

La vitamina E como complemento nutricional en rendimiento deportivo

FRANCISCO ALARCÓN LÓPEZ¹

MARIBEL PIÑAR²

1. Licenciado en Actividad física.

Doctorando en el programa de

Nutrición Humana de la

Universidad de Granada

2. Licenciada en Actividad Física.

Profesora de la Facultad de las

CC.A.F.D. de la U.C.A.M.

CORRESPONDENCIA:

Facultad de CC.A.F.D. de Granada

Ctra. de Alfacar, s/n

18011 Granada

RESUMEN: El deseo de aumentar el rendimiento deportivo durante la actividad deportiva, debido sobre todo, a la cada vez más igualada competición, ha hecho que se amplien los campos de estudio, incluyendo estos a la nutrición. Por ello la utilización de complementos dietéticos ergogénicos se ha instaurado rápidamente en los deportes individuales, ya que éstos son la principal fuente de estudios de los nutricionistas. Estos investigadores aseguran que el ejercicio físico intenso y continuado, se acompaña de la producción de radicales libres causantes de la alteración de las membranas celulares, producido sobre todo por el incremento en la utilización de oxígeno durante el ejercicio, que conduce a un aumento de la utilización mitocondrial que no se apareja con un aumento del aporte de oxígeno. La producción de éstos es una secuela del aumento del consumo de oxígeno concomitante con el ejercicio, y tiene una estrecha relación con el daño muscular. Para evitar este daño muscular el cuerpo contiene un sistema de defensa de antioxidantes detallado que depende del aporte dietético de vitaminas y minerales y la producción endógena de compuestos como la glutatión y diferentes enzimas como las catalasas.

Ahora bien, lo que no se sabe con seguridad si este sistema de defensa, que se ve incrementado cuando se realiza ejercicio de manera continuada en el tiempo, es suficiente para neutralizar los radicales libres generados en algunas modalidades deportivas muy intensas. Para analizar esto existe números estudios que intentan demostrar la mejora en el rendimiento gracias a una suplementación de antioxidantes como la vitamina E. Estos estudios son algunos contradictorios, aunque se puede afirmar que en ciertas circunstancias y en ciertas modalidades una suplementación de vitamina E es recomendable para disminuir los daños producidos por los radicales libres.

PALABRAS CLAVE: Antioxidantes, Rendimiento, Vitamina E.

SUMMARY: The desire to increase the sports performance during the sports activity, owed especially, to increasingly close competition, has done that amplien the fields of study, including these to the nutrition. By it the utilization of dietetic complements ergogénicos has been established rapidly in the individual sports, since these are the principal source of studies of the nutricionistas. These researchers assure that the physical intense and continued exercise, it accompanies of the production of radical free causers of the alteration of the cellular membranes, produced especially by the increase in the utilization of oxygen during the exercise, which it leads to an increase of the utilization mitocondrial that does not get ready with an increase of the contribution of oxygen. The production of these is a sequel of the increase of the consumption of concomitant oxygen with the exercise, and has a narrow relation with the muscular hurt. To avoid this muscular damage the body contains a system of defense of antioxidant detailed that depends on the dietetic contribution of vitamins and minerals and the endogenous production of compounds as the glutatión and different enzymes as the catalasas.

Now then, what is not known safely if this system of defense, which meets increased when there is realized exercise of way continued in the time, is sufficient to neutralize the free radical ones generated in some sports very intense modalities. To analyze this it exists numbers studies that try to demonstrate the improvement in the performance thanks to a suplementación of antioxidant as the vitamin E. These studies are some contradictory, though it is possible to affirm that in certain circumstances and in certain modalities a suplementación of vitamin E it is advisable to diminish the damages produced by the free radical ones.

KEY WORDS: Antioxidant, Performance, Vitamin E.

