



Artículo de revisión

Micronutrientes en deportistas

María Ximena Rodríguez Monzón,* Alberto Pasquetti Ceccatelli*

* Servicio de Nutriología Clínica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán".

Correspondencia:

Dra. María Ximena Rodríguez Monzón.
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga 15. CP 14000, México D.F.
Teléfono: 55731200 Ext: 2194, 2234.
E-mail: ximena_rod@hotmail.com

Fecha de recepción: 24-Mayo-2004

Fecha de aceptación: 5-Septiembre-2004.

Resumen

Los micronutrientes están involucrados en muchos procesos metabólicos por lo que juegan un papel importante durante el ejercicio. La actividad física aumenta el recambio energético y los requerimientos de micronutrientes. Durante el ejercicio también aumentan las pérdidas de micronutrientes por diferentes medios. Si el atleta mantiene una dieta balanceada que provee suficiente energía, es poco probable que tenga deficiencias de micronutrientes. Sin embargo, muchos atletas restringen su ingestión energética por diversas razones. Más del 50% de los atletas toman algún tipo de suplemento de micronutrientes, lo cual puede ser innecesario y algunas veces hasta perjudicial. No se ha demostrado que la suplementación de micronutrientes tenga algún efecto sobre el rendimiento del atleta excepto si hay deficiencias. Existen minerales, como el calcio y el hierro, que pueden estar deficientes en un número importante de atletas, especialmente mujeres, y esto puede perjudicar la salud del atleta o su desempeño. La suplementación con antioxidantes también puede tener beneficios en ciertos grupos específicos de atletas. En general, se recomienda evaluar a cada deportista de forma individual, además de una dieta balanceada con suficiente energía para que no existan deficiencias de micronutrientes.

Palabras clave: Micronutrientes, elementos traza, vitaminas, minerales, ejercicio, atletas, actividad física, rendimiento.

Revista de Endocrinología y Nutrición 2004;12(4)Octubre-Diciembre. 181-187.

Abstract

Micronutrients are involved in many metabolic processes, therefore they play an essential role during exercise. Physical activity increases energy turnover which in turn increases micronutrient requirements. During exercise, there is also an increase in micronutrient losses through different processes. If athletes keep a well-balanced diet providing sufficient energy, it is very unlikely that they will be at risk of micronutrient deficiencies. However, many athletes restrict their caloric intake for different reasons. More than 50% of athletes take some type of micronutrient supplement, being unnecessary in many and even dangerous in others. It has not been shown that micronutrient supplementation has any effect on performance if there are no deficiencies in the athlete. There are minerals that can be deficient in an important number of athletes, especially women, such as calcium and iron, and this may affect the athlete's health or his or her performance. Supplementation with antioxidants may also show some benefit in selected groups of athletes. Each athlete should be individually assessed for risks of micronutrient deficiencies and a well-balanced diet is recommended with sufficient caloric intake to avoid micronutrient deficiencies.

Key words: Micronutrients, trace elements, vitamins, minerals, exercise, athletes, physical activity, performance.

Revista de Endocrinología y Nutrición 2004;12(4)October-December. 181-187.

INTRODUCCIÓN

Los micronutrientes juegan un papel muy importante en el metabolismo energético ya que están involucrados en muchos procesos enzimáticos. El ejercicio puede llegar a aumentar la tasa de recambio energético a nivel muscular de 20 a 100 veces. Muchas veces pueden existir deficiencias marginales de micronutrientes que sólo serán aparentes cuando aumenta la tasa metabólica. El ejercicio prolongado también puede causar aumento en las pérdidas, recambio y degradación de algunos micronutrientes.¹

En el mercado existen varios tipos de suplementos de micronutrientes. Las ventas de este tipo de productos en Estados Unidos fue de \$6.5 billones de dólares en 1996 y ascendió a \$13.9 billones de dólares en 1998. Muchos de estos suplementos están dirigidos a deportistas y son recomendados en gimnasios, por parte de entrenadores, en tiendas especializadas y en farmacias.² Cada vez más personas consultan a sus médicos para ver qué suplementos vitamínicos o de minerales deben tomar, muchos de ellos siendo deportistas.³

Si los deportistas tienen una dieta balanceada y variada que les provee suficientes calorías para mantener un peso estable no van a necesitar del uso de suplementos de vitaminas y/o minerales. Sin embargo, los atletas que restringen su ingestión energética, que tienen una dieta poco balanceada o que consumen dietas altas en carbohidratos con pocos micronutrientes, están en riesgo de tener deficiencias significativas por lo que necesitarán algún suplemento.⁴

El propósito de esta revisión es describir el papel de los micronutrientes en deportistas haciendo énfasis en los mecanismos por los que aumentan los requerimientos específicos durante la actividad física y cuáles son los micronutrientes que requieren de mayor atención en ciertos grupos de atletas.

EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE LOS MICRONUTRIENTES - PÉRDIDAS Y REQUERIMIENTOS

El ejercicio puede aumentar las pérdidas de micronutrientes por varios mecanismos, en orina, sudor, por medio de exfoliación celular, hemólisis y por un aumento en el recambio de los micronutrientes a nivel celular, incrementando así sus requerimientos en los deportistas.⁵⁻¹⁰

Deuster et al, demostraron que las mujeres en entrenamiento físico presentan aumento de las pérdidas de zinc en orina al compararse con mujeres sin entrenamiento físico, posiblemente por una tasa más alta de recambio de zinc a nivel muscular.^{5,6} Klesges et al., determinaron en basquetbolistas que las pérdidas de calcio en sudor

llegaban a ser de aproximadamente 420 mg por sesión de entrenamiento al inicio de la temporada, disminuyendo al paso del tiempo por la adaptación fisiológica que produce el entrenamiento.⁷ También se han descrito pérdidas incrementadas de hierro en atletas, ya sea por orina, sudor, hemólisis o por la vía gastrointestinal.^{8,9} Durante el ejercicio, la concentración plasmática de magnesio puede disminuir ya que una parte importante de este catión pasa al interior de los eritrocitos.¹⁰ Además, también puede haber un aumento en las pérdidas de magnesio en orina, sudor y por medio de exfoliación celular.⁶

Los requerimientos de riboflavina, tiamina y vitamina B-6 pueden estar aumentados en los atletas debido a disminución en su absorción intestinal, pérdidas en orina y mayor utilización en procesos metabólicos.¹¹ Trebler et al, demostraron que en mujeres sometidas a ejercicio había un mayor coeficiente de la actividad de la glutatión reductasa, una enzima que utiliza riboflavina, *versus* mujeres sin actividad física, lo que puede traducirse en mayores requerimientos de esta vitamina.¹²

Está claro que durante la actividad física están aumentados los requerimientos de los micronutrientes por varios mecanismos. Sin embargo, esto no se traduce en que los atletas van a necesitar de suplementos o que vayan a tener deficiencias importantes. Generalmente, al haber aumento en la actividad física, los deportistas incrementan su ingestión energética. Si esto lo hacen por medio de una dieta balanceada, va a ser suficiente para suplir sus necesidades energéticas y sus necesidades de micronutrientes, por lo que es poco probable que existan deficiencias.¹ Sin embargo, éste no es el caso de todos los atletas. Existen grupos específicos de deportistas quienes limitan su ingestión energética o quienes no tienen una dieta balanceada. Ejemplos claros de estos deportistas son los gimnastas, patinadores de hielo, boxeadores y corredores de fondo, los cuales quieren mantener una ingestión calórica baja para mantener un peso específico y no perjudicar su rendimiento.^{1,2,4,13}

Por otro lado, existen micronutrientes que son considerados como excepciones ya que se ha determinado que sus requerimientos son altos en los deportistas y que es difícil alcanzarlos con la dieta normal, como es el caso del calcio y del hierro, por lo que pueden estar deficientes en un número importante de atletas.¹ Además, están la vitamina C y la vitamina E que también pueden ser útiles como suplementos en algunos deportistas al ser utilizados como antioxidantes.^{1,14,15}

VITAMINAS

Desde el punto de vista del papel que juegan las vitaminas durante la actividad física y el ejercicio, pueden clasificarse en cuatro grupos principales: 1) vitaminas que

participan en el metabolismo energético (vitaminas del complejo B); 2) vitaminas que participan en la síntesis de glóbulos rojos (ácido fólico, vitamina B₁₂); 3) antioxidantes (vitaminas C y E); y 4) vitamina D que participa en la homeostasis ósea. Las vitaminas con mayor impacto en el atleta son las del complejo B y los antioxidantes.

