



Geovana Fernandes de Paula

**CONTROLE DO ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS:
Papel antioxidante das vitaminas**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora da
Universidade Presidente Antônio Carlos,
como exigência parcial para obtenção do
título de Bacharel em Nutrição

Juiz de Fora
2018

Geovana Fernandes de Paula

**CONTROLE DO ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS:
Papel antioxidante das vitaminas**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora da
Universidade Presidente Antônio Carlos,
como exigência parcial para obtenção do
título de Bacharel em Biomedicina.
Orientador: Me. Marcela Melquiades.

Juiz de Fora
2018

Geovana Fernandes de Paula

**CONTROLE DO ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS:
Papel antioxidante das vitaminas**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: Anna Marcela Dias

Prof. Ms.: Marcela Melquiades

Prof. Dr.: Camilla Nery Frazão Milioni

CONTROLE DO ESTRESSE OXIDATIVO EM ATLETAS: PAPEL ANTIOXIDANTE DAS VITAMINAS

CONTROL OF OXIDATIVE STRESS IN ATHLETES: ANTIOXIDANT ROLE OF VITAMINS.

GEOVANA FERNANDES DE PAULA¹, MARCELA MELQUIADES²

Resumo: Atletas e praticantes de atividade física muitas vezes exageram nos exercícios físicos e acabam sobrecarregando o organismo produzindo excessos de espécies reativas de oxigênio, também chamadas de radicais livres. Quando em pequena quantidade esses radicais desempenham papéis importantes no nosso organismo. Contudo, a produção excessiva desses radicais livres leva ao estresse oxidativo, o qual gera danos às células, promove o envelhecimento precoce e o aparecimento de doenças. No desportista pode ainda levar a danos musculares. Para amenizar tais consequências prevenindo-se as lesões e, principalmente, afim de melhorar cada vez mais a performance, muitos indivíduos utilizam alimentos antioxidantes. **Objetivo** O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da suplementação das vitaminas C, E e A em como atuam como agentes protetores antioxidantes. **Métodos:** Esta pesquisa compreendeu um estudo de revisão bibliográfica e análise crítica de trabalhos, tendo como ferramenta artigos científicos disponíveis nas bases de dados: Scielo, Pubmed e Periódicos Capes publicados entre os anos 2009 a 2018. **Conclusão:** Ainda não há consenso na literatura quanto aos efeitos da suplementação de antioxidantes de forma isolada ou combinada na promoção da saúde e no desempenho esportivo. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da suplementação das vitaminas C, E e A. em como atuam como agentes protetores antioxidantes.

Descritores: Antioxidante. Atletas. Radicais livres. Vitaminas.

Abstract: Athletes and practitioners of physical activity often exaggerate physical exercise and end up overloading the body producing excesses of reactive oxygen species, also called free radicals. When in small amount these radicals play important roles in our body. However, excessive production of these free radicals leads to oxidative stress, which damages the cells, promotes premature aging and the onset of disease. In sportsmanship can still lead to muscle damage. To mitigate such consequences by preventing injuries and especially in order to improve performance, many individuals use antioxidant foods. **Objective:** The objective of this study was to evaluate the effect of supplementation of vitamins C, E and A on how they act as protective antioxidant agents. **Methods:** This research comprised a bibliographic review and critical analysis of papers, using scientific articles available in the databases: Scielo, Pubmed and Periodical Capes published between 2009 and 2018. **Conclusion:** There is still no consensus in the literature regarding to the effects of antioxidant supplementation alone or in combination on health promotion and sports performance. The objective of this study was to evaluate the effect of supplementation of vitamins C, E and A. on how they act as protective antioxidant agents.

¹ Acadêmico do Curso de Nutrição da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC – Juiz de Fora –MG

² Nutricionista, Professora do Curso de Nutrição da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, mestrado

Keywords: Antioxidant. Athletes. Free radicals. Vitamin.

INTRODUÇÃO

A alimentação é algo imprescindível para a vida, através dela recebe-se todas as substâncias responsáveis pela construção, manutenção e reparação do nosso organismo. O nosso corpo produz naturalmente substâncias chamadas de radicais livres, que são definidos como átomos ou moléculas altamente reativas, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. Os radicais livres são formados em processos diários do organismo como a respiração e a digestão dos alimentos. O excesso desses radicais livres no organismo é combatido por antioxidantes, produzidos pelo corpo ou absorvidos através da dieta, e quando há um desequilíbrio entre a produção de radicais livres e os mecanismos de defesa antioxidantes, ocorre o chamado “estresse oxidativo”.¹

