

La vitamina E com complement nutricional en rendiment esportiu

FRANCISCO ALARCÓN LÓPEZ¹
MARIBEL PIÑAR²

1. Llicenciat en Activitat Física.
Doctorant en el programa
de Nutrició Humana
de la Universitat de Granada
2. Llicenciada en Activitat física.
Professora de la Facultat de les
CCAFD de la UCAM

CORRESPONDÈNCIA:
Facultat de CCAFD de Granada
Crta. De Alfacar s/n
18011 Granada

RESUM: El desig d'incrementar el rendiment durant l'activitat esportiva per la cada vegada més alta competitivitat, ha fet que s'ampliïn els àmbits d'estudi, incloent-hi la nutrició. Per això, la utilització de complements dietètics ergogènics s'ha instaurat ràpidament en els esports individuals, donat que aquests són la principal font d'estudi dels nutricionistes. Aquests investigadors asseguren que l'exercici físic intens i continuat, s'acompanya de la producció de radicals lliures que provoquen l'alteració de les membranes cel·lulars. Els radicals lliures es produeixen, sobretot, per l'increment en la despesa d'oxigen durant l'exercici, el que comporta un augment de la utilització mitocondrial no aparellat amb la major aportació d'oxigen. La producció d'aquests radicals és una seqüela de l'augment del consum d'oxigen concomitant amb l'exercici i està estretament relacionat amb el dany muscular. Per evitar aquest dany muscular, el cos presenta un detallat sistema de defensa d'antioxidants que depèn de l'aportació dietètica de vitamines i minerals i de la producció endògena de compostos com la glutatión i diferents enzims com les catalases.

Ara bé, el que no se sap amb certesa és si aquest sistema de defensa, que s'incrementa quan es practica exercici de forma continuada en el temps, és suficient per neutralitzar els radicals lliures provocats en algunes modalitats esportives molt intenses. Per tal d'analitzar-ho existeixen nombrosos estudis que intenten demostrar la millora en el rendiment gràcies a una suplementació d'antioxidants com la vitamina E. Alguns d'aquests estudis són contradictoris, tot i que es pot afirmar que sota certes circumstàncies i en certes modalitats, una suplementació de vitamina E és aconsellable per minvar els danys produïts pels radicals lliures.

PARAULES CLAU: Antioxidants. Rendiment. 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.

INTRODUCCIO

Els esportistes sempre han desitjat ajuts nutricionals que els permetin augmentar el seu rendiment esportiu. Aquestes substàncies que genèricament s'han anomenat ajuts ergogènics inclourien la utilització de qualsevol element que condueixi a l'obtenció d'un millor rendiment esportiu o a una limitació de les conseqüències negatives del mateix sense pertorbar o posar en perill la salut de l'esportista.¹

La utilització de complements dietètics ergogènics s'han instaurat ràpidament en els esports individuals pel desig d'incrementar el rendiment esportiu durant les activitats esportives en les quals, no hem d'oblidar, han d'invertir múltiples hores durant llargues sessions d'entrenament. Paradoxalment, els esports d'equip han estat els darrers en donar-li a la nutrició la importància que té dintre de la preparació d'un esportista; degut a què són nombroses les variables a controlar, s'han centrat en la millora de qualitats tàctiques i tècniques, deixant de banda les possibles millores que es poden assolir amb aquest tipus d'ajuts.

Una de les línies d'investigació obertes en aquest sentit és la del paper positiu que poden tenir algunes substàncies antioxidants en la millora del rendiment dels esportistes, reduint els radicals lliures produïts durant l'exercici físic. En aquest sentit, una de les substàncies més estudiades pel seu poder antioxidant en relació amb l'exercici és la vitamina E, juntament amb l'àcid ascòrbic.

Els tocoferols i els beta-carotens s'inclouen dintre dels antioxidants que protegeixen la membrana cel·lular dels radicals que ataquen les lipoproteïnes de baixa densitat. El període anterior a l'oxidació, en el qual es consumeix primer el tocoferol i després el beta-caroté, es denomina fase d'interval. Aquesta fase sembla ser una mesura de protecció de les lipoproteïnes pels antioxidants i la seva durada ve determinada pel contingut d'antioxidants.²

Aquest treball fa una petita revisió dels darrers estudis que s'han realitzat amb la vitamina E i el seu paper antioxidant en front els radicals lliures produïts per l'exercici.

2. EXERCICI I RADICALS LLIURES

Actualment, se sap que l'exercici físic intens i continuat va acompanyat de la producció de radicals lliures que provoquen l'alteració de les membranes cel·lulars.^{3,4}

S'han suggerit molts factors implicats en la producció de radicals lliures i de la peroxidació lipídica subsegüent a l'exercici físic, l'increment de la captació i utilització d'oxigen, la depleció dels substrats energètics, la davallada de la cadena respiratòria, l'augment de la temperatura corporal i la relativa

isquèmia que es produeix durant la contracció muscular, estan involucrats en la peroxidació citat per Cordova i Navas.²

L'aportació energètica al múscul durant l'exercici ha de fer-se de forma ràpida i coordinada, el que requereix variacions precises del flux d'oxigen a través dels teixits i de la cadena respiratòria mitocondrial. L'increment en la utilització d'oxigen durant l'exercici condueix a un augment de la utilització mitocondrial que no s'aparella amb un increment de l'aportació d'oxigen, el que pot conduir a la producció de radicals lliures.⁵

La producció de radicals lliures és una seqüela de l'increment del consum d'oxigen concomitant amb l'exercici i té una estreta relació amb el dany muscular.^{2,3} Per a diversos autors, la producció de radicals lliures s'origina durant l'exercici i durant l'estat de repòs en el període de recuperació.²

A més a més, l'exercici ajuda a generar radicals lliures també a través d'altres mitjans com ara:

1. Els augments en l'epinefrina i altres catecolamines que poden produir radicals d'oxigen quan són metabòlicament inactius.
2. La producció d'àcid làctic que poden convertir un radical lliure poc danyat (superòxid) en un radical fortament perjudicant (hidroxil).^{3,6}

Altres autors⁷ parlen de que la generació dels radicals d'oxigen pot ser generada per una entrada de macròfags en el múscul i una activació de citokines durant l'exercici d'alta intensitat.

Tanmateix, degut a la redistribució sanguínia durant l'exercici, alguns teixits poden mantenir-se transitòriament en estat d'hipòxia durant la contracció muscular, fet pel qual, durant la fase de relaxació es dona una major utilització d'oxigen en el procés de reperfussió i, per tant, ésser susceptible de la peroxidació.^{7,8,9}

Per altra banda, l'exercici influeix en la reducció dels nivells de NADH i de NADPH, que es veuen sol·licitades com a cofactors essencials per a l'activitat d'alguns enzims atrapadors de radicals lliures.¹⁰

3. DANY PRODUI T EN EL MUSCUL PER L'EXERCICI

Els canvis de l'estructura muscular van seguits d'una resposta inflamatòria que habitualment es repara, però que quan l'exercici continua i no s'instauen les teràpies reparadores pertinents, condueixen a rabdomiòlisi. Inicialment, els focus de dany estructural es localitzen en les microfibrilles i en el citoesquelet.²

Aquest estat de rabdomiolisi s'acompanya d'un alliberament d'enzims musculars, augment de mioglobina i de mioglobulina. Si a aquest estat s'hi suma cert grau de deshidratació, augmenta el risc i les conseqüències de la rabdomiolisi. A més a més, s'observa cert grau de desestructuració cel·lular en les cèl·lules danyades amb una degradació dels lípids i proteïnes estructurals.²

Tant les fibres ràpides com les lentes, es veuen afectades pel dany muscular predominant, en l'home, el dany en les fibres de tipus II.¹¹

S'han postulat diferents hipòtesis per explicar el dany muscular induït per l'exercici i les conseqüències del mateix: l'estrès mecànic, l'estrès metabòlic i les alteracions en la microcirculació, entre altres.² A més a més, de canvis secundaris, en els quals s'inclouen els produïts pels radicals lliures.^{4,5}

Els increments d'enzims en el múscul, com la lactato-deshidrogenasa i la creatinkinasa (CK) en el plasma durant l'activitat física són usats com indicadors del dany muscular.³ Així ho recullen autors com Manzana i Rodees, citats per Clarkson et al.,³ que van trobar nivells de CK significativament alts en corredors de marató 24 hores després de la mateixa. Schwane et al., citat per Clarkson et al.,³ van fer el mateix amb subjectes no entrenats en una prova de 45 minuts trobant un augment significatiu de la CK a les 24 hores de la prova.

Meydani et al.,¹² van trobar més dany en el múscul esquelètic en homes de certa edat que van realitzar una prova de 45 minuts d'intensitat alta amb exercicis excèntrics que en homes joves que van realitzar la mateixa prova a una intensitat similar. L'evidència es troba en què el múscul esquelètic de les persones d'edat pot ser més susceptible a les lesions en exercicis excèntrics que en els joves. Això és així donat que en les persones d'edat poden trobar-se més danys intrínsecs.⁴

4. ANTIOXIDANTS I EXERCICI

El cos conté un sistema de defensa d'antioxidants detallat que depèn de l'aportació dietètica de vitamines i minerals i de la producció endògena de compostos com el glutatió i diferents enzims com les catalases.

Doncs bé, diferents components del sistema defensiu contra els radicals lliures augmenten en els teixits després de realitzar exercici de forma regular. En aquest sentit, diversos autors han comunicat que l'entrenament promou un increment de l'activitat enzimàtica antioxidant muscular. Tanmateix, no queda clar quina és la durada i la intensitat òptima d'exercici que condueix a la màxima estimulació d'aquests enzims.²

Hi ha estudis que afirmen que l'entrenament induïx la producció d'enzims com la glutatión peroxidasa, superòxid dismutasa i catalasa.¹² En aquest sentit, Liu et al., citat per Jennifer, M. et al.,⁷ troba en maratonians un increment a la resistència a l'oxidació de lipoproteïnes de baixa densitat i un augment del glutatión peroxidasa en el plasma fins 4 dies després d'una marató. R. Child et al., citat per Jennifer, M. et al.,⁷ van trobar increments en la capacitat antioxidant d'atletes amb un augment en plasma de CK i àcid úric després de 70 contraccions excèntriques màximes voluntàries amb l'extensor del genoll. Els mateixos resultats els va trobar Alessio¹³ en contraccions isomètriques i en exercicis aeròbics.

Alguns autors parlen que aquest increment de la capacitat antioxidant depèn del tipus de fibra, essent les fibres lentes les que majors nivells de glutatión i catalasas assoleixen després de l'exercici (F. Tessier et al.) citat per Jennifer, M.⁷ Aquests resultats suggereixen que la glutatión peroxidasa pot augmentar com a resposta compensatòria a l'oxidació produïda per l'exercici funcionant com un marcador de la sensibilitat oxidativa en el múscul.

També, després de l'exercici s'ha observat un augment plasmàtic de tocoferol i àcid ascòrbic, substàncies ja comentades pel seu potencial antioxidant.¹⁵ Glesson et al.,¹⁵ va informar que la concentració del plasma d'àcid ascòrbic va augmentar de 52.7 mmol/L a 67.0 mmol/L immediatament després d'una cursa de 21 km. Tanmateix, després de la cursa, les concentracions d'àcid ascòrbic van minvar el 20% per sota dels valors abans de l'exercici. Hi ha estudis que van detectar un increment en la concentració de vitamina E després d'una prova d'exercici gradual realitzada a esquiadors de llarga distància.¹⁶

La vitamina E és el major antioxidant liposoluble que es troba en les membranes cel·lulars. La seva principal funció és protegir a aquestes membranes contra la peroxidació lipídica actuant directament sobre els radicals de l'oxigen, fins i tot, contra l'oxigen singlete i contra els radicals superòxids. La vitamina C actua recíprocament amb la vitamina E regenerant el radical tocoferol format.³

L'exercici sembla pertorbar el balanç del sistema defensiu antioxidant; però quan la fracció antioxidant es veu compromesa, augmenta la susceptibilitat al dany muscular. Tanmateix, sembla que l'exercici regular, mantingut i moderat només és suficient per mantenir el sistema defensiu antioxidant.¹⁷ A més a més, hi ha evidències de què amb un entrenament progressiu en la potència aeròbica, es produeix un augment d'aquest sistema de defensa.^{3,18}

5. REQUERIMENTS DE VITAMINA E EN ESPORTISTES

L'activitat física realitzada de forma intensa, porta a l'esportista d'elit a mantenir un equilibri molt inestable entre demandes i ingressos en macro i micronutrients. Un esportista d'alt nivell entrena una mitja diària de 4 hores, el que suposa un alt requeriment nutricional. Tot això ha portat a la pràctica sistemàtica, exempta de rigor científic, de la suplementació amb preparats polivitamínics.

L'aplicació de les necessitats teòriques en els diversos nutrients a un col·lectiu tan especial no té tampoc un adient rigor, donat que aquestes necessitats teòriques es basen en les recomanacions nutricionals que consisteixen en aplicar les necessitats promig més dues desviacions estàndard, al que s'hi afegeix una quantitat extra com a marge de seguretat, tot molt poc precís.¹⁹

Sabem que la necessitat d'un nutrient és l'expressió numèrica de la quantitat que un individu concret, en un moment determinat, i sota unes condicions específiques necessita per mantenir un estat nutricional, de salut i de forma física adient.

En concret, pel que fa a la vitamina E, les necessitats han d'expressar-se en funció de la ingesta d'àcids grassos poliinsaturats. La relació tocoferol/PUFA ha de ser major de 0,79, fet pel qual un esportista que consumeixi 60 mg d'àcids grassos poliinsaturats necessitaria un quantitat de vitamina E d'uns 35 mg diaris.¹⁹

Alguns investigadors han observat una relació inversament proporcional entre la concentració de vitamina E en plasma i el percentatge de fibres I del múscul. Aquesta relació pot indicar que persones físicament actives amb un alt percentatge de fibres de tipus I puguin tenir una major necessitat de vitamina E en relació amb aquelles que tinguin més percentatge de fibres de tipus II.⁴

Aquests mateixos investigadors,⁴ també han observat que una deficiència de vitamina E augmenta els danys produïts pels radicals lliures durant l'exercici en rates, existint un esgotament prematur (40% menys de la capacitat normal). A més a més, s'ha trobat una més gran fragilitat en les membranes del lisosoma.

6. SUPLEMENTACIÓ DE VITAMINA E EN ESPORTISTES

Fins ara s'ha analitzat quins són els problemes que provoquen els radicals lliures produïts per l'exercici i com aquests influeix en el sistema de defensa antioxidant de l'organisme humà, incrementant-lo. Ara bé, serà major l'increment de les defenses endògenes produïdes per l'entrenament que la creació de radicals lliures, o serà al contrari? i si això és així,

sabent que la vitamina E té un gran poder antioxidant, quins efectes tindrà un suplement de vitamina E en el rendiment dels esportistes? Servirà per minvar els problemes ocasionats per l'exercici intens?

Aquests i altres interrogants van començar a tenir resposta a partir de l'any 1974 quan Sephard y cols. van realitzar el primer estudi de suplementació d'aquesta vitamina en esportistes, trobant diferències significatives pel que fa al seu rendiment físic després de suplementar al grup d'investigació amb 1.000 mg d'I-tocoferol.¹⁹

Kobayashi, el 1974, citat per Sen, C.K. i Roy, S.¹⁹ va comunicar uns estudis experimentals en els que es constata una millora en el temps invertit en recórrer una distància determinada després de la suplementació amb vitamina E. Tanmateix, no semblava modificar-se de manera significativa ni la despesa energètica ni la recuperació de la freqüència cardíaca.

Posteriorment, altres treballs no han confirmat aquest suposat efecte. Lawrence et al. citat per Sen, C.K. i Roy, S.¹⁹ l'any 1975, en un magnífic estudi, van dividir a 48 nedadors ben entrenats en un grup experimental i un altre grup tractat amb placebo. El grup experimental va rebre 800 mg d'I-tocoferol durant 6 mesos, realitzant-se proves de resistència aeròbica en els mesos 1, 2, 5 i 6 de suplementació. Com a resultat final no van observar diferències significatives entre ambdós grups.

Actualment, els estudis han avançat força i tot i que encara hi ha algunes evidències sobre la vitamina E i els seus beneficis a l'esport, sorgeixen controvèrsies entre unes i altres investigacions.

Fa poc, Meydani et al.¹² van examinar els efectes de la suplementació en la dieta de vitamina E amb la seva concentració en el múscul esquelètic. Els subjectes van rebre 800 mg d'I-tocoferol durant 30 dies. La concentració en el plasma d'I-tocoferol va augmentar en un 300%. Biòpsies realitzades a músculs sotmesos a una suplementació semblant a l'anterior van demostrar un increment del 53%.

Per provar els efectes de la vitamina E en la peroxidació dels lípids per l'exercici, Dillard et al., citat per Priscilla, M.³ va administrar 1.200 IU de d-tocoferol als subjectes per un període de temps de 2 setmanes i va observar una reducció significativa en el pentà espirant en repòs i durant l'exercici. Sumida et al.²⁰ van realitzar una prova de ciclisme progressiu fins l'esgotament, en la qual els subjectes van ingerir 300 mg de vitamina E durant 4 setmanes. Es van detectar valors més baixos de l'enzim del múscul B-glucoronidasa i transaminasa d'oxalat glutamínic en les mitocondries, amb el que es va

arribar a la conclusió que la vitamina E era eficaç minvant la peroxidació dels lípids. Tanmateix, se sap bé que repetint un exercici que provoca danys musculars, existeix una adaptació tan ràpida que aquests marcadors del perjudici muscular disminueixen en una segona prova; d'aquí es deriva que aquesta davallada de la peroxidació detectada sigui produïda per l'adaptació a l'exercici...²¹

En un dels pocs estudis d'investigació realitzats a llarg termini, Rokitzki et al.,²² van realitzar una prova a ciclistes als quals els hi van administrar 300 mg de d-tocoferol, i a un altre grup els hi van donar un placebo durant 5 mesos. Els resultats obtinguts van demostrar una menor concentració en plasma de MDA i CK que en el grup placebo. Els autors van suggerir que les trobades indicaven un efecte protector de la vitamina E durant l'estrès oxidatiu produït per l'exercici.

