Solicitada acreditación

TEMA 3

Ingredientes activos en complementos alimenticios: micronutrientes, ácidos grasos, aminoácidos

Mar Blanco Rogel

Farmacéutica comunitaria. Licenciada en Farmacia y en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Productos naturales: fitoterapia y complementos alimenticios

GENERALIDADES Y PRINCIPIOS ACTIVOS	
1	Atención farmacéutica y productos naturales. De la evaluación a la dispensación y el seguimiento del paciente
2	Componentes activos en fitoterapia
3	Ingredientes activos en complementos alimenticios: micronutrientes, ácidos grasos, aminoácidos
APLICACIÓN EN INDICACIÓN FARMACÉUTICA	
4	Sistema nervioso
5	Infecciones del tracto urinario, cistitis. Menopausia
6	Sistema circulatorio
7	Sistema respiratorio
8	Sistema locomotor
9	Sistema digestivo y metabólico
10	Problemas dermatológicos

Introducción

La fisiología humana es una interacción compleja de procesos reguladores, en los que los genes, los orgánulos celulares, las proteínas, las hormonas y los nutrientes desempeñan un papel dominante. Los procesos fisiológicos están influenciados principalmente por micronutrientes, ácidos grasos y aminoácidos, que son los precursores de las hormonas, las proteínas, los neurotransmisores, los mensajeros secundarios y las coenzimas.

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

«Los micronutrientes son sustancias derivadas de la ingesta de alimentos que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para desempeñar sus funciones celulares diarias»

Según la Organización Mundial de la Salud, los micronutrientes son sustancias derivadas de la ingesta de alimentos que el cuerpo necesita en pequeñas cantidades para desempeñar sus funciones celulares diarias. Define como micronutrientes las vitaminas y los minerales, que son esenciales para la vida. El organismo no los puede sintetizar o bien, si hay síntesis endógena, esta no cubre las necesidades diarias, por lo que se deben ingerir cada día a través de los alimentos o, en su defecto, a través de los complementos.

Las vitaminas son sustancias orgánicas presentes en los alimentos que, en cantidades pequeñas, son esenciales para el desarrollo del metabolismo. El organismo no puede fabricarlas por sí mismo, o no en cantidades suficientes para no tener síntomas de deficiencia. Las vitaminas que pueden sintetizarse endógenamente son la vitamina D a partir del colesterol y la exposición a los rayos UV, la vitamina K y la biotina por la microbiota intestinal, y la niacina a partir del triptófano, un aminoácido esencial. Aunque presentan estructuras químicas muy diversas, suelen clasificarse en 2 grandes grupos según su afinidad por el agua/grasa:

- **Solubles en agua** (hidrosolubles). Se absorben en el intestino delgado, por diferentes mecanismos, pasan directamente a la sangre portal, circulan libres (vitamina C), ligadas a proteínas (folatos, B_{12}, biotina) o en el interior de los eritrocitos (B_1, B_2, B_6, niacina, pantoténico), y suelen eliminarse (excepto la B_{12} y los folatos) por la orina.
- **Solubles en las grasas** (liposolubles). Se absorben en las células del intestino, por diferentes mecanismos y en varios tramos intestinales, y, en forma de quilomicrones, pasan al sistema linfático. En la circulación general se transportan unidas a proteínas plasmáticas o a lipoproteínas, suelen almacenarse en el hígado, el tejido adiposo o el músculo, excretarse mediante bilis y eliminarse por las heces.

Los minerales constituyen, en conjunto, un 4-5% del peso corporal. En función de su presencia en el organismo y/o las necesidades de los elementos, se clasifican de la siguiente manera:

- **Minerales**. Sus necesidades son ≥100 mg/día. Dentro de este grupo se incluyen los siguientes minerales: calcio, fósforo, magnesio, azufre, sodio, potasio y cloro.
- **Oligoelementos o elementos traza**. Sus necesidades son muy inferiores a 100 mg/día, e incluso del orden de µg/día. Dentro de este grupo se pueden englobar, entre otros, los siguientes minerales: hierro, zinc, cobre, yodo, cromo y selenio.

Las vitaminas y los minerales tienen múltiples funciones. Destaca su papel como cofactores (en el caso de los elementos minerales) y coenzimas (en el caso de las vitaminas) en el metabolismo celular, así como su papel en la transcripción génica y su actuación como antioxidantes directos e indirectos.

