REVISTA CUBANA DE MEDICINA DEL DEPORTE Y LA CULTURA FÍSICA

Versión On-line ISSN 1728-922X

VOLUMEN 13, NÚMERO 1, La Habana, Enero-Abril, 2018

Artículo de Revisión y Actualización

Título: Vitaminas, salud y deporte. Parte I.

Title: Vitamins, health and sport. Part I.

López Galarraga Aldo Vicente *

* Médico especialista de 2do.Grado en Medicina Deportiva, MSc en Control Médico del Entrenamiento Deportivo, Profesor Consultante, Instituto de Medicina Deportiva

E-mail: avlopez43@inder.cu

Recibido: 14 de Febrero de 2018

Aceptado: 12 de Marzo de 2018

Resumen

Introducción. Las vitaminas constituyen un grupo de nutrientes orgánicos, sin valor energético, necesarios en pequeñas cantidades para diversas funciones. En general, no se sintetizan por el organismo salvo excepciones, de ahí que deban ser suministradas con la dieta.

Objetivos. Revisar críticamente la literatura publicada en las últimas décadas acerca de las vitaminas, sus beneficios para la salud, relación con el ejercicio físico y práctica deportiva. Actualizar temática para una mejor comprensión y uso suplementario para mantenimiento de la salud y complemento de la dieta de acuerdo a las asignaciones dietarias recomendadas (RDA) vigentes.

Desarrollo. Desde su descubrimiento, estos cofactores nutritivos han atraído un enorme interés público. Esto es comprensible ya que su rol nutricional va más allá de la prevención de las enfermedades carenciales. Pueden también ayudar a prevenir algunas de las enfermedades crónicas más prevalentes en las sociedades desarrolladas. Se ha bien documentado que las dietas deficientes en estos vitales micronutrientes producirán enfermedad, invalidez y/o muerte. Lo que no se entiende muy bien es si la suplementación vitamínica, en ausencia de cualquier deficiencia, mejorará la salud o disminuirá el riesgo de enfermedad y para el caso de los deportistas, pudiera mejorar su desempeño atlético. Este documento intentará repasar lo referente a clasificación, funciones, evaluación del estado nutricional vitamínico, relación con la actividad deportiva y los efectos de su suplementación así como las particularidades individuales.

Conclusión. Se definen las características individuales de cada vitamina para la salud y/o el deporte y se presentan recomendaciones dietarias vigentes.

Palabras clave: vitamina, estados deficitarios múltiples, holoenzima, formas funcionales, estado vitamínico, asignaciones dietarias recomendadas.

Abstract

Introduction. Vitamins are a group of organic nutrients, without energetic value, needed in small quantities for several functions. In general, are not synthesized in organism except some of them, hence they must be provided with diet.

Objectives. To critically review literature published in last decades about vitamins, their health benefits and relation with physical exercise and sports practice. To update subject for a better understanding and the supplementary use for health maintenance and diet complement according to recommended daily allowance (RDA) established.

Development. Ever since the discovery of these nutritional cofactors, vitamins have attracted enormous public interest. This is understandable given their nutritional role goes beyond deficiency diseases prevention as they can even prevent chronic diseases of developed societies as cáncer and cardiovascular diseases. It has been well-documented that deficient diets in these vital micronutrients will result in disease, disability and/or death. What is less well-understood is whether vitamin supplementation, in the absence of any defined

deficiency, will improve health or lessen the risk of disease and for sportmen if this supplementation could improve athletic performance. This document will try to re-examine all about vitamin classification, functions, nutritional vitamin status evaluation, relation with sports and supplementation effects even as individual vitamins particularities.

Conclusion. Individual vitamins characteristics were defined for health and/or sports and also custom dietary recommendations are presented.

Key Words: vitamin, multiple deficiciency states, holoenzyme, vitamin functional forms, nutritional vitamin status, recommended dietary allowances.

INTRODUCCION

Las vitaminas son un grupo de nutrientes orgánicos necesarios en pequeñas cantidades para diversas funciones bioquímicas que, en general, no se pueden sintetizar en el organismo y, en consecuencia, deben encontrarse en la dieta[1]. Fue Casimir Funk (1884-1967), bioquímico polaco, quien introdujo en 1912 el término **"vitamina"**, a partir de los vocablos **vita;** del latín vita y **amina;** compuesto nitrogenado, para describir una "amina vital" de la cascarilla del arroz, que curaba el Beriberi, una enfermedad por deficiencia nutricional que causa degeneración neural, pensando que eran aminas esenciales para la vida[2,3]. Más tarde se comprobó que pocos de estos compuestos contenían el radical amina. Esto ocurrió particularmente cuando se descubrió la vitamina C. Por tal motivo, científicos ingleses liderados por Sir Jack Cecil Drummond (1891-1952) propusieron eliminar la letra "e" quedando **"vitamin"** como la palabra que en inglés se utiliza para denominar dichas sustancias. En Español no hay diferencia, puesto que se emplea la palabra vitamina en todos los casos[4].

Sin embargo, ya un poco antes a finales del siglo XIX, el médico Christian Eijkman (1858-1930), estudiando en las Indias Orientales la causa del Beriberi en las gallinas llegó a la conclusión de que tenía que haber algún tipo de nutriente en la cascarilla del arroz sin pulir, capaz de prevenirlo. Por otra parte, entre 1906 y 1912 Sir Frederick Hopkins (1861-1947), bioquímico inglés, **establecía la existencia de las vitaminas** cuando expresaba "En los alimentos naturales, como en este caso la leche, existen sustancias que en pequeña cantidad son necesarias para la nutrición de los animales: "factores accesorios de la alimentación"[3,5,6].

Las primeras vitaminas se descubrieron a inicios del siglo XX, siendo en 1917 mientras científicos ingleses estudiaban el papel de las grasa en la dieta, que se descubre a la vitamina A. La llamaron **"A"** porque consideraron que era el primer factor (factor A), que podrían tener las personas con sobrepeso y obesas. Inicialmente se le denominó "sustancia liposoluble A", pero se antecedió la palabra vitamina, siendo históricamente la primera vez que se habló de una vitamina plenamente identificada[4]. Funk, generalizó el descubrimiento de Eijkman por esta época y aísla a la **tiamina** de la cascarilla del arroz. La sustancia que había descubierto sería denominada años después como vitamina B1. Estas primeras vitaminas descubiertas, eran solubles en lípidos y agua, respectivamente, propiedad que se utilizó posteriormente como base para su clasificación. Su descubrimiento estuvo asociado al de las causas de las patologías por carencia de las mismas. Asimismo, Funk fue uno de los pocos partidarios de que eran determinados componentes de los alimentos, el factor etiológico y al mismo tiempo el tratamiento de las afecciones por **estados de deficiencia múltiples**. Desde 1913 hasta 1948 no menos de 12 vitaminas quedan descubiertas en su estructura química y fueron sintetizadas en el laboratorio a partir de sus componentes[7].