Vitaminas del complejo B

Las vitaminas del complejo B más estudiadas en deportistas son la tiamina, la riboflavina y la vitamina B₆. Esto se debe a que estas vitaminas están involucradas en procesos metabólicos importantes.¹¹

La tiamina juega un papel importante en el metabolismo de carbohidratos y de aminoácidos de cadena ramificada, ya que funciona como coenzima de la piruvato deshidrogenasa, que convierte el piruvato en acetil coenzima A, un paso importante en el metabolismo energético.¹⁶ La riboflavina es necesaria para la síntesis de dos coenzimas, la flavin adenosina mononucleótido y dinucleótido que son importantes en el metabolismo de glucosa, ácidos grasos, glicerol y aminoácidos para la obtención de energía.¹¹ Por otro lado, la vitamina B₆ está involucrada en reacciones del metabolismo de las proteínas y aminoácidos y juega un papel importante en la gluconeogénesis que se lleva a cabo durante la actividad física para la obtención de energía a partir de aminoácidos.^{11,17} La vitamina B₆ también está involucrada en la liberación de glucosa-1-fosfato del glucógeno para obtención de energía.^{11,16}

El ejercicio puede aumentar los requerimientos de la tiamina, riboflavina y la vitamina B₆ por varios mecanismos propuestos, como disminución en la absorción intestinal, aumento en el recambio y metabolismo, aumento en las concentraciones de enzimas mitocondriales que requieran de estos micronutrientes como cofactores y mayor uso para la reparación de tejidos.^{1,18-20}

Varios estudios han demostrado que la ingestión de estas vitaminas es generalmente adecuada en deportistas, pero puede ser algunas veces deficiente, especialmente en atletas femeninas.²¹⁻²⁴ A menos que el atleta restrinja su ingestión energética o consuma una dieta alta en productos refinados, la ingestión de tiamina, riboflavina y vitamina B₆ será adecuada, por lo tanto, no se recomienda el uso rutinario de suplementos de estas vitaminas.

Se han realizado estudios que evidencian que la deficiencia de tiamina, riboflavina y vitamina B₆ disminuyen el rendimiento en el atleta.²⁴⁻²⁶ Van der Beek et al, demostraron que al depletar a un grupo de veinticuatro hombres sanos de estas vitaminas, su capacidad máxima de trabajo, medida por el consumo máximo de oxígeno, disminuyó significativamente.²⁵ Sin embargo, no se

ha encontrado evidencia que el uso de suplementos de estas vitaminas mejore el rendimiento en los atletas, por medio de mediciones de consumo máximo de oxígeno, o VO₂ máx.¹²

Estrés oxidativo durante el ejercicio y vitaminas antioxidantes

El ejercicio aumenta el estrés oxidativo en el organismo, que a su vez aumenta la producción de radicales libres de oxígeno, que causan daño a nivel celular.^{15,27,28} Los radicales libres causan peroxidación de lípidos de membranas celulares y esto produce más radicales libres y así este proceso se convierte en un círculo vicioso. Por otro lado, los radicales libres también pueden causar fragmentación del ADN y daño a proteínas celulares.²⁷

La fuente principal de radicales libres durante el ejercicio son las mitocondrias, ya que es aquí donde se están llevando a cabo los procesos metabólicos.¹⁵ También se producen radicales libres en el endotelio, como respuesta a los procesos de hipoxia y reoxigenación, y por parte de células inflamatorias después del daño tisular que existe durante la actividad física. Otro proceso importante en la generación de radicales libres es por medio del ácido láctico que se acumula durante el ejercicio. Este ácido láctico convierte el ion superóxido, un radical libre débil, en ion hidroxilo, un radical libre fuerte y más dañino.²⁷⁻²⁹

Estudios han demostrado que el entrenamiento mejora la actividad antioxidante en el organismo. Esto fue evaluado por Jenkins et al., quienes determinaron que después del entrenamiento físico aumentaba la concentración de enzimas involucradas en procesos antioxidantes como la superoxidodismutasa, glutatión peroxidasa y la catalasa.³⁰

Vitamina E

La vitamina E es el antioxidante más importante de la membrana celular y actúa contra varias especies de radicales libres.²⁸ Los estudios que se han hecho con vitamina E en deportistas han sido de dos tipos: para evaluar si la suplementación de vitamina E disminuye el daño causado por la liberación de radicales libres durante el ejercicio y para evaluar si la suplementación de vitamina E mejora el rendimiento en el deportista.^{27,28}