Los **ácidos grasos** son moléculas de naturaleza lipídica formadas por una cadena hidrocarbonada lineal con un grupo carboxilo en el extremo. Se distinguen fundamentalmente por la longitud o número de átomos de carbono y por el número de dobles enlaces:

- **Ácidos grasos saturados**. Son los que tienen todos los átomos de carbono saturados de átomos de hidrógeno, cuya unidad de cadena es la configuración -CH2-CH2. Una grasa compuesta por mayoría de ácidos grasos saturados tendrá unas características físicas de solidez, y su temperatura de fusión se situará en torno a los 20 ºC. La manteca de cerdo, la grasa de coco y el sebo son grasas de este tipo.
- **Ácidos grasos insaturados** (monoinsaturados, poliinsaturados). Los átomos de hidrógeno escasean y los átomos de carbono se entrelazan, generando una configuración -CH = CH-. Esta característica hace que sean grasas líquidas, como el aceite de oliva (monoinsaturado) o el de girasol, lino, chía, colza o pescado (poliinsaturados). Estas insaturaciones ofrecen unas propiedades nutricionales y fisiológicas muy destacables para la salud humana. Existen dos ácidos grasos poliinsaturados que son esenciales, que el cuerpo no puede sintetizar y se deben ingerir diariamente a través de la alimentación: el ácido linoleico (LA) (omega-6) y el ácido alfalinolénico (ALA) (omega-3).

Los **aminoácidos** son estructuras moleculares que tienen un grupo amino en un extremo y un grupo carboxilo en el otro. Son las unidades básicas para la formación de proteínas y neurotransmisores. Existen 8 aminoácidos que son esenciales: valina, leucina, treonina, lisina, triptófano, isoleucina, fenilalanina y metionina. La carencia de estos aminoácidos en la dieta limita el desarrollo y el funcionamiento del organismo, ya que sin ellos no es posible reparar ni crear nuevas estructuras ni neurotransmisores.

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

Tabla 1. VRN y UL para vitaminas y minerales

Micronutriente	VRN	Nivel máximo/ adulto
Vitamina A (retinol y ésteres de retinilo)	800 µg	3.000 µg/en menopausia 1.500 µg
Vitamina D	5 µg	100 µg
Vitamina E	12 mg	300 mg
Vitamina K	75 µg	-
Vitamina C	80 mg	-
Vitamina B_1	1,1 mg	-
Vitamina B_2	1,4 mg	-
Niacina	16	Ácido nicotínico 1 mg/ nicotinamida 900 mg
Ácido fólico/folatos	200 µg	1 mg
Ácido pantoténico	6	–
Vitamina B_6	1,4 mg	25 mg
Biotina	50 µg	–
Vitamina B_{12}	2,5 µg	–
Ácido bórico y boratos	–	10 mg
Calcio	800 mg	2.500 mg
Cloruro	800 mg	–
Cobre	1 mg	5 mg
Cromo	40 µg	–
Fluoruros	3,5 mg	7 mg
Fósforo	700 mg	–
Hierro	14 mg	–
Magnesio/sales disociables	375 mg	250 mg
Manganeso	2 mg	–
Molibdeno	50 µg	0,6 mg
Potasio	2.000 mg	-
Selenio	55 µg	300 µg
Silicio	–	–
Yodo	150 µg	600 µg
Zinc	10 mg	25 mg

UL: *tolerable upper intake levels* (nivel de ingesta máxima tolerable); VRN: valores de referencia de nutrientes. Para algunos micronutrientes aún no se han establecido los VRN y/o UL. UL es el nivel más alto de ingesta de un nutriente de forma crónica en que es probable que no se observe ningún efecto adverso para la salud en la mayoría de los individuos de la población general.

Principales síntomas

Existen recomendaciones para la ingesta de macro/micronutrientes en la población sana, mediante las que se establecen unos valores de ingesta por debajo de los cuales se puede producir una enfermedad por deficiencia o alteraciones metabólicas: son las ingestas de referencia (IR). Las IR y los valores de referencia de nutrientes (VRN) son equivalentes, aunque las IR se refieren tanto a macronutrientes como a micronutrientes, y los VRN solo a micronutrientes.