La ausencia o deficiencia relativa de vitaminas en la dieta conduce a estados característicos por defecto y a enfermedades, lo cual les concede importancia biomédica. Se ha documentado bien que las dietas deficientes en estos vitales micronutrientes producirán enfermedad específica que solo cura al administrarse el nutriente correspondiente, invalidez y/o muerte. La deficiencia de una sola vitamina, sobretodo hidrosoluble, es rara ya que lo suele verse comúnmente son los llamados **"estados deficitarios múltiples"** resultantes de malnutrición por defecto, dietas no variadas e incompletas y los alimentos procesados de la vida moderna[1].

Desde su descubrimiento las vitaminas han atraído un enorme interés público. Esto es comprensible dado el poder de estos micronutrientes. Si bien se ha argumentado bien sobre los efectos de las dietas deficientes, lo que no se entiende muy bien es si la suplementación vitamínica, en ausencia de cualquier definida deficiencia, mejorará la salud o disminuirá el riesgo de enfermedad. Hasta aquí se ha enfocado en general en el papel de vitaminas en la salud y la

enfermedad, pero **¿Qué hay sobre los deportes? ¿Pudiera la suplementación ayudar a los atletas a desempeñarse mejor?** Desgraciadamente, la investigación en esta área es menos extensa y generalmente limitada en su naturaleza.

Algunas vitaminas pueden formarse en cantidades variables en el organismo (vitamina D y niacina se sintetizan endógenamente (la primera se forma en la piel por exposición al sol y la niacina puede obtenerse a partir del triptófano) y las vitaminas K2, B1, B2 y biotina son sintetizadas por bacterias intestinales). Sin embargo, generalmente esta síntesis no es suficiente para cubrir las necesidades, no se absorben, no funcionan aisladamente y la exposición al sol es limitada por lo que tienen que ser aportadas por la dieta[6] (Ver Tabla I en Anexos). Es por ello que se les considera **esenciales para los procesos básicos de la vida,** dígase la conversión de los alimentos en energía, el crecimiento de los tejidos y el tratamiento y la protección contra las enfermedades[1]. Estos procesos forman parte del llamado metabolismo corporal. Es cierto que las vitaminas no proporcionan energía, pero sí son fundamentales en el deporte, dado que muchas suelen participar en el metabolismo energético. De ahí su importancia en la práctica del deporte. Según Wolfe y Manore, las vitaminas del llamado complejo B (tiamina, riboflavina, vitamina B-6) son necesarias y actúan de forma conjunta y armónica en las vías corporales de producción de energía en tanto que el folato y la vitamina B-12 se requieren para la síntesis de nuevas células como los eritrocitos y para la reparación de células dañadas[8].

CLASIFICACION DE LAS VITAMINAS

Las vitaminas suelen clasificarse según sean solubles en grasa o agua. Sin embargo, las vitaminas están implicadas en varios tipos de funciones[6]:

- Acción coenzimática, según la cual se combinan con proteínas para formar enzimas metabólicamente activas (holoenzima) que intervienen en múltiples e importantes reacciones (regulación del metabolismo) que no podrían llevarse a cabo sin su presencia (A, K, B1, B2, niacina, B6, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, B12, C); ayudan a las enzimas a liberar la energía de los hidratos de carbono, lípidos y proteínas contenidos en los alimentos y facilitan el trabajo de las células.

- Transferencia de protones y electrones (E, K, B2, niacina, ácido pantoténico, C).
- Estabilización de membranas (E).
- Función Pro hormonal (D y A).
- Regulan/participan:
    - División celular y desarrollo (Ácido fólico)
    - Crecimiento, desarrollo y mantenimiento de tejidos (C y D)
    - Función inmunitaria
- Antianémica, proliferación celular (B12, Ácido fólico)
- Antioxidante (procesos de óxido-reducción) (C, E, carotenos)
- Antixeroftálmica (A), antirraquítica (D) o antihemorrágica (K)
- Salud ósea (A, D, K, C)
- Moduladoras de la expresión génica (A, D, E)
- Etc.

Comparativamente, las vitaminas **liposolubles** se almacenan en el hígado y tejido adiposo en tanto el almacenamiento de las **hidrosolubles** es muy escaso pues rápidamente se excretan por la orina. Sus fuentes alimentarias según esta clasificación[9] se pueden apreciar en Figura 1. Este almacenamiento de las liposolubles permite a una persona mantener una salud normal por un período de meses sin ninguna ingestión dietética diaria. Por el contrario, las reservas de vitaminas hidrosolubles son tan pequeñas que los síntomas clínicos de sus deficiencias dietéticas pueden manifestarse en pocos días con excepción de la B12 y el Ácido fólico que se almacenan en el hígado (Ver Tabla II). Si bien suelen presentarse en este caso los ya señalados **estados deficitarios múltiples**, también puede producirse un agotamiento gradual de las reservas de vitaminas por insatisfacción de las necesidades con alteración del **"estado vitamínico"**[10], deterioro del metabolismo celular y aparición gradual de síntomas inespecíficos que recibe el nombre de **carencia marginal**[4]. Se denomina como **estado vitamínico** al estado nutricional de estas reservas[11] y las capacidades de almacenamiento del organismo. Por consiguiente, la evaluación de la necesidad nutricional de vitaminas y específicamente del estado vitamínico, es de suma importancia para el deportista, considerando el papel de las hidrosolubles (grupo B) en la utilización de los sustratos energéticos durante el ejercicio físico.

