

Alimentos funcionales en pediatría

Dra. Lilia Evelia Valderrábano Ojeda,* Dr. Carlos R Guzmán Valderrábano,**
Dra. Rosa Elena Huerta Hernández,*** Dr. Jesús Guillermo Lagunas Garza,****
Dra. Rosalía Garza Elizondo*****

RESUMEN

Los alimentos funcionales se definen como aquéllos en que está suficientemente demostrado que actúan en forma benéfica sobre una o más funciones del organismo, más allá de su efecto nutricional, mejorando la salud y el bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad. En este artículo analizaremos los beneficios de una buena alimentación basada en estos principios y el enfoque terapéutico que podemos darle en los pacientes pediátricos.

Palabras clave: Alimentos funcionales, alimentación en niños.

ABSTRACT

Functional foods are defined as those that it is sufficiently shown acting in benefit on one or more functions of the body, more than its effect in nutrition, improving health and welfare or reducing the risk of disease. In this article we will discuss the benefits of a good diet based on these principles and the therapeutic approach that we can give in pediatric patients.

Key words: Functional foods, feeding in children.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento es un rasgo fisiológico que define al niño diferenciándolo del adulto y consiste básicamente en un aumento de la masa corporal que se acompaña de un proceso de remodelación morfológica y maduración funcional.

La única posibilidad de mantener un estado nutritivo satisfactorio y un ritmo de crecimiento normal es adecuando la dieta a la capacidad digestivo-metabólica y a las necesidades fisiológicas cambiantes a lo largo de los distintos periodos de la infancia. Por otra parte, en este periodo se adquieren los hábitos dietéticos que van

a mantenerse en la edad adulta y pueden influir en el desarrollo de un grupo de enfermedades relacionadas con la nutrición.¹

Los alimentos funcionales son productos nutritivos y no nutritivos que, no sólo alimentan, sino que modulando o actuando sobre determinadas funciones del organismo producen un efecto beneficioso más allá del puramente nutricional.²

Los alimentos funcionales pueden ser alimentos naturales, alimentos a los que se les ha agregado o eliminado un componente por medio de la tecnología alimentaria, alimentos en los que la naturaleza o la bio-disponibilidad de uno o más componentes ha sido modi-

* Peditra egresada del Instituto Nacional de Pediatría.

** RIII Pediatría, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre.

*** Peditra Alergóloga. Coordinadora de Alergia a Alimentos de COMPEDIA.

**** Médico Cirujano egresado de ULSA.

***** Jefa de Educación Médica Continua. Instituto Nacional de Pediatría.

ficada o cualquier combinación de las posibilidades anteriores. Los alimentos funcionales no son los alimentos enriquecidos ni los suplementos dietéticos.³

Para ser considerados alimentos funcionales deben de cumplir una serie de criterios:

- Deben presentarse como alimento, no como medicamento.
- Los efectos beneficiosos deben tener una base científica.
- Ha de ser posible identificarlos y cuantificarlos mediante métodos analíticos.
- Deben contener uno o más ingredientes que, con independencia de su valor nutricional, demuestren efectos beneficiosos sobre la salud o prevengan el riesgo de contraer alguna enfermedad.
- El valor nutricional del alimento debe conservarse.
- Deben poder integrarse en una dieta normal.
- No serán nocivos si se ingieren en cantidades superiores a las recomendadas.

Básicamente los alimentos funcionales con efectos fisiológicos positivos son los que contienen prebióticos, probióticos y simbióticos (prebióticos + probióticos), así como ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y 6; aminoácidos como la arginina, la glutamina y la cisteína; los ácidos nucleicos; vitaminas-minerales y los fitoesteroles.⁴

Los objetivos principales de los alimentos funcionales en pediatría son:

- Desarrollo fetal y en primeros años de vida
 - Crecimiento
 - Desarrollo (sistema nervioso central; otros sistemas y órganos)
 - Diferenciación
- Aparato digestivo
 - Modificación y equilibrio de la microbiota colónica
 - Inmunidad
 - Incremento de la biodisponibilidad de nutrientes
 - Mejora del tránsito/motilidad
 - Proliferación celular
 - Fermentación de sustratos
- Aparato cardiovascular
 - Homeostasis de lipoproteínas
 - Integridad endotelial
 - Antitrombogénesis
- Metabolismo de macronutrientes
 - Mejora de la resistencia a la insulina
 - Rendimiento óptimo de la actividad física
 - Mantenimiento de peso
 - Composición corporal (grasa)

- Metabolismo xenobiótico
- Esfera psíquica
 - Cognición
 - Estado de ánimo
 - Instintos (apetito/saciedad)
 - Nivel de estrés emocional

La inmunonutrición es una materia en auge, puesto que abarca desde el papel que juegan los nutrientes, los compuestos bioactivos y los alimentos que pueden ser funcionales, o al menos beneficiosos para las distintas funciones del organismo, y su repercusión en los mecanismos de defensa, hasta el estudio particularizado de los biomarcadores inmunológicos, capaces de detectar las bondades de estos ingredientes alimenticios y alimentos para prevenir o paliar determinadas enfermedades, la mayoría relacionadas con el sistema inmune, así como el estudio de los mecanismos de acción que tienen lugar en los distintos órganos con el objetivo de tener un mejor conocimiento de la relación causa-efecto.⁵ Desde la antigüedad se ha relacionado la salud con la alimentación, y se han empleado alimentos con una finalidad algo más que nutritiva. Con el empleo de los fármacos; sin embargo, esta faceta de los alimentos perdió su importancia.

En el siglo XX y hasta los años setenta el objetivo principal de la nutrición en los países desarrollados era la lucha contra el hambre y la erradicación de enfermedades carenciales. Se trataba de encontrar una «nutrición suficiente o adecuada». En los años ochenta del siglo pasado el esfuerzo se dirigía hacia los aspectos higiénico-sanitarios de los alimentos. En los años noventa se pretendía evitar alimentos por motivos de salud (grasas saturadas, sal...). En el momento actual el enfoque con los alimentos es más positivo, se trata de incluir alimentos con más influencia positiva preventiva sobre la salud, sean nutrientes o no, de modo que parece que se pretende lograr una «nutrición óptima». El reto del futuro parece ser el de una «nutrición a la carta» diseñando a medida el tipo de alimentación según los factores genéticos que se tengan. Así pues, hay una tendencia a encontrar alimentos que tengan una función específica para la salud y es así como nace el término de alimento funcional (AF), probablemente acuñado en Japón hacia 1980 y que el resto de los países desarrollados han ido tratando de investigar.

Entre los efectos que buscamos en un alimento funcional son:

1. Crecimiento, desarrollo y metabolismo de sustratos

a) Desarrollo neuronal y cognitivo

Estudia tanto las adaptaciones maternas que se producen durante el embarazo y la lactancia como las necesidades nutricionales del niño durante el desarrollo

fetal, la etapa de lactante y el resto de la infancia. Junto con los ácidos grasos poliinsaturados ω -3 y ω -6, los nutrientes de riesgo para la mujer gestante y lactante son: hierro, calcio, zinc, yodo, folatos y vitaminas D y C.

b) Sobrepeso y obesidad

Actualmente hay interés en el estudio de los factores que influyen en el control de la oxidación de los macronutrientes, la regulación de la termogénesis, el control de la sensibilidad a la insulina y el control de los triglicéridos plasmáticos. Para ello, se investigan los alimentos de bajo índice glucémico, con porcentaje de fibra elevado y bajo contenido en ácidos grasos saturados. Son también de interés los aspectos de control del apetito y de la saciedad. De hecho, los alimentos enriquecidos en fibra permiten aumentar la sensación de saciedad, ya que retrasan la velocidad de vaciado del estómago, lo que es interesante en las dietas hipocalóricas.

c) Crecimiento y mineralización ósea

Los AF con calcio están adquiriendo gran importancia. Probablemente en un futuro los alimentos incluyan potenciadores de la absorción de calcio como algunas proteínas séricas.

2. Sistema cardiovascular y cáncer

La arterioesclerosis, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer son las principales causas de muerte en los países desarrollados. Por ello, no es de extrañar que haya un desmesurado interés en encontrar los AF que puedan prevenirlas.

a) AF frente a reacciones oxidativas

Los radicales libres están implicados en los procesos de daño celular relacionados con el cáncer y la aterosclerosis. Los antioxidantes consumidos en la dieta modulan las acciones de estos radicales libres, de modo que favorecerían la regeneración celular. Entre los antioxidantes, los más importantes son los betacarotenos, la vitamina E y la vitamina C. Ciertos minerales como el zinc, el selenio o el cobre también se consideran antioxidantes por ser cofactores enzimáticos de enzimas oxidantes.

b) AF y metabolismo lipídico

Para lograr una disminución de las cifras de colesterol plasmático se estudian los alimentos con contenido reducido en ácidos grasos saturados y en ácidos grasos trans, así como alimentos ricos en ácidos grasos omega-3, ácido linoleico y antioxidantes.

c) AF e hipertensión

Los pacientes hipertensos tienen bajas concentraciones de varios ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. La administración de ácidos grasos omega-3 muestra una acción similar a las estatinas, inhibiendo la actividad de la ciclooxigenasa, suprimiendo la síntesis de citoquinas y activando el sistema nervioso parasimpático.