Radicais livres em excesso no corpo podem ser originados por defeitos na respiração mitocondrial, pela ativação-inibição de sistemas enzimáticos ou por fatores exógenos, como poluição, hábito de fumar, consumo de álcool, drogas, agrotóxicos, ou ainda, por uma nutrição inadequada.²

Durante a respiração normal, um radical livre é produzido a partir do consumo de 25 moléculas de oxigênio, e a prática de atividade física leva ao aumento do consumo de oxigênio, assim como a ativação de vias metabólicas específicas durante ou após o exercício, resultando na formação de mais radicais livres. Essas moléculas, em condições de estresse, causam uma variedade de consequências biológicas através de modificações químicas de proteínas, lipídeos, carboidratos e nucleotídeos, e também por meio de outros fatores endógenos, como traumas, infecções e hiperglicemia.³

Exercícios físicos realizados com frequência e intensidade moderada originam benefícios orgânicos, entretanto atividades físicas que ultrapassam os limites fisiológicos causam um aumento excessivo na produção de radicais livres, os quais podem levar ao estresse oxidativo. Assim, ingestão de vitaminas, por meio de dieta balanceada e equilibrada, auxilia na recuperação de lesões musculares decorrentes da atividade física intensa uma vez que tem ação antioxidante.⁴

O termo antioxidante refere-se a compostos químicos que diminuem os efeitos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos causados pelos radicais livres. Em outras palavras, os antioxidantes têm a capacidade de reagir com os radicais livres diminuindo os seus efeitos nocivos.⁵

Uma alimentação adequada e equilibrada pode ajudar a melhorar a performance física, sendo que as vitaminas devem receber uma atenção maior. Em regime de treinamento intenso, tem sido sugerido a atletas o consumo de vitamina C em razão da função imunológica e antioxidante e vitamina E, junto a vitamina A que aprimora a ação antioxidante pois combate os radicais livres e os seus potenciais efeitos nocivos ao organismo, no entanto os estudos ainda não configuram um consenso para recomendação de antioxidantes para atletas uma vez que o consumo excessivo também representa um desequilíbrio entre componentes antioxidantes e os compostos oxidantes.⁶

Mediante ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo discutir o papel das vitaminas no combate ao estresse oxidativo observado no exercício físico.

MÉTODOS

Esta pesquisa compreendeu um estudo de revisão bibliográfica e análise crítica de trabalhos, tendo como ferramenta norteadora artigos científicos disponíveis nas bases de dados: Scielo, Pubmed e Periódicos Capes publicados entre os anos 2009 a 2018.

Os descritores utilizados na busca do material foram: micronutrientes, vitaminas, minerais. Estas palavras foram associadas com atleta, atividade física, exercício, treinamento e esporte, em português e em inglês. Como critério de inclusão dos artigos foram utilizados os artigos que abordaram sobre os alimentos antioxidantes no exercício físico.

REVISÃO DE LITERATURA

Radicais livres nos exercícios físicos

Em 1954, a argentina Rebeca Gerschman sugeria, pela primeira vez, que os Radicais Livres (RL) eram agentes tóxicos e potencialmente geradores de condições patológicas ou de doenças, os RL são formados pela redução incompleta do oxigênio, gerando espécies que apresentam alta reatividade para outras biomoléculas.⁷

Já é elucidado que o excesso de RL produzido pode causar danos ao DNA, lipídeos, membranas, proteínas e ácidos nucleicos, levando à perda da integridade e funcionalidade celular. Esse dano oxidativo se acumula durante o ciclo de vida, e acredita-se que desempenha um papel chave no desenvolvimento de doenças como, o

câncer, hipertensão, diabetes, arteriosclerose, artrite, doenças neurodegenerativas, distúrbios entre outras, além de também acelerar o processo de envelhecimento.⁸

Os RL são agentes que constituem um grupo de substâncias químicas que se caracterizam por possuírem um ou mais elétrons desemparelhados numa das suas órbitas externas, isso lhes confere a reatividade e a instabilidade química que os caracterizam, tendendo a interagir com outras moléculas na sua proximidade, através da captação (comportando-se como oxidantes) ou da cedência (atuando como redutores) de elétrons e/ou de átomos de hidrogênio.⁹(Figura 1).

Figura 1. Estresse oxidativo: Desequilíbrio entre radicais livres e antioxidantes.