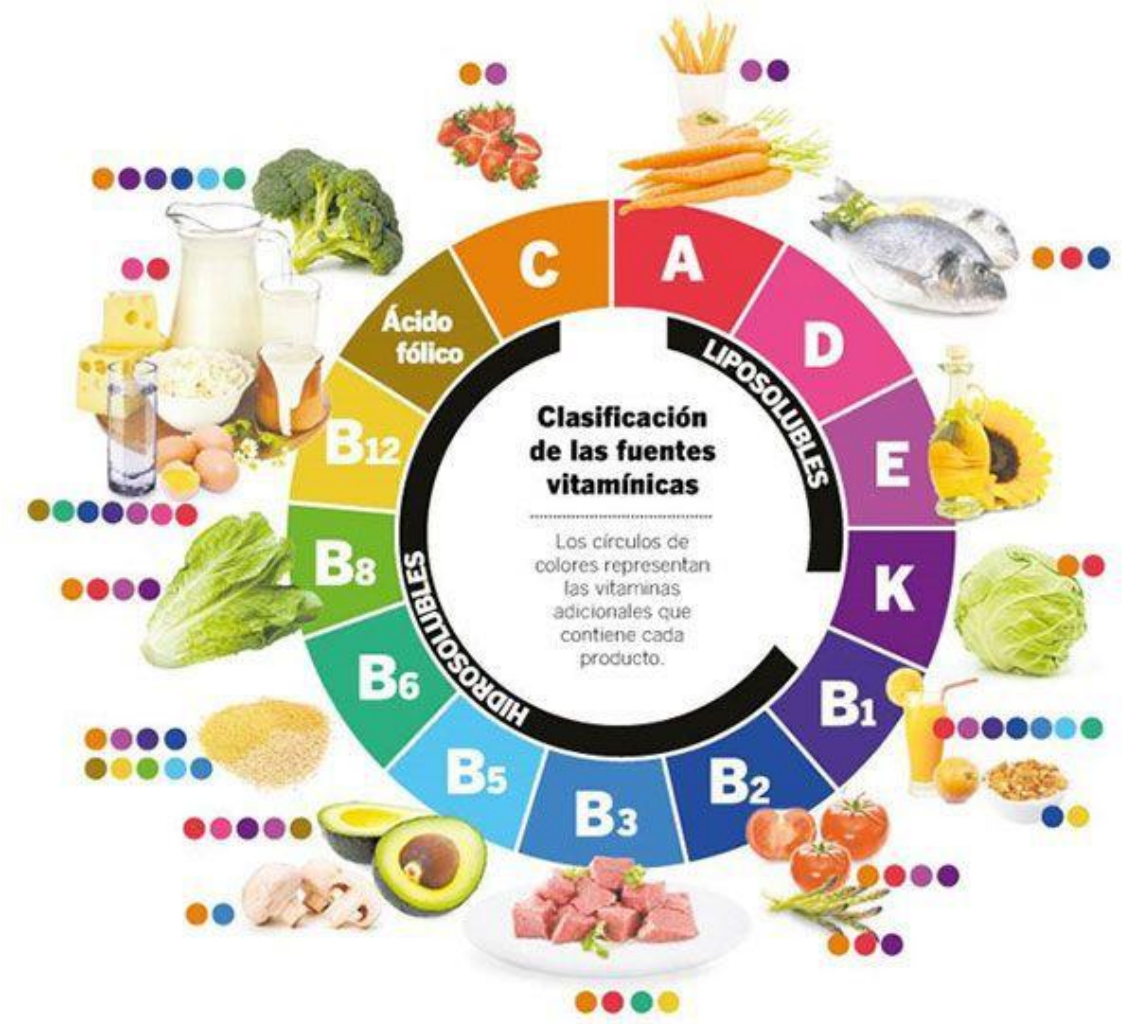

Figura 1. Clasificación y fuentes alimentarias de las vitaminas. Fuente: Salud, nutrición y deporte. Disponible en: https://dietéticaynutricionweb.wordpress.com[9]

FUNCIÓN DE LAS VITAMINAS

En general, las vitaminas (hidrosolubles) funcionan mayormente como coenzimas con excepción de la Vit. C que es antioxidante mientras que las liposolubles poseen funciones específicas diversas. Para ejercer su función en el metabolismo energético las vitaminas hidrosolubles en su forma funcional o **coenzima** se unen, dentro de las células, a una proteína específica llamada **apoenzima** y de esta unión resulta una enzima conjugada o heteroproteína que recibe el nombre de **holoenzima**, que es quien ejerce la función coenzimática de la vitamina. En la Figura 2 se puede apreciar dos formaciones de la **holoenzima**. En A se aprecia la formación de la enzima conjugada llamada **holoenzima** por unión de la forma funcional (**cofactor**) de la vitamina con una

proteína (**apoenzima**) y en B el modelo de unión "llave-cerradura" de especificidad enzimática del complejo enzima-sustrato (**holoenzima)**, hasta su descomposición y productos liberados[12]. La mayoría de las coenzimas son formas modificadas de las vitaminas. Según la forma en que interactúan con la apoenzima las coenzimas o cofactores se les clasifican en **sustratos** (están unidas débilmente a la enzima) y **grupo prostético** (están unidas fuertemente a la enzima) y así ejercen su función mecanicista como complejo enzima-sustrato[12].

Cada especie viviente usa coenzimas en una cantidad variada de reacciones importantes catalizadas por enzimas. La mayor parte de esas especies son capaces de sintetizar sus coenzimas a partir de precursores simples. Esto es válido en especial en cuatro de los cinco reinos: procariotas, protistas, hongos y plantas. Los animales en general han perdido la capacidad de sintetizar algunas coenzimas. Los mamíferos necesitan una fuente de coenzimas para sobrevivir. Son suministradas por los nutrientes, en pequeñas cantidades (microgramos a miligramos por día). Estos compuestos esenciales son las vitaminas cuyas fuentes originales suelen ser plantas y microorganismos. La mayor parte de las vitaminas deben transferirse, en forma enzimática, a sus coenzimas correspondientes[13] (Ver Tabla III en Anexos).

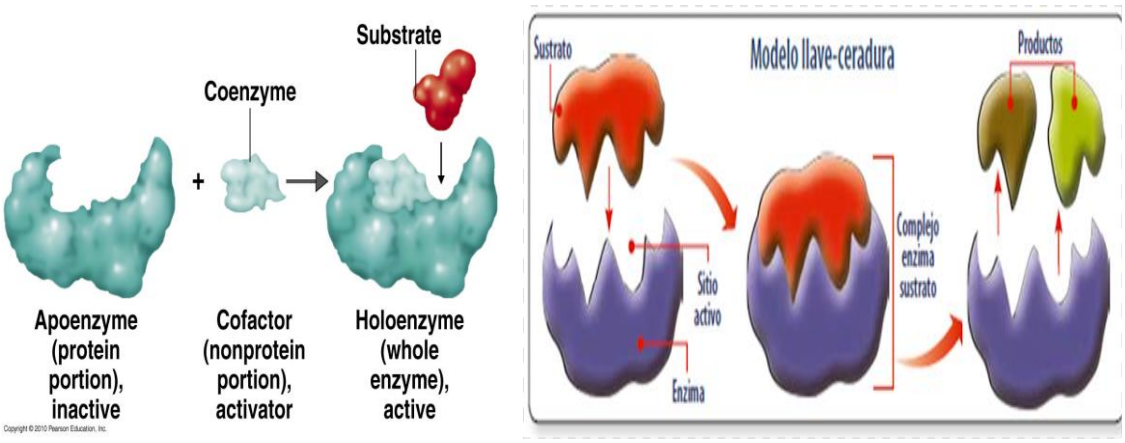

Figura 2. Esquemas de la actividad coenzimática de las vitaminas hidrosolubles dentro de una célula.

