

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

VITAMINA C COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EM EXERCÍCIO DE ENDURANCE

Melissa Gonçalves Pereira Silvestre^{1,2},
Rodrigo do Nascimento Vilhena^{1,3},
Ivan Leite Pepeliascov^{1,4},
Fábio Augusto Millioti^{1,5}

RESUMO

A prática intensa de exercícios físicos, especialmente aeróbios gera o estresse oxidativo no organismo, propiciando a formação de radicais livres, espécies reativas de oxigênio, que através de diversos mecanismos podem causar lesões musculares e danos às membranas celulares, prejudicando o desempenho dos atletas. A vitamina C ou ácido ascórbico participa de processos celulares de oxirredução funcionando como um potente antioxidante natural. O efeito da suplementação nutricional de atletas com nutrientes antioxidantes especialmente com a vitamina C tem sido amplamente discutido como forma de prevenir e/ou minimizar os danos causados pela formação exacerbada de radicais livres durante a atividade física.

Palavras-Chave: Vitamina C, Endurance, Antioxidante, Radical Livre, Estresse Oxidativo.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Bases Nutricionais da Atividade Física: Nutrição Esportiva.

2- Graduação em Educação Física-Licenciatura Plena pelas Faculdades Integradas de Guarulhos.

3 - Graduação em Nutrição e Metabolismo pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, USP.

4 – Graduação em Educação Física pelas Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU

5 – Graduação em Educação Física – Licenciatura Plena pelo centro Universitário Moura Lacerda.

Vitamin C as an antioxidant agent during endurance exercise.

The intensive physical exercise, especially aerobics cause stress in organism besides these actions cause free radical through different mechanisms which can cause muscular lesions and cellular damages. These lesions cause athletic problems in their performances. Vitamin C or aerobic acids participate in cellular processes of oxidoreduction, working as a powerful natural antioxidant. The effect of nutritional supply in athletes with antioxidant nutrients, especially vitamin C has been largely discussing as a way of preventing or decreasing damages caused by exaggerated formation of free radical during physical practice.

Key words: Vitamin C, Endurance, Antioxidant, Free Radical, Oxidative Stress.

Endereço para correspondência:

melissagps@yahoo.com.br

ro_vilhena@yahoo.com.br

ilpepeliascov@hotmail.com

fabiomilli@netsite.com.br

INTRODUÇÃO

ABSTRACT

Sabe-se que o oxigênio molecular é indispensável à vida da maioria dos organismos, entretanto, considerando as características químicas e as vias metabólicas de sua utilização, podem ocorrer algumas reações que produzem os Radicais Livres e as mesmas resultam em efeitos nocivos ao organismo

Durante a redução do oxigênio molecular são formados os radicais livres que necessitam permanentemente de desativação através dos antioxidantes (Halliwell, 1994).

Um antioxidante é qualquer substância que presente mesmo em menores concentrações que o próprio substrato oxidável é capaz de atrasar ou inibir a oxidação desse substrato de maneira eficaz (Sies e Sthl, 1995).

A atividade física intensa propicia uma maior formação de radicais livres, e um aumento da peroxidação lipídica causando danos musculares e prejudicando o desempenho de atletas. Nesse sentido a suplementação nutricional com antioxidantes é uma alternativa viável para minimizar os efeitos deletérios dos radicais livres em atletas (Evans, 2000).

A vitamina C ou ácido ascórbico é um potente antioxidante hidrossolúvel capaz de diminuir os efeitos do estresse oxidativo e da peroxidação lipídica podendo ser uma alternativa nutricional viável para otimizar o treinamento (Padh, 1991).

Portanto o objetivo desse trabalho tem como objetivo discutir acerca da importância biológica da suplementação nutricional com vitamina C na proteção antioxidante durante a atividade física.

RADICAIS LIVRES

São formados via ação catalítica de enzimas durante os processos de transferência de elétrons no metabolismo celular, podendo prejudicar a manutenção de muitas funções fisiológicas normais (Pompella, 1997, citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Suas moléculas e átomos possuem um ou mais elétrons independentes e não pareados sendo altamente instáveis, quimicamente muito reativos, e de meia vida curtíssima (Halliwell, 1994 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na

membrana celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA), estando relacionado ao seu sítio de formação (Anderson, 1996).