Los estudios llevados a cabo para evaluar si la vitamina E reduce los daños causados por la peroxidación de lípidos durante el ejercicio han tenido resultados contradictorios, ya que algunos reportan que sí disminuye la peroxidación de lípidos mientras otros no reportan cambios.^{27,28} Estos estudios han medido pentano espirado y actividades de enzimas musculares como β-glucuronida-

sa, transaminasa oxalato-glutámica, creatinquinasa y lactato deshidrogenasa.²⁷

La mayoría de los estudios que se han realizado con suplementos de vitamina E en atletas no han logrado demostrar que exista una mejoría significativa en el rendimiento.^{27,31,32} Se cree que puede haber algún beneficio al suplementar atletas que entrenan a mayor altitud, pero todavía debe confirmarse esta hipótesis.²⁷ La suplementación de vitamina E pareciera tener algún efecto protector en sujetos sin entrenamiento, que inician actividad física y no disponen de un sistema antioxidante eficiente.^{27,30}

Vitamina C

La función antioxidante principal de la vitamina C es regenerar el α -tocoferol (vitamina E) reducido por medio de la donación de un electrón.³³ Otra función de esta vitamina es la neutralización de radicales libres solubles en el plasma.²⁷

La mayoría de los deportistas parecen tener ingestión adecuada de vitamina C en su dieta.³⁴ Se han medido las concentraciones de ácido ascórbico en sangre completa, suero o plasma en distintos grupos de atletas que han sido suplementados (*Cuadro I*) y solamente uno de ellos logró demostrar diferencia estadísticamente significativa entre los valores antes de la suplementación y los valores después de la suplementación.³³ Por lo tanto, la suplementación no parece tener efecto sobre los valores de ácido ascórbico en el organismo.

No se ha logrado confirmar que la utilización de suplementos de vitamina C tenga algún efecto sobre el rendimiento en el atleta y se recomienda suplementar únicamente si hay deficiencia, aunque esto suele ser raro.²⁸ Sin embargo, algunos autores mencionan que el uso de vitamina C puede disminuir el daño muscular después del ejercicio.²⁷ Otros estudios han concluido que la suplementación con vitamina C puede disminuir la supresión inmune que existe después del ejercicio, sin embargo estos hallazgos quedan por confirmar.¹⁵

NUTRIMENTOS INORGÁNICOS

Los nutrientes inorgánicos o minerales forman parte importante en la estructura de varias enzimas involucradas en los procesos metabólicos como glucólisis, glucogenólisis, oxidación de grasas y síntesis proteínica. Además están involucrados en la estabilidad de la membrana y en reacciones antioxidantes.⁶ El hierro y el calcio son los nutrientes inorgánicos que con mayor frecuencia pueden encontrarse deficientes en un número importante de atletas, especialmente en mujeres, y esto puede llegar a tener un efecto negativo sobre el rendimiento de los atletas o en su salud en general.^{1,13} Aunque el magnesio y el zinc juegan papeles metabólicos importantes durante la actividad física, su deficiencia es poco frecuente.⁶

Hierro

Existen varias causas para que los atletas tengan deficiencias de hierro. Una ingestión energética restringida se asocia también a una ingestión inadecuada de hierro.¹ Por otro lado, sabemos que el ejercicio aumenta de forma importante las pérdidas de hierro por distintos procesos. Se ha reportado aumento en pérdidas de hierro por orina y en sudor, en maratonistas después de una carrera.^{9,35} También se han documentado mayores pérdidas a nivel gastrointestinal en estos atletas.³⁵ Los corredores de fondo o maratonistas, pierden hierro por hemólisis que ocurre al darse el impacto de los pies contra el suelo al correr.³⁶ Por otro lado, cuando un atleta entrena a mayor altitud o cuando la persona sedentaria inicia actividad física, hay mayor eritropoyesis por secuestro lo que aumenta los requerimientos de hierro y disminuye los niveles séricos.¹ En atletas mujeres debemos además tomar en cuenta las pérdidas de hierro por medio de la menstruación.^{37,38} Los atletas que están en mayor riesgo de tener deficiencia de hierro son las mujeres, los corredores de fondo, los vegetarianos y los adolescentes.^{1,35,37,38}

Cuadro I. Cambios promedio (\pm SD) en concentración de ácido ascórbico (mmol/L) después de suplementación con vitamina C.