1. INTRODUCCION

Los deportistas siempre han deseado ayudas nutricionales que les permitan aumentar su rendimiento deportivo. Estas sustancias que genéricamente se ha denominado ayudas ergogénicas englobarían la utilización de cualquier elemento que condujese a obtener un mejor rendimiento deportivo o una limitación de las consecuencias negativas del mismo sin perturbar o poner en riesgo la salud del deportista.¹

La utilización de complementos dietéticos ergogénicos se ha insaturado rápidamente en los deportes individuales por el deseo de aumentar el rendimiento deportivo durante actividades deportivas en las que no olvidemos, deben invertir múltiples horas durante largas sesiones de entrenamiento. Paradójicamente, los deportes de equipo han sido los últimos en darle a la nutrición la importancia que tiene dentro de la preparación de un deportista, debido a que existen muchas variables a controlar se han centrado en la mejora de cualidades tácticas y técnicas, dejando apartado las posibles mejoras que se pueden alcanzar con este tipo de ayudas.

Una de las líneas de investigación abiertas en este sentido es la del papel beneficioso que pueden tener algunas sustancias antioxidantes en la mejora de rendimiento de los deportistas, reduciendo los radicales libres producidos en el ejercicio físico. En este sentido una de las sustancias más estudiadas por su poder antioxidante con relación al ejercicio es la vitamina E, junto con el ácido ascórbico.

Los tocoferoles y los beta-carotenos se incluyen dentro de los antioxidantes que protegen a la membrana celular frente a los radicales que atacan a las lipoproteínas de baja densidad de la misma. El periodo precedente a la oxidación, en que se consume primero el tocoferol y después el beta-caroteno, se denomina fase de intervalo. Esta fase parece servir como medida de la protección de las lipoproteínas por los antioxidantes, y su duración está determinada por el contenido de antioxidantes.²

Este trabajo hace una pequeña revisión de los últimos estudios que se han llevado a cabo con la vitamina E y su papel antioxidante ante los radicales libres producidos por el ejercicio.

2. EJERCICIO Y RADICALES LIBRES

Actualmente se conoce que el ejercicio físico intenso y continuado, se acompaña de la producción de radicales libres causantes de la alteración de las membranas celulares.^{3,4}

Se han sugerido muchos factores implicados en la producción de radicales libres y de la peroxidación lipídica subsiguiente al ejercicio físico, el aumento de la captación y uti-

lización de oxígeno, la depleción de los sustratos energéticos, la disminución de la cadena respiratoria, la elevación de la temperatura corporal y la relativa isquemia que se produce durante la contracción muscular, están involucrados en la peroxidación citada por Córdova y Navas.²

El aporte energético al músculo durante el ejercicio debe hacerse de manera rápida y coordinada, lo que requiere variaciones precisas del flujo de oxígeno a través de los tejidos y de la cadena respiratoria mitocondrial. El incremento en la utilización de oxígeno durante el ejercicio conduce a un aumento de la utilización mitocondrial que no se apareja con un aumento del aporte de oxígeno, lo que puede conducir a la producción de radicales libres.⁵

La producción de radicales libres es una secuela del aumento del consumo de oxígeno concomitante con el ejercicio, y tiene una estrecha relación con el daño muscular.^{2,3} Para varios autores, la producción de radicales libres se origina durante el ejercicio y durante el estado de reposo en el periodo de recuperación.²

Además, el ejercicio ayuda a generar radicales libres también a través de otros medios como:

1. Los aumentos en la epinefrina y otras catecolaminas que pueden producir radicales de oxígeno cuando ellos son metabólicamente inactivos.
2. La producción de ácido láctico que puede convertir a un radical libre débilmente dañado (superóxido) en un radical fuertemente dañino (hidroxil).^{3,6}

Otros autores⁷ hablan de que la generación de los radicales de oxígeno puede ser generada por una entrada de macrófagos en el músculo y una activación de citocinas durante el ejercicio de alta intensidad.