Entre as principais formas reativas de oxigênio o O_2 apresenta uma baixa capacidade de oxidação, o OH mostra uma pequena capacidade de difusão e é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares. O H_2O_2 não é considerado um radical livre verdadeiro, mas é capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir a danos na molécula de DNA por meio de reações enzimáticas (Anderson, 1996).

Os radicais livres podem atacar todas as principais classes de biomoléculas, sendo que os lipídios apresentam maior susceptibilidade aos danos causados pelos mesmos (Koury e Donangelo, 2003). Devido à facilidade com que os radicais livres reagem com outras moléculas os mesmos possuem uma meia vida relativamente curta, o que dificulta a mensuração direta da formação desses compostos (Souza e colaboradores, 2006).

Alguns mecanismos de formação dos radicais livres:

- 1) Interrupção temporária das bombas de ATP dependes de Cálcio (Ca^{++});
- 2) Em exercícios físicos de longa duração pode ocorrer hipóxia e reoxigenação temporárias, podendo aumentar o estresse oxidativo;
- 3) A ativação de leucócitos durante o exercício pode estimular a produção de radical livre (Schneider e Oliveira, 2004).

Em determinadas situações patológicas ou durante a atividade física ocorre um aumento na produção de Eros (espécies reativas de oxigênio), ocasionando o estresse oxidativo (Vancini e colaboradores, 2005).

Estresse oxidativo

É o desequilíbrio entre as moléculas oxidantes (predominantes) e antioxidantes (Sies, 1993 citado por Bianchi e Antunes, 1999).

Um dos fatores mais importantes para gerar o estresse oxidativo são a exaustão do indivíduo e a intensidade do exercício físico, pois estes dois fatores podem gerar um maior fluxo de oxigênio e conseqüentemente maior formação de radicais livres (Schneider e Oliveira, 2004).

O estresse oxidativo é uma condição pró-oxidante, onde há ou maior geração intracelular de radicais livres ou ocorre uma deficiência dos mecanismos oxidantes (Cerutti, 1991).

Este desbalanço celular tem como conseqüências alteração funcional e prejuízo das funções vitais em diversos tecidos e órgãos, tais como: músculo e fígado, e nos tecido adiposo, vascular e cerebral (Vancini e colaboradores, 2005).

Exercício de endurance

Exercícios de alta intensidade levam a um aumento da síntese de ácido láctico, das catecolaminas e a um elevado processo inflamatório, fatores esses que contribuem para a produção de radicais livres (Bloomer e Goldfarb, 2004 citado por Cruzat e colaboradores, 2007).

No geral estes radicais alteram a forma e o tamanho dos compostos com os quais interagem, gerando lesões (Schneider e Oliveira, 2004).

Durante o exercício físico, o fluxo de oxigênio pelos músculos ativos pode aumentar cerca de cem vezes com relação aos valores de repouso. Além disso, rotineiramente um dos objetivos do treinamento físico é elevar a capacidade de consumo de oxigênio do indivíduo, embora o aumento desse consumo pela cadeia de transporte de elétrons seja a principal fonte do aumento da produção de radicais livres (Alessio, 1993).

A cadeia respiratória não é fator determinante para o estresse oxidativo, já que o músculo é observado em intensidades distintas tanto em exercícios de predominância aeróbia quanto nos de predominância anaeróbias (Souza e colaboradores, 2006).

Dessa forma, durante a prática do exercício físico, vários fatores levam ao aumento na produção de radicais livres, tais como a redução parcial de oxigênio nas mitocôndrias e a isquemia/reperfusão, além disso, durante a prática esportiva as intensas contrações provocam lesões nas fibras musculares, originando processo inflamatório local e remoção das proteínas danificadas com síntese de novas proteínas, o que aumenta consideravelmente a formação de radicais livres (Vancini e colaboradores, 2005).

Os danos teciduais e celulares causados pelos radicais livres (formados

durante os exercícios físicos) podem interferir diretamente no desempenho do atleta, sendo assim, muitos trabalhos buscam elucidar a influência de micronutrientes como minimizadores dos efeitos prejudiciais do estresse oxidativo nos atletas com a adequação do estado nutricional e por conseqüência melhora da capacidade antioxidante (Clarkson e Thompson, 2000).

Antioxidantes e Mecanismos de Ação

Com o intuito de minimizar os danos decorrentes do estresse oxidativo o organismo recorre ao sistema de defesa antioxidante que é constituído por diversas enzimas e por elementos não enzimáticos, os quais possuem atividades e concentrações diferentes e estão presentes em diferentes compartimentos subcelulares, assim, tanto as células, quanto o meio intracelular possui inúmeros elementos com função antioxidante (Yu, 1994).

Os antioxidantes agem impedindo que ocorra danos aos lipídeos, aos aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases de DNA, sendo inibidor e redutor das lesões causadas pelos radicais livres na célula.

As defesas antioxidantes podem ser restabelecidas com dietas adequadas e suplementos vitamínicos, mas suas doses propícias para uso em larga escala ainda precisam de mais estudos (Bianchi e Antunes, 1999).

Um antioxidante é qualquer substância capaz de atrasar ou inibir expressivamente a oxidação de elementos celulares mesmo estando presente em baixa concentração dentro da célula quando comparado a outros elementos oxidáveis (Halliwell e Gutteridge, 1996).

Estas substâncias podem ser classificadas segundo sua origem e/ou localização em antioxidantes dietéticos, antioxidantes intracelulares e antioxidantes extracelulares.

Existe também a classificação de acordo com a função em antioxidantes que impedem a formação de radicais livres, conhecidos por antioxidantes de prevenção; os que impedem o ataque dos radicais livres às células, conhecidos como antioxidantes varredores e os antioxidantes que favorecem a remoção de danos à molécula de DNA e a reconstrução de membranas celulares

danificadas, chamados antioxidantes de reparo (Koury e Donangelo, 2003).

As principais enzimas antioxidantes são a superóxido desmutase (SOD), a catalase (CAT), a glutatona peroxidase (GPX) e a glutatona redutase (GR), enquanto os principais antioxidantes não enzimáticos são a glutatona reduzida (GSH), a vitamina E (alfa-tocoferol), a vitamina C (ácido ascórbico) e a cisteína entre outros (Oliveira e colaboradores, 2004).

Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas (Quadro 1), impedindo o ataque sobre as células, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular.

Quadro 1. Fontes endógenas e exógenas de geração de radicais livres (Bianchi e Antunes, 1999).

Endógenas	Exógenas
Respiração aeróbica	Ozônio
Inflamação	Radiação
Peroxisomos	Medicamentos
	Cigarro
	Dieta

Uma dieta balanceada e o treinamento físico adequado têm sido apontados como fatores importantes para a manutenção e melhora da defesa antioxidante do organismo (Oliveira, 2004).

Micronutrientes antioxidantes podem diminuir os efeitos prejudiciais do processo inflamatório decorrente da realização de exercícios físicos intensos (Novaes e colaboradores, 2005).

Entre os micronutrientes antioxidantes estão as vitaminas. As vitaminas são substâncias orgânicas de baixo peso molecular, que atuam em pequenas doses e não apresentam qualquer valor energético intrínseco; as mesmas devem ser fornecidas ao organismo incapaz de promover sua biossíntese a fim de promover o crescimento, manter a vida e a capacidade de reprodução dos animais e do homem (Azulay e colaboradores, 2003).

Vitamina C e sua função antioxidante

A vitamina C ou ácido ascórbico é um composto hidrossolúvel e termolábil. Além do ácido ascórbico outra forma biologicamente

ativa da vitamina C é o ácido desidroascórbico (DHAA) (Pinnel e colaboradores, 1987).

Esta vitamina é um nutriente essencial, mas os seres humanos são incapazes de sintetizá-la (Azulay e colaboradores, 2003).

A dose recomendada para a manutenção do nível de saturação da vitamina C no organismo é cerca de 100mg por dia. Em situações não convencionais como infecções, gravidez, amamentação, além de tabagistas, doses elevadas são necessárias (Horning, 1981).

O ácido ascórbico participa como co-fator de uma grande variedade de reações químicas fundamentais para a manutenção da saúde, como nos processos celulares de oxirredução, faz parte da síntese e do metabolismo de neurotransmissores; está envolvida na produção de corticosteróides e aldosterona e, na absorção e utilização do ferro e na biossíntese de carnitina.

A vitamina C é importante durante a defesa do organismo contra infecções, fundamental para a integridade da parede dos vasos sanguíneos e essencial para a formação de fibras colágenas existentes praticamente em todos os tecidos do corpo humano (Azulay e colaboradores, 2003). Além de atuar como varredor de radicais livres e nutrir as células protegendo-as de danos causados pelos oxidantes (Padh, 1991).

Dessa forma, o ácido ascórbico é considerado o mais importante e potente antioxidante nutricional hidrossolúvel. No plasma pode doar prontamente elétrons para várias espécies reativas, retornando facilmente a seu estado reduzido, eliminando-as antes que reajam com as membranas e lipoproteínas biológicas.

A carência dietética de vitamina C acarreta o desenvolvimento do escorbuto, doença caracterizada inicialmente por defeitos na formação de tecido conjuntivo, seguido de manifestações hemorrágicas, incluindo sangramento no interior das articulações e cavidade peritoneal (Azulay e colaboradores, 2003).

Durante o esforço físico (especialmente os muito intensos) é comum o extravasamento da enzima citosólica creatinina quinase (CK) para o plasma ocasionando danos à membrana celular seguido do desenvolvimento de processo

inflamatório e produção excessiva de radicais livres (Niess e colaboradores, 2002).

As modalidades esportivas que obtêm energia através do metabolismo aeróbio apresentam mais facilidade para promover a liberação dessa substância em comparação àquelas que obtêm energia através do metabolismo anaeróbio, os atletas submetidos ao primeiro tipo de exercício encontram-se mais expostos à presença de radicais livres e exigem maior atenção (Goldfarb, 1999).

Vários estudos demonstram que a deficiência de vitamina C induzida pela dieta acarreta lesões miocárdicas induzidas pela peroxidação lipídica, sendo esse dano prevenido pela administração de suplementos de ácido ascórbico (Tribble, 1999).

A suplementação com vitamina C tem sido demonstrada em diversos estudos como sendo uma alternativa para diminuir o aumento da taxa de oxidação lipídica induzida por exercícios físicos.

Evans (2000) demonstrou o efeito de antioxidantes com vitamina C e vitamina E como inibidores da taxa de peroxidação de lipídios induzida por exercício, diminuindo assim os danos musculares.

Alguns estudos têm demonstrado que a suplementação nutricional com vitamina C melhora a performance durante a prática de exercício físico em indivíduos não treinados, porém o efeito benéfico desta na performance de atletas não foi observado (Willians, 2004).

Em um estudo realizado por Thompson e colaboradores (2003), sobre o efeito da vitamina C pós-exercício foi avaliado em indivíduos do gênero masculino e não treinados. Nesse estudo, os autores administraram 200mg de vitamina C ou placebo após os indivíduos realizarem 90 minutos de corrida em esteira. Os autores não observaram diferenças na atividade da creatina quinase e da mioglobina, bem como no dano muscular entre o grupo suplementado com vitamina C e não suplementado, indicando que o consumo desta após exercício é incapaz de promover o efeito antioxidante esperado após a realização de esforço físico.

CONCLUSÃO

O exercício físico intenso gera uma resposta fisiológica muito grande levando a uma adequação da ingestão de vitaminas para que o atleta não tenha sua saúde debilitada o

que poderia prejudicar sua composição corporal e sua performance, mas as controvérsias que envolvem a utilização da vitamina C para minimizar os efeitos da oxidação gerada pelos radicais livres, evidenciam a necessidade da realização de mais estudos referente as propriedades antioxidantes e os valores diários da mesma, bem como a padronização mais eficaz para mensurar a produção de radicais livres pelo organismo, para que seja validada a sua possibilidade de utilização em benefício do treinamento desportivo.

REFERÊNCIAS

- 1- Anderson, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. *Mutation Research*. New York Vol. 350. Num.1. 1996. p.103-108.
- 2- Alessio, H.M. Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Indianápolis. Vol. 25. 1993. p. 218-24.
- 3- Azulay, M.M.; Figueira, L.A.; Mandarim-de-Lacerda, A.C.; Cuzzi, T.; Perez, A.M. Vitamina C. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. Rio de Janeiro. Vol. 78. Num. 3. Maio/Junho 2003. p. 265-274.
- 4- Cerutti, P.A. Oxidant stress and carcinogenesis. *European Journal of Clinical Investigation*. Holanda. Vol. 21. Num. 1. 1991. p.1-5.
- 5- Clarkson, P.M.; Thompson, H.S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *American Journal of Clinical Nutrition*. Houston. Vol. 72. 2000. p. 637-647.
- 6- Cruzat, F.V.; Rogero, M.M.; Borges, C.M. Tirapegui, J. Aspectos Atuais Sobre Estresse Oxidativo, Exercícios Físicos e Suplementação. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. São Paulo. Vol.13. Num. 5. Setembro/Octubre 2007. p. 336-342.
- 7- Bianchi, P.L.M.; Antunes, G.M.L. Radicais Livres e os Principais Antioxidantes da Dieta. *Revista de Nutrição*. Campinas (SP). Vol. 12. Num. 2. Maio / Agosto 1999. p. 123-130.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