Autor	Tipo de atletas (n)	Suplemento tiempo	Medición	Niveles pre-suplemento	Niveles post-suplemento
Weight, et al, 1988	Corredores (30)	85 mg 3 meses	SC	ND	76.0 (\pm 17.0)
Guilland, et al, 1989	Atletas/inact (55/20)	200 mg 1 mes	S	73.3 (\pm 28.9)	67.0 (\pm 22.8) 101.0 (\pm 22.2) [†] 101.0 (\pm 16.1) [†]
Telford, et al, 1992	Atletas (86)	550 mg/PI 7 meses	P	ND	55.7 (\pm 22.6) 56.2 (\pm 18.1)
Schroder, et al, 1983	Basquetbol (16)	250 mg/PI 1 mes	S	49.1 (\pm 22.3)	47.0 (\pm 45.0)* 15.4 (\pm 10.9)
Petersen, et al, 2001	Corredores (10)	500 mg/PI 2 sem	P	40.0 (\pm 21.4)	66.0 (\pm 29.5)* 35.0 (\pm 16.0)
Rokitzki, et al, 1994	Corredores (10)	200 mg/PI 4.5 sem	S	50.0 (\pm 53.0)	69.8 (\pm 80.0)* 43.1 (\pm 29.4)
Robergs, et al, 1998	Corr/inact (41/30)	1 g/PI 2 meses	P	78 (\pm 13) 62 (\pm 22)	80 (\pm 10) 72 (\pm 16)

De: Peake et al, *Int J Sport Nutr* 2003; 13:125-151 [†]: aumento significativo ($p < 0.05$); *: diferencia significativa con placebo ($p < 0.01$)
PI: placebo; SC: sangre completa; S: suero; P: plasma

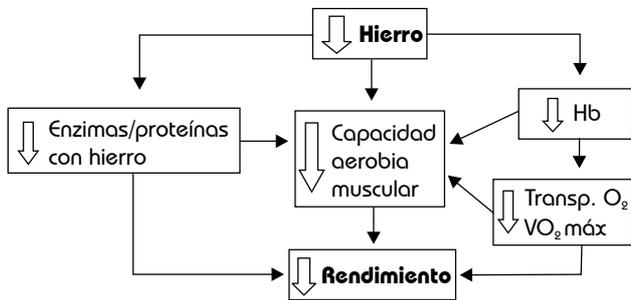


Figura 1. Efecto de la deficiencia de hierro sobre el rendimiento en el atleta Hb = hemoglobina; VO₂ máx = consumo máximo de oxígeno.

Está bien establecido que la deficiencia de hierro va a tener repercusiones sobre el rendimiento del atleta. Al haber baja reserva de hierro, disminuye la concentración de todas las enzimas y proteínas que contienen hierro, hemoglobina y mioglobina en primer lugar, y que de alguna forma están involucradas en procesos de transporte de oxígeno, consumo máximo de oxígeno y metabolismo energético. Esto trae como consecuencia disminución en la capacidad aerobia muscular y por lo tanto, disminución en el rendimiento del atleta^{1,35} (Figura 1).

Aunque no existe un consenso en cuanto al uso de suplementos de hierro en deportistas, debe prestarse mayor atención a los atletas mencionados anteriormente quienes pueden presentar deficiencias.³⁵ Tampoco existe consenso en cuanto a la dosis que se debe utilizar para suplementar, ya que los efectos adversos gastrointestinales pueden perjudicar el apego a la suplementación. La suplementación con sulfato ferroso a dosis de hasta 125 mg al día en nadadoras ha sido reportada bien tolerada y con buen apego.³⁹ También se ha recomendado la utilización de suplementos 2 a 3 veces a la semana para disminuir los efectos adversos, pero no se han hecho estudios con esta modalidad de dosificación en atletas.^{35,40}

Calcio

La ingestión apropiada de calcio además de ejercicio, generalmente con algún tipo de peso, asegura una masa ósea óptima.¹ El ejercicio regular está comprobado que aumenta la mineralización ósea y disminuye el riesgo de fracturas osteoporóticas.^{1,41}