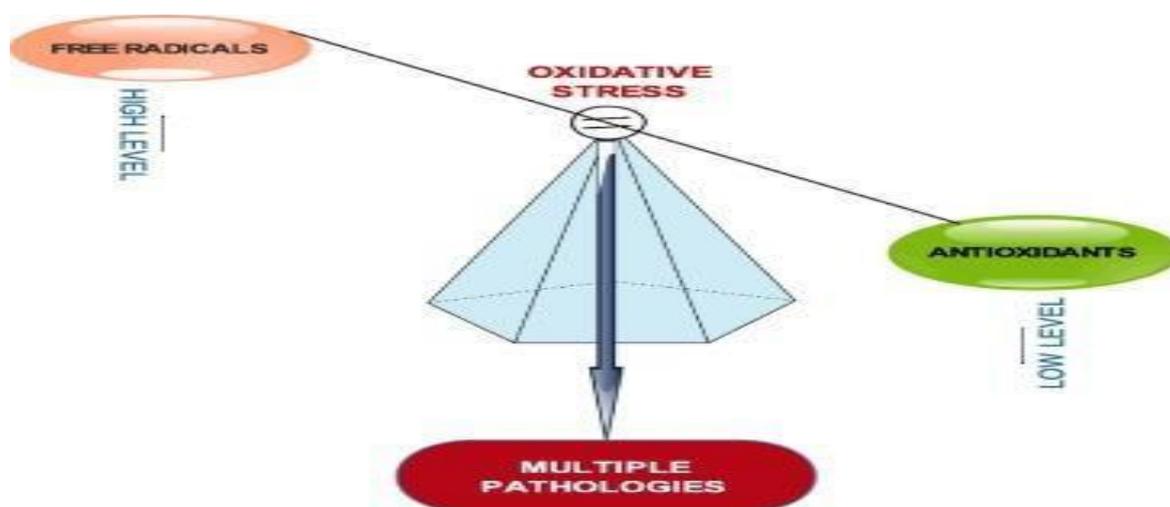


Figura 1: Giustarini et al.

Os RL têm a capacidade de existir independentemente e apresentam uma vida muito curta, na natureza, uma das classes mais importantes que podem gerar os radicais livres são as Espécies Reativas de Oxigênio (ERO).¹¹

A produção excessiva de RL pode ser desencadeada por vários fatores endógenos e exógenos. Existem três fatores que influenciam no envelhecimento precoce e no estresse oxidativo, dentre os fatores externos inclui-se o exercício ou estresse físico, os poluentes e as drogas, os fatores nutricionais, que provem de uma alimentação incorreta, pobre em nutrientes, com baixo consumo de antioxidantes, e o fator cultural, que é o fator genético, e compreendido como um fator interno.⁹

A atividade física favorece diversas adaptações fisiológicas, sendo necessários ajustes cardiovasculares e respiratórios para compensar e manter o esforço realizado, durante o exercício físico ocorre aumento do metabolismo energético com a formação

excessiva de radicais livres, a qual pode contribuir para danos tissulares e celulares, predispondo a lesões musculoesqueléticas e a prejuízos no desempenho do atleta.¹²

Durante o exercício, além do aumento do consumo de oxigênio há também um aumento na produção e no acúmulo de RL. Essa produção constante de RL pelo músculo esquelético requer a capacidade de tamponamento de um sistema de defesa endógeno e uma infinidade de mecanismos evoluíram para detectar e responder à elevada produção de oxidantes. A maioria dos estudos sobre o estresse oxidativo induzido pelo exercício foi realizada com protocolos de exercícios, incluindo exercícios típicos aeróbicos (corrida e sprint) e anaeróbicos (musculação).¹³

Configura-se exercício aeróbico a realização contínua e prolongada de movimentos corporais específicos com a utilização de oxigênio como fonte principal de energia, sob a forma de adenosina trifosfato (ATP), para geração de trabalho muscular, no exercício intenso, ocorre aumento no consumo de oxigênio, o que favorece a produção de ERRO.¹²

O trabalho muscular está associado ao estresse oxidativo e, o exercício prolongado ou de alta intensidade resulta em dano oxidativo às macromoléculas no sangue e no músculo esquelético, tal dano oxidativo induzido pelo exercício pode prejudicar o desempenho físico por meio de vários mecanismos relacionados à estrutura e função miocelular comprometida. Além disso, o estresse oxidativo crônico em atletas, frequentemente causado pelo *overtraining*, vem sendo associado à fadiga crônica, decréscimos no desempenho a longo prazo, atrofia muscular e doenças.¹⁴

Quais atividades físicas geram um maior estresse oxidativo?

