

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício 2017;16(2):105-10

## REVISÃO

### Efeitos da suplementação de fosfato de sódio em ciclistas de elite *Effects of sodium phosphate supplement in elite of cyclists*

Deise Jaqueline Alves Faleiro\*, Rodrigo Rodrigues, M.Sc.\*\*

\*Nutricionista Esportiva, \*\*Educador Físico

Recebido em 20 de dezembro de 2015; aceito em 29 de dezembro de 2015.

**Endereço para correspondência:** Deise Jaqueline Alves Faleiro, Rua Dr. Hillebrand, 1084, Rio dos Sinos, 93110-100 São Leopoldo RS, E-mail: deise-faleiro@hotmail.com, rodrigo.esef@gmail.com

## Resumo

**Introdução:** O uso de recursos ergogênicos tem sido utilizado na melhoria do desempenho em várias modalidades, em especial atletas de endurance. Várias pesquisas têm sido realizadas com o intuito de investigar a eficácia da suplementação de fosfato de sódio. O fosfato de sódio é conhecido por seu importante papel no tamponamento do ácido láctico produzido em exercícios de *endurance*, com potencial na melhora da fadiga, com consequente melhora do desempenho. **Objetivo:** Verificar o efeito da suplementação de fosfato de sódio sobre o desempenho em atletas de ciclismo por meio de uma revisão de literatura. **Métodos:** Foram incluídos ensaios clínicos randomizados ou não, avaliando os efeitos da suplementação de fosfato de sódio como recurso ergogênico sobre o desempenho de ciclistas treinados. A busca foi realizada utilizando as bases de dados Pubmed, Lilacs, Capes e Scielo. Os artigos foram identificados entre os meses de janeiro e agosto de 2015 e utilizaram-se os seguintes termos: fosfato, fosfato de sódio, suplementação de fosfato de sódio, em suas versões em português e inglês. O desempenho dos ciclistas foi medido por amostras sanguíneas de fosfato sérico, lactato e 2,3-DPG (antes e depois das provas) e teste progressivo de tempo de prova (até exaustão voluntária), com medição do VO<sub>2</sub> máximo (através do ergoespirômetro), frequência cardíaca e índice de esforço percebido (escala de Borg). **Resultados:** Foram identificados 1379 estudos nas bases de dados utilizadas. Após filtragem por título e resumo restaram 37 estudos. Destes, 31 foram excluídos por não apresentarem os critérios de elegibilidade adotados, restando 6 estudos incluídos nesta revisão. Dois estudos não observaram benefícios da suplementação ao passo que quatro observaram melhora significativa em consumo de oxigênio, aumento do 2,3-DPG e desempenho. **Conclusão:** Observamos que os resultados encontrados são divergentes devido às diferenças entre as provas avaliadas, estratégias de suplementação e tipo de população estudada.

**Palavras-chave:** fosfato, ciclismo, suplementação, recursos ergogênicos.

## Abstract

The use of ergogenic resources have been used to improve performance in various ways, especially endurance athletes. Several studies have been conducted in order to investigate the efficacy of sodium phosphate supplementation. Sodium phosphate is known for its important role in buffering the lactic acid produced in endurance exercise, with potential for improvement in fatigue, resulting in improved performance. **Objective:** To investigate the effect of sodium phosphate supplementation on performance in cycling athletes through a literature review. **Methods:** Randomised controlled trials were included or not, evaluating the effects of sodium phosphate supplementation as an ergogenic aid on the performance of trained cyclists. The study was performed using the Pubmed database, Lilacs, Capes and Scielo. Articles were identified between January and August 2015 and included the following terms: phosphate, sodium phosphate, sodium phosphate supplementation in their versions in Portuguese and English. The performance of cyclists was measured by blood samples of serum phosphate, lactate and 2.3-DPG (before and after the tests) and progressive test of time (up to voluntary exhaustion), with maximum VO<sub>2</sub> measurement (via ergospirometer), heart rate and perceived exertion index (Borg scale). **Results:** 1379 studies were identified in databases used. After filtering by title and abstract remaining 37 studies. Of these, 31 were excluded for not having adopted the eligibility criteria, leaving six studies included in this review. Two studies found no

benefit of supplementation while four showed a significant improvement in oxygen consumption, increased 2,3-DPG and performance. *Conclusion:* We observed that our results are different due to differences between the evidence evaluated supplementation strategies and type of population studied.