3. Fisiología y función gastrointestinal

La regulación de la función intestinal es uno de los aspectos más estudiados en relación con la composición de la microbiota intestinal. Los probióticos y los prebióticos, que comentamos anteriormente, pertenecen a este grupo.

4. Comportamiento y funciones psicológicas

a) AF y saciedad

b) AF y relación con la salud mental

c) AF y rendimiento cognitivo³

PREBIÓTICOS, PROBIÓTICOS Y SIMBIÓTICOS

Desde hace ya cien años se conoce que la adición de gérmenes vivos a los productos lácteos es una forma de conservarlos. La microbiota intestinal se adquiere durante el periodo neonatal y permanece más o menos estable el resto de la vida⁶ y, aunque depende de diversos factores, como el uso de antibióticos o la dieta, etc., no es fácil modificarla de manera definitiva.

La adición de ciertas bacterias permite el mantenimiento de un determinado tipo de microbiota, con esta base nace el concepto de probiótico, el cual la OMS lo define como: «microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidad adecuada confieren un efecto beneficioso sobre la salud del huésped».⁷

Dado que la adición de bacterias vivas tiene algunos problemas tecnológicos y podrían aparecer efectos secundarios, se ha recurrido a sustancias que están de manera natural en los alimentos o que pueden añadirse a éstos y que favorecen la presencia y las acciones de los gérmenes probióticos, son llamados prebióticos. Los prebióticos son «ingredientes no digeribles de los alimentos que afectan beneficiosamente al huésped, estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de una de las especies de bacterias que están ya establecidas en el colon, o de un número limitado de ellas, y por consiguiente mejoran la salud del huésped».⁸

Para que una sustancia (o grupo de sustancias) pueda ser definida como tal debe cumplir con los requisitos siguientes:⁹

- Ser de origen vegetal.
- Formar parte de un conjunto muy heterogéneo de moléculas complejas.
- No ser digerida por las enzimas digestivas.
- Ser parcialmente fermentada por las bacterias colónicas.
- Ser osmóticamente activa.

Los más conocidos son: fructooligosacáridos (FOS), inulina, galactooligosacáridos (GOS) y lactulosa.

Toda fibra dietética llega al intestino grueso sin haber sido transformada digestivamente. Las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas digestivas de gran actividad metabólica, la pueden digerir en mayor o menor medida en dependencia de su composición química y de su estructura.

El término fibra dietética, según lo definió la *American Association of Cereal Chemist* en el 2001, es «la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso y que se excretan por las heces».¹⁰

Algunos de los componentes de la fibra cumplen estrictamente los criterios para considerarse prebióticos (inulina, FOS, GOS y lactulosa), mientras que otros aún están en estudio (oligosacáridos de la soya).

Es responsabilidad de la microbiota intestinal, fundamentalmente las bifidobacterias y los lactobacilos, la producción de AGCC y ácido láctico, como consecuencia de la fermentación de carbohidratos no digeribles. Estos productos disminuyen el pH en el colon, creando un ambiente donde las bacterias potencialmente patógenas no pueden crecer y desarrollarse. Los prebióticos constituyen el sustrato fundamental (el alimento) de las bacterias probióticas.⁹

Los simbióticos se definen como aquellos productos que contienen probióticos y prebióticos, que actúan sinérgicamente de manera que el prebiótico favorece la acción del probiótico. El efecto del prebiótico no es sólo sobre el probiótico en sí, sino sobre otros microorganismos de la dieta.¹¹

ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y 6

Los ácidos grasos presentes en la dieta tienen una función sobre la inmunocompetencia a través de tres mecanismos básicos:

1. Como sustrato y fuente energética a través de los ácidos grasos y las vitaminas liposolubles.
2. Como constituyente básico de las membranas celulares, regulando funciones importantes como su fluidez, la actividad de diferentes receptores y la especificidad de los mismos.

3. Moduladores de la síntesis de eicosanoides desde prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos; hasta el factor agregante plaquetario.

En términos generales, las grasas tienen una función inmunosupresora, el tipo de grasa administrada mediante el apoyo nutricional específico modifica esta respuesta, provocando una respuesta inmunomoduladora.

Los ácidos grasos omega 6 son el sustrato básico en la formación de ácido linoleico, que produce ácido araquidónico, favoreciendo la producción de metabolitos proinflamatorios, que finalmente afectan la respuesta inmune deteriorándola. La adición de ácidos grasos omega-3 limita este efecto proinflamatorio, a través de las desaturasas 6 y 5. La desaturasa 6 es la que principalmente limita la conversión de ácido linoleico a ácido araquidónico.¹²

Por otro lado, los efectos inflamatorios de los metabolitos resultantes del metabolismo de los ácidos grasos omega-3 son menos importantes, y por lo tanto, provocan menos inmunosupresión. Participan también de forma importante en la producción de óxido nítrico y, por lo tanto, en la función endotelial y de las plaquetas.

Se ha observado que la administración de ácidos grasos omega-3 disminuye la blastogénesis, independientemente del grado de avance de la misma. Los ácidos grasos poliinsaturados suprimen la sensibilidad cutánea retardada. Los ácidos grasos omega-3 tienen efectos mixtos sobre la citotoxicidad y mejoran la sensibilidad retardada.¹³ Además, regulan la función inmune, aumentando por un lado la fluidez de la membrana; regulan la producción de radicales libres y proporcionan precursores para el metabolismo de eicosanoides.¹⁴ Mejoran la calidad de la respuesta inmune.¹⁵

Los ácidos grasos omega-3 se asocian con la producción de prostanoides de la serie 3 y leucotrienos de la serie 5 con un potencial proinflamatorio menor.

AMINOÁCIDOS

a) Arginina

La arginina es un aminoácido condicionalmente esencial (igual que la glutamina), la síntesis endógena de este aminoácido se ve superado por el incremento en los requerimientos. Constituye la mayor fuente de urea en el organismo. Representa un aminoácido importante para la cicatrización de las heridas, mediante la incorporación de hidroxiprolina en el tejido de cicatrización. Mejora la función de las células T observada durante el estado crítico.

La arginina modifica la inducción y el desarrollo de los tumores malignos a través de sus efectos sobre el sistema inmunológico, Hyes y cols. han demostrado mejor respuesta a la quimioterapia en carcinoma mamario

luego de la administración de suplementos con arginina. Estas observaciones sugieren que la arginina tiene un efecto antitumoral, a través del sistema específico e inespecífico inmune.¹⁶

La arginina tiene capacidad de estimular la celularidad y la respuesta del timo, además tiene efecto secretagogo endocrino favoreciendo la liberación de diferentes hormonas, como la hormona del crecimiento, prolactina, insulina, glucagón, somatostatina, catecolaminas, aldosterona y vasopresina. La arginina constituye el único sustrato para la síntesis de óxido nítrico.

El óxido nítrico tiene una función fundamental en los procesos de inflamación, favorece un estado de oxidorreducción tisular adecuado, limita la aparición de aterosclerosis, favorece la respuesta citotóxica de las células inmunológicas y mantiene el flujo sanguíneo (microcirculación). De esta forma, la arginina es de suma importancia en la adaptación de los pacientes críticos debido a su papel en la inmunomodulación. La alimentación suplementada con arginina mejora la respuesta de las células T y aumenta la fagocitosis.

Recientes metaanálisis que han evaluado el uso de la inmunonutrición y los suplementos con arginina en pacientes críticos y pacientes quirúrgicos, revelaron problemas metodológicos serios en la mayoría de los estudios, lo cual limita la posibilidad de proponer conclusiones al respecto.¹⁷

Al igual que sucede con la glutamina, la dosificación de la arginina es importante. No se ha demostrado beneficio con el uso de la arginina cuando la concentración es de alrededor de 6 g/L de este aminoácido (aproximadamente 2% del aporte de energía total), pero concentraciones mayores de 12 g/L han mostrado efectos favorables.

b) Glutamina

La glutamina es el aminoácido no esencial más abundante en el organismo, jugando un papel importante en diferentes procesos metabólicos. Es un precursor de sustratos para la gluconeogénesis hepática, es el combustible preferido por enterocitos y neutrófilos, participando en las funciones de sistemas como el gastrointestinal, inmunológico y muscular.¹⁸

Durante la evolución de una enfermedad crítica, se ha demostrado una depleción importante de los niveles séricos de glutamina, convirtiéndose en un aminoácido condicionalmente esencial, ya que los requerimientos del organismo durante un periodo de estrés importante sobrepasan la cantidad de síntesis endógena.

La dosis eficiente de glutamina como suplemento debe ser de al menos 0.2 g/kg y administradas durante varios días. En los resultados de diferentes estudios, se ha observado que existe una disminución en la incidencia de bacteremia en los pacientes a quienes se les administra glutamina.