O exercício físico estimula uma mudança temporária no balanço redox para um estado mais oxidado, pois as células musculares esqueléticas ativas produzem continuamente ERO como parte de processos metabólicos envolvendo um aumento do consumo de oxigênio.¹⁵

O aumento do fluxo de oxigênio pelos músculos ativos, onde, rotineiramente um dos objetivos do treinamento físico é elevar a capacidade de consumo de oxigênio do indivíduo, resulta, conseqüentemente, num maior consumo de oxigênio pela cadeia de transporte de elétrons gerando assim um aumento da produção de radicais livres, esses desenvolvem uma resposta adaptativa à atividade física que é altamente específica em fibras musculares e também modula positivamente várias funções fisiológicas, como a

resposta imune, a sinalização celular e apoptose. 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. Portanto a duração, intensidade e modo de exercício podem afetar de diferentes maneiras o equilíbrio do estresse oxidativo, somado a fatores como a idade, o sexo, o estado nutricional e os níveis de treinamento do indivíduo que também interferem nesse aspecto.¹⁶

Enquanto o exercício físico regular induz de forma positiva a atividade antioxidante, o exercício agudo, em contrapartida, desencadeia uma geração massiva de RL com depleção em defesas antioxidantes, produzindo, com isso, dano oxidativo para proteínas e DNA, além de uma inflamação secundária. Exercícios de endurance envolvem, basicamente, aqueles que exigem várias repetições de movimentos, com intensidade submáxima de um amplo grupo muscular, por tempo prolongado, ocasionando aumento do consumo de oxigênio, e aos quais são atribuídas à potencialidade de aumentar a capacidade respiratória e cardiovascular do indivíduo.¹⁷

Durante o treinamento de endurance intenso, a capacidade antioxidante endógena poderia não atender à geração cada vez mais alta de ERO, resultando em um estado de estresse oxidativo e subsequente dano celular. Um estudo recente levantou a hipótese de que, apesar do exercício aumentar a capacidade oxidativa do músculo esquelético, ele também potencializa a ação antioxidante endógena, sendo suficiente para neutralizar os efeitos nocivos do estresse oxidativo induzido pelos estímulos mecânicos.¹⁸

Alguns estudos não evidenciaram o aumento do estresse oxidativo após exercícios de endurance, mesmo quando intensos, o que pode ser explicado pela diferença entre as condições nutricionais antioxidantes das populações estudadas, o tipo e duração da atividade física, o método de aferição dos danos oxidativos, bem como as próprias condições físicas dos indivíduos, por outro lado, exercícios com predomínio de esforço anaeróbico, como, por exemplo, corridas com *sprints*, testes de resistência e musculação com carga pesada, não dependem tanto do metabolismo aeróbio.¹⁹

Foi comprovado que treinamentos de contração excêntrica, hipertrofia, força, resistência moderada e até uma única sessão de exercícios de resistência induzem, no plasma, o estresse oxidativo e aumento da produção de RL, no entanto, os mesmos também colaboram para o aumento da capacidade antioxidante, tanto do sangue, quanto do músculo esquelético, além do exercício físico favorecer a produção de RL, ele

também desencadeia mecanismos de defesa do organismo dessas moléculas reativas, onde as células desenvolvem uma complexa rede de barreiras para neutralizar a geração acentuada de RL e proteger o organismo contra a oxidação.²⁰

Antioxidantes na alimentação: aliados no combate aos radicais livres

Antioxidantes são substâncias capazes, mesmo em concentrações relativamente baixas, de retardar ou inibir a oxidação do substrato, através de sua capacidade de doar elétrons para o RL. Podem agir bloqueando sua formação ou interagindo com eles, tornando-os compostos eletricamente estáveis, impedindo assim o estresse oxidativo e, conseqüentemente, a destruição celular.¹⁵

Os antioxidantes enzimáticos representam a defesa evoluída do organismo contra os oxidantes, como as ERO, enquanto os antioxidantes não enzimáticos podem ser ingeridos a partir de alimentos ou suplementos.²¹

O aumento da utilização de agentes antioxidantes exógenos fornecidos pela alimentação, representados principalmente pelas vitaminas e minerais, compreende uma das linhas de defesa do organismo. Eles agem em três linhas de defesa orgânica contra as ERO: a primeira linha é a de prevenção; a segunda linha é a interceptação; e a terceira linha é o reparo.²²

Para um equilíbrio dos efeitos danosos dos RL o organismo conta com uma equipe de defesa de enzimas antioxidantes localizadas nas mitocôndrias e no citosol, são elas: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathiona peroxidase (GPx), onde a SOD é a primeira enzima de desintoxicação e o antioxidante mais poderoso da célula, e existem dois tipos de SOD: citoplasmática, que contem no seu sítio de ativação o cobre e o zinco (CuZn-SOD), e matriz mitocondrial, que depende do manganês para sua formação (Mn-SOD). É elucidado que a SOD é aumentada em resposta a exercícios entre indivíduos treinados quando comparado a sedentários, e quanto maior a produção da SOD, maior a resistência para o estresse oxidativo.²³