Fuentes: A: Cofactor y coenzima. Disponible en: http://aulas.uruguayeduca.edu.uy B: Cinética enzimática. Complejo enzima-sustrato. En: 2º Biología Bachillerato. Enzimas. Disponible en: http://biogeotesttoni.blogspot.com/2ºBACH.ENZIMAS[12].

Las conocidas funciones de las vitaminas hidrosolubles, representadas fundamentalmente por las del llamado Complejo B, en el metabolismo energético mitocondrial, las del folato y la Vit. B_{12} en la síntesis del Acido desoxirribonucleico (DNA) y en la eritropoyesis, las propiedades antioxidantes de la Vit. C y de las liposolubles A y E así como la diversa participación en los procesos metabólicos, la síntesis de proteínas y del fosfato de creatina, la intensificación de la actividad de los sistemas fermentativos, la estimulación de los procesos oxidativos, el aumento de la estabilidad del organismo frente a la hipoxia y la contribución a la utilización del oxígeno por los tejidos[14,15] han creado expectativas irreales entre deportistas y entrenadores de que las vitaminas constituyen ayudas ergogénicas[16] y de que las mismas pudieran "sobrealimentar" las reacciones químicas para la producción de energía[17]. Sin embargo, Guilland y col.[10], demostraron en 1989 que la necesidad de tiamina, riboflavina, piridoxina y Vit. E es mayor en el deportista debido al aumento del intercambio metabólico inherente al ejercicio físico. Ya previamente otros autores[18-20] habían señalado que una nutrición deficiente podía alterar el nivel de la capacidad física de trabajo individual y provocar una disminución del desempeño deportivo. También, Manore en el 2000[21] demostró que el ejercicio parece disminuir el estado de tiamina, riboflavina y piridoxina y aún mucho más en individuos activos con preexistencia de consumos vitamínicos marginales o reservas corporales marginales. Es por ello que tanto para la salud como para la práctica del deporte, deben preocupar las alteraciones del e**stado vitamínico**, considerando las nefastas consecuencias que éstas tienen sobre el rendimiento físico.

RELACION CON EL EJERCICIO

En efecto, la relación que existe entre las vitaminas y el ejercicio en la práctica de deportes ha sido abordada en la literatura desde dos ángulos (Figura 3). En general, los dietistas y nutricionistas se manifiestan por una mayor necesidad de vitaminas en los deportistas, mientras que los fisiólogos del ejercicio se han interesado en los efectos de los suplementos vitamínicos a dosis suprafisiológicas, es decir a dosis muy superiores a los requerimientos aconsejados. En realidad la necesidad nutricional de vitaminas determina la

cantidad mínima de cada una de las 13 vitaminas actualmente reconocidas (4 liposolubles y 9 hidrosolubles)[1,10,14] que es necesario ingerir para compensar las pérdidas cotidianas y mantener las reservas tisulares a un nivel constante y satisfactorio.

Los enormes gastos energéticos de las cargas actualmente empleadas, bajo la concepción del entrenamiento deportivo moderno, para la obtención de los altos rendimientos y de las competencias, especialmente las de esfuerzos de larga duración, crean considerables dificultades durante la elaboración de las raciones alimentarias del atleta de alto nivel debido a que muchas de las **sustancias de alto valor biológico** (SAVB), como las vitaminas, minerales y algunos aminoácidos se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos. Esto requeriría de grandes volúmenes de determinados productos alimentarios para garantizar y satisfacer las necesidades de las SAVB, lo que dificulta considerablemente la digestión y prácticamente es irrealizable. Es por ello que con frecuencia los deportistas de alto rendimiento presentan alteraciones de su estado vitamínico y desarrollan hipovitaminosis. Según Shishina, Pshendin y Fedorova[22] las causas de estos problemas pudieran estar condicionadas a los siguientes factores:

- Un ingreso deficiente de vitaminas con la alimentación.
- La posibilidad de pérdida de vitaminas durante la elaboración culinaria de los alimentos.
- La magnitud y la intensidad de las cargas físicas.
- La existencia de diferentes patologías.

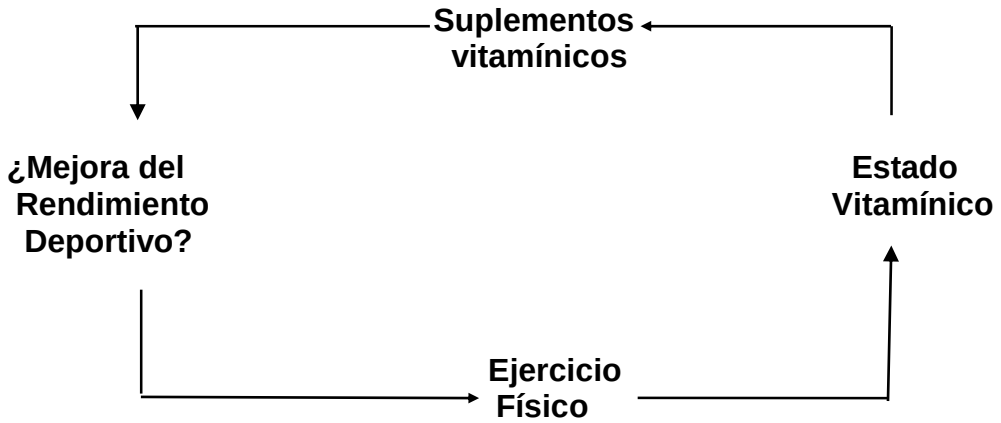

Figura 3. Interrelación entre las vitaminas y el ejercicio físico.
Fuente: autor.

Es bueno señalar también que la restricción de alimentos como los granos y los productos elaborados con harina de trigo en deportistas que se especializan en Gimnasia Artística, Gimnasia Rítmica, Tenis de Mesa y de las divisiones ligeras de los deportes de combate, para control y mantenimiento de su peso corporal puede determinar deficiencia de Tiamina y de Riboflavina por ser dichos alimentos las mayores fuentes de estas vitaminas. Todo esto va a influir negativamente sobre la capacidad física de trabajo y el desarrollo de los procesos de recuperación del deportista.

Según Belko[23], 1987 los deportistas que potencialmente pueden sumirse o están propensos a una deficiencia de vitaminas son los que limitan su contenido calórico, lo cual eventualmente resulta en un consumo deficiente de vitaminas. Estos deportistas pueden agruparse en dos categorías:

- ***Deportistas pendientes a un aumento cosmético de peso corporal***: se incluyen gimnastas (particularmente las femeninas), bailarines de ballet, patinadores artísticos sobre hielo ("figure skaters"), clavadistas, entre otros.
- ***Deportistas que requieren "hacer el peso"***: en este grupo se encuentran los luchadores de ambos estilos, boxeadores, jugadores de "hockey", jugadores de "fútbol americano" de peso liviano, tripulantes de un velero, bote de remo, entre otros.