Algunos metaanálisis han evaluado el beneficio de su administración en pacientes quirúrgicos y médicos críticos, en cuanto a días de estancia, complicaciones infecciosas y la mortalidad, investigando además diferencias en la respuesta según la ruta de administración y la dosis. Se ha encontrado disminución en la incidencia de complicaciones infecciosas y reducción en los días de estancia hospitalaria.¹⁹

En cuanto a la ruta de administración, se ha evidenciado en algunos reportes una mejor respuesta en la parenteral pero sin que la diferencia sea significativa. En los pacientes críticamente enfermos, hospitalizados en unidades de cuidado intensivo y que no pueden recibir nutrición por vía enteral, la glutamina se debe administrar por medio de nutrición parenteral demostrando una reducción significativa en la morbilidad.

Las dosis altas de glutamina han demostrado mejorar la evolución de los enfermos en relación con las dosis bajas. Queda claro que el suplemento con glutamina en el abordaje nutricional favorece una mejor evolución.

No se ha encontrado evidencia que la administración de glutamina sea peligrosa, sino que se asocia con una tendencia a reducir la mortalidad, disminuir el índice de complicaciones y acortar los días de estancia de los enfermos.²⁰

La dosis óptima de glutamina no se conoce, aunque estudios en humanos sugieren un aporte de 0.5 g/kg/día. Sin embargo, actualmente se sugieren dosis por encima de 0.2 g/kg/día con mejor efecto que las dosis menores.¹⁹ La inmunonutrición en general y la administración de glutamina enteral en particular, han demostrado de forma consistente su papel benéfico en la población de pacientes quemados, en quienes las concentraciones de glutamina tanto musculares como plasmáticas son severamente depletadas. En esta población se ha demostrado que con la glutamina se previene la bacteremia y disminuye el índice de mortalidad.

c) Cisteína

Es un aminoácido no esencial y uno de los pocos aminoácidos que contiene azufre, lo que le permite formar enlaces especiales para mantener la estructura de las proteínas en el organismo. Este aminoácido fortalece la capa protectora del estómago e intestinos, lo que ayuda a prevenir el daño provocado por determinados fármacos, y es importante en el funcionamiento del sistema inmune y en la salud de pelo, uñas y piel.

El déficit de la cisteína se ha asociado con el predominio de la respuesta inmunológica humoral en detrimento de una respuesta citotóxica.²¹

ÁCIDOS NUCLEICOS

Los nucleótidos de la dieta son benéficos para mantener la función inmunológica normal. Promocionan la prolife-

ración de los linfocitos, la actividad de las células NK, la activación de los macrófagos y la producción de otros factores inmunomoduladores. Añadir ARN a la dieta previene la inmunosupresión. No proporcionar nucleótidos suprime de manera selectiva las células T-ayudadoras y la producción de IL-2.²²

El suplemento de la dieta con ARN o con bases pirimídicas, tal vez sea necesario para mejorar la supervivencia frente a la agresividad bacteriana y para mantener una función inmunitaria normal. Su aporte en la dieta restaura la anergia cutánea, revierte la inmunosupresión secundaria a la transfusión, disminuye la formación de abscesos por gramnegativos en peritonitis y mejora la actividad de macrófagos mediada por linfocitos T.

La función básica de los nucleótidos es que son parte fundamental de la síntesis de RNA y de DNA para los compuestos transportadores de energía. Lo cual explica teóricamente su función en el mejoramiento de la respuesta inmune.²³

Se puede concluir que el aporte óptimo de nucleótidos mejora la función de las células, sobre todo las de reproducción rápida, y que su deficiencia reduce la función inmunológica, pero hasta ahora ningún estudio ha mostrado que la adición de nucleótidos a la dieta sea benéfica.

VITAMINAS

Vitamina B6: es una vitamina hidrosoluble que se aisló por primera vez en la década de 1930. Tradicionalmente se consideran tres formas de vitamina B6: piridoxal (PL), piridoxina (PN) y piridoxamina (PM). El derivado éster fosfato, piridoxal 5'-fosfato (PLP), es la forma coenzimática principal y de mayor importancia en el metabolismo humano. La vitamina B6 debe ser obtenida de la dieta, debido a que los humanos no pueden sintetizarla. El PLP juega un papel vital en la función de aproximadamente 100 enzimas que en el cuerpo humano catalizan reacciones químicas esenciales. Funciona como una coenzima para la glicógeno-fosforilasa, que es una enzima que cataliza la liberación de la glucosa a partir del glicógeno almacenado. Mucha de la PLP en el cuerpo humano se encuentra en el músculo unida a la glicógeno-fosforilasa. La PLP es también una coenzima en las reacciones utilizadas para la gluconeogénesis.²³

Los efectos más importantes de la deficiencia de piridoxina son:

- Atrofia de tejidos linfoides.
- Disminución de la inmunidad celular (respuesta deprimida en la hipersensibilidad retardada cutánea) y la inmunidad humoral.
- Depresión de la respuesta inmune secundaria (vacunación e inmunización).

Sin embargo, es importante resaltar que la actividad de macrófagos y células NK no se afecta (al menos en un grado extremo) por un déficit de vitamina B6, a diferencia de lo que ocurre con los linfocitos T y B. Esta repercusión tan distinta puede explicarse por los mayores requerimientos de vitamina B6 en el metabolismo proteico y en el de ácidos nucleicos de células con mayor grado de proliferación.²⁴

Ácido fólico (vitamina B9): el folato juega un papel muy importante en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, proporcionando en conjunto con las vitaminas B6 y B12 unidades de un carbono, por lo que una inadecuada cantidad de folato puede alterar de forma significativa la respuesta inmunitaria. Participa en la síntesis de ADN, la síntesis de purinas, en la biosíntesis de ácidos nucleicos y proteínas en conjunto con las vitaminas B6 y B12. Mejora la función inmunitaria al modificar la actividad de las células NK, mejorando la respuesta Th1, proporcionando así, una mayor protección contra las infecciones.²⁵

Vitamina B12: tiene un papel clave junto con el ácido fólico en la vía biosintética y metabólica de los ácidos nucleicos, en el metabolismo de las grasas, de los carbohidratos y en la síntesis de proteínas. Es necesaria para la formación de glóbulos rojos, la prevención de la anemia megaloblástica y la función neurológica. Puede actuar como inmunomodulador de la inmunidad celular, especialmente con efectos sobre las células citotóxicas (NK, linfocitos CD8). Su deficiencia provoca células anormales de tipo megaloblástica (más grande de lo normal). Esta anomalía celular repercute en el funcionamiento normal del sistema inmune. Disminuye la actividad de células NK, disminución del número de linfocitos y de células CD8; aumento de células CD4. El déficit en conjunto de estas vitaminas provoca una depresión de la inmunidad mediada por los linfocitos T, así como de la respuesta de hipersensibilidad retardada frente a diversos antígenos y una menor actividad fagocítica de los neutrófilos.²⁶

Vitamina C: a pesar de haberse descrito cambios inmunológicos por la deficiencia del ácido ascórbico, tanto a nivel de inmunidad innata (actividad de células NK, función fagocítica y oxidativa de neutrófilos) como adquirida (función de células T y B), uno de los efectos más claros de un adecuado estado nutricional respecto a esta vitamina es su papel clave en la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, concretamente en la motilidad celular, lo que se justifica por la elevada concentración de la vitamina C en estas células. Por tanto, su deficiencia repercutirá en una función inmune deteriorada sobre el sistema inmune inespecífico. El deterioro en la función inmune también se ve reflejado en una disminución de la respuesta al test cutáneo de hipersensibilidad retardada. Un aspecto destacable de la vitamina C, que ha alcanzado una proyección popu-

lar, es la prevención del resfriado común con megadosis de vitamina C. Sin embargo, hay que destacar que ingestas muy elevadas de esta vitamina se han asociado con un efecto prooxidante en el organismo, lo que origina un efecto negativo sobre el sistema de defensa del individuo.²⁶

Vitamina A: esta vitamina también interviene en los mecanismos de la inmunidad humoral y celular. Actúa a través del ácido transretinoico, ácido 9-cis retinoico o de otros metabolitos y receptores nucleares del ácido retinoico. Juega un papel muy importante en la tolerancia oral y su deficiencia se ha relacionado con alteración de la integridad del epitelio de la mucosa en los tractos respiratorio y gastrointestinal, así como una mayor susceptibilidad de patógenos en la conjuntiva ocular. Se menciona que los pacientes con deficiencia de vitamina A tienen mayor riesgo de presentar enfermedades respiratorias y una mayor severidad de las enfermedades diarreicas. Su deficiencia también está relacionada con disminución de la actividad fagocítica y la activación de los macrófagos durante la inflamación, así como una reducción en el número y la actividad de las células NK. La activación de los linfocitos comienza tras la activación de los receptores del ácido retinoico y, por lo tanto, la vitamina A juega un papel esencial en el desarrollo y diferenciación de los subgrupos de linfocitos Th1 y Th2. La vitamina A mantiene la respuesta mediada por anticuerpos Th2 en niveles normales a través de la supresión de la producción de IL-12, TNF-alfa e interferón gamma por parte de los linfocitos Th1. Como consecuencia, en la deficiencia de la vitamina A hay un deterioro de la capacidad para defenderse contra los patógenos extracelulares. La suplementación de esta vitamina mejora la respuesta de anticuerpos frente a ciertas vacunas.²⁶ Así, se ha observado entre las consecuencias más inmediatas que su deficiencia ocasiona disminución del tamaño del timo y bazo, una menor actividad de las células NK, mayor producción de IFN- γ , descenso de la hipersensibilidad retardada cutánea y una baja respuesta de los linfocitos ante la estimulación con mitógenos.²⁷