Si embargo, debido a la redistribución sanguínea durante el ejercicio, algunos tejidos pueden permanecer transitoriamente en estado de hipoxia durante la contracción muscular, por lo que durante la relajación existe mayor utilización de oxígeno en el proceso de reperfusión y por tanto ser susceptible de la peroxidación.^{7,8,9}

Por otra parte, el ejercicio influye en la reducción de los niveles de NADH y de NADPH, que son requeridas como cofactores esenciales para la actividad de algunas enzimas atrapadoras de radicales libres.¹⁰

3. DAÑO PRODUCIDO EN EL MUSCULO POR EL EJERCICIO

Los cambios de la estructura muscular se siguen de una respuesta inflamatoria que es reparada habitualmente, pero

aunque cuando el ejercicio se mantiene y no se instauran las terapias reparadoras pertinentes, conducen a rabdomiolisis. Inicialmente los focos de daño estructural se localizan en las microfibrillas y en el citoesqueleto.²

Este estado de rabdomiolisis se acompaña de una liberación de enzimas musculares, aumento de mioglobina y de mioglobulina. Si a este estado se añade cierto grado de deshidratación aumenta el riesgo y las consecuencias de la rabdomiolisis. Además se observa cierto grado de desestructuración celular en las células dañadas con una degradación de los lípidos y proteínas estructurales.²

Tanto las fibras rápidas como las lentas se ven afectadas por el daño muscular predominando en el hombre el daño en las fibras de tipo II.¹¹

Se han postulado diferentes hipótesis para explicar el daño muscular inducido por el ejercicio y las consecuencias del mismo, entre otros se ha implicado el estrés mecánico, el estrés metabólico y las alteraciones en la microcirculación.² Además de cambios secundarios, donde se incluyen los producidos por los radicales libres.^{4,5}

Las elevaciones de enzimas del músculo como la lactato-deshidrogenasa y la creatinquinasa (CK) en el plasma durante la actividad física son usados como indicadores del daño muscular.³ Así lo recogen autores como Manzana y Rodees, citados por Clarkson et al.³, que encontraron niveles de CK significativamente elevados en corredores de maratón 24 horas después de una maratón. Schwane et al., citado por Clarkson et al.³, hicieron lo propio con sujetos no entrenados realizando una prueba de 45 minutos encontrando un aumento significativo de la CK a las 24 horas de la prueba.

Meydani et al.¹² encuentran más daño del músculo esquelético en hombres mayores que realizaron una prueba de 45 minutos de intensidad alta con ejercicios excéntricos que en hombres jóvenes que realizaron la misma prueba a una intensidad similar. La evidencia está en el que el músculo esquelético de las personas mayores puede ser más susceptible a las lesiones en ejercicios excéntricos que en los jóvenes. Esto es así puesto que en las personas mayores puede existir más daños intrínsecos.⁴

4. ANTIOXIDANTES Y EJERCICIO

El cuerpo contiene un sistema de defensa de antioxidantes detallado que depende del aporte dietético de vitaminas y minerales y la producción endógena de compuestos como la glutatión y diferentes enzimas como las catalasas.

Pues bien, diferentes componentes del sistema defensivo contra los radicales libres aumentan en los tejidos tras la rea-

lización de ejercicio, llevado a cabo regularmente. En este sentido, varios autores han comunicado que el entrenamiento promueve un incremento de la actividad enzimática antioxidante muscular. Sin embargo, no está aclarado cuánta es la duración e intensidad óptimas de ejercicio que conducen a la máxima estimulación de estas enzimas.²

Existen estudios que afirman que el entrenamiento induce la producción de enzimas como la glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa y catalasa.¹² En este sentido Liu et al., citado por Jennifer, M et al.⁷ encuentra en maratonianos un aumento a la resistencia a la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y un aumento del glutatión peroxidasa en el plasma hasta 4 días después de una maratón. R. Child et al., citado por Jennifer, M et al.⁷ encontraron aumentos en la capacidad antioxidante de atletas con un aumento en plasma de CK y ácido úrico después de 70 contracciones excéntricas máximas voluntarias con el extensor de la rodilla. Mismos resultados fueron encontrados por Alessio¹³ en contracciones isométricas y en ejercicios aeróbicos.

Algunos autores hablan que este aumento de la capacidad antioxidante depende del tipo de fibra, siendo las fibras lentas las que mayores niveles de glutatión y catalasas alcanzan tras el ejercicio (F. Tessier et al.) citado por Jennifer, M.⁷ Estos resultados sugieren que la glutatión peroxidasa puede aumentar como respuesta compensatoria a la oxidación producida por el ejercicio, funcionando como un marcador de la sensibilidad oxidativa en el músculo.