A CAT é uma enzima antioxidante presente em quase em todos os tecidos vivos que utilizam oxigênio. A enzima, que está localizada nos peroxissomos, completa o processo de desintoxicação da SOD, usando o manganês como cofator e catalisando a degradação ou redução do peróxido de hidrogênio. Já a quebra do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio é realizada pela GPx em mitocôndrias de células de

mamíferos, onde ela transforma o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio, evitando assim, a formação de novos radicais livres.²⁴

A GPx localiza-se tanto na mitocôndria como no citoplasma e encontra-se amplamente distribuída nos tecidos. Para que a enzima possa realizar sua atividade de proteção da célula contra a ação das ERO ela depende do mineral selênio.²⁵(Figura 2)

Figura 2: Esquema de defesa das enzimas antioxidantes.

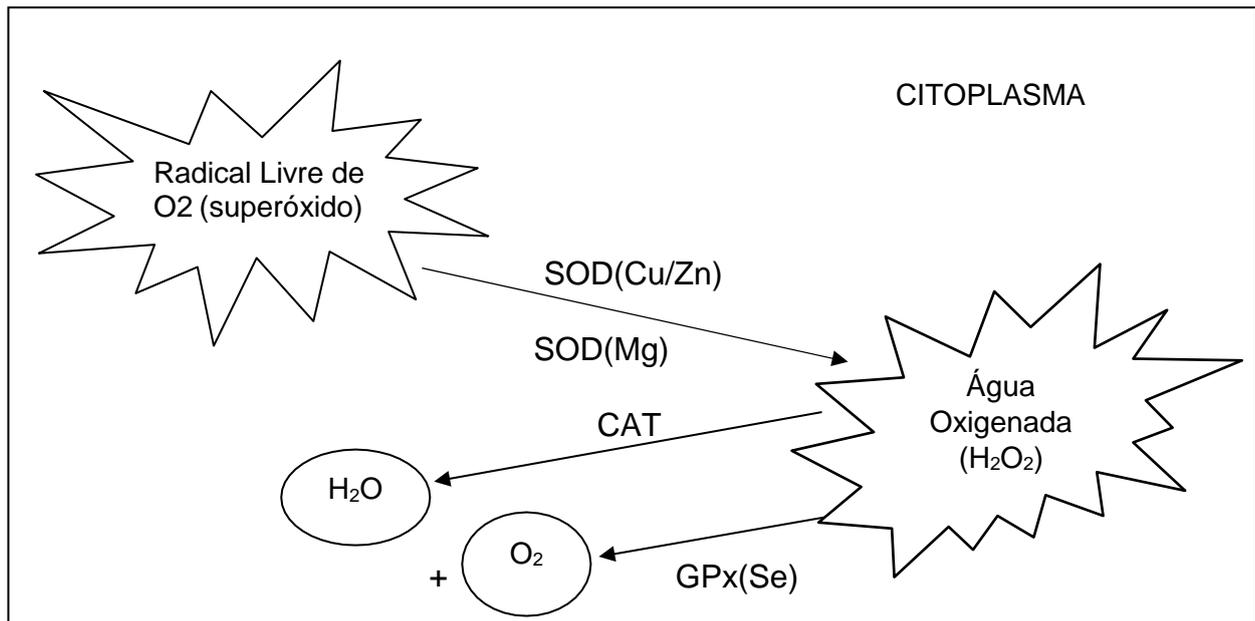


Figura 2: Barbosa et.al.

A produção de RL bem como a utilização dos agentes antioxidantes fornecidos pela nossa alimentação, como vitaminas A, C, E e minerais como zinco, manganês, selênio e cobre, entre outros, são consequências secundárias da prática de exercício físico. A oferta insuficiente desses nutrientes na dieta do praticante de exercício pode ocasionar o estresse oxidativo.²⁷

Apesar da importância dos efeitos dos antioxidantes para indivíduos sedentários, os indivíduos ativos necessitam consumir maior quantidade de antioxidantes em relação aos fisicamente inativos, devido ao estresse físico das lesões decorrentes da prática desportiva, portanto, a suplementação dietética com antioxidantes pode ser benéfica, entretanto, esse possível equilíbrio da suplementação exógena antioxidante com os níveis de ERO que podem melhorar o desempenho sem atenuar as vias adaptativas atualmente é desconhecido.²⁸

Vitamina C

A vitamina C, conhecida também como ácido ascórbico, é hidrossolúvel e pode extinguir diretamente os RL no meio aquoso (inclusive dentro das células), destacando-se como um excelente antioxidante sobre os RL, bem como, na reciclagem da vitamina E, outro potencial antioxidante.²⁹

A vitamina C atua também no controle do cortisol, hormônio liberado quando entramos em estresse e também quando elevados esforços físicos são realizados, como um treinamento pesado. Esse hormônio é antagonista à testosterona, com isso, a liberação de cortisol suprime a testosterona natural produzida em nosso organismo. Inicia-se então uma disputa entre esses dois hormônios, enquanto o cortisol tem um efeito catabólico, a testosterona tem um efeito anabólico, as recomendações mais recentes de vitamina C são de 75mg para mulheres e 90mg para homens.³⁰ Boas fontes vitamina C incluem diversas frutas, como pode-se ver no Quadro 1.