Es precisamente en estos casos que los expertos en Nutrición Deportiva han sugerido que los suplementos vitamínicos pueden incrementar el rendimiento deportivo[24]. Por otra parte Volgariev y Korovnikov[25] han señalado que el consumo de vitaminas está determinado por la magnitud del consumo diario de alimentos energéticos sobre todo para la Tiamina, la Riboflavina, la Piridoxina, la Niacina, la C y la E. Tal es así que para garantizar la satisfacción de las necesidades de estas vitaminas se requiere un cálculo del gasto energético y la densidad nutricional vitamínica de la dieta , es decir la cantidad de vitaminas contenida en 1000 kilocalorías. De esta manera se requeriría de un suministro de 35 mg de Vit.C, 0.8 mg de Riboflavina, 0.7 mg de Tiamina, 7 mg de Niacina y 0.5mg de Vit. E por cada 1000 Kilocalorías gastadas. Asimismo se ha comprobado la excreción de vitaminas por la orina en deportistas de Boxeo, Canotaje, Lucha, Levantamiento de Pesas y otros[22].

Figura 4. Esquema simplificado del metabolismo de las vitaminas.
Fuente: autor.

El siguiente esquema del metabolismo de las vitaminas (Figura 4) muestra la influencia de diversos factores en el estado de las reservas vitamínicas del organismo como son: los aportes y las pérdidas por utilización y/o excreción, principalmente urinaria, que se pueden manifestar de la siguiente manera:

- Por ingestión insuficiente (trastornos gastrointestinales, insuficiencia cardiaca, alcoholismo, enfermedades infecciosas, dietas de restricción, mala confección de los alimentos).

- Por absorción insuficiente (enfermedades gastrointestinales, interferencias producidas por sustancias como el aceite mineral).

- Por disminución en la asimilación (hepatopatías, procesos neoformativos malignos de las vías digestivas).

- Por aumento de las necesidades orgánicas (fiebre, enfermedades infecciosas, embarazo, enfermedades metabólicas, dietas hiperglúcidas, entrenamientos deportivos intensos).

Estos mecanismos determinarían estados de deficiencia vitamínica donde, desde el punto de vista médico, es aconsejable el suplemento dietético de las vitaminas.

Hasta finales de la década del 80 la evaluación del estado vitamínico se limitaba con frecuencia a la determinación de los aportes y la excreción urinaria de la vitamina estudiada, lo cual era insuficiente, pues esto no rendía cuenta directa de la magnitud de las reservas del organismo.

Por tal motivo se ha tratado de ampliar esta evaluación midiendo el contenido en vitamina de la sangre total, el plasma o preferentemente de los eritrocitos[26]. A esta información se le suma la evaluación de la actividad funcional de las vitaminas, específicamente de las hidrosolubles por poseer formas funcionales que ejercen el papel metabólico de estos micronutrientes (Fig. 5). Estas formas funcionales de dichas vitaminas constituyen los cofactores específicos de enzimas situadas en los eritrocitos y son las que ejercen la función reguladora de las vitaminas en las diferentes vías metabólicas (Ver Tabla III en Anexos). La

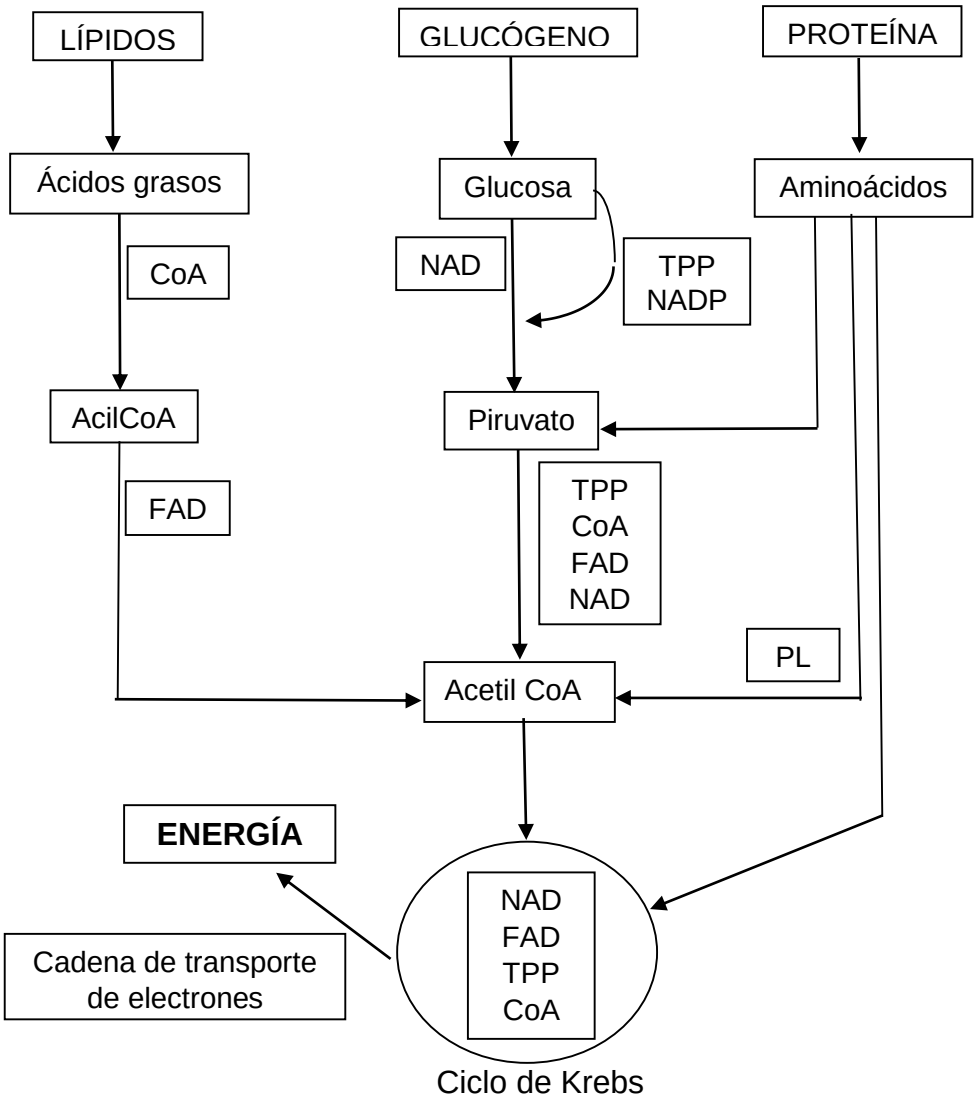

Figura 5. Algunas vías metabólicas en las que intervienen coenzimas derivadas de vitaminas. CoA: coenzima A; FAD: flavín-adenín dinucleótido; NAD: nicotín-adenín dinucleótido; PLP: fosfato de piridoxal; TPP: pirofosfato de tiamina.