También, después del ejercicio se ha observado aumento plasmático de tocoferol y ácido ascórbico, sustancias ya comentadas por su potencial antioxidante.¹⁵ Gleeson et al.¹⁵ informó que la concentración del plasma de ácido ascórbico aumentó de 52.7 mmol/L a 67.0 mmol/L inmediatamente después de una carrera de 21 km. Sin embargo después de la carrera las concentraciones de ácido ascórbico disminuyeron al 20% por debajo de los valores antes del ejercicio. Hay estudios que encontraron aumentada la concentración de vitamina E después de una prueba de ejercicio graduado realizada a esquiadores de larga distancia.¹⁶

La vitamina E es el mayor antioxidante liposoluble que se encuentra en las membranas celulares. Su principal función es proteger a dichas membranas contra la peroxidación lipídica actuando directamente sobre los radicales del oxígeno, incluso contra el oxígeno singlete, y contra radicales superóxidos. La vitamina C actúa recíprocamente con la vitamina E regenerando el radical tocoferol formado.³

El ejercicio parece perturbar el balance del sistema defensivo antioxidante, pero cuando la fracción antioxidante se ve

comprometida aumenta la susceptibilidad al daño muscular. Sin embargo, parece que el ejercicio regular, mantenido y moderado tan sólo es suficiente para mantener el sistema defensivo antioxidante.¹⁷ Además hay evidencias de que con un entrenamiento progresivo en la potencia aeróbica se produce un aumento de este sistema de defensa.^{3,18}

5. REQUERIMIENTOS DE VITAMINA E EN DEPORTISTAS

La actividad física realizada de manera intensa, lleva al deportista de élite a mantener un equilibrio muy inestable entre demandas e ingresos en macro y micronutrientes. Un deportista de alto nivel entrena una media diaria de cuatro horas, lo que supone un alto requerimiento nutricional. Todo ello ha llevado a la práctica sistemática, exenta de rigor científico, de la suplementación en deportistas de su alimentación diaria con preparados polivitamínicos.

La aplicación de las necesidades teóricas en los diversos nutrientes a un colectivo tan especial no tiene tampoco un adecuado rigor, ya que dichas necesidades teóricas se basan en las recomendaciones nutricionales que consisten en aplicar las necesidades promedio más dos desviaciones estándar, a lo que se agrega una cantidad extra como margen de seguridad, lo cual es muy poco preciso.¹⁹

Sabemos que la necesidad de un nutriente es la expresión numérica de la cantidad que un individuo dado, en un momento determinado, y bajo unas condiciones específicas necesita para mantener un estado nutricional, de salud y de forma física adecuado.

En concreto, al caso que no referimos, es decir la vitamina E, las necesidades deben expresarse en función de la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados. La relación tocoferol/P.U.F.A. debe ser mayor de 0,79, por lo que un deportista que consume 60 mg de ácidos grasos poliinsaturados precisaría una cantidad de vitamina E de unos 35mg diarios.¹⁹

Algunos investigadores han observado una relación inversamente proporcional entre la concentración de vitamina E en plasma y el porcentaje de fibras I del músculo. Esta relación puede indicar que personas físicamente activas con un porcentaje alto en fibras de tipo I puedan tener un requisito mayor de vitamina E en relación con aquellos que tengan mas porcentaje de fibras tipo II.⁴

También se ha observado por parte de estos mismos investigadores⁴ que una deficiencia en vitamina E aumenta los daños producidos por los radicales libres durante el ejercicio en ratas, existiendo un agotamiento prematuro (40% menos de la capacidad normal). Además se ha encontrado una fragilidad mayor de las membranas del lisosoma.

6. SUPLEMENTACION DE VITAMINA E EN DEPORTISTAS

Hasta ahora se ha analizado cuáles son los problemas que causan los radicales libres producidos por el ejercicio, y cómo influye éste en el sistema de defensa antioxidante del organismo humano, aumentándolo. Ahora bien, ¿será mayor el aumento de las defensas endógenas producidas por el entrenamiento que la creación de radicales libres, o será al contrario?, y si esto es así, sabiendo que la vitamina E tiene un gran poder antioxidante, ¿qué efectos tendrá un suplemento de vitamina E en el rendimiento de los deportistas; servirá ésta para paliar los problemas ocasionados por el ejercicio intenso?