Quadro 1 - Teor de vitamina C em alimentos.

ALIMENTOS FONTE	VITAMINA C (mg/100g)
Acerola	941mg
Goiaba	218mg
Mamão papaia	82mg
Laranja Pêra	73mg
Morango	63mg

Fonte: Couto, Canniatti-Brazaca.

Vitamina E

A vitamina E, conhecida como α -tocoferol, é outra importante vitamina, considerada como o mais potente antioxidante biológico. É uma vitamina lipossolúvel e pode extinguir os radicais livres que atacam o fosfolípido ou a lipoproteína da membrana. A adequação da ingestão e suplementação de vitamina E ajudam a combater o estresse oxidativo e possíveis danos musculares induzidos pelo exercício.³²

A vitamina E parece assumir um papel determinante na proteção do coração contra situações deletérias decorrentes do exercício agudo. Como o músculo cardíaco apresenta um alto metabolismo aeróbico, há elevada taxa de metabolismo oxidativo geralmente associada à produção acrescida de ERO. Contudo, no coração, a

capacidade antioxidante parece ser limitada, tornando-o susceptível à lesão tecidual por estresse oxidativo após um período de exercício agudo.³³

A DRI para vitamina E é de 15 mg de equivalentes de α -tocoferol por dia, no contexto do treinamento físico, alimentos fontes que assegurem a ingestão adequada dessas vitaminas devem ser uma preocupação no planejamento alimentar do praticante de exercícios físicos, em especial em atletas.³⁴(Quadro 2).

Quadro 2 - Teores de vitamina E em alimentos

ALIMENTOS FONTE	VITAMINA E (mg/100g)
Óleo de amêndoa	39,2mg
Sementes de girassol	35,17mg
Amêndoa	26,2mg
Castanha do Pará	23mg
Abacate	2,1mg

Fonte: "Banco de dados do USDA National Nutrient de Referência Standard".

Embora a administração aguda em humanos possa potencialmente melhorar o desempenho, a maioria dos estudos não sugere benefícios. Existe também a preocupação de que a suplementação crônica possa neutralizar os efeitos adaptativos do treinamento por RL, interferindo na resposta antioxidante endógena essencial às ERRO.³⁶

Vitamina A

A vitamina A, também conhecida como retinol, foi a primeira vitamina a ser reconhecida e faz parte do grupo das vitaminas lipossolúveis, essencial para o ser humano, sendo encontrada na natureza apenas em alimentos de origem animal. Nos alimentos de origem vegetal são encontradas as próvitaminas A ou carotenoides, cujo principal exemplo é o betacaroteno, o qual é amplamente conhecido e estudado em virtude de seu potencial antioxidante que tem a capacidade de desativar o oxigênio e neutralizar radicais, reduzindo a oxidação no DNA e lipídios. A ingestão dietética de referência recomendada de vitamina A é de 700 μ g/dia para mulheres e de 900 μ g/dia para homens.³⁷ As fontes alimentares de vitamina A ou provitamina A podem ser observadas no Quadro 3.³⁸

Quadro 3 - Teores de vitamina A em alimentos

ALIMENTOS FONTE	VITAMINA A ($\mu\text{g}/\text{dia}$)
Bife de fígado (80g)	9.011
Batata doce (80g)	2.488
Cenoura (75g)	2.025
Espinafre (40g)	875
Brócolis (50g)	875

Fonte: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação.

Excesso de antioxidantes no desempenho do atleta

A suplementação aleatória com antioxidantes comuns na dieta pode, na verdade, ser prejudicial ao desempenho atlético, diminuindo o efeito adaptativo do treinamento físico, essas adaptações, incluindo a defesa endógena regulada positivamente, a síntese de proteína muscular e a biogênese mitocondrial, são importantes para melhorar a capacidade de exercício e a recuperação. Os antioxidantes dietéticos, como as vitaminas A, C e E, são geralmente necessários em quantidades muito pequenas, trabalhando com antioxidantes endógenos para manter ou restabelecer a homeostase redox.³⁹

Em geral, esses antioxidantes não absorvem especificamente todos os radicais livres, independentemente da sua fonte, com isso, o aumento da ingestão pode afetar vários caminhos, incluindo as vias de sinalização celular, as quais são importantes para a adaptação ao exercício. Em atletas, o rompimento desse sistema por excesso de suplementação com antioxidantes exógenos generalizados pode comprometer a recuperação e atenuar as adaptações do exercício, afetando negativamente o desempenho.⁴⁰

Estudos mostraram, com isso, que a suplementação antioxidante só pode melhorar o desempenho quando os níveis endógenos já estão esgotados, e depois de atingir concentrações normais, nenhum benefício adicional é visto. Da mesma forma, a suplementação antioxidante não parece beneficiar o tempo de recuperação após o exercício agudo, porém, há um corpo crescente de trabalho que mostrou que a ingestão de alimentos específicos, pode acelerar a recuperação.⁴¹

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atletas de resistência são suscetíveis a danos celulares iniciados por níveis excessivos de ERO produzidas por exercícios aeróbicos. Embora as ERO possam contribuir para o aparecimento da fadiga, há evidências crescentes de que elas desempenham um papel crucial nas adaptações do exercício. O uso de suplementos antioxidantes em geral, como as vitaminas A, C e E, em atletas é comum, no entanto, sua capacidade de melhorar o desempenho e facilitar a recuperação é controversa, com muitos estudos sugerindo um enfraquecimento das adaptações de treinamento com suplementação crônica, além disso, a suplementação com antioxidante deve ser indicada somente em casos de déficit. A prática regular de exercício físico, juntamente a uma dieta equilibrada, rica em componentes antioxidantes, como as vitaminas e minerais é, por essência, um fator de grande importância na modulação do estresse oxidativo, mantendo o processo oxidativo dentro de sua normalidade fisiológica.

REFERÊNCIAS

- 1 Oliveira DS, Aquino PP, Ribeiro SMR. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. 2011; 33(1):89-98.
- 2 Pereira ALF, Vidal, TF, Constant PBL. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. 2009; 34(3):231-47.
- 3 Teodoro BG. A influência da intensidade do exercício físico aeróbio no processo aterosclerótico. Rev Bras Med Esporte. 2010; 16(5):382-8.
- 4 Cruzat VF. Amino acid supplementation and impact on immunefunction in the context of exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2014; 11(61):1-13.
- 5 Coelho MS, Salas-Mellado, MM. Revisão: composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (*Salvia hispanica* L) em alimentos. Brazilian Journal Food Technology. Campinas. 2014; 17(4):259-68.
- 6 Agapito N, D'Avila NM, Silva MAS. Orientação farmacêutica a praticantes de atividade física de endurance: um estudo de caso. Rev Eletr de Farm. 2008; 5(3):09-22.
- 7 Gastell P, Alejo J. Métodos para medir el daño oxidativo. Rev Cub Med Militar. 2000; 29(3):192-8.
- 8 Bouzid MA, Filaire E, McCall A, Fabre C. Espécies radicais de oxigênio, exercício e envelhecimento: uma atualização. Medicina Esportiva. 2015; 45(9):1245-1261.
- 9 Halliwell B. As mudanças de um radical livre. Free Radic Biol Med. 2009; 46(5):531-42.

- 10 Giustarini D, Dalle-Donne I, Tsikas D, Rossi R. Oxidative stress and human diseases: origin, link, measurement, mechanisms, and biomarkers. *Rev Clin Lab Sci*. 2009;46(5):241-81.
- 11 Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*. 2010; 4(8):118-26.
- 12 Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. *Rev Bras Med Esporte*. 2007; 13(5):336-42.
- 13 Shi M., X Wang, Yamanaka T., Ogita F., K. Nakatani, T. Takeuchi Efeitos do exercício anaeróbico e exercício aeróbico sobre biomarcadores de estresse oxidativo. *Saúde Ambiental e Medicina Preventiva*. 2007; 12(5):202-08.
- 14 Powers SK, Criswell D, Lawler J, Ji LL, Martin D, Herb RA. Influence of exercise and fiber type on antioxidant enzyme activity in rat skeletal muscle. *Am J Physiol*. 1994; 266(2):375-80.
- 15 Costa RL, Sousa Junior FAC. Ação dos Antioxidantes sobre os Radicais Livres Produzidos por Exercícios de Endurance. *Nutrição em Pauta*. 2008; 16(92):35-39.
- 16 Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Can J Appl Physiol*. 2004; 29(3):245-63.
- 17 Radak Z, Zhao Z, Koltai E, Ohno H, Atalay M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: The balance between oxidative stress and ros-dependent adaptive signaling. *Antioxidants & redox signaling*. 2013; 18(10):1208-16.
- 18 Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Klötting N, Birringer, M, Kiehntopf M, Stumvoll M, Kahn CR; Blüher M. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009; 106(21):8665-70.
- 19 Goldfarb AH, Bloomer RJ, Mckenzie MJ. Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(2):234-39.
- 20 Demince R, Sicchieri T, Payão PO, Jordão AA. Blood and Salivary Oxidative Stress Biomarkers Following an Acute Session of Resistance Exercise in Humans. *Int J Sports Med*. 2010; 31(9):599-603.
- 21 Packer L, Cadenas E. Oxidants and antioxidants revisited: new concepts of oxidative stress. *Free Radic Res*. 2007; 41(9):951-52.
- 22 Cerqueira F, Medeiros M, Augusto O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. 2007; 30(2):441-49.
- 23 Jaramillo MC, Frye JB, Crapo JD, Briehl MM, Tome ME. Increased Manganese Superoxide Dismutase Expression or Treatment with Manganese Porphyrin Potentiates