Fuente: autor.

medición in vitro de la actividad basal de esas apoenzimas en un hemolisado eritrocitario permite conocer el grado de impregnación de las mismas por su cofactor respectivo y se satura, en un segundo tiempo, dicho hemolisado con uno u otro cofactor se podrá medir entonces la actividad máxima. La relación entre la actividad basal y la actividad máxima de estas apoenzimas es a lo que se le llama **coeficiente α**, el cual rinde cuenta de la "sed" del cofactor por parte de la apoenzima aún no ligada y representa un indicador funcional del estado vitamínico. La evaluación del estado de las reservas orgánicas de las vitaminasincluye también la medición de los aportes vitamínicos que por estar estrechamente ligados al aporte energético basal (AEB) y al de proteínas, lípidos y glúcidos deben ser también determinados. Para la evaluación de este consumo alimentario suele utilizarse con preferencia el método del semanario[27]. En el caso de las otras vitaminas para la evaluación del estado de sus reservas orgánicas y la capacidad de su almacenamiento se ha utilizado la dosificación en plasma del ácido ascórbico para la Vit. C, de la proteína fijadora del retinol (RPB en inglés), de los carotenoides (alfa y beta-caroteno) para la Vit. A y del alfa-tocoferol en suero para la Vit. E[10]. Los valores individuales obtenidos en los diferentes test bioquímicos antes mencionados se comparan con **"valores umbral"** a fin de poner en evidencia una posible alteración del **estado vitamínico** que frecuentemente se corresponde con un estado subcarencial mal definido.

Métodos de evaluación del estado nutricional vitamínico[28]:

1- Estimación de aportes alimentarios

- Macronutrientes
- Micronutrientes
- Densidad nutricional vitamínica de la ración
- Insuficiencia de aporte

2- Diagnóstico clínico (signos de deficiencia)

3- Indicadores funcionales

- Test de activación enzimática (carga de triptófano,)
- Ausencia de antagonismo en proteína inducida por Vit K (PIVKAs)
- Hipersegmentación de núcleos PMNL
- Aumento de la excreción de FIGLU
- Test de Hess para la fragilidad capilar

- Indicadores de estrés oxidativo

4- Indicadores bioquímicos de estado vitamínico

- Excreción urinaria (homocisteína, ácido metilmalónico)
- Concentración sanguínea y/o plasmática (vitaminas y hormonas)[29]
- Concentración eritrocitaria
- Actividad apoenzimática
- Coeficiente de activación α en eritrocitos[30]

Un estudio realizado en 1989 por Guilland y col[10]. sobre el estado vitamínico de Tiamina, Riboflavina, Piridoxina, Ácido Ascórbico, A y E en 55 deportistas jóvenes y 20 controles de edades comprendidas entre los 19,04 y los 22,9 años, utilizando los antes mencionados test bioquímicos y el método del semanario para medir los aportes alimentarios observó que el aporte vitamínico en los deportistas era más alto que en los no deportistas debido a un valor energético más elevado de su ración alimentaria. Esto se justificó por una correlación positiva entre la dimensión energética de la ración y el aporte vitamínico, con excepción del Ácido ascórbico, cuya ausencia de correlación se puede explicar por el hecho de que las principales fuentes alimenticias de dicha vitamina, las legumbres y las frutas, poseen un bajo valor calórico. Sin embargo, Guilland y col[10]. señalaron finalmente que la determinación del estado nutricional vitamínico con ayuda de tests bioquímicos era imprecisa si no se puede diferenciar entre los sujetos subcarenciados y los no carenciados mediante “valores umbral” previamente fijados. Por otra parte, un estudio realizado por Fogelholm y col[31]. en 1993 en 42 jóvenes de pre-universitario físicamente activos con edad comprendida entre los 18 y 32 años y divididos en grupos con suministro de vitaminas (n = 22) y de placebo (n = 20), respectivamente, demostró coeficientes α relativamente altos para las apoenzimas transcetolasa eritrocitaria (ETK), glutationa reductasa (EGR) y aspartato aminotransferasa (EASAT), específicas para la Tiamina, la Riboflavina y la Piridoxina, respectivamente, que sugerían un estado marginal. Los valores medios de 1.16, 1.33 y 2.04 para cada una de las respectivas enzimas descendieron luego de la suplementación vitamínica lo que corroboró la existencia de un estado vitamínico marginal.

NECESIDAD VITAMINICA

Por más de 60 años, el Buró de Nutrición y Alimentos de la Academia Nacional de las Ciencias de EUA ha estado revisando las investigaciones sobre nutrición y definiendo los requerimientos de nutrientes para individuos saludables referidas como **Asignaciones Dietarias Recomendadas**[32] (RDA en inglés), que son establecidas por el Instituto de Medicina (IOM) de la Academia Nacional de Ciencias de los EUA. El Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos de Cuba aplica el término de **Suministro Dietario Recomendado**[33] para estas RDA. Toda vez que se publica una nueva investigación sobre nutrición, la importancia de las vitaminas como nutrientes esenciales es subrayada, se examinan y consideran nuevos roles fisiológicos y aplicaciones para la salud humana en lo tocante a la actualización de las RDA para estos nutrientes y los valores diarios para su consumo fijados por el Buró de Nutrición y Alimentos de la Academia Nacional de las Ciencias de EUA[32]. Los consumos diarios y sus límites superiores son actualizados periódicamente.

El establecimiento del requerimiento diario de cada uno de los nutrientes necesita de un conocimiento exacto de fisiología nutricional sobre su digestión, absorción, transporte celular, metabolismo, retención y excreción. La retención de nutrientes depende fundamentalmente de su capacidad de almacenamiento en el organismo. Las vitaminas liposolubles y los minerales se almacenan, por ejemplo, de manera central en importantes órganos de almacenamiento como hígado, esqueleto óseo y tejido adiposo; mientras que, contrariamente, las vitaminas hidrosolubles carecen de un depósito específico de almacenamiento y solo su participación como cofactores enzimáticos o metabolitos activos puede ser considerada como un relativo espacio frágil de almacenamiento[33]. Por eso desde finales del pasado siglo XX el IOM de la Academia Nacional de Ciencias de Washington, DC, EUA estableció los llamados **consumos dietéticos de referencia (DRI)** para las vitaminas hidrosolubles con valores superiores a las RDA, considerando que los requerimientos vitamínicos de adultos activos y saludables entre los 19 y 50 años pudieran ser mayores[33]. Una revisión de los valores de estos DRI en los años 2001, 2002 y 2004 se designó para promover una función y salud óptimas en individuos sanos y estableciendo además los límites superiores de consumo de vitaminas, tanto solubles como hidrosolubles, minerales y agua sin el riesgo de efectos adversos.