La cantidad diaria recomendada es una nomenclatura obsoleta y se cambió en 2011 por los VRN cuando se aprobó el Reglamento 1169/2011 sobre información alimentaria dirigida al consumidor. Estos VRN son los que se utilizan en el etiquetado de los alimentos y los complementos alimenticios (tabla 1).

Dado que los VRN se establecieron en gran medida a partir de la ingesta de la población sana, se deduce que la típica dieta de la población sana proporciona el rango y la cantidad necesarios de estos nutrientes. Sin embargo, hay ciertas situaciones en que la ingesta de una persona aparentemente sana no cubriría sus necesidades para funcionar de forma adecuada, por lo que requeriría incrementar sus ingestas a través de la alimentación o la suplementación añadida. En general, el rango de suplementación segura puede ir desde los VRN hasta los niveles de ingesta máxima tolerable (tabla 2).

Las deficiencias o desequilibrios en la ingesta de vitaminas, minerales, ácidos grasos y aminoácidos pueden dar lugar a un amplio conjunto de síntomas y signos inespecíficos, como cansancio, fatiga, piel seca, uñas frágiles, alteraciones del sueño e incluso falta de concentración o memoria.

Las deficiencias más comunes de micronutrientes incluyen las de vitamina A, vitamina D, vitamina B_{12}, hierro, yodo y zinc, aunque existen deficiencias subclínicas que abarcan a todos los micronutrientes, incluso la vitamina C y el magnesio.

También son frecuentes las deficiencias e insuficiencias de ácidos grasos esenciales y los derivados de ellos, como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), debido a una alimentación poco variada y desequilibrada.

En personas veganas, adultos mayores, periodos postoperatorios, estrés crónico y dietas bajas en proteínas, también es habitual encontrar deficiencias de aminoácidos esenciales.

Suplementación

Vitaminas y minerales

Existe una amplia gama de fuentes de vitaminas y minerales que se pueden utilizar en la fabricación de complementos alimenticios. Estas sustancias están regula-

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

«Las deficiencias o desequilibrios en la ingesta de vitaminas, minerales, ácidos grasos y aminoácidos pueden dar lugar a un amplio conjunto de síntomas y signos inespecíficos»

Tabla 2. Ejemplos de nutrientes y situaciones que incrementan las necesidades para una adecuada nutrición

Nutriente	Factores que afectan a los niveles óptimos
Vitamina D	• Poca exposición a la luz solar • Exceso de peso u obesidad, por la retención de la vitamina D en los adipocitos • Enfermedades crónicas • Color de la piel
Vitamina B_{12}	• Alimentación vegana o con insuficiente aporte de alimentos de origen animal • Fármacos que afectan a la absorción de la vitamina B_{12} (inhibidores de la bomba de protones, antihistamínicos H_2)
Vitamina C	• Hábito tabáquico • Estrés crónico • Postintervención quirúrgica y convalecencia • Exceso de consumo de hidratos de carbono simples
Magnesio	• Baja ingesta de vegetales de hoja verde • Consumo de vegetales muy hervidos, cocinados y recalentados • Fármacos que afectan a su absorción (inhibidores de la bomba de protones) o que incrementan su excreción renal (diuréticos)
DHA	• Embarazo, lactancia y crecimiento de los niños • Exceso de consumo de ácidos grasos omega-6, en especial ácido araquidónico • Baja ingesta de pescado azul, crustáceos • Resistencia a la insulina
EPA	• Exceso de consumo de ácidos grasos omega-6, en especial ácido araquidónico • Baja ingesta de pescado azul, crustáceos • Resistencia a la insulina
Triptófano	• Alteración de la microbiota • Déficit de niacina (vitamina B_3) • Estrés y alteraciones del estado anímico

DHA: ácido docosahexaenoico; EPA: ácido eicosapentaenoico.

das bajo el Reglamento (CE) n.º 1170/2009 de la Comisión de 30 de noviembre de 2009 por la que se modifican la Directiva 2002/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y el Reglamento (CE) n.º 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a las listas de vitaminas y minerales y sus formas que pueden añadirse a los alimentos, incluidos los complementos alimenticios. Según la formulación (los otros ingredientes que acompañan a la fórmula), la riqueza (cantidad activa de la sustancia elemental) o su forma galénica (cápsulas, comprimidos, líquidos, comprimidos sublinguales...), el fabricante puede escoger la forma molecular que más le convenga.