Estas y otras interrogantes empezaron a tener respuestas ya en 1974 cuando Sephard et al. realizó el primer estudio de suplementación de esta vitamina en deportistas, encontrando diferencias significativas en cuanto a su rendimiento físico tras suplementar al grupo de investigación con 1.000 mg de I-tocoferol.¹⁹

Kobayashi en 1974, citado por Sen, C. K and Roy, S.¹⁹ comunicó unos estudios experimentales en los que se constataba una mejora en el tiempo invertido en recorrer una distancia determinada tras la suplementación con vitamina E. Sin embargo, no parecían modificarse de manera significativa ni el costo energético ni la recuperación de la frecuencia cardíaca.

Posteriormente, otros trabajos no han confirmado este supuesto efecto. Lawrence et al. citado por Sen, C. K and Roy, S.¹⁹ en 1975, en un magnífico estudio, dividieron a 48 nadadores bien entrenados en un grupo experimental y otro grupo tratado con placebo. El grupo experimental recibió 800 mg. de I-tocoferol durante 6 meses, realizándose pruebas de resistencia aeróbica en los meses 1, 2, 5 y 6 de suplementación. Como resultado final no observó diferencias significativas entre ambos grupos.

Hoy en día los estudios han avanzado mucho y aunque se tiene algunas evidencias sobre la vitamina E y sus beneficios en el deporte todavía hay controversias entre unas investigaciones y otras.

Recientemente, Meydani et al.¹² examinaron los efectos de la suplementación en la dieta de vitamina E con la concentración de ésta en el músculo esquelético. Los sujetos recibieron 800 mg de I-tocoferol durante 30 días. La concentración en el plasma de I-tocoferol aumentó en un 300%. Biopsias realizadas a músculos sometidos a una suplementación parecida a la anterior mostraron un aumento del 53%.

Para probar los efectos de la vitamina E en la peroxidación de los lípidos por el ejercicio, Dillard et al., citado por Priscilla M.³ administró 1200 IU de d-tocoferol a los sujetos

por un periodo de tiempo de 2 semanas y observó una reducción significativa en el pentano expirado en reposo y durante el ejercicio. Sumida et al.²⁰ realizó una prueba de ciclismo progresivo hasta el agotamiento, donde los sujetos ingirieron 300 mg de vitamina E durante 4 semanas. Se encontraron valores más bajos de la enzima del músculo B-glucoronidasa y transaminasa de oxalato glutámico en las mitocondrias, con lo que se concluyó que la vitamina E era eficaz disminuyendo la peroxidación de los lípidos. Sin embargo, se sabe bien que repitiendo un ejercicio que causa daños musculares, existe una adaptación rápida tal que estos marcadores del daño muscular disminuyen en la segunda prueba, con lo que puede que esta disminución de la peroxidación encontrada sea producida por la adaptación al ejercicio.²¹

En unos de los pocos estudios de investigación realizados a largo plazo, Rokitzki et al.²² realizaron una prueba a ciclistas a los que les dio 300 mg de d-tocoferol, suministrándoles a otro grupo un placebo durante 5 meses. Los resultados obtenidos mostraron una menor concentración en plasma de MDA y CK que en el grupo placebo. Los autores sugirieron que los hallazgos indican un efecto protector de la vitamina E durante el estrés oxidativo producido por el ejercicio.

Varios estudios han realizado diversas investigaciones sobre los efectos de la vitamina E durante el ejercicio y no han encontrado efectos beneficiosos cuando el ejercicio que realizaban era sobre la capacidad aeróbica, es decir no superaban el umbral anaeróbico.³

En cambio cuando los ejercicios a realizar requerían esfuerzos máximos o muy intensos, es decir sobrepasando el umbral anaeróbico, si se ha comprobado el papel protector de esta vitamina.^{20,23}

Existen otros estudios que afirman que cuando se produce un ejercicio excéntrico continuado se produce una menor oxidación por parte de los radicales libres, como indica el ahorro de ácidos grasos y la disminución por orina de TBARS.¹⁴

Uno de los puntos donde la mayoría de los investigadores están de acuerdo es en la mejora en la capacidad antioxidante por el suplemento de vitamina E durante ejercicios realizados en altura. Schnass y Pabst²⁴ encontraron una disminución del pentano expirado después de una subida de alta montaña en sujetos que habían tomado un suplemento de 400 mg de vitamina E durante 10 semanas. Resultados parecidos encontró Chao et al., citado por William J Evans⁴ cuando le suministró un suplemento de 440 mg de vitamina E y 500 mg de vitamina C a un grupo de Marineros americanos durante un entrenamiento de 2 semanas en alta montaña.