Vitamina E: el papel de la vitamina E en el sistema inmune parece relacionarse directamente con su función antioxidante a nivel de las diversas membranas celulares. Se ha demostrado que la deficiencia de la vitamina E se asocia con una respuesta inmune deteriorada, produciéndose la afectación de la inmunidad inespecífica, en especial de la función quimiotáctica y fagocítica de neutrófilos y macrófagos, y asimismo de la adquirida, tanto humoral como celular. Se recomienda una ingesta de vitamina E (equivalente de alfa-tocoferol) en mujeres y hombres adultos de 8 y 10 mg/día respectivamente, considerándose estas cantidades suficientes para prevenir la aparición de alteraciones patológicas, como neuropatías y miopatías. Sin embargo, parece cada día más evidente que estas cantidades deben ser superio-

res para poder lograr el buen funcionamiento del sistema inmune. La vitamina E presenta una toxicidad baja en adultos. Suministrada a altas dosis antagoniza las funciones de otras vitaminas liposolubles, provocando una disminución de la mineralización ósea, del almacenamiento hepático de vitamina A y alteraciones de la coagulación. También se han detectado en algunos estudios modificaciones de la función inmune en adultos que recibieron altas dosis de vitamina E; en concreto, una disminución de la capacidad fagocítica y bactericida de leucocitos. Por otro lado, la suplementación con altas dosis de α -tocoferol disminuye significativamente los niveles de la proteína C reactiva e IL-6 en diabéticos tipo II y en sujetos sanos; efectos antiinflamatorios que podrían ser interesantes con vistas a un posible uso farmacológico de esta vitamina, como terapia adyuvante en la prevención de la arterosclerosis. Asimismo, estudios *in vitro* han demostrado que la vitamina E puede reducir la coagulación sanguínea y la formación de trombos.²⁶ Aunque los resultados más llamativos se han obtenido en población mayor de 65 años, existen evidencias de que los nutrientes antioxidantes pueden modificar la respuesta inmune celular en personas más jóvenes, en consecuencia una ingesta adecuada de estos nutrientes desde una edad temprana, puede ser esencial para prevenir, o al menos retrasar, la aparición de enfermedades degenerativas.

Vitamina D: la vitamina D y sobre todo su metabolito, el 1,25-dihidroxicolecalciferol, posee una acción inmunorreguladora. La mayoría de las células del sistema inmune, a excepción de las células B, expresan receptores para la vitamina D y sus metabolitos, indicando así, el papel preponderante de esta vitamina en el funcionamiento del sistema inmune. De un modo general, la vitamina D incrementa la inmunidad innata y mejora la regulación de la inmunidad adquirida, lo cual produce un incremento de la tolerancia inmunológica a los propios tejidos. Además, la vitamina D y su metabolito tienen la capacidad de inhibir la maduración de las células dendríticas y ayudar a regular la producción de citoquinas. Esta vitamina se ha visto implicada como agente inmunomodulador en 23 enfermedades autoinmunes, tales como la encefalitis autoinmune, artritis reumatoide, lupus eritematoso sistémico, enfermedades inflamatorias intestinales, diabetes, prostatitis autoinmune y esclerosis múltiple (*Cuadro I*).²⁶

MINERALES

Zinc: el papel del zinc (Zn) en el sistema inmune está perfectamente establecido, tanto en sus efectos fisiológicos como cuando existen deficiencias del mismo. Este elemento es uno de los pocos que, junto con el hierro y la vitamina A, parece estar involucrado en una carencia singular de un solo nutriente. En niños con acrodermati-

Cuadro I. Nutrientes que afectan el funcionamiento del sistema inmunitario.²⁸

Nutrientes	Efectos sobre el sistema inmune
Fibra	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento y potenciación flora colónica intestinal - Impide y evita la traslocación bacteriana - Reducción del cáncer de colon
Grasa	<ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento de las células inmunocompetentes - Antiinflamatorias
Vitamina C	<ul style="list-style-type: none"> - Inmunoestimulante - Antioxidante <p>Déficit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento en la susceptibilidad a sufrir infecciones - Menor protección frente al daño oxidativo - Alteración de la inmunidad celular y humoral - Menor capacidad fagocítica - Menor actividad de las células NK
Vitamina E	<ul style="list-style-type: none"> - Inmunoestimulante - Antioxidante <p>Déficit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor protección frente al daño oxidativo - Alteración del funcionamiento de las células inmunocompetentes: deterioro de la inmunidad celular, humoral y capacidad fagocítica
Vitamina A	<ul style="list-style-type: none"> - Antioxidante - Resistencia a infecciones <p>Déficit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor protección frente al daño oxidativo - Altera NK, IFN- e hipersensibilidad
Vitamina B ₆	<p>Déficit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración en la maduración de linfocitos y producción de anticuerpos
Vitamina B ₁₂ y folatos	<p>Déficit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteración de la inmunidad celular, capacidad fagocítica y reacciones de hipersensibilidad

tis enterohepática, donde existe una reducida absorción intestinal de zinc, es evidente la linfopenia por déficit de zinc, así como las alteraciones del sistema inmunitario (atrofia tímica, deterioro de la hipersensibilidad retardada cutánea y aumento de la susceptibilidad a infecciones), junto con una deficiente cicatrización de heridas. Además, los efectos negativos de la deficiencia de zinc pueden ser también indirectos, ya que en estas circunstancias se produce una disminución de la sensación de gusto, lo que causa anorexia y puede llevar a un estado de malnutrición, cuyas repercusiones ya se han comentado previamente. El zinc es un cofactor clave que está integrado en más de cien metaloenzimas, muchas de

las cuales participan en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, procesos fundamentales en la proliferación celular característica de la respuesta inmunitaria. Es necesario para que se produzca la forma biológicamente activa de la hormona tímica, factor tímico sérico o timulina, que parece promover la diferenciación de células precursoras de linfocitos T.²⁸

Los efectos más evidentes de la deficiencia de zinc sobre el sistema inmune son:

1. Atrofia linfóide, con una clara disminución en la respuesta de hipersensibilidad retardada cutánea, reacción retardada a los injertos.
2. Falta de maduración de las células T y, en consecuencia, disminución de la función inmune celular.
3. Actividad deteriorada de las células NK.
4. Menor número de células formadoras de anticuerpos IgG e IgM.
5. Está disminuida la respuesta inmunitaria secundaria, ligada a la existencia de células memoria, incluso con una inmunización primaria previa a la situación deficitaria.
6. Fagocitosis deprimida, especialmente la capacidad de digerir bacterias, así como su capacidad para producir oxígeno con clara función bactericida.

Los últimos estudios llevados a cabo en pacientes con déficit de zinc, ponen de manifiesto la importancia de la suplementación con este mineral en la dieta para contrarrestar un mayor riesgo a padecer infecciones.²⁸

Hierro: desde el punto de vista inmunitario, las repercusiones del hierro (Fe) se pueden contemplar bajo una triple perspectiva:

1. Deficiencia de hierro.
2. Exceso de hierro libre por niveles disminuidos de la proteína transportadora de transferrina.
3. Exceso de hierro absoluto.

a) Deficiencia de hierro: la deficiencia en hierro es la más extendida a nivel mundial, especialmente en el tercer mundo, y en muchos casos responde a una malnutrición de graves consecuencias. Por ello, la depresión del sistema inmune en un mundo contaminado, expuesto a la agresión de múltiples agentes patógenos (bacterias, virus, parásitos, etc.) es un hecho constatado. En estas condiciones se produce una depresión de la inmunidad celular y humoral, lo cual se explica por la necesidad de hierro para la síntesis de los citocromos linfocitarios, así como para la enzima ribonucleótido-reductasa, esencial para la proliferación celular y su participación en la síntesis de ADN. La depresión del sistema de linfocitos T también se manifiesta en la producción de citoquinas como la IL-1 o el factor de

inhibición de migración (MIF). También disminuye la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, dada la necesidad del metal en enzimas hierro-dependientes, como la mieloperoxidasa y el citocromo de la NADPH-oxidasa, implicados en la destrucción bacteriana. Este hecho afecta a la producción de radicales libres como superóxido, peróxido de hidrógeno y radicales hidroxilo.