Existe riesgo importante de deficiencia de calcio en atletas mujeres sometidas a entrenamiento intenso. Estas atletas, generalmente gimnastas y patinadoras sobre hielo, no tienen una ingestión adecuada de calcio, ya que restringen de forma importante su ingestión energética para mantener un peso específico. Al haber pérdida

de peso, también bajan los niveles de estrógeno y hay amenorrea, lo que predispone a osteoporosis temprana.^{13,42}

Algunos estudios han comprobado que la densidad ósea está disminuida en ciertos grupos de atletas y esto aumenta el riesgo de fracturas por estrés, especialmente a nivel de columna lumbar, trocánter, región intertrocanterica, cuello del fémur, diáfisis femoral y tibia.^{42,43}

No existen recomendaciones específicas para los requerimientos y suplementación de calcio en atletas. Sin embargo, debe asegurarse que el atleta tenga una ingestión de por lo menos 1,000-1,500 mg al día.⁴¹ Por otro lado, muchas de estas atletas permanecen durante tiempos prolongados adentro de gimnasios sin ser expuestas a la luz solar, por lo que debe evaluarse si no son candidatas para recibir suplementación de vitamina D además de calcio.⁴

Magnesio

El magnesio está involucrado en más de 300 reacciones enzimáticas incluyendo metabolismo de glucógeno, oxidación de grasas y síntesis proteínica, además de formar parte del sistema de segundo mensajero. También participa en diferentes funciones de origen neuromuscular, cardiovascular e inmune, por lo que es un micronutriente importante durante la actividad física.⁶

Hay estudios que han demostrado que la ingestión de magnesio no siempre es la ideal en deportistas.^{6,44} Además, se han descrito aumento de las pérdidas de magnesio durante la actividad física a través de la orina y exfoliación celular.⁶ Sin embargo, la evidencia hasta la fecha indica que la suplementación con magnesio no tiene ningún efecto sobre el rendimiento en el atleta, por medio de mediciones de fuerza, mediciones aeróbicas y anaeróbicas y de ácido láctico.⁴⁵ Por lo tanto, no está recomendado el uso de un suplemento de magnesio para mejorar el desempeño en el atleta; únicamente se recomienda si existe deficiencia documentada.⁶

Zinc

El zinc es un catión intracelular que además de estar involucrado en el metabolismo de macronutrientes y la replicación celular, interviene en la síntesis de masa muscular y forma parte de la estructura de la superóxido dismutasa, una enzima que participa en reacciones antioxidantes.⁶

Se han realizado estudios que demuestran que la ingestión de zinc en atletas puede ser inadecuada, especialmente en mujeres que restringen su ingestión energética.^{5,6,46} También se ha descrito que la actividad física promueve las pérdidas de zinc en sudor y en orina, espe-

cialmente después del ejercicio.⁶ El aumento en la excreción de zinc en orina después del ejercicio se ha atribuido a un aumento en el recambio en el músculo esquelético.⁵

Se han hecho estudios con suplementación con zinc y no se ha logrado demostrar una mejoría en el rendimiento del atleta.⁶ Además, ciertos estudios han demostrado que la suplementación con altas cantidades de zinc puede causar disminución en la absorción intestinal de cobre, con hipocupremia clínicamente importante.^{6,47} La suplementación a largo plazo con zinc también se ha asociado a disminuciones significativas en colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL-C) en hombres.⁴⁸ Por lo tanto, debe tomarse en cuenta que la ingestión de zinc no debe exceder 15 mg/día.

Uso de suplementos de micronutrientes por deportistas

Se ha demostrado que más del 50% de los atletas utilizan algún tipo de suplemento, ya sea de vitaminas, minerales o combinaciones de ambos. Una encuesta realizada en 450 atletas universitarios en Estados Unidos demostró que 59% de las atletas femeninas y 53% de los atletas masculinos utilizaban un suplemento. Las disciplinas en donde había mayor uso de suplementos eran gimnasia, tenis, natación, atletismo y fútbol.⁴⁹

La razón principal por la que los atletas ingieren suplementos es mejorar el rendimiento. Otras razones que mencionan son; proporcionar más energía, prevenir enfermedades y mejorar la fuerza.² Los suplementos más utilizados por los atletas son multivitaminas y minerales, vitamina C, multivitaminas (sin minerales) y por último vitaminas del complejo B.⁴⁹