Hay tres condiciones, en relación a nuestros cuerpos, que pueden presentarse con las vitaminas:

1) Avitaminosis – Cuando hay carencia total de una o varias vitaminas.

2) Hipovitaminosis – Cuando hay carencia parcial de vitaminas.

3) Hipervitaminosis – Cuando existe un exceso que se acumula de una o varias vitaminas, particularmente las poco solubles en agua (Liposolubles) y que por tanto son difíciles de eliminar por la orina.

Quizás una reflexión en este punto, tiene que ver con qué es tan malo en términos generales tanto un exceso como un déficit de vitaminas, pues ambos ocasionan un daño a nuestro organismo. Aunque en términos populares se relaciona a las vitaminas como algo muy bueno y casi mágico en donde pareciera que podemos incorporar MÁS vitaminas a la dieta al ingerirlas en un comprimido, por lo que es más fácil e imperceptible caer en el caso de exceso de vitaminas por el consumo innecesario de suplementos vitamínicos.

Continuará en próximos números.

Referencias Bibliográficas

1. Bender DA. Micronutrientes: vitaminas y minerales. Harper. Bioquímica ilustrada, 28a edición. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil P. Eds. México, DF: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.; 2010. p. 467-81.
2. Harrow B. Casimir Funk: Pioneer in Vitamins and Hormones. New York, NY: Dodd, Mead & Company; 1955.
3. Bolet Astoviza M. Aspectos de la historia del descubrimiento de algunas vitaminas. Rev Cubana Med Gen Integr. 2004; 20(4).
4. Palacios Sánchez L. Breve historia de las vitaminas. Rev Medica Sanitas. 2013; 16 (3):142-5.
5. Mc Collum A. History of nutrition. Boston: The Johns Hopkins University; 1957. p. 201-302.
6. Carbajal Azcona A. Vitaminas. En: Manual de Nutrición y Dietética Cap. 11. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, 2013.
7. Khuon EV. La aventura de nuestro siglo. Científicos y técnicos transforman el mundo. Barcelona: Seix Barral; 1961. p.195.
8. Woolf K, Manore MM. B-Vitamins and Exercise: Does Exercise Alter Requirements? Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 2006; 16:453-84.
9. Vitaminas. En: Salud, nutrición y deporte. [Consultado 5 de Marzo de 2018]. Disponible en: https://dieteticaynutricionweb.wordpress.com
10. Guilland JC, Boggio V, Penevanda T, Gallet C, Fuchs F, Klepping J. Le statut vitaminique du sportif. Méd. et Hyg.1989; 47:2271-78.
11. Lanyau Domínguez Y, Macías Matos C, Jiménez Acosta S. Estado nutricional de vitaminas del complejo B en 2 grupos de trabajadores industriales de Ciudad de la Habana. Rev Cub Aliment Nutr. 2000; 14(1):7-13.
12. Cinética enzimática. Complejo enzima-sustrato. En: 2º Biología Bachillerato. Enzimas. [Consultado 10 de febrero de 2018]. Disponible en: http://biogeotesttoni.blogspot.com/2ºBACH.ENZIMAS
13. Hernández Hernández L. Coenzimas. [Consultado 10 de febrero de 2018]. Disponible en: https://bioquimicacoenzimas405.blogspot.com/

14. Mc Ardle WD, Katch FI, Katch VL. Vitamins supplement. The competitive sharpness. In: Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. Cap. 2. (2nd. Ed) Philadelphia PA: Lea & Febiger; 1986.
15. Karpman VL. La alimentación, la vitaminación y algunos medios farmacológicos de recuperación. En: La medicina deportiva. Vol. III. Cap. 6, Pág.322. La Habana: Ed. Pueblo y Educación; 1989.
16. Aronson V. Vitamins and minerals as ergogenic aids. The Phys. Sportsmed. 1986; 14 (3):209-12.
17. Van der Beek EJ. Vitamin supplementation and physical exercise performance. J. Sports Sci. 1991; (9):77-89.
18. Suboticanec-Buzina K, Buzina R, Brubacher G, Sapunar J, Christeller S. Vitamin C status and physical working capacity in adolescents. Int J Vit Nutr Res. 1984; 54:55-60.
19. van der Beek EJ, van Dokkum W, Schrijver J, Wedel, Gaillard AW, Wesstra A, et al. Thiamin, riboflavin and vitamins B6 and C impact of combined restricted intake on functional performance. Am J Clin Nutr 1988; 48:1451-62.
20. Litvínova VN. Papel de las vitaminas en el metabolismo humano. Conferencia en IMD. La Habana: 1971.
21. Manore MM. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. Am J Clin Nutr 2000; 72 (Suppl):598S-606S.
22. Shishina NN, Psendin AI, Fedorova GP. Ocenka vitaminnoj abespechennosti sportsmienov. Teor Prakt Fiz Kult 1986; 6: 27-8.
23. Belko AZ. Vitamins and exercise–an update. Med Sci Sports Exerc. 1987 Oct; 19(5 Suppl):S191-6.
24. Gatorade Sports Science Institute. ¿Pueden los suplementos de vitaminas incrementar el rendimiento deportivo? Sports Science Exchange. Mesa Redonda # 45 Vol 12 (2000) No. 3.
25. Volgariev MN, Korovnikov KA. La actividad física y el consumo energético y de sustancias nutritivas del hombre. Teor Prakt Fiz Kult. 1982; (5):22-26.
26. Vuilleumier JP, Keller HE, Keck E. Clinical chemical methods fot the routine assessment of the vitamin status in human populations. Part III:

The apoenzyme stimulation tests for vitamins B1, B2 and B6 adapted to the Cobas-Bio Analyzer. Int J Vitam Nutr Res 1989; 60:126-35.

27. Boggio V, Guilland JC, Moreau D, Fuchs F, Klepping J. Méthodes d´etude de la commsomation alimentaire chez les sportifs. Sci Sports 1988; 3:283-89.
28. Bates CJ. Diagnosis and detection of vitamin deficiencies. British Medial Bulletin 1999; 55 (3).
29. Reljic D, Jost J, Dickau K, Kinscherf R, Bonaterra G, Friedmann-Bette B. Effects of pre-competitional rapid weight loss on nutrition, vitamin status and oxidative stress in elite boxers. J Sports Sci. 2015; 33 (5):437–48.
30. Rokitzki L, Sagredos A, Keck E, Sauer B, Keul J. Assessment of vitamin B_2 status in athletes of various types of sports. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 1994; 40:11-22.
31. Fogelholm M, Ruokonen I, Laakso JT, Vuorimaa T, Jaakko-Juhani H. Lack of association between indices of vitamin B1, B2, and B6 status and exercise-induced blood lactate in young athletes. Int J Sport Nutr. 1993; 3:165-76.
32. ConsumerLab.com. Recommended Daily Intakes and Upper Limits for Nutrients. [Consultado 9 de Marzo de 2018]. Disponible en: https://www.consumerlab.com/index.asp
33. Hernández Triana M. Recomendaciones nutricionales para el ser humano: actualización. Rev Cub Invest Biomed 2004; 23(4):266-92.
34. Institute of Medicine. Dietary reference intakes. Thiamine, riboflavin, niacin, vitamin B-6, folate, vitamin B-12, pantothenic acid, biotin and choline. Washington, DC: National Academy Press; 1998.

ANEXOS

Tabla I. Síntesis de vitaminas en el organismo.

	Síntesis endógena	Síntesis bacteriana (intestinal)
Liposolubles	D ← 7- dehidrocolesterol A ← (Carotenos)	K_2 (50% de necesidades)
Hidrosolubles	Niacina ← triptófano	B_1, B_2, B_6, Biotina

Fuente: Manual de Nutrición y Dietética Cap. 11. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, 2013[6].

Tabla II. Clasificación de las vitaminas, función y enfermedad específica por carencia.

Vitamina	Función	Enfermedad por carencia
Liposolubles		
A (Retinol, β-caroteno)	Pigmentos visuales en la retina; regulación en la expresión de gen y diferenciación celular(el β - caroteno es un antioxidante)	Ceguera nocturna, xeroftalmía; queratinización de la piel
D (Calciferol)	Mantenimiento del equilibrio del calcio; incrementa la absorción intestinal de Ca^{2+} y moviliza mineral óseo; regulación en la expresión de gen y diferenciación celular	Raquitismo = mineralización inadecuada del hueso; osteomalacia = desmineralización del hueso
E (Tocoferol, tocotrienoles)	Antioxidante, particularmente en membranas celulares; funciones en la emisión de señales celulares	En extremo rara: disfunción neurológica grave
K (Filoquinona: menaquinonas)	Coenzima en la formación de γ – carboxi-glutamato en enzimas de la coagulación de la sangre y la matriz ósea	Alteración de la coagulación de la sangre, enfermedad hemorrágica
Hidrosolubles		
B_1 (Tiamina)	Coenzima en la piruvato y α-ceto-glutarato deshidrogenasas y transcetolasa; regula el canal del Cl^- en la conducción nerviosa	Daño de nervio periférico (Beriberi) o lesiones del SNC (Síndrome de Wernicke-Korsakoff)
B_2 (Riboflavina)	Coenzima en reacciones de oxidación y reducción(FAD y FMN); grupo prostético de flavoproteínas	Lesiones de los ángulos de la lengua, los labios y la boca, dermatitis seborreica
Niacina (Ácido nicotínico, nicotinamida)	Coenzima en reacciones de oxidación y reducción, parte funcional de NAD y NADP, función en regulación del calcio intracelular y las emisiones de señales celulares	Pelagra: dermatitis fotosensible, psicosis depresiva
B_6 (Piridoxina, piridoxal, piridoxamina)	Trastorno del metabolismo de aminoácidos	Trastorno del metabolismo de aminoácidos, convulsiones
Ácido fólico	Coenzima en la transferencia de fragmentos de un carbono	Anemia megaloblástica
B_{12} (Cobalamina)	Coenzima en la transferencia de fragmentos de un carbono y el metabolismo del ácido fólico	Anemia perniciosa = anemia megaloblástica con degeneración de médula espinal
Ácido Pantoténico	Parte funcional de la CoA y proteína acarreadora de acilo; síntesis y metabolismo de ácidos grasos	Daño de nervio periférico (melalgia nutricional) o “síndrome del pie urente”
H (Biotina)	Coenzima en reacciones de carboxilación en la gluconeogénesis y síntesis de ácidos grasos; función en la regulación del ciclo celular	Alteración del metabolismo de grasas y carbohidratos, dermatitis
C (Ácido ascórbico)	Coenzima en la hidroxilación de lisina y prolina en la síntesis de colágeno; antioxidante; aumentar absorción de hierro	Escorbuto: alteración de la cicatrización de heridas, pérdida del cemento dental, hemorragia subcutánea

Fuente: Harper Bioquímica Ilustrada 28ed. Cap. 44[1].

Tabla III. Principales coenzimas, fuente vitamínica, principales funciones metabólicas y función mecanicista.

Coenzima	Fuente vitamínica	Principal función metabólica	Función mecanicista
Nicotinamida adenina dinucleótido (NAD^+) y fosfato de Nicotinamida adenina dinucleótido ($NADP^+$)	Niacina	Reacciones de oxidación-reducción donde haya dos transferencias de electrón.	Cosustrato
Flavina mononucleótido (FMN) y Flavina adenina dinucleótido (FAD)	Riboflavina (B_2)	Reacciones de oxidación-reducción donde haya una o dos transferencias de electrón.	Grupo prostético
Coenzima A (CoA)	Pantotenato (B_5)	Transferencia de grupos acilo	Cosustrato
Pirofosfato de tiamina (TPP)	Tiamina (B_1)	Transferencia de fragmentos de dos carbonos que contengan un grupo carbonilo	Grupo prostético
Fosfato de piridoxal (PLP)	Piridoxina (B_6)	Transferencia de grupos desde aminoácidos y hacia estos.	Grupo prostético
Biotina	Biotina	Carboxilación de sustratos dependiente de ATP, o transferencia de grupo carboxilo entre sustratos	Grupo prostético
Tetrahidrofolato	Folato	Transferencia de sustituyentes con un carbono, en especial los grupos formilo e hidroximetilo; suministra el grupo metilo para la timina en el ADN	Cosustrato
Adenosilcobalamina	Cobalamina (B_{12})	Reorganizaciones intramoleculares	Grupo prostético
Metilcobalamina	Cobalamina (B_{12})	Transferencia de grupos metilo	Grupo prostético
Retinal	Vitamina A	Visión	Grupo prostético
Vitamina K	Vitamina K	Carboxilación de algunos residuos de glutamato	Grupo prostético

Fuente: Coenzimas Disponible en:

https://bioquimicacoenzimas405.blogspot.com/[13].