Conocer la forma molecular del micronutriente es muy importante, ya que nos puede aportar datos sobre su biodisponibilidad (cantidad de nutriente que se absorbe y entra en circulación para llegar a todos los tejidos) o la sinergia con la molécula vehiculizante. Por ejemplo, el magnesio puede presentarse como óxido de magnesio, sulfato, carbonato, cloruro, bisglicinato, citrato... En general, podemos decir (siendo esto extensible para todos los minerales) que las formas inorgánicas son menos biodisponibles que las orgánicas, destacando en el ejemplo del magnesio el bisglicinato y el citrato como moléculas más biodisponibles, y el óxido y el carbonato como las menos biodisponibles. Esto significa que el citrato y el bisglicinato facilitan la absorción del magnesio y su distribución a la circulación sistémica (tabla 3).

Ácidos grasos

Los ácidos grasos omega-3 son ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. El ALA no puede ser sintetizado por nuestro organismo y, por tanto, debe obtenerse a través de la dieta. El EPA y el DHA derivan del ALA. Si el aporte de ALA es bajo, difícilmente se sintetizarán endógenamente estos ácidos grasos de cadena larga. Además, la vía omega-3 entra en competencia con la serie omega-6 por las enzimas que se encargan de desaturar y elongar los ácidos grasos. Por ello, las dietas desequilibradas, con mucha ingesta de omega-6 y poco omega-3, puede causar deficiencias de EPA y DHA. La mejor opción para satisfacer los requerimientos diarios de omega-3 es hacerlo a partir de una dieta que incluya 3-4 raciones semanales de pescado, de las cuales 2 sean de pescado azul (arenque, caballa, salmón, sardina, etc.). A pesar de ello, la mayoría de los estudios indican que la ingesta real media de estos nutrientes en la población

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

Tabla 3. Reacciones que catalizan o en las que participan las vitaminas y minerales, junto con sus principales funciones y signos o enfermedades originadas por su deficiencia

Micronutriente	Reacciones	Principales funciones	Enfermedad carencial/ signos de deficiencia
Vitamina A (retinol y ésteres de retinilo)	• Reacciones nucleares	• Regulador de la expresión génica. • Funcionamiento correcto del sistema inmunitario	• Xeroftalmía, nictalopía, crecimiento y capacidad reproductiva reducida
Vitamina D	• Reacciones nucleares	• Funcionamiento correcto del sistema inmunitario	• Raquitismo • Osteomalacia
Vitamina E	• Reacciones de óxido-reducción	• Protección antioxidante • Controla la lipoperoxidación	• Afectaciones del sistema neuromuscular (miopatías musculares, ataxia, arreflexia), vascular (anemia, hemorragia intraventricular) y reproductivo (muerte fetal, degeneración testicular)
Vitamina K	• Cofactor matriz GLA	• Participa en la coagulación sanguínea y en el metabolismo óseo	• Deficiencia poco frecuente
Vitamina C	• Coenzima de algunas peptidasas • Reacción de óxido-reducción	• Participa en la síntesis de colágeno, concretamente en la hidroxilación de residuos específicos prolil y lisil del procolágeno. Síntesis de neurotransmisores	• Escorbuto • Defectos en la formación de colágeno: heridas que no curan, encías inflamadas, edema, hemorragias... • Alteraciones cognitivas
Vitamina B_1	• Activación y transferencia de aldehídos. • Descarboxilación	• Cofactor de la piruvato deshidrogensa • Contribuye al metabolismo energético normal	• Beriberi • Anorexia, hipertrofia cardiaca, laxitud y debilidad muscular, ataxia, parestesia
Vitamina B_2	• Reacciones de óxido-reducción	• Precursor de los cofactores FAD y FMN que actúan en múltiples reacciones metabólicas • Ayuda a mantener los niveles normales de homocisteína	• Pérdida del apetito, crecimiento reducido, lesiones epiteliales (cheilosis, estomatitis, glositis, dermatitis), anemia y disfunción neurológica
Niacina	• Reacciones de óxido-reducción	• Precursor del NAD+ y NADP+, que actúan en múltiples reacciones metabólicas • Contribuye al metabolismo energético normal	• Pelagra • Alteraciones dérmicas, como descamación, agrietamiento, hiperqueratinosis e hiperpigmentación • Alteraciones gástricas y del sistema nervioso
Ácido fólico/ folatos	• Activación y transferencia de grupos carbono sencillos, grupos metilo	• Ayuda a mantener los niveles normales de homocisteína	• Síntesis alterada de ADN y ARN. Anemia megaloblástica, lesiones dermatológicas. Depresión y neuropatías
Ácido pantoténico	• Activación y transferencia de grupos acilo	• Síntesis de acetil coenzima A • Contribuye al metabolismo energético normal	• Deficiencia poco frecuente. Alteraciones dermatológicas (eccema, queilosis, estomatitis)
Vitamina B_6	• Activación de aminoácidos. • Activación de la glucógeno sintetasa	• Síntesis de neurotransmisores y proteínas • Ayuda a mantener los niveles normales de homocisteína	• Debilidad, dificultad para caminar, cambios dermatológicos (queilosis, glositis, estomatitis) y neurológicos (insomnio, irritabilidad, nerviosismo, neuropatía periférica)
Biotina	• Activación y transferencia de CO_2	• Transportador carboxílico (piruvato carboxilasa, acetil coenzima A carboxilasa)	• Deficiencia poco frecuente. • Alteraciones dermatológicas (eccema, queilosis, estomatitis)