CONCLUSIONES

La actividad física aumenta los requerimientos energéticos y de micronutrientes en los atletas. Si el atleta tiene una dieta balanceada que cubra las necesidades energéticas, va a cubrir también los requerimientos de micronutrientes. Sin embargo, muchos atletas no tienen una dieta que cubra los requerimientos energéticos, principalmente para mantener un peso específico. Es por eso importante evaluar a cada atleta de forma individual, tomando en cuenta la encuesta dietaria para establecer si está en riesgo de padecer deficiencias importantes de vitaminas o minerales. Existen grupos de atletas en quienes se debe poner especial atención. Las atletas mujeres están en mayor riesgo de padecer deficiencias de calcio y hierro por lo que muchas van a necesitar suplementación. Los atletas de alto rendimiento pueden estar en riesgo de padecer deficiencias importantes de hierro, por lo que deben ser evaluados cuidadosamente. Además, en

momentos de mucho estrés físico pueden beneficiarse de la suplementación con antioxidantes. Los sujetos sedentarios que inician entrenamiento físico también pueden estar en riesgo de deficiencia de hierro por mayor eritropoyesis y por otro lado pueden beneficiarse también de la suplementación con antioxidantes ya que su sistema antioxidante todavía no está bien desarrollado. No se recomienda el uso indiscriminado de suplementos ya que no está demostrado que mejoren el rendimiento en atletas y muchas veces hasta puede ser perjudicial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maughan R. Role of micronutrients in sport and physical activity. *Br Med Bull* 1999; 55(3): 683-690.
2. Ziegler P, Nelson J, Jonnalagadda S. Use of dietary supplements by elite figure skaters. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003; 13: 266-276.
3. Willett W, Stampfer M. What vitamins should I be taking, doctor? *NEJM* 2001; 345(25): 1819-1824.
4. Manroe M, Barr S, Butterfield G. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada and American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 2000; 100: 1543-1556.
5. Deuster P, Day B, Singh A, Douglass, L, Moser-Veillon P. Zinc status of highly trained women runners and untrained women. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 1295-1301.
6. Lukaski H. Magnesium, zinc and chromium nutrition and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl): 585S-593S.
7. Klesges R, Ward K, Shelton M, Applegate W, Cantler E, Palmieri G, Harmon K, Davis J. Changes in bone mineral content in male athletes. *JAMA* 1996; 276: 226-230.
8. Weaver CM, Rajaram S. Exercise and iron status. *J Nutr* 1992; 122(Suppl): 782-787.
9. DeRuisseau KC, Chevront SN, Haymes EM, Sharp RG. Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002; 12(4): 428-437.
10. Deuster P, Dolev E, Kyle SB, Anderson RA, Schoonmaker EB. Magnesium homeostasis during high intensity anaerobic exercise. *J Appl Physiol* 1987; 62: 545-550.
11. Manroe M. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl): 598S-606S.
12. Trebler L, Yoon J, Kalkwarf H, Davies J, Berkowitz M, Haas J, Roe D. Riboflavin requirements and exercise adaptation in older women. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 526-532.
13. Rencken M, Chsenut C, Drinkwater B. Bone density at multiple skeletal sites in amenorrheic athletes. *JAMA* 1996; 276: 238-240.
14. Robson P, Bouic P, Myburgh K. Antioxidant supplementation enhances neutrophil oxidative burst in trained runners following prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003; 13: 369-381.
15. Peters E. Nutritional aspects in ultra-endurance exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6: 427-434.
16. Vitamins. In: Champe P, Harvey R. *Lippincott's Illustrated Reviews*. 2nd Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 1994: 319-340.