Dexamethasone-Induced Apoptosis in Lymphoma Cells. *Cancer Res.* 2009; 69(13): 5450-7.

24 Ferreira D. Parâmetros de estresse oxidativo e estudo de lesões histopatológicas em jundiás (*Rhamdia quelen*) exposto a agroquímicos 2010. 55p. Tese [Dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2010.

25 Nicolodi PRSJ, Camargo EV, Zeni D, da Rocha RX, Cyrillo FC, de Souza FN, Libera AMMD, Bondan C. Perfil proteico e metabolismo oxidativo de cordeiros experimentalmente infectados pelo *Haemonchus contortus* e suplementados com selênio e vitamina E. 2010; 40(3):561-67.

26 Barbosa KBF, Bressan J, Zulet MA, Martínez JA. Estresse oxidativo: Conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição.* 2010; 23(4):629-43.

27 Amorim AG, Pires ISO, Tirapegui J. Indicators of oxidative stress in rats submitted to physical training and to a magnesium-deficient diet. *Proceedings of the 54th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine.* *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(1):85-92.

28 Neves GY. Avaliação do consumo de alimentos ricos em antioxidantes e do conhecimento sobre os radicais livres. *Diálogos & Saberes.* 2014; 10(1):47-62.

29 Catania AS, Barros CR, Ferreira SRG. Vitaminas e minerais com propriedades antioxidantes e risco cardiometabólico: controvérsias e perspectivas. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia.* 2009; 53(5):550-9.

30 Frei B, Birlouez-Aragão I, Lykkesfeldt J. Perspectiva dos autores: Qual é a ingestão ideal de vitamina C em humanos? *Rev Food Sci.* 2012; 52(9):815-29.

31 Couto MAL, Canniatti-Brazaca SG. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* 2010;30(1):15-19.

32 Guimarães NWM. Musculação: anabolismo total: treinamento, nutrição, esteroides anabólicos e outros ergogênicos. 9ª edição: Phorte; 2009.

33 Peternej T, Coombes J. Antioxidant supplementation during exercise training: beneficial or detrimental? *Sports Medicine.* 2011; 11(64):1043-69.

34 Yonezawa LA, Machado LP, Silveira VF. Malondialdeído e troponina I cardíaca em equinos da raça Puro Sangue Árabe submetidos ao exercício e à suplementação com vitamina E. *Rev. Cienc. Rural.* 2010; 40(6):1321-26.

35 Banco de dados do USDA National Nutrient de Referência Standard. USDA Agricultural Research Service.

36 Neubauer O, Sabapathy S, Lazarus R. A análise do transcriptoma de neutrófilos após o exercício de endurance revela novos mecanismos de sinalização na resposta imune ao estresse fisiológico. *J Appl Physiol.* 2013;14(9):1677-88.

- 37 Gomez-Cabrera M. A administração oral de vitamina C diminui a biogênese mitocondrial muscular e dificulta as adaptações induzidas pelo treinamento no desempenho de endurance. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87(1):142-9.
- 38 Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4ª edição. Campinas: Nepa- Unicamp; 2011.
- 39 Uyama LKO. Vitamina A (retinol) e carotenoides. In: Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. 3ª ed. Barueri: Manole. 2009; 3(1): 253-97.
- 40 Paulsen G, Mikkelsen UR , T Raastad , Peake JM. A suplementação com vitamina C e E altera a sinalização protéica após uma sessão de treinamento de força, mas não o crescimento muscular durante 10 semanas de treinamento. *J Physiol.* 2014; 592(24):5391-408.
- 41 Huang MC, Chen CC, Peng FC, Tang SH, Chen CH. The correlation between early alcohol withdrawal severity and oxidative stress in patients with alcohol dependence. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2009; 33(1):66-9.