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

Tabla 3. Reacciones que catalizan o en las que participan las vitaminas y minerales, junto con sus principales funciones y signos o enfermedades originadas por su deficiencia *(continuación)*

Micronutriente	Reacciones	Principales funciones	Enfermedad carencial/ signos de deficiencia
Vitamina B_{12}	• Isomerización y transferencia de grupos metilo	• Ayuda a mantener los niveles normales de homocisteína	• Anemia megaloblástica • Lesiones dermatológicas • Depresión y neuropatías
Calcio	• Mensajero secundario	• Participa en la formación de huesos y dientes • Contribuye al metabolismo energético normal y a la contracción muscular	• Raquitismo, osteoporosis
Cobre	• Reacciones de oxidación-reducción	• Cofactor de enzimas antioxidantes	• Alteraciones en la pigmentación de la piel y del cabello
Cromo	• Cofactor cromodulina	• Contribuye a mantener los niveles normales de glucosa en sangre	• Resistencia a la insulina
Hierro	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Transporte del oxígeno y formación de glóbulos rojos y hemoglobina • Cofactor en las enzimas prolil hidroxilasa y lisil hidroxilasa, en la síntesis de colágeno	• Anemia • Alteraciones neurológicas
Magnesio/sales disociables	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Contribuye al metabolismo energético normal, el equilibrio electrolítico y la síntesis de neurotransmisores • Participa en la contracción muscular. Cofactor de enzimas antioxidantes	• Contracturas musculares, alteraciones del sueño y del estado de ánimo, alteraciones óseas
Manganeso	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Contribuye a la formación normal del tejido conectivo y del tejido óseo • Cofactor de enzimas antioxidantes	• Tejido conectivo débil
Molibdeno	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Contribuye al metabolismo normal de los aminoácidos azufrados	• Alteraciones en el proceso de sulfatación de xenobióticos
Selenio	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Cofactor de enzimas antioxidantes • Contribuye a la espermatogénesis y al mantenimiento de cabellos y uñas en condiciones normales	• Alteraciones en la reproducción, caída de cabello, uñas quebradizas, alteraciones cognitivas
Yodo	• Reacciones de oxidación-reducción	• Contribuye a la función cognitiva y al metabolismo energético normal	• Bocio
Zinc	• Transferencia de electrones • Reacciones de oxidación-reducción	• Síntesis de neurotransmisores y hormonas • Cofactor de enzimas antioxidantes	• Hipogonadismo • Retraso del crecimiento

FAD: flavín adenín dinucleótido; FMN: flavín mononucleótido; GLA: ácido gammalinolénico; NAD: dinucleótido de nicotinamida y adenina; NADPH: dinucleótido fosfato de nicotinamida y adenina.