7. CONCLUSIONES

El ejercicio físico crea situaciones que hacen peligrar el equilibrio celular, siendo una de éstas la producción de radicales libres, causantes de la alteración de las membranas celulares, originando el daño muscular.

Pero a la vez que el ejercicio produce mayor estrés oxidativo rompiendo el equilibrio existente entre el sistema de defensa antioxidante y los radicales libres, generando así mayor daño celular, este mismo ejercicio si se realiza de una forma continuada en el tiempo y moderada hace que se produzca una adaptación de este sistema de defensa, aumentando así su poder antioxidante.

Uno de los debates abiertos en este sentido es si el planteamiento de la mejora de la capacidad antioxidante del organismo producida por el entrenamiento es capaz de neutralizar el exceso de radicales libres tan grandes que se producen tras una práctica deportiva intensa.

Esta interrogante anterior nos lleva a la siguiente duda, y es si los deportistas necesitan de un suplemento de antioxidantes (vitamina E) para llegar al equilibrio antes mencionado. Parece ser que por los estudios existentes que este grupo de población necesita un requerimiento superior al resto, pero no existen datos concluyentes de cuáles deberían ser las dosis idóneas para ellos.

Pero más allá de las necesidades de los deportistas, y en nuestro caso con la vitamina E, la mayoría de las investigaciones se centran en qué medida un suplemento de este antioxidante puede mejorar sus capacidades físicas.

Aunque los estudios al respecto no son del todo claros por la diversidad de resultados encontrados podemos decir que en casos concretos como son actividades físicas que superen el umbral anaeróbico, o que tengan un componente mayoritario de contracciones excéntricas, o que se realicen en altitud, con el aporte de un complemento de vitamina E, existe una disminución del daño muscular producida por la propia actividad. Estos estudios hablan de dosis que pueden rondar entre los 400 a los 800 mg, durante un periodo de tiempo de entre 2 y 4 semanas de duración.

Por lo tanto podemos concluir que en estos casos al haber una disminución del daño muscular, va a producirse una menor fatiga en el músculo, con lo que se va a producir una mejor y más temprana recuperación del mismo. Es decir, que el suplemento de vitamina E en el deportista mejora de manera indirecta su rendimiento y nunca de forma directa. Quiere decir esto que con un complemento de vitamina E ningún deportista va a mejorar sus capacidades físicas, descartando la idea de tomar esta vitamina como un compuesto mágico que ayude a superar las marcas personales de estos.