- 8- Evans, W. Vitamin E, Vitamin C and Exercise. American Journal of clinical Nutrition. Houston. Vol. 72. 2000. p. 647-652.
- 9- Goldfarb, A.H. Nutritional Antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage. Canadian Journal Applied Physiology. Vol. 24. 1999. p. 249-266.
- 10- Halliwell, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. Nutrition Reviews. Vol. 52. Num. 8. 1994. p. 253-265.
- 11- Halliwell, B.; Gutteridge, J.M.C. Free radicals in biology and medicine. 2a ed. 1994. New York: OxfordX.
- 12- Horning, D. Metabolism and requirements of ascorbic acid in man. South African Medical Journal. Vol. 60. Num. 21. 1981. p. 818-823.
- 13- Koury, J.C.; Donangelo, C.M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. Revista de Nutrição. Campinas. Vol. 16. Num. 4. 1981. p. 433-441.
- 14- Niess, A.M.; Fehrenbach, E.; Schlotz, E.; Sommer, M.; Angres, C.; Tschositsch, K. Effects of RRR- α -tocopherol on leukocyte expression of HSP72 in response to exhaustive treadmill exercise. International Journal of sports Medicine. Vol. 23. Num. 6. 2002. p. 445-452.
- 15- Novaes, M.R.C.G; Ito, M.K.; Arruda, S.F.; Rodrigues, P.; Lisboa, A.Q. Suplementação de micronutrientes na senescência: implicações nos mecanismos imunológicos. Revista de Nutrição. Campinas. Vol. 18. Num. 3. 2005. p. 367-376.
- 16- Oliveira, E.M.; Ramires, P.R; Lancha, J. Nutrição e bioquímica do exercício. Revista Paulista de Educação Física. São Paulo. Vol. 18. 2004. p. 7-19.
- 17- Padh, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. Nutrition Reviews. Vol. 49. Num. 3. 1991. p. 65-70.
- 18- Pinnel, S.R.; Murad, S.; Darr, D. Induction of collagen synthesis by ascorbic acid. A possible mechanism. Archives of Dermatology. Vol. 23. Num. 12. 1987. p.1684-1686.
- 19- Sies, H.; Stahl, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. American Journal of Clinical Nutrition. Houston. Vol. 62. Num. 6. 1995. p.1315-1321.
- 20- Schneider, D.C.; Oliveira, R.A. Radicais Livres de Oxigênio e Exercício: Mecanismos de Formação e Adaptação ao Treinamento Físico. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Vol. 10. Num. 4. Julho/Agosto 2004.
- 21- Souza, C.F.; Fernandes, L.C.; Cyrino, E.S. Produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício aeróbio e anaeróbio. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano. Vol. 8. Num. 2. 2006. p. 102-109.
- 22- Thompson, D.; Willians, C.; Garcia-Roves, P.; Mcgregor S.J.; Mcardle, F.; Jackson, M.J. Post exercise vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. European Journal of Applied Physiology. Vol. 89. 2003. p. 393-400.
- 23- Tribble, D.L. Antioxidant consumption and risk of coronary heart disease: emphasis on vitamin C, vitamin E, and β -carotene: a statement for healthcare professionals from the American heart association. Circulation. Vol. 99. 1999. p. 591-595.
- 24- Vancini, R.L.; Lira, C.A.B.; Aboulafia, J.; Nouailhetas, V.L.A. Radical livre, estresse oxidativo e exercício. Centro de estudos de fisiologia do exercício. Universidade Federal de São Paulo, 2005.
- 25- Yu, B.P. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. Physiological Reviews. Vol. 74. 1994. p.139-162.
- 26- Willians, M.H. Dietary supplements and sport performance: Introduction and vitamins. Journal of International Society of sports Nutrition. Vol. 1. Num. 2. 2004. p. 1-6.

Recebido para publicação em 26/07/2009
Aceito em 20/08/2009