Diversos estudis han investigat sobre els efectes de la vitamina E durant l'exercici i no han trobat efectes beneficiosos quan l'exercici que realitzaven era sobre la capacitat aeròbica, és a dir, no superaven el llindar anaeròbic.³

En canvi, quan els exercicis a realitzar requerien esforços màxims o molt intensos, és a dir, superant el llindar anaeròbic, sí que s'ha comprovat el paper protector d'aquesta vitamina.^{20,23}

Existeixen altres estudis que afirmen que quan es produeix un exercici excèntric continuat es detecta una menor oxidació per part dels radicals lliures, com indica l'estalvi d'àcids grassos i la davallada per l'orina de TBARS.¹⁴

Un dels punts on la majoria d'investigadors estan d'acord és en la millora en la capacitat antioxidant pel suplement de vitamina E durant exercicis realitzats en alçada. Schnass i Pabst²⁴, van trobar una davallada del pentà espirat després d'un ascens a alta muntanya en individus que havien ingerit un suplement de 400 mg de vitamina E durant 10 setmanes. Resultats similars el va trobar Chao et al., citat per Williams J. Evans⁴ quan li va subministrar un suplement de 440 mg de vitamina E i 500 mg de vitamina C a un grup de Marines nord-americans durant un entrenament de 2 setmanes a alta muntanya.

7. CONCLUSIONS

L'exercici físic crea situacions que fan perillar l'equilibri cel·lular, essent una d'aquestes la producció de radicals lliures,

causants de l'alteració de les membranes cel·lulars, originant dany muscular.

Però, al mateix temps que l'exercici produeix un major estrès oxidatiu que trenca l'equilibri existent entre el sistema de defensa antioxidant i els radicals lliures, generant, d'aquesta manera, un major dany cel·lular, aquest mateix exercici si es porta a terme de manera continuada en el temps i moderada fa que es produeixi una adaptació d'aquest sistema de defensa, augmentant així el seu poder antioxidant.

Un dels debats oberts en aquest sentit és si el plantejament de la millora de la capacitat antioxidant de l'organisme produïda per l'entrenament és capaç de neutralitzar l'excés de radicals lliures tan gran que es produeix després d'una pràctica esportiva intensa.

Aquest interrogant ens porta al dubte següent: els esportistes necessiten un suplement d'antioxidants (vitamina E) per assolir l'equilibri abans esmentat? Sembla ser que, segons els estudis existents, aquest grup de població en té unes necessitats superiors a la resta, però no hi ha dades concloents de quina seria la dosi idònia per a ells.

Més enllà de les necessitats dels esportistes i, en el nostre cas amb la vitamina E, la majoria de les investigacions es centren en quina mesura un suplement d'aquest antioxidant pot millorar les seves capacitats físiques.

Tot i que els estudis existents no són massa clars per la diversitat en els resultats, podem dir que en casos concrets en tractar-se d'activitats físiques que superen el llindar anaeròbic o que tenen un component majoritàriament de contraccions excèntriques o que es realitzen en alçada, amb l'aportació d'un complement de vitamina E, existeix una davallada del dany muscular produïda per la pròpia activitat. Aquests estudis parlen de dosis que ronden entre els 400 i els 800 mg, durant un període de temps d'entre 2 i 4 setmanes de durada.

Per tant, podem concloure que, en aquests casos, en haver-hi una davallada del dany muscular, es produeix una menor fatiga en el múscul que implicarà una millor i més ràpida recuperació. És a dir, que el suplement de vitamina E en l'esportista millora de forma indirecta el seu rendiment i mai directament. Això vol dir que amb un complement de vitamina E, cap esportista millorarà les seves capacitats físiques, descartant la idea de prendre aquesta vitamina com un compost màgic que ajudi a superar les seves marques personals.

Bibliografia

1. González González JC, Amigó de Bonet Sans N. Ayudas ergo-génicas: 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 postexercise [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, Clarkson 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.