b) Exceso de hierro: el exceso de hierro afecta negativamente al sistema inmune. De hecho, se ha descrito que una sobrecarga de hierro reduce la capacidad proliferativa de células T auxiliares y células T citotóxicas, aumentando por el contrario la actividad de células T supresoras.

c) Exceso de hierro absoluto: en la presencia de exceso de hierro absoluto disminuyen las actividades quimiotácticas y fagocíticas de los leucocitos. Los niveles libres de hierro en plasma pueden aumentar, lo que favorece la proliferación bacteriana.²⁸

Cobre: el cobre (Cu) es un micronutriente esencial para el desarrollo, crecimiento, mantenimiento y funcionamiento normal del sistema inmunitario, siendo necesario para la diferenciación, maduración y activación de los distintos tipos de células inmunocompetentes, así como para la secreción de citoquinas con propiedades autocrinas, paracrinas y endocrinas, ejerciendo así una correcta defensa del huésped. Además, es un importante componente de la hemoglobina y mioglobina. Actúa como antioxidante, ya que es un cofactor esencial de una gran variedad de enzimas, incluyendo la citocromo-C-oxidasa y la Cu-Zn-superóxido-dismutasa (enzimas implicadas en la función bactericida de los granulocitos) y una proteína de inflamación, como la ceruloplasmina. Además, el cobre es necesario para que se produzca una adecuada utilización del hierro, su deficiencia causa anemia, también se utiliza en el metabolismo de catecolaminas y en la protección celular frente al daño ocasionado por la oxidación. En situaciones de déficit de cobre parece aumentar la tendencia a padecer infecciones.²⁸

Magnesio: es uno de los micronutrientes de mayor importancia para el sistema inmune. El desequilibrio de Mg en personas mayores se relaciona con una mayor susceptibilidad al estrés, una defectuosa función de la membrana, procesos de inflamación, enfermedades cardiovasculares, diabetes y disfunciones del sistema inmunitario.²⁸

Selenio: tiene efectos adicionales importantes sobre la salud, particularmente en relación con la respuesta inmune, la enfermedad viral y la prevención del cáncer. En numerosos estudios se ha sugerido que la deficiencia de selenio se relaciona con una alteración en varios niveles de la respuesta inmunológica: resistencia a la infección, síntesis de anticuerpos, citotoxicidad, secreción de citoquinas y proliferación de linfocitos. De hecho, implica alteraciones en la inmunidad celular y la función de las células B. Este fallo en el sistema inmune puede

probablemente estar condicionado por el hecho de que el selenio se encuentra habitualmente en cantidades significativas en tejidos inmunocompetentes, tales como el hígado, bazo y nódulos linfáticos. Por otro lado, la suplementación con selenio –incluso en individuos con los requerimientos completos–, tiene marcados efectos inmunoestimuladores, incluyendo un aumento de la proliferación de la actividad de las células T (linfocitos citotóxicos) y la mejora de la actividad de las células NK. El selenio parece también eliminar la deficiencia que presentan los linfocitos de personas de edad avanzada para responder a estímulos y poder proliferar y diferenciarse en células efectoras citotóxicas.²⁸

Sustancias fitoquímicas: el progreso de la investigación en nutrición en la última década sugiere claramente que, además de los nutrientes esenciales, otros constituyentes no nutritivos de los alimentos como los fitoquímicos tienen un efecto beneficioso sobre la salud humana. Los fitoquímicos están representados por un amplio número de sustancias químicamente diferentes, aunque, hasta la fecha, por su potencial inmunomodulador, los carotenoides y flavonoides son los más estudiados, no se han elucidado los mecanismos de acción y los niveles adecuados de ingesta (*Cuadro II*).²⁸

Cuadro II. Consecuencias sobre la deficiencia de algunos micronutrientes sobre el sistema inmunitario.²⁸

Minerales	Efectos sobre el sistema inmune
Cinc	<ul style="list-style-type: none"> - Atrofia linfoide - Anorexia-Malnutrición - Respuesta hipersensibilidad retardada disminuida - Alteración inmunidad celular - Menor producción de anticuerpos - Capacidad fagocítica disminuida - Menor actividad de las células NK - Mayor susceptibilidad a infecciones - Alteración de la cicatrización de heridas - Reacción retardada a injertos
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> - Depresión de la inmunidad celular y humoral - Disminución de función fagocítica - Mayor susceptibilidad a infecciones
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración en el desarrollo, crecimiento y maduración de las células inmunocompetentes (celular y humoral) y citoquinas - Alteraciones hematológicas (anemias) - Alteración de los mecanismos de inflamación - Mayor susceptibilidad a infecciones - Disminución de la capacidad oxidativa y microbicida de neutrófilos - Actividad citolítica de NK disminuida

FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES

Los fitoestanoles son esteroides de origen vegetal ampliamente distribuidos en la naturaleza y cuya estructura es muy similar a la del colesterol. Desde hace años se conoce que estos esteroides producen efectos hipocolesterolémicos cuando son ingeridos en el rango de 1-3 g/día, por lo cual se les considera como importantes aliados en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, siendo su consumo indicado para individuos con hipercolesterolemias leves o moderadas. El efecto hipocolesterolémico de los fitoesteroides y de los fitoestanoles es atribuido a tres acciones metabólicas: inhiben la absorción intestinal de colesterol por competencia en la incorporación del colesterol a las micelas mixtas, disminuyen la esterificación del colesterol en los enterocitos al inhibir la actividad de la enzima acil-CoA-colesterol-aciltransferasa y estimulan el reflujo de colesterol desde los enterocitos hacia el lumen intestinal al aumentar la actividad y la expresión de un transportador de tipo ABC. La acción conjunta de los esteroides y/o estanoles sobre estos mecanismos produce una disminución del colesterol total plasmático y del colesterol-LDL, sin modificar los niveles del colesterol-HDL. Los fitoesteroides y fitoestanoles constituyen un modelo muy adecuado para el desarrollo de alimentos funcionales. Actualmente en diferentes países se comercializan leches, jugos, yogurt y margarinas que contienen ya sea fitoesteroides o fitoestanoles.²⁹

ALIMENTOS FUNCIONALES CON EFECTOS FISIOLÓGICOS POSITIVOS

Ahora que ya conocemos los efectos producidos por los diferentes componentes de los alimentos, es importante saber cuáles son los alimentos que contienen dichos componentes para su buena alimentación, que analizaremos en el siguiente *cuadro III*:

EFECTOS DE ALGUNOS ALIMENTOS FUNCIONALES NATURALES DE ESPECIAL RELEVANCIA

- Efectos favorables sobre el perfil lipídico
 - Pescado azul
 - Aceite de oliva virgen
 - Nueces y otros frutos secos
 - Legumbres
 - Vino y otras bebidas alcohólicas
 - Manzana, moras
 - Cebada, avena
 - Zanahoria, champiñón
 - Ajo, cebolla
- Efecto antioxidante
 - Limón
 - Tomate

- Manzana, arándanos
- Ajo
- Efecto antiinflamatorio
 - Ginseng
 - Avena
- Efecto antiproliferativo
 - Naranja
 - Berenjena, espinacas
 - Soya
 - Repollo, col de Bruselas, coliflor, brócoli
 - Perejil
 - Té verde
 - Ajo
- Efecto antimicrobiano
 - Arándanos
 - Ajo, cebolla
 - Té verde
- Efecto antiestrogénico (agonista estrogénico parcial)
 - Anís
 - Soja y otras legumbres
 - Hinojo
 - Repollo³⁰

CONCLUSIONES

Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples aparatos y sistemas de la economía. Se comportan como potenciadores del desarrollo y la diferenciación, moduladores del metabolismo de nutrientes, la expresión génica, el estrés oxidativo y mejoran la salud en general.

El concepto de alimento funcional emerge como uno de los primeros pasos en el camino hacia la nutrición óptima y personalizada, enfocada a la promoción integral de la salud y en la reducción del riesgo de ciertas enfermedades. Un alimento funcional debe seguir siendo tal alimento y, por tanto, ejercer sus acciones funcionales en las cantidades habitualmente consumidas en una dieta convencional. Deben consumirse dentro de una dieta sana, equilibrada y en las cantidades en las que se consumen los demás alimentos.

Es muy importante que como pediatras verifiquemos los hábitos alimentarios de la familia, porque sabemos que hay muchos factores culturales, económicos, incluso religiosos que pueden evitar una adecuada alimentación a los pacientes. El exceso de «alimentos chatarra» y la facilidad con que se pueden obtener, ha condicionado que la dieta se base en desequilibrio nutricional y como consecuencia los problemas carenciales que hemos analizado.

Debemos procurar que los hábitos alimentarios de la familia sean adecuados para que el paciente tenga un crecimiento y desarrollo normales. Si la dieta del paciente es variada, equilibrada, suficiente, adecuada e incluye los alimentos funcionales entonces es funcional.

Cuadro III.