17. Leklem J. Vitamin B₆. In: *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th ed. Pennsylvania, Lippincott Philadelphia, Williams & Wilkins; 1999: 413-421.
18. Manore M. Vitamin B₆ and exercise. *Int J Sport Nutr* 1994; 4: 89-103.
19. Dreon D, Butterfield G. Vitamin B₆ utilization in active and inactive young men. *Am J Clin Nutr* 1986; 43: 816-824.
20. Manore M, Leklem JE. Effect of carbohydrate and vitamin B₆ on fuel substrates during exercise in women. *Med Sci Sport Exerc* 1988; 20: 233-241.
21. Beals KA, Manore M. Nutritional status of female athletes with subclinical eating disorders. *J Am Diet Assoc* 1998; 98: 419-425.
22. Rico-Sanz J, Frontera WR, Mole PA, Rivera MA, Rivera-Brown A, Meredith CN. Dietary and performance assessment of elite soccer players during a period of intense training. *Int J Sport Nutr* 1998; 8: 230-240.
23. Faber M, Benade AJ. Mineral and vitamin intake in field athletes. *Int J Sport Med* 1991; 12: 324-327.
24. Fogelholm M, Rehunen S, Gref CG. Dietary intake and thiamin, iron, and zinc status in elite Nordic skiers during different training periods. *Int J Sport Nutr* 1992; 2: 351-365.
25. van der Beek EJ, van Dokkum W, Wedel M, Schrijver J, van den Berg H. Thiamin, riboflavin and vitamin B₆: impact of restricted intake on physical performance in man. *J Am Coll Nutr* 1994; 13: 629-640.
26. Belko AZ, Meredith MP, Kalkwarf HJ. Effects of exercise on riboflavin requirements: biological validation in weight reducing women. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 270-277.
27. Clarkson P, Thompson H. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl): 637S-646S.
28. Evans W. Vitamin E, vitamin C, and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl) 647S-652S.
29. Alessio HM. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 218-224.
30. Jenkins R, Friedland R, Howald H. The relationship of oxygen uptake to superoxide dismutase and catalase activity in human skeletal muscle. *Int J Sports Med* 1984; 5: 11-14.
31. Lawrence JD, Bower RC, Riehi WP, Smith JL. Effects of alphatocopherol acetate on the swimming endurance of trained swimmers. *Am J Clin Nutr* 1975; 28: 205-208.
32. Watt T, Romet TT, McFarlane I, McGuey D, Allen C, Goode RC. Vitamin E and oxygen consumption. *Lancet* 1974; 2: 354-355.
33. Peake J. Vitamin C: Effects of exercise and requirements with training. *Int J Sports Nutr Exerc Metab* 2003; 13: 125-151.
34. Weight L, Noakes T, Labadarios D, Graves J, Jacobs P, Berman P. Vitamin and mineral status of trained athletes including the effects of supplementation. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 186-191.
35. Beard J, Tobin B. Iron status and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl): 594S-597S.
36. Shaskey D, Green G. Sports haematology. *Sports Med* 2000; 29(1): 27-38.
37. Malczewska J, Raczynski G, Supnicki R. Iron status in female endurance athletes and in non-athletes. *Int J Sports Nutr Exerc Metab* 2000; 10: 260-276.
38. Constantini N, Efiakim A, Zigel L, Yaaron M, Falk B. Iron status of highly active adolescents: evidence of depleted iron stores in gymnasts. *Int Sports Nutr Exerc Metab* 2000; 10: 62-70.
39. Brigham DE, Beard JL, Krimmel R, Kenney WL. Changes in iron status during a competitive season in college female swimmers. *Nutrition* 1993; 9: 418-422.
40. Gross R, Schulnik W, Juliawati H. Treatment of anaemia with weekly iron supplementation. *Lancet* 1994; 344: 821.
41. Weaver C. Calcium requirements of physically active people. *Am J Clin Nutr* 2000; 72(Suppl): 579S-584S.
42. Myburgh K, Hutchins J, Fotaar A, Hough S, Noakes T. Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Int Med* 1990; 113: 754-759.
43. Drinkwater B, Bruemner B, Chestnut C. Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *JAMA* 1990; 263: 545-548.
44. Singh A, Moses F, Deuster P. Vitamin and mineral status in physically active men: effects of a high-potency supplement. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1-7.
45. Newhouse I, Finstad E. The effects of magnesium supplementation on exercise performance. *Clin J Sports Med* 2000; 10(3): 195-200.
46. Lukaski H, Hovers B, Gallagher S, Bolonchuk W. Physical training and copper, iron and zinc status of swimmers. *Am J Clin Nutr* 1990; 51: 1093-1099.
47. Fischer P, Giroux A, Labbe MR. Effect of zinc supplementation on copper status in adult man. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 746-760.
48. Hooper P, Visconti L, Garry P, Johnson G. Zinc lowers high density lipoprotein cholesterol levels. *JAMA* 1980; 244: 1960-1961.
49. Krumbach C, Ellis D, Driskell J. A report of vitamin and mineral supplement use among university athletes in a division I institution. *Int J Sports Nutr* 1999; 9: 416-425.