Bibliografía

1. González González JC, Amigó de Bonet Sans N. Ayudas ergogénicas: Influencia de un complemento nutricional en el rendimiento deportivo. *Archivos De Medicina Del Deporte*. 1999;XVI(69):9-14.
2. Córdova A, Navas FJ. Los radicales libres y el daño muscular producido por el ejercicio. Papel de los antioxidantes. *Archivos De Medicina Del Deporte* 1995 Oct;XVII(76):169-75.
3. Clarkson P M, Thompson H S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am-J-Clin-Nutr* 2000 Aug;72(2 Suppl):637S-46S.
4. William J Evans. Vitamin E, vitamin C, and exercise. *American Journal of Clinical Nutrition* 2000 Aug;72(2):647-52.
5. Jakeman p, maxwell s. Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise (Effet d'un supplement de vitamine antioxydante sur la fonction musculaire apres un exercice excentrique). *European-Journal-of-Applied-Physiology-REPUBLIQUE-FEDERALE-D'ALLEMAGNE* -1993, t 67, n 5, Pp 426-430, 5 p 34 Ref 1993.
6. Kanter, M. Exercise, free radicals and antioxidant supplementation [SIRC]. *International Sport Nutrition Conference (1993 : Colorado Springs*. In, *Presentation outlines for the 1993 International Sport Nutrition.*; 1993.
7. Jennifer M. Sacheck , Jeffrey B. Blumberg. Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition* 2001 Oct; 17(10): 809-14.
8. Jakeman P, Maxwell S. Effect of antioxidant vitamin supplementation on muscle function after eccentric exercise. *Eur-J-Apppl-Physiol-Occup-Physiol* 1993;67(5):426-30.
9. Kanter MM, Nolte LA, Holloszy JO. Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and post-exercise [SIRC]. *Journal-of-Applied-Physiology-(Bethesda, Md.)* 74(2), Feb 1993, 965-969 Refs:42 1993.
10. Dekkers C, van Doornen LJP, Kemper HCG. The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sports-Medicine-(Auckland, N.Z.)* 21(3), Mar 1996, 213-238 Refs:62 1996.
11. Ebbeling CB, Clarokson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 1989;(7):207-34.
12. Meydani M, Fielding RA, Cannon JG, Blumberg JB, Evans WJ. Muscle uptake of vitamin E and its association with muscle fiber type. *J Nutr Biochem* 1997;8:74-878.
13. Alessio H M, Goldfarb A H, Cao G. Exercise-induced oxidative stress before and after vitamin C supplementation. *Int-J-Sport-Nutr* 1997 Mar;7(1):1-9.
14. Meydani M, Evans WJ, Handelman G, Bidle L, Fielding RA, Meydani SN, Burrill J, Fitarone MA, Blumberg JB, Cannon JG. Protective effect of vitamin E on exercise-induced oxidative damage in young and older adults. *American-Journal-of-Physiology--Regulatory-Integrative-and-Comparative-Physiology-(Bethesda, Md.)* 33, 1993, R992-R998 1993.
15. Gleeson M, Bishop NC. Modification of immune responses to exercise by carbohydrate, glutamine and anti-oxidant supplements. *Immunology-and-Cell-Biology-(Carlton, Vic.)* 78(5), 2000, 554-561 Refs:64, Total Pages: 8 2000.
16. Hubner Wozniak E, Panczenko Kresowska B, Lerczak K, Posnik J. Effects of graded treadmill exercise on the activity of blood antioxidant enzymes, lipid peroxides and non-enzymatic antioxidants in long-distance skiers [SIRC; POLAWF; International Contribution; Translated Document]. *Biology-of-Sport-(Warsaw)* 11(4), 1994, 217-226 Refs:41 1994;(Polish).
17. Sen CK, Roy S. Antioxidant regulation of cell adhesion [SIRC]. *Medicine-and-Science-in-Sports-and-Exercise-(Hagerstown, Md.)* 33(3), Mar 2001, 377-381 Refs:47, Total Pages: 5 2001.
18. Powers S K, Hamilton K. Antioxidants and exercise. *Clin-Sports-Med* 1999 Jul;18(3):525-36.
19. Villegas García JA, Zamora Navarro S. Necesidades nutricionales en deportistas. *Archivos De Medicina Del Deporte* 1991;VIII(30):169-79.
20. Sumida S., Tanaka K., Kitao H., Nakadomo F. Exercise-induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and after vitamin E supplementation. *Int J Biochem* 1989;(21):835.
21. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;(24):512-20.
22. Rokitzki L, Logemann E, Huber G, Keck E, Keul J. alpha-Tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. *Int-J-Sport-Nutr* 1994 Sep;4(3):253-64.
23. Singh A, Paoanicolaou DA, Lawrence LL, Howell EA, Chrousos GP, Deuster PA. Neuroendocrine responses to running in women after zinc and vitamin E supplementation. *Medicine-and-Science-in-Sports-and-Exercise-(Baltimore, Md.)* 31(4), Apr 1999, 536-542 Refs:30, Total Pages: 7 1999.
24. Simon Schnass I, Korniszewski L. The influence of vitamin E on rheological parameters in high altitude mountaineers. *International-Journal-for-Vitamin-and-Nutrition-Research-(Bern, Switz.)* 60(1), 1990, 26-34 1990.