Zinc Magnesium Aspartate (ZMA) Supplementation on Training Adaptations and Markers of Anabolism and Catabolism, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 1 (2004) 12–20. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-1-2-12>.
- [193] J.B. Grissom, Effects of a Novel Zinc-Magnesium Formulation on Hormones and Strength, *J. Exerc. Physiol.* 8 (2005) 11–25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874564>.
- [194] V. Cinar, Y. Polat, A.K. Baltaci, R. Mogulkoc, Effects of magnesium supplementation on testosterone levels of athletes and sedentary subjects at rest and after exhaustion, *Biol. Trace Elem. Res.* 140 (2011) 18–23. <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8676-3>.
- [195] N. Omer, A. Rohilla, S. Rohilla, A. Kushnoor, Nitric Oxide: Role in Human Biology, *Ijpsdr.* 4 (2012) 105–109. [www.ijpsdr.com](http://www.ijpsdr.com).
- [196] R.B. Preli, K.P. Klein, D.M. Herrington, Vascular effects of dietary L-arginine supplementation, *Atherosclerosis.* 162 (2002) 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(01\)00717-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(01)00717-1).
- [197] A.I. Bocheva, E.B. Maximova, T.I. Pajpanova, Effects of L-canavanine, L-arginine, L-ornithine, L-citrulline and L-canaline on pentylentetrazole seizures, in: 2005. <https://doi.org/10.1135/css200508010>.
- [198] M. Mori, T. Gotoh, A. Nagasaki, M. Takiguchi, K. Miyanaka, Arginine metabolism and nitric oxide production, *Pathophysiology.* (1998). [https://doi.org/10.1016/s0928-4680\(98\)80513-0](https://doi.org/10.1016/s0928-4680(98)80513-0).
- [199] K. Takeda, T. Takemasa, *An Overview of Ornithine, Arginine, and Citrulline in Exercise and Sports Nutrition*, Second Edi, Elsevier Inc., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813922-6.00053-9>.
- [200] S. Habib, Moinuddin, A. Ali, *Role of Nitric Oxide in Sports Nutrition*, Second Edi, Elsevier Inc., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813922-6.00027-8>.

- [201] J.S. Stamler, G. Meissner, Physiology of nitric oxide in skeletal muscle, *Physiol. Rev.* (2001). <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.1.209>.
- [202] U. Förstermann, W.C. Sessa, Nitric oxide synthases: Regulation and function, *Eur. Heart J.* (2012). <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr304>.
- [203] A. Chatterjee, J. Abraham, A comprehensive study on sports and energy drinks, Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815851-7.00015-2>.
- [204] J. Marcinkiewicz, E. Kontny, Taurine and inflammatory diseases, *Amino Acids.* (2014). <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1361-4>.
- [205] S.W. Schaffer, C. Ju Jong, R. Kc, J. Azuma, Physiological roles of taurine in heart and muscle, in: *J. Biomed. Sci.*, 2010. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-S1-S2>.
- [206] G.B. Schuller-Levis, E. Park, Taurine: New implications for an old amino acid, *FEMS Microbiol. Lett.* (2003). [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00611-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00611-6).
- [207] R.J. Huxtable, Physiological actions of taurine, *Physiol. Rev.* (1992). <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.1.101>.
- [208] J.Y. Wu, H. Prentice, Role of taurine in the central nervous system, in: *J. Biomed. Sci.*, 2010. <https://doi.org/10.1186/1423-0127-17-S1-S1>.
- [209] J.G. Jacobsen, L.H. Smith, Biochemistry and physiology of taurine and taurine derivatives., *Physiol. Rev.* (1968). <https://doi.org/10.1152/physrev.1968.48.2.424>.
- [210] J.A. Davies, Taurine, in: *XPharm Compr. Pharmacol. Ref.*, 2007. <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.62714-X>.
- [211] M. Hinz, A. Stein, T. Uncini, 5-HTP efficacy and contraindications, *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* (2012). <https://doi.org/10.2147/NDT.S33259>.
- [212] T.C. Birdsall, 5-Hydroxytryptophan: A Clinically-Effective Serotonin Precursor, *Altern. Med. Rev.* (1998).
- [213] E.H. Turner, J.M. Loftis, A.D. Blackwell, Serotonin a la carte: Supplementation with the serotonin precursor 5-hydroxytryptophan, *Pharmacol. Ther.* (2006). <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2005.06.004>.
- [214] K.A. Shaw, J. Turner, C. Del Mar, Tryptophan and 5-Hydroxytryptophan for depression, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2002). <https://doi.org/10.1002/14651858.cd003198>.
- [215] 5-HTP, in: *Encycl. Clin. Neuropsychol.*, 2011. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3\\_4921](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_4921).
- [216] K. Nakamura, H. Hasegawa, Production and peripheral roles of 5-HTP, a precursor of serotonin, *Int. J. Tryptophan Res.* (2009). <https://doi.org/10.4137/ijtr.s1022>.
- [217] D.Y. Gaitonde, K.D. Rowley, L.B. Sweeney, D.D. Eisenhower, C. Alva-Sánchez, J. Pacheco-Rosado, T. Fregoso-Aguilar, I. Villanueva, N.C. Brandan, I.C. Llanos, F.A. Horak, H.O. Tannuri, A.N. Rodríguez, D.A.N. Ruíz, CDC, P. Fong, E. González-Jiménez, J.S. Río-Valle, P.T. Katzmarzyk, T. V. Barreira, S.T. Broyles, C.M. Champagne, J.P. Chaput, M. Fogelholm, G. Hu, W.D. Johnson, R. Kuriyan, A. Kurpad, E. V. Lambert, C. Maher, J. Maia, V. Matsudo, T. Olds, V. Onywera,

- O.L. Sarmiento, M. Standage, M.S. Tremblay, C. Tudor-Locke, P. Zhao, T.S. Church, M. Moreno, R. Mullur, Y.-Y. Liu, G.A. Brent, J. Olza, Á. Gil, W.D. Mcardle, F.I. Katch, V.L. Katch, OMS, J.H. Osorio, J. Vinasco, Y.J. Suárez, D.S. Montoya-morales, L. Alamilla-lugo, A. Sosa-caballero, J.P. Gutiérrez, J. Rivera-Dommarco, T. Shamah-Levy, S. Villalpando-Hernández, A. Franco, L. Cuevas-Nasu, M. Romero-Martínez, M. Hernández-Avila, M.C. Marí Silva, P. Toderescu, J.M. Alonso Gordo, M.I. Pérez Rodríguez, M.C. Sánchez González, A. Dumbraveanu, J.M. Saavedra, A.M. Dattilo, C. Sobrino, A. Perianes, L. Puebla, V. Barrios, E. Arilla, J. Un Ju, C. Myung-Sook, J.A. Vaitkus, J.S. Farrar, F.S. Celi, M.P.J. Vanderpump, R. Y. Rosales, D. Yeste, A. Carrascosa, M.B. Zimmermann, K. Boelaert, L.A. Moreno, J. Alfredo, A. Favela, G.M. Donlucas, G.D. Ochoa, M.C. Angosto, G. Messina, V. De Luca, A. Viggiano, A. Ascione, T. Iannaccone, S. Chieffi, M. Monda, S.G.J.A. Camps, S.P.M. Verhoef, K.R. Westerterp, B. Biondi, A. Bizhanova, P. Kopp, N. Abalde Amoedo, M.R. Pino Juste, F. Goglia, J. Wu, P. Cohen, B.M. Spiegelman, S. Iossa, L. Lionetti, M.P. Mollica, R. Crescenzo, A. Barletta, G. Liverini, F. Generale, U. Napoli, V. Mezzocannone, E.M. Rutkowski, C.D. Connelly, A.J. Krause, B. Cines, E. Pogrebniak, R. Sherafat-Kazemzadeh, A.P. Demidowich, O.A. Galescu, S.M. Brady, J.C. Reynolds, V.S. Hubbard, J.A. Yanovski, N. Martínez-Sánchez, C. V. Alvarez, J. Fern?, R. Nogueiras, C. Di?guez, M. L?pez, E.A. Mcaninch, A.C. Bianco, L. Pacifico, C. Anania, F. Ferraro, G.M. Andreoli, C. Chiesa, O. Access, J.H. Osorio, Y.J. Suarez, L.F. Uribe-velázquez, G.R. Williams, Hormonas tiroides, Univ. Nac. Del Nord. 27 (2015) 1696–1702. <https://doi.org/10.1089/thy.2007.0257>.
- [218] H.R. Lieberman, Nutrition, brain function and cognitive performance, *Appetite*. (2003). [https://doi.org/10.1016/S0195-6663\(03\)00010-2](https://doi.org/10.1016/S0195-6663(03)00010-2).
- [219] R. Meeusen, L. Decroix, Nutritional supplements and the brain, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2018). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0314>.
- [220] V.J. Poustie, P. Rutherford, Tyrosine supplementation for phenylketonuria, in: *Cochrane Database Syst. Rev.*, 1999. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd001507>.
- [221] B.J. Jongkees, B. Hommel, S. Kühn, L.S. Colzato, Effect of tyrosine supplementation on clinical and healthy populations under stress or cognitive demands-A review, *J. Psychiatr. Res.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2015.08.014>.
- [222] C.R. Mahoney, J. Castellani, F.M. Kramer, A. Young, H.R. Lieberman, Tyrosine supplementation mitigates working memory decrements during cold exposure, *Physiol. Behav.* (2007). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.05.003>.
- [223] M. Saavedra, L.E.C. Conceição, S. Helland, P. Pousão-Ferreira, M.T. Dinis, Effect of lysine and tyrosine supplementation in the amino acid metabolism of *Diplodus sargus* larvae fed rotifers, *Aquaculture*. (2008). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.021>.
- [224] J.B. Deijen, C.J.E. Wientjes, H.F.M. Vullings, P.A. Cloin, J.J. Langefeld, Tyrosine improves cognitive performance and reduces blood pressure in cadets after one week of a combat training course, *Brain Res. Bull.* (1999). [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(98\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(98)00163-4).
- [225] J. Zaragoza, G. Tinsley, S. Urbina, K. Villa, E. Santos, A. Juaneza, M. Tinnin, C. Davidson, S. Mitmesser, Z. Zhang, L. Taylor, Effects of acute caffeine, theanine

- and tyrosine supplementation on mental and physical performance in athletes, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2019). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0326-3>.
- [226] L. Tumilty, G. Davison, M. Beckmann, R. Thatcher, Oral tyrosine supplementation improves exercise capacity in the heat, *Eur. J. Appl. Physiol.* (2011). <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1921-4>.
- [227] A.E. Eudy, L.L. Gordon, B.C. Hockaday, D.A. Lee, V. Lee, D. Luu, C.A. Martinez, P.J. Ambrose, Efficacy and safety of ingredients found in preworkout supplements, *Am. J. Heal. Pharm.* (2013). <https://doi.org/10.2146/ajhp120118>.
- [228] A.T. Robinson, A. Mazzuco, A.S. Sabbahi, A. Borghi-Silva, S.A. Phillips, The effect of 1 week of a multi-ingredient dietary preworkout supplement on resting and postacute resistance exercise vascular function, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2018). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0010>.
- [229] A. William Kedia, J.E. Hofheins, S.M. Habowski, A.A. Ferrando, M. David Gothard, H.L. Lopez, Effects of a pre-workout supplement on lean mass, muscular performance, subjective workout experience and biomarkers of safety, *Int. J. Med. Sci.* (2013). <https://doi.org/10.7150/ijms.7073>.
- [230] A.M. Gonzalez, A.L. Walsh, N.A. Ratamess, J. Kang, J.R. Hoffman, Effect of a pre-workout energy supplement on acute multi-joint resistance exercise, *J. Sport. Sci. Med.* (2011).
- [231] G. Gallien, D. Bellar, G.R. Davis, The Efficacy of a Pre-Workout Vegan Supplement on High-Intensity Cycling Performance in Healthy College-Aged Males, *J. Diet. Suppl.* (2017). <https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1310780>.
- [232] A. Ellerbroek, J. Antonio, Effects of Pre-Workout Supplements on Strength, Endurance, and Mood, *Internet J. Allied Heal. Sci. Pract.* (2018).
- [233] A.R. Jagim, M.T. Jones, G.A. Wright, C. St. Antoine, A. Kovacs, J.M. Oliver, The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic capacity, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2016). <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0122-2>.
- [234] P.S. Harty, H.A. Zabriskie, J.L. Erickson, P.E. Molling, C.M. Kerksick, A.R. Jagim, Multi-ingredient pre-workout supplements, safety implications, and performance outcomes: A brief review, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2018). <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0247-6>.
- [235] R.M. Vogel, J.M. Joy, P.H. Falcone, M.M. Mosman, M.P. Kim, J.R. Moon, Safety of a dose-escalated pre-workout supplement in recreationally active females, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0074-y>.
- [236] Y.P. Jung, C.P. Earnest, M. Koozehchian, M. Cho, N. Barringer, D. Walker, C. Rasmussen, M. Greenwood, P.S. Murano, R.B. Kreider, Effects of ingesting a pre-workout dietary supplement with and without synephrine for 8 weeks on training adaptations in resistance-trained males, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2017). <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0158-3>.
- [237] S. Dongre, D. Langade, S. Bhattacharyya, Efficacy and Safety of Ashwagandha (*Withania somnifera*) Root Extract in Improving Sexual Function in Women: A Pilot Study, *Biomed Res. Int.* 2015 (2015). <https://doi.org/10.1155/2015/284154>.

- [238] E. Yarnell, Herbs for erectile dysfunction, *Altern. Complement. Ther.* (2015). <https://doi.org/10.1089/act.2015.29029.eya>.
- [239] AMR, *Withania somnifera*: a monograph, *Altern. Med. Rev.* (2004).
- [240] S.K. Verma, A. Kumar, Therapeutic uses of *withania somnifera* (Ashwagandha) with a note on withanolides and its pharmacological actions, *Asian J. Pharm. Clin. Res.* (2011).
- [241] Shrilata, K. ST, C. CP, A. M, A Review Article of adaptogenic activity of Ashwaganda, *J. Pharm. Sci. Innov.* (2017).
- [242] V. De Clerck, Research Ashwaganda, *Rev. Bras. Ergon.* (2016).
- [243] D.D. Nguyen, C.L.D. Almirante, S. Swamy, L.A. Willard, D. Castillo, R. Khardori, Effect of ashwagandha on adrenal hormones., 95th Annu. Meet. Expo Endocr. Soc. ENDO 2013 San Fr. CA United States. (2013).
- [244] M. Stone, A. Ibarra, M. Roller, A. Zangara, E. Stevenson, A pilot investigation into the effect of maca supplementation on physical activity and sexual desire in sportsmen, *J. Ethnopharmacol.* 126 (2009) 574–576. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.09.012>.
- [245] G. G.F., C. A., V. K., C. A., V. A., G. C., Effect of *Lepidium meyenii* (Maca), a root with aphrodisiac and fertility-enhancing properties, on serum reproductive hormone levels in adult healthy men, *J. Endocrinol.* 176 (2003) 163–168. <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed6&NEWS=N&AN=2003062132>.
- [246] E. Ramos Llica, B. Castañeda Castañeda, L.A. Ibáñez Vásquez, Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas, *Rev. La Acad. Peru. Salud.* (2008).
- [247] O. Corazza, G. Martinotti, R. Santacroce, E. Chillemi, M. Di Giannantonio, F. Schifano, S. Celtek, Sexual enhancement products for sale online: Raising awareness of the psychoactive effects of yohimbine, maca, horny goat weed, and ginkgo biloba, *Biomed Res. Int.* (2014). <https://doi.org/10.1155/2014/841798>.
- [248] G.F. Gonzales, L. Villaorduña, M. Gasco, J. Rubio, C. Gonzales, Maca (*Lepidium meyenii* WALP), una revisión sobre sus propiedades biológicas, *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica.* (2014). <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2014.311.15>.
- [249] M. Sandoval, N.N. Okuhama, F.M. Angeles, V. V. Melchor, L.A. Condezo, J. Lao, M.J.S. Miller, Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*), *Food Chem.* (2002). [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00133-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00133-4).
- [250] B.C. Shin, M.S. Lee, E.J. Yang, H.S. Lim, E. Ernst, Maca (*L. meyenii*) for improving sexual function: A systematic review, *BMC Complement. Altern. Med.* (2010). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-10-44>.
- [251] G.F. Gonzalez, A. Córdova, K. Vega, A. Chung, A. Villena, C. Góñez, Effect of *Lepidium meyenii* (Maca), a root with aphrodisiac and fertility-enhancing properties, on serum reproductive hormone levels in adult healthy men, *J. Endocrinol.* (2003). <https://doi.org/10.1677/joe.0.1760163>.
- [252] I. Muhammad, J. Zhao, I. Khan, Maca, in: *Encycl. Diet. Suppl.* Second Ed., 2010.



<https://doi.org/10.1201/b14669-62>.

- [253] G.F. Gonzales, A. Cordova, C. Gonzales, A. Chung, K. Vega, A. Villena, *Lepidium meyenii* (Maca) improved semen parameters in adult men, *Asian J. Androl.* (2001).
- [254] H.C. Bergstrom, M. Travis Byrd, B.J. Wallace, J.L. Clasey, Examination of a multi-ingredient preworkout supplement on total volume of resistance exercise and subsequent strength and power performance, *J. Strength Cond. Res.* (2018). <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002480>.
- [255] R. Raizel, A.Y. Coqueiro, A. Bonvini, J. Tirapegui, *Sports and energy drinks: Aspects to consider*, Elsevier Inc., 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815851-7.00001-2>.
- [256] K.L. Kendall, J.R. Moon, C.M. Fairman, B.D. Spradley, C.Y. Tai, P.H. Falcone, L.R. Carson, M.M. Mosman, J.M. Joy, M.P. Kim, E.R. Serrano, E.N. Esposito, Ingesting a preworkout supplement containing caffeine, creatine,  $\beta$ -alanine, amino acids, and B vitamins for 28 days is both safe and efficacious in recreationally active men, *Nutr. Res.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2014.04.003>.
- [257] A.G. Moreno, La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (segunda parte), *Arch. Med. Del Deport.* 33 (2016) 259–266.
- [258] W. da Silva, Á.S. Machado, M.A. Souza, P.B. Mello-Carpes, F.P. Carpes, Effect of green tea extract supplementation on exercise-induced delayed onset muscle soreness and muscular damage, *Physiol. Behav.* 194 (2018) 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.05.006>.
- [259] F. Mohammadpour, H. Darmani-Kuhi, A. Mohit, M.M. Sohani, Obesity, insulin resistance, adiponectin, and PPAR- $\gamma$  gene expression in broiler chicks fed diets supplemented with fat and green tea (*Camellia sinensis*) extract, *Domest. Anim. Endocrinol.* 72 (2020) 106440. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106440>.
- [260] V.R. Siniya, H.N. Mishra, Green tea: Health benefits, *J. Nutr. Environ. Med.* (2008). <https://doi.org/10.1080/13590840802518785>.
- [261] B. Narotzki, A.Z. Reznick, D. Aizenbud, Y. Levy, Green tea: A promising natural product in oral health, *Arch. Oral Biol.* (2012). <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.11.017>.
- [262] B.N. Singh, S. Shankar, R.K. Srivastava, Green tea catechin, epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Mechanisms, perspectives and clinical applications, *Biochem. Pharmacol.* (2011). <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2011.07.093>.
- [263] D.G. Nagle, D. Ferreira, Y.D. Zhou, Epigallocatechin-3-gallate (EGCG): Chemical and biomedical perspectives, *Phytochemistry.* (2006). <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.06.020>.
- [264] N. Martini, Green tea, *J. Prim. Health Care.* (2016). <https://doi.org/10.1071/HC15914>.
- [265] S.P.J. Namal Senanayake, Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications - A review, *J. Funct. Foods.* (2013). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.011>.

- [266] A.G. Dulloo, C. Duret, D. Rohrer, L. Girardier, N. Mensi, M. Fathi, P. Chantre, J. Vandermander, Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans, *Am. J. Clin. Nutr.* (1999). <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.6.1040>.
- [267] K. Boehm, F. Borrelli, E. Ernst, G. Habacher, S.K. Hung, S. Milazzo, M. Horneber, Green tea (*Camellia sinensis*) for the prevention of cancer, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2009). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005004.pub2>.
- [268] B. Salehi, R. Imani, M.R. Mohammadi, J. Fallah, M. Mohammadi, A. Ghanizadeh, A.A. Tasviechi, A. Vossoughi, S.A. Rezazadeh, S. Akhondzadeh, Ginkgo biloba for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in children and adolescents: A double blind, randomized controlled trial, *Prog. Neuro-Psychopharmacology Biol. Psychiatry.* (2010). <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2009.09.026>.
- [269] N. Malviya, S. Jain, V.B. Gupta, S. Vyas, Recent studies on aphrodisiac herbs for the management of male sexual dysfunction - A review, *Acta Pol. Pharm. - Drug Res.* (2011).
- [270] D.H. Na, H.Y. Ji, E.J. Park, M.S. Kim, K.H. Liu, H.S. Lee, Evaluation of metabolism-mediated herb-drug interactions, *Arch. Pharm. Res.* (2011). <https://doi.org/10.1007/s12272-011-1105-0>.
- [271] T. Chareernboon, K. Jaisin, Ginkgo biloba for prevention of dementia: A systematic review and meta-analysis, *J. Med. Assoc. Thai.* (2015).
- [272] R. Hofbauer, M. Frass, Ginkgo extract: A review, *Herbals Complement. Med.* (2002).
- [273] P. Rojas, P. Montes, C. Rojas, N. Serrano-García, J.C. Rojas-Castañeda, Effect of a phytopharmaceutical medicine, Ginko biloba extract 761, in an animal model of Parkinson's disease: Therapeutic perspectives, *Nutrition.* (2012). <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.03.007>.
- [274] A. Fugh-Berman, Herb-drug interactions, *Lancet.* (2000). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)06457-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)06457-0).
- [275] R. Mattei, R.F. Dias, E.B. Espínola, E.A. Carlini, S.B.M. Barros, Guarana (*Paullinia cupana*): Toxic behavioral effects in laboratory animals and antioxidant activity in vitro, *J. Ethnopharmacol.* (1998). [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00141-4).
- [276] K.A. Clauson, K.M. Shields, C.E. McQueen, N. Persad, Safety issues associated with commercially available energy drinks, *J. Am. Pharm. Assoc.* (2008). <https://doi.org/10.1331/JAPhA.2008.07055>.
- [277] S. Banga, V. Kumar, S. Suri, M. Kaushal, R. Prasad, S. Kaur, Nutraceutical Potential of Diet Drinks: A Critical Review on Components, Health Effects, and Consumer Safety, *J. Am. Coll. Nutr.* (2020). <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1642811>.
- [278] M. Spinella, Herbal Medicines and Epilepsy: The Potential for Benefit and Adverse Effects, *Epilepsy Behav.* (2001). <https://doi.org/10.1006/ebbeh.2001.0281>.
- [279] A. Scholey, C. Stough, Neurocognitive effects of herbal extracts, in: *Lifetime Nutr. Inllu. Cogn. Behav. Psychiatr. Illn.*, 2011.



<https://doi.org/10.1533/9780857092922.2.272>.