Componente	Alimento	Contenido	Acción
Probióticos ²	Yogurt Leches fermentadas	Contienen microorganismos vivos	Interactúan con la flora bacteriana para prevenir enfermedades infecciosas comunes por ingestión de patógenos, tienen propiedades inmunomoduladoras: modifican la respuesta a antígenos ²
Prebióticos ^{31,32}	Alcachofas, achicoria y plátano	Contienen inulina, un prebiótico natural	Efectos metabólicos: producción de ácidos grasos de cadena corta, metabolismo de las grasas. Absorción de iones (Ca, Fe, Mg) y aumenta la inmunidad del huésped (producción de IgA, modulación de citoquinas, etc.) ^{31,32}
	Legumbres, papa y camote Ajo, cebolla y puerro	Poseen rafinosa y estaquiosa Poseen derivados de inulina y fructooligosacáridos	
	Trigo, avena y cebada Espárragos	Poseen inulina Poseen fructooligosacáridos	
Simbióticos ²	Leche materna	Contiene probióticos y prebióticos	Estimulan desarrollo selectivo y activan el metabolismo de una o de un número limitado de bacterias ²
Ácidos grasos			
Omega 3 ³²	Aceites de pescado azul Aceites vegetales Hoja verde de la acelga Espinacas Semillas de lino Ajonjolí Yema de huevo Pollo, carne de res y cerdo	Ácido docosahexaenoico y eicosapentaenoico	Hipolipemiante, reductor sobre los triglicéridos del plasma, reduce el aumento postprandial de los triglicéridos y aumento de síntesis de fosfolípidos, reducen riesgo de enfermedad cardiovascular, mejoran el desarrollo del tejido nervioso y funciones visuales, mantiene la tensión arterial normal ^{21,32,36}
	Aceites vegetales Nueces		
	Cereales Pan integral Huevos y aves de corral		
	Frutos secos: cacahuates, nueces, almendras, semillas de girasol Proteínas: pollo, atún, salmón y carne de cerdo Lácteos: leche, huevo y queso Otros: café, chocolate, avena, cereales y productos de soja		
	Origen animal: cerdo, pollo y huevos Lácteos: yogurt, leche, queso cottage y queso ricotta Vegetales: espinaca, col, perejil, avena y germen de trigo		
	Aves: pollo y pavo Huevos Avena Yogurt Brócoli Otros: germen de trigo, pimientos rojos, ajo, col de Bruselas y brócoli, pato, ricota, salchicha de cerdo y requesón		
Omega 6 ³²		Ácido linoleico	Estimulan el sistema inmune, actúan como vasoconstrictores y procoagulantes. ³²
		Arginina	Síntesis proteínica, regulación de la secreción hormonal, síntesis de creatina, síntesis de óxido nítrico, reparación tisular, regulación de la tumorigénesis, regulación de la inmunidad, regulación de la función neuronal, regulación del recambio y el metabolismo energético muscular, regulación de la función endotelial, tono vascular, hemodinámica y angiogénesis, crecimiento fetal y desarrollo neonatal ^{32,33}
Aminoácidos		Glutamina	Precursor de sustratos para la gluconeogénesis hepática. Es el combustible preferido por enterocitos y neutrófilos participando en las funciones de sistemas como el gastrointestinal, inmunológico y muscular ³³
		Cisteína	Fortalece la capa protectora del estómago e intestinos, lo que ayuda a prevenir el daño provocado por determinados fármacos y es importante en el funcionamiento del sistema inmune y en la salud de pelo, uñas y piel ³³

Continúa cuadro III.

Componente	Alimento	Contenido	Acción
Ácidos nucleicos	Germen de trigo Salvado Espárragos Espinacas y cebollas Champiñones Pescado (especialmente la sardina, el salmón y la anchoa) y mariscos Hígado de pollo Avena	Nucleótidos	Modulación del metabolismo de las lipoproteínas y de los ácidos grasos poliinsaturados, proliferación y diferenciación de los enterocitos, modificación de la microbiota intestinal y la estimulación y modulación del sistema inmunitario ³⁴

Vitaminas hidrosolubles

Alimento	Componente	Acción
Cítricos Pimientos Col Espinacas Coliflor Papas Frutas: mango, plátano, piña, manzana y melón Suplementos en forma de tabletas, cápsulas, efervescentes, etc.	Vitamina C	Papel clave en la función fagocítica de neutrófilos y macrófagos, prevención del resfriado común, protección celular de daño oxidativo, formación normal de colágeno, función normal de huesos, dientes y cartílagos, incremento de la absorción de hierro, favorece la función normal inmunitaria antes y tras el ejercicio, metabolismo energético normal, reduce daño de radicales libres, protege el ojo de daño oxidativo, reducción de cansancio y fatiga, funciones psicológicas normales. ²¹
Carne de cerdo Levaduras Legumbres Cereales integrales Carne de res Maíz Frutos secos Vísceras: hígado, corazón, riñón Huevos Papas Avena Arroz completo Arroz enriquecido Trigo Harina blanca enriquecida Ajonjolí Nueces Leguminosas: frijoles, garbanzos Cacahuates Chícharos Frijol de soja	Vitamina B1 o tiamina	Antineurítica, importante para el metabolismo de carbohidratos, metabolización de proteínas, grasas y ácidos nucleicos, esencial para el crecimiento y mantenimiento de las funciones del sistema nervioso, corazón, y aparato digestivo, protege niveles altos de glucosa, favorece el metabolismo energético, contribuye a las funciones psicológicas normales. ²¹
Carnes Lácteos Levaduras Cereales Vegetales verdes	Vitamina B2 o riboflavina	Integridad de las mucosas, piel y córnea, desintoxica el organismo frente a sustancias nocivas y participa en el metabolismo de otras vitaminas, mantenimiento energético, de hierro, visión y hemáties normales, reducción de cansancio y fatiga, protección celular del daño oxidativo, función normal de sistemas nervioso e inmune. ²¹

Continúa cuadro III.

Alimento	Componente	Acción
Fuentes animales: pollo, carnes magras, hígado, corazón y riñón, pescado, salmón, atún, huevos y leche Fuentes vegetales: tomates, brócoli, papas dulces, zanahorias, espárragos, hongos y vegetales de hojas Semillas: granos o produc- tos integrales, legumbres, vegetales de hojas	Vitamina B3 o niacina	Participa en reacciones que generan energía gracias a la oxidación bioquímica de grasas, hidratos de carbono y proteínas, fundamental para el crecimiento y participa en síntesis de algunas hormonas, función normal del sistema nervioso, mantenimiento de piel y mucosas, reducción de cansancio y fatiga, funciones psicológicas normales. ²¹
Mayoría de alimentos Granos de cereal Huevos Suplementos dietéticos	Vitamina B5 o ácido pantoténico	Formación de coenzima A (CoA), contribuye al metabolismo energético, mantenimiento de la función mental normal, síntesis y metabolismo normal de hormonas esteroides, síntesis y metabolismo normal de Vitamina D y de neurotransmisores, reducción de cansancio y fatiga. ²¹
Germen de trigo Carne Verduras Alimentos ricos en azúcares Aditivos Colorantes	Vitamina B6 o piridoxal, piridoxina y piridoxamina	Elaboración de serotonina, incrementa el rendimiento muscular y producción de energía, favorece la pérdida de peso, necesaria para fabricación de anticuerpos y eritrocitos, favorece la absorción de Mg, Fe y Vit. B12, grupos amino, metabolismo normal del glucógeno y proteínas, favorece la función normal del sistema nervioso, formación de hematíes, del sistema inmune, regulación de la actividad hormonal, metabolismo de homocisteína, metabolismo energético, funciones psicológicas normales, reducción de cansancio y fatiga y síntesis normal de cisteína. ²¹
Vísceras: riñones e hígado Pollo Pescado Yema de huevo Hongos Coliflor Papas Frutas: plátano, uvas, sandía, fresas Cacahuates Levadura Leche Almendras y nueces Guisantes secos Jalea real	Vitamina B7 o biotina	Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono, aminoácidos, grasas y purinas, importante en la glucogénesis, en la catálisis de reacciones metabólicas esenciales que sintetizan ácidos grasos y en la metabolización de leucina, favorecen el metabolismo energético, ayuda al mantenimiento de piel y mucosas, función normal del sistema nervioso, mantenimiento normal del cabello, funciones psicológicas normales. ²¹
Legumbres: garbanzos, lentejas Espinaca Escarola Guisantes Alubias secas Cereales fortificados Frutos secos Semillas de girasol Almendras Levadura de cerveza Hígados de carne de ternera Pescado azul	Vitamina B9, vitamina M, o ácido fólico	Ayuda a la protección de varias malformaciones congénitas, entre las que se incluyen defectos de tubo neural, formación normal de la sangre, metabolismo normal de homocisteína, función inmune normal, elasticidad de vasos sanguíneos, división celular normal, crecimiento tisular normal en el embarazo, funciones psicológicas normales, reducción de cansancio y fatiga, síntesis normal de aminoácidos. ²¹

Continúa cuadro III.