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

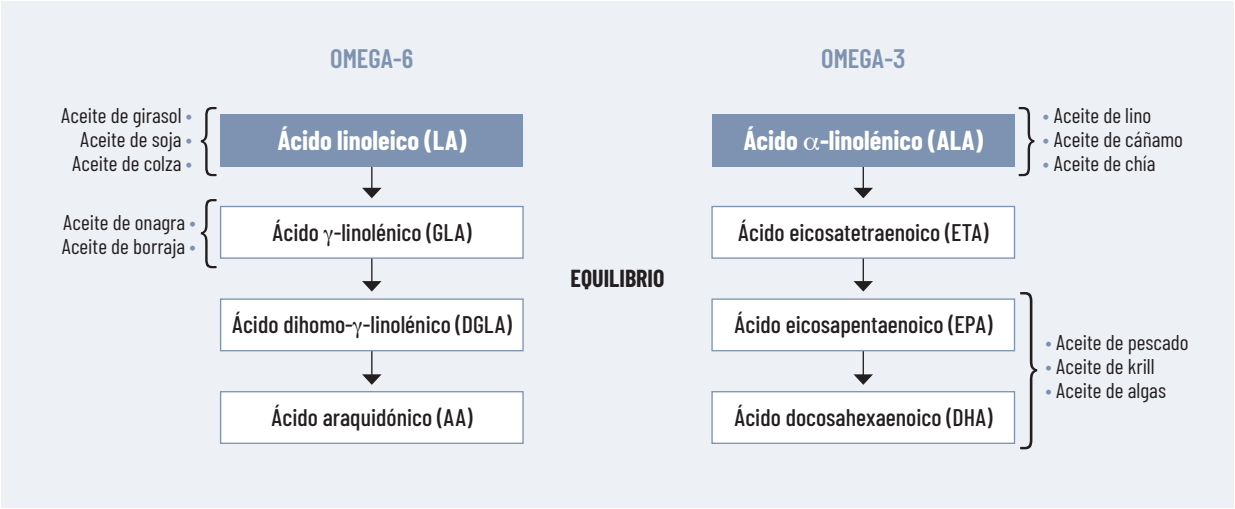

Figura 1. Tipos de ácidos grasos poliinsaturados y sus fuentes en alimentos/complementos alimenticios

es considerablemente inferior a lo recomendado. Por esta razón, la opción de tomar complementos alimenticios que aporten estos ácidos grasos es cada día más habitual y más demandada por la población (figura 1).

Los ácidos grasos más activos, EPA y DHA, tienen un amplio perfil de seguridad. No obstante, en los pacientes tratados con acenocumarol, warfarina u otros medicamentos anticoagulantes, no se aconseja combinar estos tratamientos sin supervisión médica, ya que los omega-3 pueden aumentar el riesgo de sangrado.

Normalmente las ingestas de grasas se relacionan con sobrepeso, pero en realidad el consumo de grasas es esencial para la salud. Aparte de ser fuente de energía, tienen un papel fundamental en la composición y la funcionalidad de las membranas celulares de nuestro organismo. Se ha demostrado que los omega-3 tienen numerosos beneficios en los procesos inflamatorios (de los eicosanoides derivados de ellos se generan prostaglandinas con acción antiinflamatoria), cognitivos, cardiovasculares..., además de ser casi un nutriente esencial durante el embarazo y la lactancia para favorecer el correcto desarrollo del cerebro y los ojos del niño.

Los omega-6, en especial el ácido gammalinolénico, contribuyen a controlar los procesos inflamatorios, regular las alteraciones menstruales y favorecer un óptimo estado de la piel.

Aminoácidos

La principal función de los aminoácidos es la síntesis de proteínas estructurales, como el colágeno, y de moléculas proteicas, como las hormonas, los anticuerpos, las enzimas y los neurotransmisores.

La deficiencia de aminoácidos esenciales, o incluso condicionalmente esenciales, disminuye la respuesta del músculo a la síntesis proteica y la ganancia de masa muscular. Con el envejecimiento y la falta de actividad física, se inicia esta fase de reticencia del organismo al anabolismo muscular, por lo que la pérdida de masa muscular se va haciendo cada vez más plausible y puede presentarse la sarcopenia.

La deficiencia de aminoácidos, como el triptófano o la tirosina, puede perjudicar la conversión de neurotransmisores, como la serotonina/melatonina o las catecolaminas, respectivamente, agravando la situación de estrés, ansiedad o depresión y de todas sus consecuencias asociadas: problemas gastrointestinales, cansancio, bajo rendimiento deportivo, cardiovasculares, dermatológicas, alteraciones del sueño...