- [280] S. Bérubé-Parent, C. Pelletier, J. Doré, A. Tremblay, Effects of encapsulated green tea and Guarana extracts containing a mixture of epigallocatechin-3-gallate and caffeine on 24 h energy expenditure and fat oxidation in men, *Br. J. Nutr.* (2005). <https://doi.org/10.1079/bjn20051502>.
- [281] E.B. Espinola, R.F. Dias, R. Mattei, E.A. Carlini, Pharmacological activity of Guarana (*Paullinia cupana* Mart.) in laboratory animals, *J. Ethnopharmacol.* (1997). [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(96\)01506-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(96)01506-1).
- [282] C.P. Varghese, A. C, S.C. Jin, Y.J. Lim, T. Keisaban, Antioxidant and Anti-inflammatory Activity of *Eurycoma longifolia* Jack, A Traditional Medicinal Plant in Malaysia, *Int. J. Pharm. Sci. Nanotechnol.* (2013). <https://doi.org/10.37285/ijpsn.2012.5.4.7>.
- [283] S.U. Rehman, K. Choe, H.H. Yoo, Review on a traditional herbal medicine, *eurycoma longifolia* Jack (Tongkat Ali): Its traditional uses, chemistry, evidence-based pharmacology and toxicology, *Molecules.* (2016). <https://doi.org/10.3390/molecules21030331>.
- [284] R. Bhat, A.A. Karim, Tongkat Ali (*Eurycoma longifolia* Jack): A review on its ethnobotany and pharmacological importance, *Fitoterapia.* (2010). <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.04.006>.
- [285] C.K. Chen, A.S. Muhamad, F.K. Ooi, Herbs in exercise and sports, *J. Physiol. Anthropol.* (2012). <https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-4>.
- [286] K. Miyake, Y. Tezuka, S. Awale, F. Li, S. Kadota, Quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *J. Nat. Prod.* (2009). <https://doi.org/10.1021/np900486f>.
- [287] T.K. Lim, T.K. Lim, *Eurycoma longifolia*, in: *Edible Med. Non-Medicinal Plants*, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26062-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26062-4_19).
- [288] M.I. Bin Mohd Tambi, M.K. Imran, *Eurycoma longifolia* Jack in managing idiopathic male infertility, *Asian J. Androl.* (2010). <https://doi.org/10.1038/aja.2010.7>.
- [289] H.H. Ang, Y. Hitotsuyanagi, H. Fukaya, K. Takeya, Quassinoids from *Eurycoma longifolia*, *Phytochemistry.* (2002). [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00480-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00480-0).
- [290] A. Pokrywka, B. Morawin, J. Krzywański, A. Zembroń-Lacny, An Overview on *Tribulus terrestris* in Sports Nutrition and Energy Regulation, *Sustain. Energy Enhanc. Hum. Funct. Act.* (2017) 155–165. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805413-0.00009-0>.
- [291] A. Garrard, Yohimbine, *Encycl. Toxicol.* Third Ed. 4 (2014) 995–996. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00799-5>.
- [292] D. Rubber, G. Ontario, I. Heteroyohimbane, C. Correlations, D. Syntheses, F. Serpentinine, G. Raunitidine, H. Rauvanine, I. Raunitidine, *Alkaloids of*, (n.d.).
- [293] J.P. Melnyk, M.F. Marcone, Aphrodisiacs from plant and animal sources-A review of current scientific literature, *Food Res. Int.* (2011). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.043>.

- [294] C. Hess, A. Boehmer, Toxicology of natural and synthetic aphrodisiacs, *Rechtsmedizin*. (2020). <https://doi.org/10.1007/s00194-019-00368-x>.
- [295] Scientific Opinion on the evaluation of the safety in use of Yohimbe (*Pausinystalia yohimbe* (K. Schum.) Pierre ex Beille), *EFSA J.* (2013). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3302>.
- [296] W.Q. Fu, W. Li, J.H. Wang, G.H. Du, Yohimbine, in: *Nat. Small Mol. Drugs from Plants*, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7\\_27](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8022-7_27).
- [297] S.W. Tam, M. Worcel, M. Wyllie, Yohimbine: A clinical review, *Pharmacol. Ther.* (2001). [https://doi.org/10.1016/S0163-7258\(01\)00156-5](https://doi.org/10.1016/S0163-7258(01)00156-5).
- [298] S.M. Ostojic, Yohimbine: The effects on body composition and exercise performance in soccer players, *Res. Sport. Med.* (2006). <https://doi.org/10.1080/15438620600987106>.
- [299] Y. Wang, Y.S. Wang, S.L. Song, H. Liang, A.G. Ji, Icariin inhibits atherosclerosis progress in Apoe null mice by downregulating CX3CR1 in macrophage, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* (2016). <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.01.118>.
- [300] S.M. Kassier, F.J. Veldman, When science meets culture: The prevention and management of erectile dysfunction in the 21st century, *South African J. Clin. Nutr.* (2014). <https://doi.org/10.1080/16070658.2014.11734478>.
- [301] S.E. Edwards, I. da C. Rocha, E.M. Williamson, M. Heinrich, Horny Goat Weed, in: *Phytopharmacy*, 2015. <https://doi.org/10.1002/9781118543436.ch58>.
- [302] J. Fang, Y. Zhang, Icariin, an anti-atherosclerotic drug from chinese medicinal herb horny goat weed, *Front. Pharmacol.* (2017). <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00734>.
- [303] J.F. Partin, Y.R. Pushkin, Tachyarrhythmia and hypomania with horny goat weed [1], *Psychosomatics*. (2004). <https://doi.org/10.1176/appi.psy.45.6.536>.
- [304] A.W. Shindel, Z.C. Xin, G. Lin, T.M. Fandel, Y.C. Huang, L. Banie, B.N. Breyer, M.M. Garcia, C.S. Lin, T.F. Lue, Erectogenic and neurotrophic effects of icariin, a purified extract of horny goat weed (*Epimedium* spp.) in vitro and in vivo, *J. Sex. Med.* (2010). <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01699.x>.
- [305] C. Carvajal, Lipoproteínas: metabolismo y lipoproteínas aterogénicas. Revisión bibliográfica, *Med. Leg. Costa Rica. Edición Virtual*. 31 (2014) 829–837. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152014000200010](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152014000200010).
- [306] D.C. Whitcomb, M.E. Lowe, Human pancreatic digestive enzymes., *Dig. Dis. Sci.* (2007). <https://doi.org/10.1007/s10620-006-9589-z>.
- [307] M. Roxas, The role of enzyme supplementation in digestive disorders, *Altern. Med. Rev.* (2008).
- [308] G. Ianiro, S. Pecere, V. Giorgio, A. Gasbarrini, G. Cammarota, Digestive Enzyme Supplementation in Gastrointestinal Diseases, *Curr. Drug Metab.* (2016). <https://doi.org/10.2174/138920021702160114150137>.
- [309] G.E. Barnes, Digestive enzymes, *J. Am. Med. Assoc.* (1925). <https://doi.org/10.1001/jama.1925.02670170058033>.

- [310] S.J. Allen, E.G. Martinez, G. V. Gregorio, L.F. Dans, Probiotics for treating acute infectious diarrhea, Sao Paulo Med. J. 129 (2011) 185. <https://doi.org/10.1590/S1516-31802011000300012>.
- [311] M. Bermudez-Brito, J. Plaza-Díaz, S. Muñoz-Quezada, C. Gómez-Llorente, A. Gil, Probiotic mechanisms of action, Ann. Nutr. Metab. (2012). <https://doi.org/10.1159/000342079>.
- [312] A. Lourens-Hattingh, B.C. Viljoen, Yogurt as probiotic carrier food, Int. Dairy J. (2001). [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00036-X).
- [313] T.A. Oelschlaeger, Mechanisms of probiotic actions - A review, Int. J. Med. Microbiol. (2010). <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2009.08.005>.
- [314] N.P. Shah, Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods, J. Dairy Sci. (2000). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74953-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74953-8).
- [315] M. Bielecka, Probiotics in food, in: Chem. Funct. Prop. Food Components, Third Ed., 2006. <https://doi.org/10.1201/9781420009613.ch16>.
- [316] E. Akbari, Z. Asemi, R.D. Kakhaki, F. Bahmani, E. Kouchaki, O.R. Tamtaji, G.A. Hamidi, M. Salami, Effect of probiotic supplementation on cognitive function and metabolic status in Alzheimer's disease: A randomized, double-blind and controlled trial, Front. Aging Neurosci. (2016). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00256>.
- [317] J. Runhaar, R. Deroisy, M. van Middelkoop, F. Barretta, B. Barbeta, E.H. Oei, D. Vroegindewij, G. Giacovelli, O. Bruyère, L.C. Rovati, J.Y. Reginster, S.M.A. Bierma-Zeinstra, The role of diet and exercise and of glucosamine sulfate in the prevention of knee osteoarthritis: Further results from the PREvention of knee Osteoarthritis in Overweight Females (PROOF) study, Semin. Arthritis Rheum. 45 (2016) S42–S48. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2015.11.001>.
- [318] J.W. Anderson, R.J. Nicolosi, J.F. Borzelleca, Glucosamine effects in humans: A review of effects on glucose metabolism, side effects, safety considerations and efficacy, Food Chem. Toxicol. 43 (2005) 187–201. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2004.11.006>.
- [319] D.R. Beriault, S. Sharma, Y. Shi, M.I. Khan, G.H. Werstuck, Glucosamine-supplementation promotes endoplasmic reticulum stress, hepatic steatosis and accelerated atherogenesis in apoE<sup>-/-</sup> mice, Atherosclerosis. 219 (2011) 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.07.108>.
- [320] K. Khwaldia, Chondroitin and glucosamine, Elsevier Inc., 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00004-7>.
- [321] Melatonina y neuropatologías, Rev. La Fac. Med. (2010).
- [322] B. Claustrat, J. Leston, Melatonin: Physiological effects in humans La mélatonine, rôle physiologique chez l'homme, Claustrat, J. Lest. / Neurochir. (2015). <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2015.03.002>.
- [323] A. Boutten, Mélatonine, EMC - Biol. Médicale. (2006). [https://doi.org/10.1016/s2211-9698\(06\)76094-0](https://doi.org/10.1016/s2211-9698(06)76094-0).
- [324] Y. Touitou, Mélatonine : de la physiologie à la pathologie, EMC - Endocrinol. -

- Nutr. (2008). [https://doi.org/10.1016/s1155-1941\(08\)47190-1](https://doi.org/10.1016/s1155-1941(08)47190-1).
- [325] M.J. De Graaff, R.M. Buijs, J.B.L. Hoekstra, E. Fliers, F. Holleman, Melatonine: Fysiologische en pathofysiologische aspecten en mogelijke toepassingen, *Ned. Tijdschr. Geneesk.* (2006).
- [326] J.C. Cook-Botelho, L.M. Bachmann, D. French, Chapter 10 - Steroid hormones, Elsevier Inc., 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800871-3.00010-9>.
- [327] J.M.M. Dacal, V.M. Borges, Dehydroepiandrosterone (DHEA), review of its efficiency in the managing of the libido decrease and other symptoms of the aging, *Actas Urol. Esp.* 33 (2009) 390–401. [https://doi.org/10.1016/s0210-4806\(09\)74165-8](https://doi.org/10.1016/s0210-4806(09)74165-8).
- [328] A.M. Traish, H.P. Kang, F. Saad, A.T. Guay, Dehydroepiandrosterone (DHEA)-A precursor steroid or an active hormone in human physiology (CME), *J. Sex. Med.* (2011). <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2011.02523.x>.
- [329] M. Maggio, F. De Vita, A. Fisichella, E. Colizzi, S. Provenzano, F. Lauretani, M. Luci, G. Ceresini, E. Dall'Aglio, P. Caffarra, G. Valenti, G.P. Ceda, DHEA and cognitive function in the elderly, *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2014.03.014>.
- [330] F. Labrie, DHEA, important source of sex steroids in men and even more in women., *Prog. Brain Res.* (2010). [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(10\)82004-7](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(10)82004-7).
- [331] S. do Vale, L. Selinger, J.M. Martins, M. Bicho, I. do Carmo, C. Escera, Dehydroepiandrosterone (DHEA) and dehydroepiandrosterone-sulfate (DHEAS) and emotional processing - A behavioral and electrophysiological approach, *Horm. Behav.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2015.06.005>.
- [332] J. Grimley Evans, R. Malouf, F. Huppert, J.K. Van Niekerk, Dehydroepiandrosterone (DHEA) supplementation for cognitive function in healthy elderly people, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2006). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006221>.
- [333] K. Markopoulou, A. Papadopoulos, M.F. Juruena, L. Poon, C.M. Pariante, A.J. Cleare, The ratio of cortisol/DHEA in treatment resistant depression, *Psychoneuroendocrinology.* (2009). <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.08.004>.
- [334] J.M. Mendivil Dacal, V.M. Borges, La Dehidroepiandrosterona (DHEA), revisión de su eficacia en el manejo de la disminución de la libido y de otros síntomas del envejecimiento, *Actas Urológicas Españolas.* (2009). [https://doi.org/10.1016/s0210-4806\(09\)74165-8](https://doi.org/10.1016/s0210-4806(09)74165-8).
- [335] K.S. Nair, R.A. Rizza, P. O'Brien, K. Dhatariya, K.R. Short, A. Nehra, J.L. Vittone, G.G. Klee, A. Basu, R. Basu, C. Cobelli, G. Toffolo, C.D. Man, D.J. Tindall, L.J. Melton, G.E. Smith, S. Khosla, M.D. Jensen, DHEA in elderly women and DHEA or testosterone in elderly men, *N. Engl. J. Med.* (2006). <https://doi.org/10.1056/NEJMoa054629>.
- [336] E.E. Kooijman, K.M. Carter, E.G. Van Laar, V. Chupin, K.N.J. Burger, B. De Kruijff, What makes the bioactive lipids phosphatidic acid and lysophosphatidic

- acid so special?, *Biochemistry*. 44 (2005) 17007–17015. <https://doi.org/10.1021/bi0518794>.
- [337] P.L. Valenzuela, J.S. Morales, E. Emanuele, H. Pareja-Galeano, A. Lucia, Supplements with purported effects on muscle mass and strength, *Eur. J. Nutr.* (2019). <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1882-z>.
- [338] B.J. Shad, B. Smeuninx, P.J. Atherton, L. Breen, The mechanistic and ergogenic effects of phosphatidic acid in skeletal muscle, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* (2015). <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0350>.
- [339] T.A. Hornberger, W.K. Chu, Y.W. Mak, J.W. Hsiung, S.A. Huang, S. Chien, The role of phospholipase D and phosphatidic acid in the mechanical activation of mTOR signaling in skeletal muscle, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* (2006). <https://doi.org/10.1073/pnas.0600678103>.
- [340] A.M. Gonzalez, K.M. Sell, J.J. Ghigiarelli, C.F. Kelly, E.W. Shone, M.R. Accetta, J.B. Baum, G.T. Mangine, Effects of phosphatidic acid supplementation on muscle thickness and strength in resistance-trained men, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* (2017). <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0564>.
- [341] J.M. Joy, D.M. Gundermann, R.P. Lowery, R. Jäger, S.A. McCleary, M. Purpura, M.D. Roberts, S.M.C. Wilson, T.A. Hornberger, J.M. Wilson, Phosphatidic acid enhances mTOR signaling and resistance exercise induced hypertrophy, *Nutr. Metab.* (2014). <https://doi.org/10.1186/1743-7075-11-29>.
- [342] G. Escalante, M. Alencar, B. Haddock, P. Harvey, The effects of phosphatidic acid supplementation on strength, body composition, muscular endurance, power, agility, and vertical jump in resistance trained men, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2016). <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0135-x>.
- [343] J.R. Hoffman, J.R. Stout, D.R. Williams, A.J. Wells, M.S. Fragala, G.T. Mangine, A.M. Gonzalez, N.S. Emerson, W.P. McCormack, T.C. Scanlon, M. Purpura, R. Jäger, Efficacy of phosphatidic acid ingestion on lean body mass, muscle thickness and strength gains in resistance-trained men, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2012). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-47>.
- [344] A.P. Simopoulos, The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids, *Biomed. Pharmacother.* (2002). [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6).
- [345] A.P. Simopoulos, The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases, *Exp. Biol. Med.* (2008). <https://doi.org/10.3181/0711-MR-311>.
- [346] O.P. Ward, A. Singh, Omega-3/6 fatty acids: Alternative sources of production, *Process Biochem.* (2005). <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.02.020>.
- [347] R.K. Saini, Y.S. Keum, Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance — A review, *Life Sci.* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.049>.
- [348] R. V. Gow, J.R. Hibbeln, Omega-3 fatty acid and nutrient deficits in adverse neurodevelopment and childhood behaviors, *Child Adolesc. Psychiatr. Clin. N. Am.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.chc.2014.02.002>.



- [349] S.M. Innis, Dietary omega 3 fatty acids and the developing brain, *Brain Res.* (2008). <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.08.078>.
- [350] F. Shahidi, P. Ambigaipalan, Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits, *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* (2018). <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>.
- [351] G. Grosso, F. Galvano, S. Marventano, M. Malaguarnera, C. Bucolo, F. Drago, F. Caraci, Omega-3 fatty acids and depression: Scientific evidence and biological mechanisms, *Oxid. Med. Cell. Longev.* (2014). <https://doi.org/10.1155/2014/313570>.
- [352] K.D. Stark, Omega 3 and omega 6 fatty acids, in: *Handb. Anal. Act. Compd. Funct. Foods*, 2012. <https://doi.org/10.1201/b11653>.
- [353] S. Jeromson, I.J. Gallagher, S.D.R. Galloway, D.L. Hamilton, Omega-3 fatty acids and skeletal muscle health, *Mar. Drugs.* (2015). <https://doi.org/10.3390/md13116977>.
- [354] M.A. Belury, Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action, *Annu. Rev. Nutr.* (2002). <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.021302.121842>.
- [355] B. Yang, H. Chen, C. Stanton, R.P. Ross, H. Zhang, Y.Q. Chen, W. Chen, Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease, *J. Funct. Foods.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.050>.
- [356] J.M. Gaullier, J. Halse, K. Høye, K. Kristiansen, H. Fagertun, H. Vik, O. Gudmundsen, Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y reduces body fat mass in healthy overweight humans, *Am. J. Clin. Nutr.* (2004). <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1118>.
- [357] K. Koba, T. Yanagita, Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA), *Obes. Res. Clin. Pract.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2013.10.001>.
- [358] L.D. Whigham, A.C. Watras, D.A. Schoeller, Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: A meta-analysis in humans, *Am. J. Clin. Nutr.* (2007). <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.5.1203>.
- [359] T.E. Lehnen, M.R. da Silva, A. Camacho, A. Marcadenti, A.M. Lehnen, A review on effects of conjugated linoleic fatty acid (CLA) upon body composition and energetic metabolism, *J. Int. Soc. Sports Nutr.* (2015). <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0097-4>.
- [360] A. Dilzer, Y. Park, Implication of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Human Health, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* (2012). <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.501409>.
- [361] Y.W. Wang, P.J.H. Jones, Conjugated linoleic acid and obesity control: Efficacy and mechanisms, *Int. J. Obes.* (2004). <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802641>.
- [362] S. Golbidi, M. Badran, I. Laher, Diabetes and alpha lipoic acid, *Front. Pharmacol.* (2011). <https://doi.org/10.3389/fphar.2011.00069>.
- [363] A. Klugman, J. Sauer, N. Tabet, R. Howard, Alpha lipoic acid for dementia, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2004).

- <https://doi.org/10.1002/14651858.cd004244.pub2>.
- [364] L. Packer, E.H. Witt, H.J. Tritschler, Alpha-lipoic acid as a biological antioxidant, *Free Radic. Biol. Med.* (1995). [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)00017-R](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)00017-R).
- [365] S. Kucukgoncu, E. Zhou, K.B. Lucas, C. Tek, Alpha-lipoic acid (ALA) as a supplementation for weight loss: results from a meta-analysis of randomized controlled trials, *Obes. Rev.* (2017). <https://doi.org/10.1111/obr.12528>.
- [366] E.H. Koh, W.J. Lee, S.A. Lee, E.H. Kim, E.H. Cho, E. Jeong, D.W. Kim, M.S. Kim, J.Y. Park, K.G. Park, H.J. Lee, I.K. Lee, S. Lim, H.C. Jang, K.H. Lee, K.U. Lee, Effects of alpha-lipoic acid on body weight in obese subjects, *Am. J. Med.* (2011). <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2010.08.005>.
- [367] Alpha-lipoic acid, *Altern. Med. Rev.* (2006). <https://doi.org/10.1017/s144654500000052x>.
- [368] U. Singh, I. Jialal, Alpha-lipoic acid supplementation and diabetes, *Nutr. Rev.* (2008). <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2008.00118.x>.
- [369] G.C. Ferreira, M.C. McKenna, l-Carnitine and Acetyl-l-carnitine Roles and Neuroprotection in Developing Brain, *Neurochem. Res.* 42 (2017) 1661–1675. <https://doi.org/10.1007/s11064-017-2288-7>.
- [370] H. Karlic, A. Lohninger, Supplementation of L-carnitine in athletes: Does it make sense?, *Nutrition.* 20 (2004) 709–715. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.003>.
- [371] R. Fielding, L. Riede, J.P. Lugo, A. Bellamine, L-carnitine supplementation in recovery after exercise, *Nutrients.* (2018). <https://doi.org/10.3390/nu10030349>.
- [372] M.M. Adeva-Andany, I. Calvo-Castro, C. Fernández-Fernández, C. Donapetry-García, A.M. Pedre-Piñeiro, Significance of l-carnitine for human health, *IUBMB Life.* (2017). <https://doi.org/10.1002/iub.1646>.
- [373] Y.S. Cha, Effects of L-carnitine on obesity, diabetes, and as an ergogenic aid, *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* (2008). <https://doi.org/10.6133/apjcn.2008.17.s1.75>.
- [374] F.B. Stephens, D. Constantin-teodosiu, P.L. Greenhaff, New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle, *J. Physiol.* (2007). <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125799>.
- [375] Acetyl-L-carnitine monograph, *Altern. Med. Rev.* (2010).
- [376] Acetyl-L-carnitine, *Altern. Med. Rev.* (1999). <https://doi.org/10.1097/01.aids.0000131354.14408.fb>.
- [377] J.W. Pettegrew, W.E. Klunk, K. Panchalingam, J.N. Kanfer, R.J. McClure, Clinical and neurochemical effects of acetyl-L-carnitine in Alzheimer's disease, *Neurobiol. Aging.* (1995). [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(95\)80001-8](https://doi.org/10.1016/0197-4580(95)80001-8).
- [378] S.M. Wang, C. Han, S.J. Lee, A.A. Patkar, P.S. Masand, C.U. Pae, A review of current evidence for acetyl-l-carnitine in the treatment of depression, *J. Psychiatr. Res.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2014.02.005>.
- [379] D. Willoughby, S. Hewlings, D. Kalman, Body composition changes in weight loss: Strategies and supplementation for maintaining lean body mass, a brief review, *Nutrients.* (2018). <https://doi.org/10.3390/nu10121876>.



- [380] H. Tian, X. Guo, X. Wang, Z. He, R. Sun, S. Ge, Z. Zhang, Chromium picolinate supplementation for overweight or obese adults, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2013). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010063.pub2>.
- [381] C.A. Albarracin, B.C. Fuqua, J.L. Evans, I.D. Goldfine, Chromium picolinate and biotin combination improves glucose metabolism in treated, uncontrolled overweight to obese patients with type 2 diabetes, *Diabetes. Metab. Res. Rev.* (2008). <https://doi.org/10.1002/dmrr.755>.
- [382] P.J. Havel, A scientific review: The role of chromium in insulin resistance, *Diabetes Educ.* (2004).
- [383] J. Cerulli, D.W. Grabe, I. Gauthier, M. Malone, M.D. McGoldrick, Chromium Picolinate Toxicity, *Ann. Pharmacother.* (1998). <https://doi.org/10.1345/aph.17327>.
- [384] M.L. Lydic, M. McNurlan, S. Bembo, L. Mitchell, E. Komaroff, M. Gelato, Chromium picolinate improves insulin sensitivity in obese subjects with polycystic ovary syndrome, *Fertil. Steril.* (2006). <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2005.11.069>.
- [385] Y. Yazaki, Z. Faridi, Y. Ma, A. Ali, V. Northrup, V.Y. Njike, L. Liberti, D.L. Katz, A pilot study of chromium picolinate for weight loss, *J. Altern. Complement. Med.* (2010). <https://doi.org/10.1089/acm.2009.0286>.
- [386] M.H. Pittler, C. Stevinson, E. Ernst, Chromium picolinate for reducing body weight: Meta-analysis of randomized trials, *Int. J. Obes.* (2003). <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802262>.
- [387] S.D. Anton, C.D. Morrison, W.T. Cefalu, C.K. Martin, S. Coulon, P. Geiselman, H. Han, C.L. White, D.A. Williamson, Effects of chromium picolinate on food intake and satiety, *Diabetes Technol. Ther.* (2008). <https://doi.org/10.1089/dia.2007.0292>.
- [388] M. Hummel, E. Standl, O. Schnell, Chromium in metabolic and cardiovascular disease, in: *Horm. Metab. Res.*, 2007. <https://doi.org/10.1055/s-2007-985847>.
- [389] R.I. Press, J. Geller, G.W. Evans, The effect of chromium picolinate on serum cholesterol and apolipoprotein fractions in human subjects, *West. J. Med.* (1990).
- [390] J.T. Penry, M.M. Manore, Choline: An important micronutrient for maximal endurance-exercise performance?, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2008). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.191>.
- [391] Nutritional supplements in sport, exercise and health: an A-Z guide, *Choice Rev. Online.* (2016). <https://doi.org/10.5860/choice.193003>.
- [392] J.P. Warber, J.F. Patton, W.J. Tharion, S.H. Zeisel, R.P. Mello, C.P. Kemnitz, H.R. Lieberman, The effects of choline supplementation on physical performance, *Int. J. Sport Nutr.* (2000). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.10.2.170>.
- [393] M.M. Kanter, M.H. Williams, Antioxidants, carnitine, and choline as putative ergogenic aids, in: *Int. J. Sport Nutr.*, 1995. <https://doi.org/10.1123/ijsn.5.s1.s120>.
- [394] S.H. Zeisel, K.A. Da Costa, Choline: An essential nutrient for public health, *Nutr. Rev.* (2009). <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>.

- [395] S. Jafari, Choline, in: *Nonvitamin Nonmineral Nutr. Suppl.*, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00005-9>.
- [396] S.H. Zeisel, Choline: critical role during fetal development and dietary requirements in adults., *Annu. Rev. Nutr.* (2006). <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.26.061505.111156>.
- [397] S.H. Zeisel, J.K. Blusztajn, Choline and human nutrition, *Annu. Rev. Nutr.* (1994). <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.14.070194.001413>.
- [398] S.H. Zeisel, Choline: An essential nutrient for humans, in: *Nutrition*, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(00\)00349-X](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(00)00349-X).
- [399] J.K. Blusztajn, B.E. Slack, T.J. Mellott, Neuroprotective actions of dietary choline, *Nutrients*. (2017). <https://doi.org/10.3390/nu9080815>.
- [400] W.W. Campbell, L.J.O. Joseph, R.E. Ostlund, R.A. Anderson, P.A. Farrell, W.J. Evans, Resistive training and chromium picolinate: Effects on inositols and liver and kidney functions in older adults, *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* (2004). <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.4.430>.
- [401] A. Fardet, J.F. Martin, J.M. Chardigny, Lipotropic capacity of raw plant-based foods: A new index that reflects their lipotrope density profile, *J. Food Compos. Anal.* (2011). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.013>.
- [402] V. Azadmanesh, R. Jahanian, Effect of supplemental lipotropic factors on performance, immune responses, serum metabolites and liver health in broiler chicks fed on high-energy diets, *Anim. Feed Sci. Technol.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.004>.
- [403] P.M. Newberne, Lipotropic factors and oncogenesis., *Adv. Exp. Med. Biol.* (1986). [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1835-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1835-4_18).
- [404] J.E. Silva, Thermogenic mechanisms and their hormonal regulation, *Physiol. Rev.* (2006). <https://doi.org/10.1152/physrev.00009.2005>.
- [405] D.G. Nicholls, R.M. Locke, Thermogenic mechanisms in brown fat, *Physiol. Rev.* (1984). <https://doi.org/10.1152/physrev.1984.64.1.1>.
- [406] S.J. Stohs, V. Badmaev, A Review of Natural Stimulant and Non-stimulant Thermogenic Agents, *Phyther. Res.* (2016). <https://doi.org/10.1002/ptr.5583>.
- [407] J. Wu, H. Jun, J.R. McDermott, Formation and activation of thermogenic fat, *Trends Genet.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.tig.2015.03.003>.
- [408] S.J. Marx, P. Cohen, Thermogenic fat, *Biochim. Biophys. Acta - Mol. Cell Biol. Lipids.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2018.09.001>.
- [409] K.L. Kendall, P.N. Hyde, C.M. Fairman, K.M. Hollaway, P.W. Mumford, C.T. Haun, B. Mobley, W.C. Kephart, A.C. Tribby, D. Kimber, J.R. Moon, D.T. Beck, M.D. Roberts, K.C. Young, A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial to Determine the Effectiveness and Safety of a Thermogenic Supplement in Addition to an Energy-Restricted Diet in Apparently Healthy Females, *J. Diet. Suppl.* (2017). <https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1304484>.
- [410] L. Sabo Müller, T.R. Dal Molin, D. Tomazi Muratt, G. Camera Leal, C. Gonzalez Urquhart, C. Viana, L.M. de Carvalho, Determination of Stimulants and Diuretics

- in Dietary Supplements for Weight Loss and Physical Fitness by Ion-pair Chromatography and Pulsed Amperometric Detection (PAD), *Curr. Anal. Chem.* (2018). <https://doi.org/10.2174/1573411014666171229155726>.
- [411] M. Dymkowska-Malesa, Z. Walczak, *Supplementation in Sport*, Now. Lek. (2011).
- [412] C.A. Haller, *Weight Reduction Therapies: Anorectants, Thermogenics, and Lipolytics*, in: *Princ. Gender-Specific Med.*, 2004. <https://doi.org/10.1016/B978-012440905-7/50352-2>.
- [413] J.C. Cedrón, *La Capsaicina*, *Rev. Química PUCP.* (2013).
- [414] L. Celleno, M.V. Tolaini, A. D'Amore, N. V. Perricone, H.G. Preuss, *A dietary supplement containing standardized Phaseolus vulgaris extract influences body composition of overweight men and women*, *Int. J. Med. Sci.* (2007). <https://doi.org/10.7150/ijms.4.45>.
- [415] R.J. Summerfield, E.H. Roberts, *Phaseolus vulgaris*, in: *Handb. Flower. Vol. I*, 2018. <https://doi.org/10.1201/9781351072533>.
- [416] S. He, B.K. Simpson, H. Sun, M.O. Ngadi, Y. Ma, T. Huang, *Phaseolus vulgaris lectins: A systematic review of characteristics and health implications*, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* (2018). <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1096234>.
- [417] I. Hayat, A. Ahmad, T. Masud, A. Ahmed, S. Bashir, *Nutritional and Health Perspectives of Beans (Phaseolus vulgaris L.): An Overview*, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* (2014). <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>.
- [418] R. Behar, *Anorexigens: Indications and interactions*, *Rev. Chil. Neuropsiquiatr.* (2002).
- [419] S. Inoue, *Clinical studies with mazindol.*, *Obes. Res.* (1995). <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1995.tb00226.x>.
- [420] D. Rucker, R. Padwal, S.K. Li, C. Curioni, D.C.W. Lau, *Long term pharmacotherapy for obesity and overweight: Updated meta-analysis*, *Br. Med. J.* (2007). <https://doi.org/10.1136/bmj.39385.413113.25>.
- [421] W.P.T. James, I.D. Caterson, W. Coutinho, N. Finer, L.F. Van Gaal, A.P. Maggioni, C. Torp-Pedersen, A.M. Sharma, G.M. Shepherd, R.A. Rode, C.L. Renz, *Effect of sibutramine on cardiovascular outcomes in overweight and obese subjects*, *N. Engl. J. Med.* (2010). <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1003114>.
- [422] R.I. Berkowitz, T.A. Wadden, A.M. Tershakovec, J.L. Cronquist, *Behavior Therapy and Sibutramine for the Treatment of Adolescent Obesity: A Randomized Controlled Trial*, *J. Am. Med. Assoc.* (2003). <https://doi.org/10.1001/jama.289.14.1805>.
- [423] R.S. Padwal, S.R. Majumdar, *Drug treatments for obesity: orlistat, sibutramine, and rimonabant*, *Lancet.* (2007). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60033-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60033-6).
- [424] D.E. Wilfley, S.J. Crow, J.I. Hudson, J.E. Mitchell, R.I. Berkowitz, V. Blakesley, B.T. Walsh, S. Alger-Mayer, S. Bartlett, M. Fernstrom, J. Foreyt, K. Fujioka, K. Halmi, R.W. Harrison, J. Gerich, W. Johnson, L. Lilenfeld, T. Pearlstein, M.G. Perri, D. Robbins, D. Smith-West, *Efficacy of sibutramine for the treatment of*

- binge eating disorder: A randomized multicenter placebo-controlled double-blind study, *Am. J. Psychiatry*. (2008). <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2007.06121970>.
- [425] K. Fujioka, T.B. Seaton, E. Rowe, C.A. Jelinek, P. Raskin, H.E. Lebovitz, S.P. Weinstein, Weight loss with sibutramine improves glycaemic control and other metabolic parameters in obese patients with type 2 diabetes mellitus, *Diabetes, Obes. Metab.* (2000). <https://doi.org/10.1046/j.1463-1326.2000.00081.x>.
- [426] K. Tziomalos, G.E. Krassas, T. Tzotzas, The use of sibutramine in the management of obesity and related disorders: An update, *Vasc. Health Risk Manag.* (2009). <https://doi.org/10.2147/vhrm.s4027>.
- [427] M. Florentin, E.N. Liberopoulos, M.S. Elisaf, Sibutramine-associated adverse effects: A practical guide for its safe use, *Obes. Rev.* (2008). <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00425.x>.
- [428] P.S. Talbot, M. Slifstein, D.R. Hwang, Y. Huang, E. Scher, A. Abi-Dargham, M. Laruelle, Extended characterisation of the serotonin 2A (5-HT 2A) receptor-selective PET radiotracer 11C-MDL100907 in humans: Quantitative analysis, test-retest reproducibility, and vulnerability to endogenous 5-HT tone, *Neuroimage*. (2012). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.07.001>.
- [429] B. Herranz Jordán, F. Moreno Romero, J.J. Cardesa García, I. Santos Hurtado, A. Aparicio Palomino, F. Requena Guerrero, [Controlled clinical assay in Clonidine, arginine aspartate, alpha-ketoglutarate of Ornithine and Ciproheptadine as growth stimulants in children with short stature], *An. Esp. Pediatr.* (1993).
- [430] L.A. Koryakina, Comparison of ciproheptadine and propranolol effects on development of stress-induced stomach ulceration in inbred mice, *Fiziol. Zhurnal SSSR Im. I.M. Sechenova*. (1993).
- [431] E. FONTAN BALESTRA, Results of the treatment of 142 allergic patients with ciproheptadine., *Sem. Med.* (1962).
- [432] T. Gagliano-Jucá, S. Basaria, Abuse of anabolic steroids: A dangerous indulgence, *Curr. Opin. Endocr. Metab. Res.* 9 (2019) 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.10.002>.
- [433] M.J. Chisamore, M.A. Gentile, G.M. Dillon, M. Baran, C. Gambone, S. Riley, A. Schmidt, O. Flores, H. Wilkinson, S.E. Alves, A novel selective androgen receptor modulator (SARM) MK-4541 exerts anti-androgenic activity in the prostate cancer xenograft R-3327G and anabolic activity on skeletal muscle mass & function in castrated mice, *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 163 (2016) 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2016.04.007>.
- [434] S. Bhasin, R. Jasuja, Selective androgen receptor modulators as function promoting therapies, *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* (2009). <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32832a3d79>.
- [435] E. Devoto C, M. Madariaga A, L. Aravena, X. Lioi C, Etiología de la ginecomastía. Importancia de no subdiagnosticar una ginecomastia patológica, *Rev. Med. Chil.* 135 (2007) 189–197. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872007000200007>.
- [436] W. Gao, J.T. Dalton, Expanding the therapeutic use of androgens via selective androgen receptor modulators (SARMs), *Drug Discov. Today.* (2007).

- <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2007.01.003>.
- [437] W. Jubiz, E.A. Cruz, Hipogonadismo masculino: causas, genética, diagnóstico y tratamiento, *Colomb. Med.* (2007).
- [438] J.J. Chillarón, D. Benaiges, J.A. Flores-Le Roux, Ginecomastia, *FMC Form. Medica Contin. En Aten. Primaria.* (2013). [https://doi.org/10.1016/S1134-2072\(13\)70526-7](https://doi.org/10.1016/S1134-2072(13)70526-7).
- [439] A. Barasoain Millán, Ginecomastia, *An. Pediatr. Contin.* (2012). [https://doi.org/10.1016/S1696-2818\(12\)70086-0](https://doi.org/10.1016/S1696-2818(12)70086-0).
- [440] D.A. De Luis, R. Aller, L.A. Cuéllar, C. Terroba, E. Romero, Anabolizantes esteroideos y ginecomastia. Revisión de la literatura, *An. Med. Interna.* (2001). <https://doi.org/10.4321/s0212-71992001000900010>.
- [441] L.. Malgor, M.. Valsecia, Capítulo 27: hormonas sexuales masculinas, *Farmacol. Medica Vol.2. Farmacol. Renal, Cardiovasc. Y Endocrina.* (1995).
- [442] E. Grata, L. Perrenoud, M. Saugy, N. Baume, SARM-S4 and metabolites detection in sports drug testing: A case report, *Forensic Sci. Int.* (2011). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2011.07.014>.
- [443] A. Jones, D.J. Hwang, C.B. Duke, Y. He, A. Siddam, D.D. Miller, J.T. Dalton, Nonsteroidal selective androgen receptor modulators enhance female sexual motivation, *J. Pharmacol. Exp. Ther.* (2010). <https://doi.org/10.1124/jpet.110.168880>.
- [444] D. Yin, W. Gao, J.D. Kearbey, H. Xu, K. Chung, Y. He, C.A. Marhefka, K.A. Veverka, D.D. Miller, J.T. Dalton, Pharmacodynamics of selective androgen receptor modulators, *J. Pharmacol. Exp. Ther.* (2003). <https://doi.org/10.1124/jpet.102.040840>.
- [445] R. Narayanan, M.L. Mohler, C.E. Bohl, D.D. Miller, J.T. Dalton, Selective androgen receptor modulators in preclinical and clinical development., *Nucl. Recept. Signal.* (2008). <https://doi.org/10.1621/nrs.06010>.
- [446] B.L. Clarke, S. Khosla, New selective estrogen and androgen receptor modulators, *Curr. Opin. Rheumatol.* (2009). <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e32832ca447>.
- [447] S.M. Choi, B.M. Lee, Comparative safety evaluation of selective androgen receptor modulators and anabolic androgenic steroids, *Expert Opin. Drug Saf.* (2015). <https://doi.org/10.1517/14740338.2015.1094052>.
- [448] X. Zhang, Z. Sui, Deciphering the selective androgen receptor modulators paradigm, *Expert Opin. Drug Discov.* (2013). <https://doi.org/10.1517/17460441.2013.741582>.
- [449] Z.J. Solomon, J.R. Mirabal, D.J. Mazur, T.P. Kohn, L.I. Lipshultz, A.W. Pastuszak, Selective Androgen Receptor Modulators: Current Knowledge and Clinical Applications, *Sex. Med. Rev.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2018.09.006>.
- [450] H. Geyer, W. Schänzer, M. Thevis, Anabolic agents: Recent strategies for their detection and protection from inadvertent doping, *Br. J. Sports Med.* (2014). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093526>.



- [451] A.R. Christiansen, L.I. Lipshultz, J.M. Hotaling, A.W. Pastuszak, Selective androgen receptor modulators: The future of androgen therapy?, *Transl. Androl. Urol.* (2020). <https://doi.org/10.21037/tau.2019.11.02>.
- [452] M. Thevis, W. Schänzer, Detection of SARMs in doping control analysis, *Mol. Cell. Endocrinol.* 464 (2018) 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2017.01.040>.
- [453] P. Kintz, A. Ameline, L. Gheddar, J.S. Raul, LGD-4033, S-4 and MK-2866 – Testing for SARMs in hair: About 2 doping cases, *Toxicol. Anal. Clin.* 31 (2019) 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.toxac.2018.12.001>.
- [454] R. Narayanan, C.C. Coss, J.T. Dalton, Development of selective androgen receptor modulators (SARMs), *Mol. Cell. Endocrinol.* 465 (2018) 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2017.06.013>.
- [455] O. Zierau, A. Kolodziejczyk, G. Vollmer, D. Machalz, G. Wolber, D. Thieme, A.M. Keiler, Comparison of the three SARMs RAD-140, GLPG0492 and GSK-2881078 in two different in vitro bioassays, and in an in silico androgen receptor binding assay, *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 189 (2019) 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2019.02.014>.
- [456] S. Segal, R. Narayanan, J.T. Dalton, Therapeutic potential of the SARMs: Revisiting the androgen receptor for drug discovery, *Expert Opin. Investig. Drugs.* (2006). <https://doi.org/10.1517/13543784.15.4.377>.
- [457] S.B. Machek, T.D. Cardaci, D.T. Wilburn, S. Darryn, Considerations, Possible Contraindications, and Potential Mechanisms for Deleterious Effect in Recreational and Athletic Use of Selective Androgen Receptor Modulators (SARMs) in Lieu of Anabolic Androgenic Steroids: A Narrative Review, *Steroids.* (2020) 108753. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2020.108753>.

**Registro de autor ISBN**

Andrada, Heber Eduardo

Tópicos en nutrición y suplementación deportiva / Heber Eduardo Andrada. - 1a ed adaptada. - córdoba: Heber Eduardo Andrada, 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-86-6792-8

1. Deportes. 2. Nutrición. 3. Farmacología. I. Título.

CDD 796.023

ISBN 978-987-86-6792-8