Alimento	Componente	Acción
Derivados de la leche Riñones Huevos Hígado Carnes Pescado Levadura de cerveza	Vitamina B12 o cianocobalamina	Contribuye al desarrollo normal del sistema nervioso e interviene en el crecimiento, es indispensable para la médula ósea, el correcto funcionamiento del tracto gastrointestinal y la síntesis de glóbulos rojos; contribuye a la formación normal de hematíes y división celular normal, al metabolismo de energía, función normal del sistema inmune, funciones neurológicas normales, metabolismo normal de homocisteína, reducción de cansancio y fatiga. ²¹

Vitaminas liposolubles

Alimento	Componente	Acción
Hígado Zanahoria Brócoli Papas dulces Col rizada Mantequilla Espinacas Calabaza Lechuga verde Melón Huevos Melocotones Papaya Mango Guisantes	Vitamina A o retinol	Ayuda a la formación de tejidos blandos, óseos y dientes sanos, está ligada a la formación y mantenimiento de las membranas mucosas de la piel, es antixeroftálmica, es importante para la lactancia y reproducción, tiene propiedades antioxidantes, favorece la función visual, mantiene la función del sistema inmune, la diferenciación celular, piel, mucosas, visión, metabolismo del hierro en un estado normal. ^{21,36}
Leche Yogurt Derivados grasos Cereal Pan Margarina	Vitamina D o colecalfiferol	Antirraquítica, regula los niveles de P y Ca en sangre, contribuye a la mineralización y formación de huesos y dientes, mantenimiento de las concentraciones plasmáticas normales en Ca, división celular normal, función inmunitaria normal y respuesta inflamatoria saludable, función muscular y tiroidea normal. ^{21,36}
Aceites de soya Lentejas Brócoli Avena, arroz Espinacas, chícharos, garbanzos Germen de trigo Mantequilla Yema de huevo	Vitamina E o tocoferol	Antioxidante, es beneficiosa para el sistema circulatorio y la visión. Ayuda en la prevención de la enfermedad de Parkinson. ³⁵
Verduras de hoja verde oscura: lechuga, espinaca, col rizada, brócoli, col de Bruselas Germen de trigo Aguacate Cereales Alimentos orgánicos Productos de soja Aceites vegetales: soja, algodón y oliva Carnes Leche de vaca Huevos Perejil	Vitamina K o naftoquinona	Antihemorrágica, interviene en la generación de eritrocitos, mejora el balance de Ca y actúa como cofactor necesario para la g-carboxilación de osteocalcina. ²¹

Continúa cuadro III.

Minerales		
Alimento	Contenido	Acción
Embutidos Enlatados Alimentos preparados Sal común Leche Betabel Apio Agua potable	Sodio	Regula la presión arterial y el volumen sanguíneo, es esencial para el correcto funcionamiento de músculos y nervios, forma parte de los huesos, participa en el equilibrio osmótico, colabora en la permeabilidad de las membranas, interviene en la contracción muscular, participa en la transmisión nerviosa. ³⁷
Frutas secas Legumbres Col Papas Champiñones Plátanos Salmón Soja Brócoli Leche y derivados Verduras	Potasio	Regula el agua dentro y fuera de las células, es esencial para el correcto crecimiento del organismo, forma parte de los huesos, participa en el equilibrio osmótico, interviene en la producción de proteínas y en el metabolismo de los hidratos de carbono, colabora en la permeabilidad de las membranas, participa en reacciones químicas, interviene en la transmisión nerviosa, participa en la contracción muscular y en el mantenimiento de la tensión arterial normal. ^{21,37}
Algas y sardinas Productos lácteos Sésamo Almendras Cacahuates y nueces Anchoas Salmón Vegetales de hoja verde Espinacas	Calcio	Forma parte de los dientes y huesos y contribuye a su desarrollo, es necesario para la coagulación de la sangre, participa en la transmisión del impulso nervioso, tiene un papel importante en la contracción muscular, estimula la secreción hormonal, contribuye a la activación de enzimas, colabora en la permeabilidad de las membranas celulares, participa en la absorción de vitamina B12, división y diferenciación celular, puede prevenir la osteoporosis. ^{21,36}
Carne Cereales integrales Pescado Frutos secos Leche Huevos Soja	Fósforo	Previene la caries dental, forma parte de los huesos y disminuye la pérdida de masa ósea, forma parte del ADN y ARN, forma parte de las paredes celulares, colabora en la activación de enzimas, participa en el equilibrio ácido-base de las células, forma parte de la vitamina B7, mejora el sistema inmunológico y el metabolismo energético. ^{21,36}
Arroz Trigo Avena integral Soja Maíz Espinacas Plátano	Magnesio	Interviene en el mantenimiento de dientes, corazón y huesos sanos, participa en el metabolismo energético, reduce cansancio y fatiga, en la activación de enzimas que liberan glucosa, favorece la formación y síntesis de proteínas y la división celular normal, forma parte de la estructura ósea, interviene en la contracción nerviosa y en la transmisión nerviosa, mantiene las funciones psicológicas normales, contribuye a una función muscular normal y en el balance electrolítico. ²¹
Algas Aceitunas Sal común	Cloro	Participa en el equilibrio osmótico, forma parte del ácido clorhídrico gástrico que participa en la digestión, interviene en la digestión de las grasas, elimina residuos tóxicos. ^{21,37}
Espárragos y puerro Ajo y cebolla Col Frutas secas Carne, queso y pescado Legumbres Yema de huevo	Azufre	Forma parte de vitaminas, es integrante de algunas proteínas, forma parte de hormonas, participa en el metabolismo de grasas e hidratos de carbono, se encuentra presente en la queratina, es fundamental para la formación de piel, uñas, cabello y cartílago, participa en la síntesis del colágeno, diversas hormonas y vitaminas, facilita la secreción biliar y el funcionamiento hepático. ³⁷

Continúa cuadro III.

Alimentos	Contenido	Acción
Carne Lentejas Soja Garbanzos Avena Algas Pan integral Espinaca Mijo	Hierro	Interviene en el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en sangre, participa en la producción de hemoglobina y hematies, forma parte en el proceso de respiración celular y es parte integrante de la mioglobina, almacén de oxígeno en el músculo, tiene un papel fundamental en la síntesis de ADN, y en la formación de colágeno, aumenta la resistencia a las enfermedades, colabora en muchas reacciones químicas y en el metabolismo energético, reduce el cansancio y la fatiga, mantiene la función inmune, cognitiva, la división celular y el desarrollo cognitivo normal. ^{21,37}
Pescados Espinaca Soja Pan integral	Flúor	Participa en la formación y fortalecimiento de huesos y el esmalte dental, en la prevención de caries y el mantenimiento de la estructura ósea. ²¹
Sal marina Algas Mariscos Frutas y verduras Pescado	Yodo	Primordial para la producción de hormonas tiroideas, facilita el crecimiento, ayuda a quemar el exceso de grasa que tiene nuestro cuerpo, mejora la agilidad mental, interviene en procesos neuromusculares, participa en el funcionamiento celular, actúa sobre el metabolismo y facilita la combustión del exceso de grasa. ³⁷
Pescados Crustáceos Cereales integrales Legumbres Soja Té negro Plátano Judías Betabel Carnes	Manganeso	Participa en la síntesis de los ácidos grasos, interviene en la síntesis de hormonas sexuales, es básica para asimilar la vitamina E, esencial en la producción de cartilago, refuerza la memoria, disminuye la irritabilidad y el cansancio, brinda protección celular contra el daño oxidativo y participa en la formación normal de tejido conectivo. ²¹
Lentejas Lácteos Cebolla Betabel rojo Pescados Germen de trigo Cerezas Pera Cereales integrales Legumbres Soja Avellanas Nueces Higos	Cobalto	Es necesario para la estimulación y el buen funcionamiento de las células rojas, puede ayudar a reducir los niveles de glucosa en sangre, es necesario para que la vitamina B12 desempeñe sus funciones en nuestro organismo, interviene en el metabolismo del hierro y en la hematopoyesis por estimulación de los reticulocitos en las anemias ferropénicas, síntesis de la timidina, síntesis de la colina y la metionina, factores lipotropos y hepatoprotectores, posee relaciones con la insulina y el zinc, es un regulador del sistema simpático, tiene acción simpaticolítica, es un antagonista de la adrenalina a nivel de las terminaciones simpáticas. A dosis pequeñas estimula la actividad de la penicilina y a dosis altas es un antagonista de la misma, interviene en la fecundidad, va ligado en sus funciones a la Vitamina B12, participa en la formación del sistema nervioso. ²¹
Cereales integrales Quesos Cacao Legumbres Frutos secos Mariscos Setas	Cobre	Ayuda al transporte del hierro, interviene en la formación de hemoglobina, glóbulos rojos y diversas enzimas, participa en la degradación de hidratos de carbono, lípidos y proteínas, interviene en la asimilación de la vitamina C por parte del cuerpo, colabora en el mantenimiento de la estructura ósea, participa en la integridad del sistema nervioso central, mantenimiento de tejido conectivo, mantiene la función inmune y del sistema nervioso normales, pigmentación normal de cabello y piel, transporte normal del hierro. ^{21,37}
Calabaza Ostras Carnes Ajonjolí Germen de trigo Pescado Huevos Lácteos Leguminosas Frutos secos Pan integral	Zinc	Participa en múltiples reacciones químicas y en el sistema inmune, ya que favorece la producción de linfocitos, ayuda en la cicatrización de heridas, interviene en la síntesis de ADN y ARN, produce la activación de ciertas hormonas, colabora en el mantenimiento de la estructura de las células. Su presencia en el organismo es esencial para el correcto funcionamiento del olfato y el gusto, es fundamental para el correcto desarrollo de las gónadas (ovarios y testículos), así como en la reproducción y en la fertilidad, es básico para la formación de insulina y proteínas, mantenimiento de cabello y uñas, metabolismo normal de macronutrientes, interviene en la formación de vitamina B12 facilitando de manera indirecta la producción de glóbulos rojos y mielina. ^{21,37}

Continúa cuadro III.

Alimento	Contenido	Acción
Agua potable y alimentos vegetales en general	Silicio	Construye y regenera las paredes celulares, regula la tensión arterial y los niveles de colesterol, es indispensable en la síntesis de colágeno, asimilación del Ca, P, Mg y Vitamina D, interviene en la formación de nuevas células. ³⁷
Cereales integrales Espinacas Legumbres y perejil	Níquel	Regula la presión arterial, mejora y aumenta la acción de la insulina, incrementa grasas sanguíneas, regula niveles de adrenalina y funcionamiento pancreático y preventivo de los diabéticos. ³⁷
Levadura de cerveza Lechuga Papas Berros Cebolla Grasa Aceites vegetales	Cromo	Control de niveles de glucosa en la sangre, favorece la pérdida de peso, es importante en el metabolismo de grasas y carbohidratos, estimula la síntesis de ácidos grasos y colesterol y es importante en el metabolismo de la insulina y los macronutrientes. ²¹
Papas Vegetales Crustáceos y algunos pescados	Litio	Colabora en el equilibrio y bienestar del SNC, actúa sobre los neurotransmisores, actúa en el equilibrio electrolítico extra e intracelular, colabora en la eliminación de sodio, urea y ácido úrico, se utiliza en tratamiento psiquiátrico como depresión y psicosis maniaco-depresiva. ²¹
Legumbres Vegetales de hoja verde oscura Germen de trigo y cereales integrales	Molibdeno	Moviliza las reservas de hierro en el hígado, mantiene en buen estado las funciones sexuales masculinas, ayuda en el metabolismo de las grasas y carbohidratos, protege del cáncer de esófago, previene la caries dental, favorece al crecimiento y desarrollo, metabolismo normal de aminoácidos sulfurados. ²¹
Nueces Mariscos Leche Carne Pescado Semillas de calabaza Tomates Huevos	Selenio	Posee capacidad antioxidante, de ahí que se relacione con un papel protector de enfermedades como el cáncer y otros problemas relacionados con el daño celular, la función normal del sistema inmune, la función tiroidea normal y el mantenimiento normal del cabello y las uñas. ²¹

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández-Rodríguez M. *Alimentación infantil*. 3a ed. Madrid: Díaz de Santos; 2001.
- Ferrer-Lorente B, Dalmau-Serra J. Alimentos funcionales: probióticos. Centro Atención Primaria de Alaquás. Valencia Sección Nutrición. Hospital Infantil "La Fe" Valencia. *Acta Pediatr Esp*. 2001; 59(3): 150-155.
- Vitoria-Miñana I. Alimentos funcionales en pediatría. En: AE-Pap Ed. *Curso de actualización pediatría 2006*. Madrid: Exlibris Ediciones; 2006: pp. 111-117.
- Ormaetxea-Goiri V. *Alimentos funcionales en nutrición pediátrica*. Reunión científica conjunta. SVN-P-AVPAP Gipuzkoa. Donostia: 2009.
- Marcos A. *Inmunonutrición en la salud y la enfermedad*. Madrid: Médica Panamericana; 2011.
- Martínez B. *Alimentos funcionales: prebióticos, probióticos*. XV Congreso de la Sociedad Española de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica. 2008.
- Joint FAO/WHO. *Expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria*. Córdoba, Argentina: 2001.
- World Gastroenterology Organization (WGO). *Practice guideline: probiotics and prebiotics*. 2011.
- De las Cagigas-Reig AL, Blanco-Anesto J. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. *Rev Cub Aliment Nutr*. 2002.
- Escudero-Álvarez E, González-Sánchez P. La fibra dietética. *Nutr Hosp*. 2006; 21(Supl. 2): 61-72.
- De Vrese M, Scherzenmeir J. Probiotics, prebiotics and synbiotics. *Adv Biochem Eng Biotechnol*. 2008; 111: 1-66.
- Duarte-Mote J. Inmunonutrición: logros y promesas. Artículo de revisión. *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*. 2005; 19(5-6): 183-193.
- McCowen KC, Bistrian BR. Immunonutrition: problematic or problem solving? *Am J Clin Nutr*. 2003; 77: 764-770.
- Wesley AJ. Nutritional pharmacology in surgical patients. *Am J Surgery*. 2002; 183: 349-352.
- Simon V. Nutritional support in critical care. *Clin Chest Med*. 2003; 24: 633-644.
- Culebras-Fernández JM. Nutrición en el paciente quirúrgico: inmunonutrición. *Nutr Hosp*. 2001; 16(3): 67-77.

17. Stechmiller JK. Arginine immunonutrition in critically ill patients: a clinical dilemma. *Am J Crit Care*. 2004; 13(1): 17-23.
18. Dupertuis Y, Raguso A, Pichard C. Basics in clinical nutrition: nutrients which influence immunity-clinical and experimental data. *Eur J Clin Nutr and Metabolism*. 2009; 4: 7-9.
19. Tsoras M, Jacobi J. Immunonutrition as a part of the nutritional support of critically 111 patients. *Contemp Crit Care*. 2008; 5: 1-10.
20. Standen J, Bihari D. Immunonutrition: an update. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2000; 3: 149-157.
21. Calvo-Bruzos SC, Gómez CC. *Nutrición, salud y alimentos funcionales*. Madrid, España: Ed. Aranzadi; 2011.
22. Uscátegui CH. Immunonutrición: enfoque en el paciente quirúrgico. Artículo de revisión. *Rev Chilena de Cirugía*. 2010; 62(1): 87-92.
23. Mackey AD, Davis SR, Gregory JF 3rd. Vitamin B6. In: Shils ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, eds. *Modern nutrition in health and disease*. 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006: pp. 452-461.
24. Culebras J, Paz R, Jorquera F, García A. Nutrición en el paciente quirúrgico: inmunonutrición. *Nutr Hosp*. 2001; 16: 67-77.
25. Troen AM, Mitchell B, Sorensen B, Wener MH, Johnston A, Wood B et al. Unmetabolized folic acid in plasma is associated with reduced natural killer cell cytotoxicity among postmenopausal women. *J Nutr*. 2006; 136: 189-194.
26. Mataix J, de Pablo M. Sistema de defensa y nutrición. En: *Nutrición y alimentación*. Madrid: Ed. Ergon; 2009: pp. 1715-1765.
27. Manycassamy S, Pulendram B. Retinoic acid-dependent regulation of immune responses by dendritic cells and macrophages. *Semin Immunol*. 2009; 21: 22-27.
28. Nova E, Montero A, Marcos A. *Inmunonutrición: longevidad. Tratado integral sobre la salud en la segunda mitad de la vida*. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 2004: VII. 3.5: pp. 617-27.
29. Valenzuela A, Ronco AM. Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Rev Chil Nutr*. 2004; 21(1): 161-169.
30. Silveira MB, Monereo S, Molina B. Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos? *Rev Esp Salud Pública*. 2003; 77: 317-331.
31. Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología. Probióticos y prebióticos. 2011.
32. Rodríguez-Rivera VM. *Bases de la alimentación humana*. España: Ed. Netbiblo; 2008.
33. Gil-Hernández A. *Tratado de nutrición: bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. Tomo I. 2a ed. Editorial Médica Panamericana; 2010.
34. Cilla A, Lacombe R, García-Llatas G, Alegría A. Prebióticos y nucleótidos en alimentación infantil. Revisión de la evidencia. *Nutrición Hospitalaria*. 2012; 27: 1037-1048.
35. Pita-Rodríguez G. Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. *Rev Cubana Aliment Nutr*. 1997; 11(1): 46-57.
36. Aranceta J, Serra L. *Guía de alimentos funcionales*. España: Sociedad Española de Nutrición comunitaria y Puleva Food; 2003.
37. Roldán AA. *Los alimentos de la A a la Z. Guía completa de alimentos y aditivos alimentarios*. Madrid, España: EDAF; 2007.

Dirección para correspondencia:
Dra. Lilia Evelia Valderrábano Ojeda
Fco. Pizarro 298. Fracc. Reforma,
Veracruz, Veracruz, México.
Tel: 044-22-99-16-17-84
E-mail: valderrabanolili@hotmail.com