La suplementación con aminoácidos esenciales y condicionalmente esenciales puede ser beneficiosa en dietas con bajas ingestas proteicas, en la práctica deportiva, y en situaciones de desgate físico y psíquico. ●

«Conocer la forma molecular del micronutriente es muy importante, ya que nos puede aportar datos sobre su biodisponibilidad o la sinergia con la molécula vehiculizante»

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados

«La principal función de los aminoácidos es la síntesis de proteínas estructurales, como el colágeno, y de moléculas proteicas, como las hormonas, los anticuerpos, las enzimas y los neurotransmisores»

Bibliografía

Benes LB, Bassi NS, Davidson MH. Omega-3 carboxylic acids monotherapy and combination with statins in the management of dyslipidemia. Vasc Health Risk Manag. 2016; 12: 481-490.

D'Ascoli TA, Mursu J, Voutilainen S, Kauhanen J, Tuomainen TP, Virtanen JK. Association between serum long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive performance in elderly men and women: The Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study. Eur J Clin Nutr. 2016; 70(8): 970-975.

Du J, Zhu M, Bao H, Li B, Dong Y, Xiao C, et al. The role of nutrients in protecting mitochondrial function and neurotransmitter signaling: implications for the treatment of depression, PTSD, and suicidal behaviors. Crit Rev Food Sci Nutr. 2016; 56(15): 2.560-2.578.

Fan YY, Chapkin RS. Importance of dietary gamma-linolenic acid in human health and nutrition. J Nutr. 1998; 128(9): 1.411-1.414.

Gould JF, Smithers LG, Makrides M. The effect of maternal omega-3 (n-3) LCPUFA supplementation during pregnancy on early childhood cognitive and visual development: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr. 2013; 97(3): 531-544.

Kant AK. Consumption of energy-dense, nutrient-poor foods by adult Americans: nutritional and health implications. The third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. Am J Clin Nutr. 2000; 72(4): 929-936.

Kennedy DO. B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy. A review. Nutrients. 2016; 8(2): 68.

Lindberg JS, Zobitz MM, Poindexter JR, Pak CY. Magnesium bioavailability from magnesium citrate and magnesium oxide. J Am Coll Nutr. 1990; 9(1): 48-55.

Mach N, Clark A. Micronutrient deficiencies and the human gut microbiota. Trends Microbiol. 2017; 25(8): 607-610.

McGaha TL, Huang L, Lemos H, Metz R, Mautino M, Prendergast GC, et al. Amino acid catabolism: a pivotal regulator of innate and adaptive immunity. Immunol Rev. 2012; 249(1): 135-157.

McNamara RK (ed.). The omega-3 fatty acid deficiency syndrome: opportunities for disease prevention. Nueva York: Nova Science Publishers, 2013; 315-336.

Melo V. Bioquímica de los procesos metabólicos, 2.ª ed. Barcelona: Ed. Reverté; 2007.

O'Mahoney LL, Matu J, Price OJ, M Birch KM, Ajjan RA, Farrar D, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids favourably modulate cardiometabolic biomarkers in type 2 diabetes: a meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. Cardiovasc Diabetol. 2018; 17(1): 98.

Reglamento (CE) n.º 1170/2009 de la Comisión de 30 de noviembre de 2009 por la que se modifican la Directiva 2002/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n.º 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a las listas de vitaminas y minerales y sus formas que pueden añadirse a los alimentos, incluidos los complementos alimenticios.

Wang J, Um P, Dickerman BA, Liu J. Zinc, magnesium, selenium and depression: a review of the evidence, potential mechanisms and implications. Nutrients. 2018; 10(5): 584.

Wang TK. Relationships between vascular calcification, calcium metabolism, bone density, and fractures. J Bone Miner Res. 2010; 25(12): 2.777-2.785.

Wu G. Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. Amino Acids. 2009; 37(1): 1-17.

Yetley EA. Multivitamin and multimineral dietary supplements: definitions, characterization, bioavailability, and drug interactions. Am J Clin Nutr. 2007; 85(1): 269S-276S.

AULA MAYO farmacia

¡Acceda a www.aulamayofarmacia.com para seguir el curso!

©2022 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados