

**ZINCO, INFLAMAÇÃO E EXERCÍCIO FÍSICO: RELAÇÃO DA FUNÇÃO ANTIOXIDANTE E ANTI-INFLAMATÓRIA DO ZINCO NO SISTEMA IMUNE DE ATLETAS DE ALTO RENDIMENTO**Rosangela Souza de Castilho<sup>1</sup>  
Fabio Henrique Ornellas<sup>1</sup>**RESUMO**

Introdução: Pesquisadores buscam esclarecer a influência do zinco na resposta imunológica de atletas, principalmente, pelo fato que o exercício físico influencia a síntese de citocinas pró-inflamatórias que alteram o metabolismo de zinco. Objetivo: Verificar a relação da função antioxidante e anti-inflamatória de zinco no sistema imunológico de atletas de alto rendimento. Revisão da literatura: Revisão de literatura sistemática incluindo publicações com foco geral no sistema imunológico em atletas, deficiência e suplementação de zinco, oxidação celular e inflamação. Foram excluídos artigos que não contemplavam esta relação. Os dados de Nieman (1990) comprovaram que corredores treinando mais de 96 km/semana dobraram as chances de desenvolver infecções. Peake, Gerrard e Griffin (2003) estudaram a concentração de zinco no plasma em corredores e demonstraram concentrações inferiores nos atletas. No estudo de Mesquita (2009) as análises de zinco, a atividade da enzima superóxido dismutase e a concentração de zinco na dieta, revelaram padrões de normalidade para todas as variáveis em ambos os grupos, exceto para o consumo alimentar dos judocas. Koury e Colaboradores (2003) confirmaram que 7 meses de suplementação de 22 mg de gluconato de zinco e ingestão dietética de 20 mg.d<sup>-1</sup> em um nadador, alterou a atividade da enzima superóxido dismutase. Conclusão: O zinco exerce um papel fundamental no metabolismo, porém, necessita-se de mais estudos na avaliação do estado nutricional e adequação dietética do atleta. A suplementação de zinco deve ser supervisionada para evitar efeitos adversos.

**Palavras-chave:** Imunidade. Zinco. Atletas. Suplementação.

1-Programa de Pós Graduação Lato Sensu da em Bases Nutricionais da Atividade Física: Nutrição Esportiva.

**ABSTRACT**

Zinc, inflammation and exercise: antioxidant function relationship of anti-inflammatory and zinc in the immune system for high performance athletes

Introduction: Researchers seek to clarify the influence of zinc on immunity in athletes. The exercise could influence on the synthesis of pro-inflammatory cytokines that alter the metabolism of zinc. Supplementation is recommended in order to restore immune function. Aim: To investigate the relationship between antioxidant function and anti-inflammatory zinc on the immune system of elite athletes and supplementation. Literature review: Literature review including systematic publications focusing on general immune system in athletes, disability and zinc supplementation, cellular oxidation and inflammation. We excluded articles that did not include this relationship. The data Nieman (1990) found that runners training more than 96 km / week doubled the chances of developing infections. Peake, Gerrard and Griffin (2003) studied the zinc concentration in plasma and demonstrated in the corridors lower concentrations in athletes. In the study of Mosque (2009), analyzes of zinc, the activity of superoxide dismutase and zinc concentration in the diet, revealed patterns of normality for all variables in both groups, except for food consumption judokas. Koury et al (2003), confirmed that seven months of supplementation with 22 mg zinc gluconate and dietary intake of 20 mg.d<sup>-1</sup>, a swimmer, alter the activity of superoxide dismutase. Conclusion: Zinc exerts a key role in metabolism, but there is need for further studies in the assessment of nutritional status and dietary adequacy of the athlete. Zinc supplementation should be monitored to avoid adverse effects.

**Key words:** Immunity. Zinc. Athletes. Supplementation.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, diversos pesquisadores demonstram interesse em esclarecer qual a influência de determinados micronutrientes sobre a resposta imunológica de praticantes de exercícios intensos, com o intuito de minimizar os efeitos prejudiciais do excesso de espécies reativas de oxigênio e melhorar a capacidade antioxidante dos atletas (Koury e Donangelo, 2003).

O organismo, para prevenção ou minimização de efeitos maléficos do estresse oxidativo causados pelo exercício intenso, ativa os mecanismos de defesa também através de micronutrientes, entre eles o zinco. Esse participa da estrutura da enzima superóxido dismutase, responsável por catalisar a redução de superóxido a oxigênio e peróxido de hidrogênio (Córdova e Navas, 2000).

Segundo Córdova e Navas (2000) a produção de radicais livres ocorre durante o exercício e também durante o estado de repouso, no período de recuperação. O aumento da utilização de oxigênio durante o exercício se dá devido ao aumento da atividade mitocondrial, o que pode conduzir à produção de radicais livres e ao dano muscular (Córdova e Navas, 2000).

A suplementação de zinco tem sido recomendada com objetivo de restaurar a função imune prejudicada por infecções, porém, poucos estudos relacionam sua suplementação com a resposta imune em atletas (Shankar e Prasad, 1998; Peake, Gerrard e Griffin, 2003).

Este estudo tem como objetivo verificar através de revisão de literatura sistemática, a relação da função antioxidante e anti-inflamatória de zinco no sistema imune de atletas de alto rendimento e suplementação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracterizou-se como uma revisão de literatura sistemática, no qual se buscou utilizar artigos recentes. Os artigos foram rastreados nas bases de dados eletrônicos Medline (National Library of Medicine, USA), Lilacs (Bireme, Brasil), Biomed, Pubmed e Scielo.

Foram selecionadas publicações em português, inglês e espanhol, mediante consulta às bases de dados, utilizando os

seguintes termos: imunidade, inflamação, atletas, suplementação de zinco e exercícios físicos.

Essa estratégia de busca forneceu 57 artigos para a seleção inicial. Foram criteriosamente incluídos estudos que: a) avaliaram deficiências nutricionais de antioxidantes e imunidade em pacientes não saudáveis; b) avaliaram infecções virais em pacientes internados; c) estudos com animais; d) estudos com participantes internados; e) artigos posteriores à década de 1980.

Foram filtradas 36 publicações que atenderam aos critérios de inclusão, considerando-se artigos publicados nos últimos 26 anos, nos idiomas inglês, português e espanhol. Foram, principalmente, artigos originais, revisão bibliográfica e teses de mestrado.

Não foram realizadas restrições quanto à faixa etária, gênero ou modalidade esportiva, porém, estudos que envolviam atletas e pessoas saudáveis foram preferencialmente escolhidos, assim como trabalhos em que os modelos metodológicos fossem realizados com seres humanos.

## A importância biológica do Zinco

O zinco desempenha um papel vital na nutrição humana e função bioquímica (Ganapathy e Volpi, 1999), porém, há ainda muitas questões a serem respondidas sobre sua participação no metabolismo orgânico, homeostasia, danos causados pela deficiência, bem como, suplementação do zinco em várias situações (Mafra e Cozzolino, 2004).

Durante as últimas três décadas, vários avanços científicos importantes ocorreram no campo do metabolismo do zinco. Antes de 1963, a deficiência de zinco em seres humanos era desconhecida (Ganapathy e Volpi, 1999).

Atualmente já foram identificados mais de 300 diferentes tipos de metaloenzimas que necessitam deste mineral para sua atividade (Andrade e Marreiro, 2001; Henriques, Hirata e Cozzolino, 2003).

Segundo os autores Lukaski (2000) e Andrade e Marreiro (2011) a superóxido dismutase se destaca como uma das metaloenzimas dependentes de zinco envolvidas no sistema de defesa antioxidante durante o exercício físico. A enzima

superóxido dismutase está envolvida na proteção celular contra a toxicidade do oxigênio, porém sua síntese pode causar danos oxidativos às células.

### Distribuição fisiológica

O corpo humano contém cerca de 1,5 a 2,5 gramas de zinco. Cerca de 60% está no músculo e, aproximadamente, 30% encontra-

se nos ossos, sendo que mais de 95% está ligado a células e metaloenzimas das membranas celulares. O plasma contém apenas 0,1% de zinco do corpo.

As variações na ingestão dietética são responsáveis pela concentração deste oligoelemento em alguns tecidos, incluindo o sangue, ossos, pele, baço, fígado e intestinos (Ganapathy e Volpi, 2009).

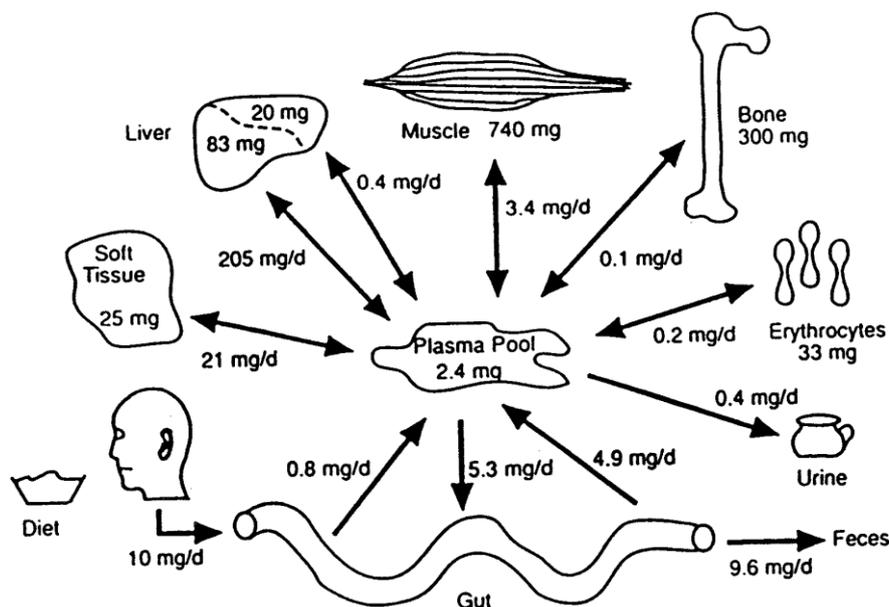


Figura 1 - Distribuição em seres humanos (Ganapathy e Volpi, 2009).

Este mineral é o segundo elemento traço essencial mais abundante no organismo humano (Henriques, Hirata, Cozzolino, 2003) responsável por numerosas funções estruturais e bioquímicas a nível celular e subcelular (Lowe, Fekete e Decsi, 2009).

Também tem papel biológico importante na divisão celular, espermatogênese, estabilização da transcrição gênica, estoque e liberação de insulina, metabolismo da vitamina A, no metabolismo energético e síntese de proteínas (Koury e Donangelo, 2003).

### Zinco e o sistema imune

O sistema imunológico é dividido em dois grandes ramos. O primeiro é chamado de sistema inato, cujos elementos podem agir como efetores do sistema adaptativo e é composto por células: neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monócitos, células naturais killer e por fatores solúveis do sistema complemento,

como proteínas de fase aguda e enzimas. O segundo, o sistema adaptativo, o qual se caracteriza por responder ao antígeno de modo específico, apresentando memórias, e é composto por células como os linfócitos T e B e por fatores humorais, as imunoglobulinas (Costa Rosa e Vaisberg, 2002).

Segundo Chandra citado por Peres e Koury (2006) as funções dos linfócitos T, como hipersensibilidade retardada e atividade citotóxica, são suprimidas durante a deficiência de zinco, mas restauradas através da suplementação do mineral.

O zinco é um potente mediador na resistência do organismo contra infecções e seu papel na resposta imune celular específica é realizado através da sua participação na expansão clonal de linfócitos. Isso ocorre por meio da inibição da apoptose e pela manutenção da integridade da membrana celular, através da ligação do zinco ao grupamento tiol (Shankar e Prasad, 1998).

### Deficiência de zinco e exercício físico

Os níveis de zinco plasmático em atletas dependem de vários fatores tais como, tipo, intensidade e duração do exercício (Koury e Donangelo, 2003).

Os estudos nutricionais demonstram que os atletas geralmente consomem quantidade insuficiente de zinco para compensar as perdas aumentadas pelo suor e urina e para atender a elevada demanda bioquímica (Koury e Donangelo, 2003).

A deficiência deste oligoelemento em praticantes de exercícios físicos intensos pode ser causada por diversos fatores: a ingestão inadequada de alimentos fonte, a expansão do volume plasmático resultando em hemodiluição, o aumento das perdas através do suor e urina e, ainda, pela redistribuição de zinco plasmático para o fígado na reação de fase aguda e/ou eritrócitos após o exercício intenso (Koury e Donangelo, 2003) causada pelo aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias (Rink e Kirchner, 2000).

De acordo com Shankar e Prasad (1998) danos celulares no trato gastrointestinal e vias pulmonares também são observados durante a deficiência de zinco por afetar leucócitos, células naturais killer e a atividade do sistema complemento. A partir de vários estudos, constatou-se que mesmo uma pequena deficiência de zinco pode prejudicar a múltiplos mediadores do sistema imune humano (Shankar e Prasad, 1998).

### Zinco: Imunidade e inflamação

Dependendo do tipo de exercício ou modalidade esportiva, as respostas imunológicas podem sofrer alterações benéficas ou maléficas. Estudos mostram que exercícios físicos de intensidade moderada podem reduzir a ocorrência de infecções, especialmente do trato respiratório superior (ITRSs) (Prestes e Colaboradores, 2006).

Em contrapartida, situações de atividade física extenuante, como no caso dos atletas envolvidos em longos períodos de treinamento intenso, o aumento da suscetibilidade a infecções é amplamente observado (Silva e Colaboradores, 2009).

De acordo com Prestes e Colaboradores (2006), estudos evidenciaram que exercícios físicos intensos e de curta duração podem elevar o número total de leucócitos no sangue numa relação diretamente proporcional à intensidade do exercício.

As alterações temporárias da resposta imune, causadas por uma sessão de exercício, são conhecidas como resposta de fase aguda ao exercício (Costa Rosa e Vaisberg, 2002) o objetivo da resposta de fase aguda é ajustar a homeostasia para o reparo tissular.

### Zinco e Oxidação Celular: Infecções do trato respiratório

As espécies reativas de oxigênio são instáveis e, por isso, constantemente formadas no organismo humano, apresentando alta reatividade molecular, principalmente durante a fagocitose realizada pelos neutrófilos, monócitos e macrófagos no combate a microorganismos invasores (Koury e Donangelo, 2003).

#### Quadro 1 - Redução do oxigênio a espécies reativas (Koury e Donangelo, 2003).

$O_2 + e^- \rightarrow O_2^{\bullet -}$	radical superóxido
$O_2^{\bullet -} + H_2O \rightarrow HO_2^{\bullet}$	radical hidroperoxil
$HO_2^{\bullet} + e^- + H \rightarrow H_2O_2$	peróxido de hidrogênio
$H_2O_2 + e^- \rightarrow \bullet OH + OH^-$	radical hidroxila

Durante a prática exercícios de alta intensidade, o organismo ativa mecanismos adaptativos agudos em busca de homeostase.

Dentre esses mecanismos está o aumento de incursões respiratórias frequentes e profundas, cuja finalidade é de possibilitar

um maior aporte de oxigênio para produção de energia (Silva e Colaboradores, 2009).

Esse fato, entretanto, coloca o praticante de atividade física em contato maior com os poluentes do ar, resultando em condição facilitadora para infecções (Anderson

e Kippelen, 2008; Silva e Colaboradores, 2009).

Isso ocorre devido ao aumento de oxidação celular provocada pelas espécies reativas de oxigênio, que causa, dentre outros fatores, a inflamação de vias aéreas superiores em atletas de alto rendimento.

Após exercício de alta intensidade, as imunoglobulinas séricas ficam elevadas em decorrência do fluxo de proteínas do extra para o intravascular. É vista diminuição de IgA secretório de até 50% dos valores basais em atletas de elite após esforço intenso. Esta queda é associada a uma maior incidência de infecções de vias aéreas superiores em atletas submetidos a grandes esforços (Costa Rosa e Vaisberg, 2002).

### **Zinco e Oxidação Celular: Inflamação Muscular**

Em situações de estímulo físico, especialmente anaeróbia, ocorre o aumento da produção de radicais livres devido à oxidação celular, que pode levar a um desequilíbrio entre o ataque oxidativo e o sistema de defesa antioxidante e contribuir para a lesão muscular, compressão articular, inflamação, entre outras consequências (Andrade e Marreiro, 2011).

O rápido desenvolvimento da lesão muscular em nível de fibras e tecido conjuntivo é acompanhado por uma alteração dos componentes intracelulares, que extravasam para os espaços intersticial e plasmático. Dentre essas substâncias incluem-se as prostaglandinas, que atraem os neutrófilos e monócitos.

Isto se deve ao fato de que o exercício físico gera um desvio do estado de homeostase orgânica, que leva à reorganização da resposta do sistema imune, provocando a lesão muscular e gerando um processo inflamatório localizado (Costa Rosa e Vaisberg, 2002).

Na opinião de Koury e Donangelo (2003) apesar de não existirem recomendações específicas para atletas, esse grupo populacional parece necessitar de um

maior aporte de nutrientes para compensar as maiores perdas pelo suor e urina (Mesquita, 2009).

### **Zinco: Dieta e suplementação**

A suplementação nutricional, principalmente de minerais, tem-se tornado cada vez mais comum por praticantes de exercícios físicos e atletas, devido sua relação com o desempenho em indivíduos fisicamente ativos (Lukaski, 2004; Andrade e Marreiro, 2011).

O exercício intenso e prolongado, em ambientes quentes, pode afetar o metabolismo do zinco devido ao aumento de sua excreção pelo suor e urina. Este efeito pode ser maior em atletas que seguem padrões rígidos de manutenção de peso e fazem uso crônico de dieta inadequada em zinco (Ganapathy e Volpe, 1999; Peres e Koury, 2006).

Na alimentação, este oligoelemento é amplamente encontrado em alimentos de origem animal e ostras. Oleaginosas e leguminosas também são consideradas boas fontes de zinco, enquanto cereais contêm baixa concentração deste mineral.

Atualmente, a recomendação de ingestão de zinco varia de 6,8 a 8,5 mg/dia segundo a Estimated Average Requirement (EAR) contida nas Dietary Reference Intakes (DRI), que demonstram a quantidade do mineral suficiente para atingir as necessidades nutricionais de indivíduos adultos saudáveis. O nível máximo de ingestão tolerável do mineral é de 40mg/dia (Food and Nutrition Board, 2001).

A ingestão demasiada de zinco, acima de 50 mg/dia durante logo período de tempo, pode causar a deficiência de cobre, já que esses elementos-traço competem durante a absorção intestinal (Peres e Koury, 2006).

Infelizmente, a quantidade adequada de ingestão de zinco para minimizar os efeitos deletérios do exercício sobre o sistema imune durante o treinamento intenso e prolongado ainda não foi estabelecida (Peres e Koury, 2006).

**Quadro 2** - Síntese de estudos e procedimentos metodológicos adotados para análise de zinco orgânico, imunidade e suplementação em atletas de alto rendimento.

Autor	Amostra	Período	Estudo (avaliação)	Atleta (n)	Controle (n)	Resultados
Nieman e colaboradores, 1990	Homens Corredores	2 meses antes e 1 semana após (Maratona de Los Angeles 1987)	Incidência de infecção no Trato Respiratório Superior	2311	-	Corredores Antes: 40% Depois: 12,9%  Controle Depois: 2,2%
Peake, Gerrard e Griffin, 2003	Homens Corredores	4 sem.	Zc plasmático durante o período de treinamento intenso	10	7	Atletas ↓ (Antes) = (Depois)
Koury e colaboradores, 2003	Nadador	7 meses	a) Suplem. 22 mg B) ingestão de 20 mg.d <sup>-1</sup>	1	-	↑ Ativ. Superóxido Dismutase  = Leucócitos
Mesquita, 2009	Homens Judocas adolescentes (14 - 19a.)	-	a) [ ] de Zc plasmático b) [ ] de Zc eritrocitário c) Atividade da enzima superóxido dismutase eritrocitária d) [ ] Zc dietético.	25	27	Ambos = (Antes e após 24h)  ↑ Zinco Dieta

**Legenda:** Zc: zinco; H: homem; [ ]: concentração; Ativ: atividade; n: amostra.

## DISCUSSÃO

Após exercício de alta intensidade, as imunoglobulinas séricas ficam elevadas em decorrência do fluxo de proteínas do extra para o intravascular. Também ocorre, após esforço intenso, uma diminuição de IgA secretório de até 50% dos valores basais em atletas de elite. Esta queda também está associada a maior incidência de infecções de vias aéreas superiores (IVAS) (Costa Rosa e Vaisberg, 2002; Nieman e Pedersen, 1999).

A mobilização dos estoques de zinco corporal ocorre em condições de estresse, tais como infecção, inflamação e exercício intenso de longa duração (Koury e Donangelo, 2003).

A partir do estudo de Nieman e Colaboradores (1990) com maratonistas em Los Angeles, comprovou-se que corredores que treinavam mais de 96 km/semana dobraram suas chances de desenvolver infecções de vias aéreas superiores quando comparados com aqueles que treinavam menos de 32 km/semana (Nieman, 1995; Peres e Koury, 2006) corroborando com vários

estudos realizados com atletas de alto rendimento.

Peake, Gerrard e Griffin (2003) estudaram, por quatro semanas, a concentração de zinco plasmático em corredores durante o período de treinamento intenso e demonstraram que os atletas antes de iniciarem o período de treinos intensos apresentavam concentrações significativamente menores do que indivíduos não atletas. No entanto, a concentração de zinco plasmático não se alterou em resposta ao treinamento aumentado (Peres e Koury, 2006).

Apesar de o estudo de Peake, Gerrard e Griffin (2003) não evidenciar alteração do zinco pós-período de treino intenso, muitos estudos têm demonstrado que as concentrações plasmáticas de indivíduos fisicamente ativos estão diminuídas, apresentando uma hipozincemia, durante período de 2 a 24 horas após a realização do exercício intenso (Andrade e Marreiro, 2011).

No estudo clínico de Mesquita (2009), de natureza transversal, experimental, foram realizadas análises das concentrações de

zinco plasmático e eritrocitário, da atividade da enzima superóxido dismutase e análise da concentração de zinco na dieta de 25 atletas judocas na faixa etária entre 14 e 19 anos, do sexo masculino, que treinam regularmente a mais de um ano na Seleção Piauiense de Judô. Paralelamente, foram selecionados 27 adolescentes do sexo masculino, com características semelhantes ao grupo experimental, porém, sedentários, caracterizando assim como grupo controle.

O estudo revelou que os valores médios de zinco plasmático, em ambos os grupos, estavam dentro dos padrões de normalidade, sem diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ). Esses resultados corroboram com os estudos de Koury e Donangelo (2003) realizados com atletas de judô. Quanto ao consumo alimentar dos judocas, o estudo revelou valores médios de zinco superiores à recomendação, porém, o estado nutricional desses atletas, relativo ao zinco, mostraram-se adequados e sem diferença significativa entre os grupos. Com relação à determinação da atividade da enzima superóxido dismutase, os valores médios também demonstraram estar dentro da normalidade para ambos os grupos estudados.

Segundo Mesquita (2009) alguns pesquisadores constataram que o consumo total de oxigênio verificado durante a realização da atividade física anaeróbia, possui efeito inexpressivo sobre o consumo de oxigênio ( $VO_2$  máx.).

Portanto, este pode ser um dos fatores que resultaram na não alteração do consumo de oxigênio ( $VO_2$  máx.), em ambos os grupos de judocas na pesquisa de Mesquita (2009), devido à prática de o judô ser intermitente e com períodos de descanso.

Na análise dietética de zinco em ambos os grupos de adolescentes, os dados do estudo de Mesquita (2009), revelaram valores médios do mineral de 20,3 mg/dia, para os judocas, sendo estes superiores aqueles encontrados para o grupo controle (10,9 mg/dia).

De acordo com os valores da Estimated Average Requirement (EAR) do Institute of Medicine, Food and Nutrition Board (2001) as recomendações nutricionais de 8,5 mg/dia, sendo 8mg/dia para mulheres e de 11mg/dia para homens. Sendo assim, a concentração deste mineral encontrava elevadas em ambos os grupos.

No estudo de Koury e Colaboradores (2003) após sete meses de suplementação com 22 mg de gluconato de zinco e ingestão dietética de 20 mg.d<sup>-1</sup>, um nadador de elite apresentou aumento significativo na atividade da enzima cobre-zinco superóxido dismutase.

Embora os indicadores de zinco tenham sido alterados pela suplementação, não foram observadas mudanças na contagem de leucócitos. Ficou demonstrado que a suplementação com gluconato de zinco (22 mg) pode alterar os indicadores de proteção antioxidante zinco-dependente dos eritrócitos, mas não o perfil imunológico (Peres e Koury, 2011).

## CONCLUSÃO

O zinco exerce um papel fundamental no metabolismo orgânico, porém, necessita-se de mais estudos no que diz respeito às funções fisiológicas, homeostasia, danos por insuficiência no organismo e suplementação nutricional do zinco em diversos aspectos, seja de forma dietética quanto por prescrição oral manipulada.

Além disso, torna-se também importante a avaliação do estado nutricional de atletas referente a este mineral, no que diz respeito à hipozincemia pré e pós-exercícios de alta intensidade.

A suplementação de zinco pode ser benéfica em situações de treinamento prolongado e de alta intensidade, com o objetivo de reduzir os efeitos inflamatórios causados pelo overtraining.

No entanto, a suplementação oral deve ser supervisionada por um profissional nutricionista, pois, doses acima de 40 mg.d<sup>-1</sup> prescritas por períodos prolongados podem causar efeitos adversos no sistema imunológico e assim, prejudicar o desempenho físico dos atletas.

Diversos estudos apresentam os resultados promissores da suplementação com zinco em atletas que comprovadamente apresentam insuficiência ou até a deficiência deste mineral.

Portanto, o avanço das pesquisas científicas poderá estabelecer o potencial terapêutico deste oligo-elemento sobre o sistema de defesa antioxidante em atletas de alto rendimento.

**REFERÊNCIAS**

1-Anderson, S.D.; Kippelen, P. Airway injury as a mechanism for exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. Vol. 122. Num. 2. 2008. p. 225-235.

2-Andrade, L.S.; Marreiro, D.N. Aspectos sobre a relação entre exercício físico, estresse oxidativo e zinco. *Revista de Nutrição Campinas*. Vol. 24. Num. 4. 2011. p. 629-640.

3-Cordova, A.; Navas, F. J. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 6. Núm. 5. 2000.

4-Costa Rosa, L.F.P.B.; Vaisberg, M.W. Influências do exercício na resposta imune. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 8. Num. 4. 2002. p. 167-172.

5-Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. National Academy of Sciences. Washington. 2001.

6-Ganapathy, S.; Volpe, S.L. Zinc, Exercise, and Thyroid Hormone Function. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 39. Num. 4. 1999. p. 369-390.

7-Henriques, G.S.; Hirata, M.H.; Cozzolino, S.M.F. Aspectos recentes da absorção e biodisponibilidade do zinco e suas correlações com a fisiologia da isoforma testicular da Enzima Conversora de Angiotensina. *Revista de Nutrição. Campinas*. Vol. 16. Num. 3. 2003. p. 333-345.

8-Institute of Medicine/Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. National Academy Press. Washington. 2001. 650p.

9-Koury, J.C.; Donangelo, C.M. Zinco, Estresse oxidativo e atividade física. *Revista de Nutrição. Campinas*. Vol. 16. Num. 4. 2003. p. 433-441.

10-Lowe, N.M.; Fekete, K.; Decsi, T. Methods of assessment of zinc status in humans: a systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 89 Num. 89. 2009. p. 2040S-2051S.

11-Lukaski, H.C. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, Vol. 20. 2004. p. 632-644.

12-Lukaski, H.C. Magnesium, zinc, and chromium nutrition and physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 72. Num. 2. 2000. p. 585-93.

13-Mafra, D.; Cozzolino, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. *Revista de Nutrição. Campinas*. Vol. 17, Num. 1. 2004. p. 79-87.

14-Mesquita, L.S.A. Parâmetros Bioquímicos de Avaliação do Estado Nutricional Relativo ao Zinco e Atividade da Enzima Superóxido Dismutase em Judocas Adolescentes. Dissertação de Mestrado em Ciências e Saúde da Universidade Federal do Piauí. Teresina-PI. 2009.

15-Nieman, D.C.; Johanssen, L.M.; Lee, J. W. Arabatzis, K. Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles Marathon. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 30. 1990. p. 316-328.

16-Nieman, D.C.; Pedersen, B.K. Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Medicine*. Vol. 27. 1999. p. 73-80.

17-Nieman, D.C. Upper respiratory tract infections and exercise. *Thorax*. Vol. 50 Num. 12. 1995. p. 1229-1231.

18-Peake, J. M.; Gerrard, D. F.; Griffin, J. F. T. Plasma Zinc and Immune Markers in Runners in Response to a Moderate Increase in Training Volume. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 24. Num. 3. 2003. p. 212-216.

19-Peres, P.; Koury, J. Zinco, Imunidade, Nutrição e Exercício. *CERES: Nutrição & Saúde*. Vol. 1. Num. 1. 2006. p. 9-18.

20-Prestes, J.; Foschini, D.; Donatto, F. F. Efeitos do Exercício Físico Sobre o Sistema

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

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

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

---

Imune. Revista Brasileira de Ciências da Saúde. Vol. 3. Num. 7. 2006. p. 57-65.

21-Rink, L.; Kirchner, H. Zinc-altered immune function and cytokine production. Journal of Nutrition. Vol. 130. Num. 5. 2000. p. 1407-1411.

22-Shankar, A. H.; Prasad, A. S. Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. The American Journal of Clinical Nutrition. Vol. 68. 1998. p. 447-463.

23-Silva, R. P.; Natali, A.J.; Paula, S.O.; Locatelli, J.; Marins, J.C.B. Imunoglobulina A salivar (IgA-s) e exercício: relevância do controle em atletas e implicações metodológicas. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 15. Num. 6. 2009. p. 459-466.

E-mail:

[contato@rosangelacastilho.com.br](mailto:contato@rosangelacastilho.com.br)

Endereço para correspondência:

Rua Gonçalves Dias, 255. Vila Açoreana - Poá  
- SP. CEP: 08557-090.

Recebido para publicação 10/12/2013

Aceito em 15/03/2014