**Key-words:** phosphate, cycling, supplementation, ergogenic resources.

## Introdução

Atualmente a vida agitada, o excesso de treinamentos e a falta de tempo para realizações das refeições têm sido os principais motivos pelos quais atletas de alta performance buscam a utilização de recursos ergogênicos com intuito de melhorar seu desempenho, já que não conseguem ingerir uma alimentação adequada às suas necessidades diárias [1-3]. Segundo Bernstein *et al.* [2], recurso ergogênico pode ser considerado como qualquer forma de melhora/utilização da energia/desempenho. O termo “ergogênico” deriva do grego “*ergon*” e “*genes*”, que significam “trabalho” e “produção/criação de”, respectivamente.

Dentre os recursos ergogênicos utilizados na melhora do desempenho, principalmente em atividades aeróbicas, estão os suplementos alimentares: cafeína, DMAA, carnitina, arginina, B-alanina, taurina, bicarbonato de sódio, citrato, lactato, cloreto de sódio, bem como a classe dos fosfatos (fosfato de sódio, fosfato de potássio e creatina fosfato) [1,3-7]. Atualmente, observamos que os atletas de *endurance* são uma classe que faz grande uso de suplementos nutricionais, utilizando-se ainda de técnicas para aumento de desempenho [1].

Dentre os tipos de suplementos nutricionais, a suplementação de fosfato tem sido bastante discutida no que se refere ao aumento do desempenho por atletas de *endurance* [8]. O fosfato é um micronutriente essencial, com aproximadamente 11-14g de fósforo por kg de massa livre de gordura, armazenada no corpo humano, 85% localiza-se no sistema esquelético, 14% nos compostos orgânicos do tecido e 1% no sangue e fluidos corporais [9]. A recomendação diária mínima de fosfato em adultos é de 700 mg/dia, porém o consumo mundial de fósforo está em torno de 1.000 mg/dia. Encontramos fosfato em carnes vermelhas, aves, peixe, ovos e lácteos (apresentam uma melhor absorção), bem como em cereais, grãos, nozes, legumes [10]. Em torno de 60-70% do fosfato ingerido é absorvido no intestino delgado [9].

A suplementação de fosfato, principalmente o de sódio, tem sido bastante discutida no sentido de potencializar o desempenho em atletas de provas de longa duração por ser uma substância tampão do ácido láctico, produzido durante o esforço físico, promovendo maior capacidade de resistência à fadiga, bem como gerando alterações do metabolismo energético ou das respostas do sistema nervoso central [8], melhorando assim a capacidade aeróbica tendo em vista o aumento causado na captação de oxigênio [3,11-13], gerando benefícios em provas de caráter aeróbio [4]. Nesta perspectiva, pelo fato de ciclistas de longa duração realizarem atividades de alta intensidade, a produção de energia por glicólise anaeróbica é acompanhada por um aumento da acidez intramuscular, contribuindo para a fadiga, motivo pelo qual atletas têm utilizado cada vez mais recursos ergogênicos como fosfato de sódio, bicarbonato de sódio, citrato de sódio e creatina fosfato, reduzindo a acidez e retardando a fadiga [14].

Embora alguns estudos encontrem melhora no desempenho decorrente da suplementação de fosfato de sódio, os resultados são controversos, podendo ser justificados pelas diferenças entre as provas avaliadas, quantidades fornecidas e tipo de população estudada [8]. Assim, o objetivo desta revisão é verificar o efeito da suplementação de fosfato de sódio sobre o desempenho em atletas de ciclismo.

## Material e métodos

### *Critérios de elegibilidade*

Foram incluídos ensaios clínicos randomizados ou não, avaliando os efeitos da suplementação de fosfato de sódio como recurso ergogênico sobre o desempenho de ciclistas treinados. Foram excluídos estudos com animais, e que não atendessem os critérios de inclusão previamente determinados.

A suplementação dos estudos incluídos não tinha limite de tempo de ingestão antes da prova, nem doses pré-determinadas (geralmente eram fracionados em 4 doses diárias, com

intervalo de 4 horas, com doses que variavam de 25 mg/kg a 75 mg/kg, por 6 dias ou 3-4g/dia, por 3-6 dias).

O desempenho dos ciclistas foi medido por amostras sanguíneas de fosfato sérico, lactato e 2,3 DPG (antes e depois das provas) e teste progressivo de tempo de prova (até exaustão voluntária), com medição do  $VO_{2máx}$  (através do ergoespirômetro), frequência cardíaca, e índice de esforço percebido (escala de Borg).

A busca foi realizada utilizando as bases de dados Pubmed, Lilacs, Capes e Scielo. Os artigos foram identificados entre os meses de janeiro e agosto de 2015 e utilizados os seguintes termos: fosfato, fosfato de sódio, suplementação de fosfato de sódio, em suas versões em português e inglês. Foram considerados os artigos escritos nas línguas inglesa e portuguesa, publicados nos últimos quinze anos como fonte primária de pesquisa, bem como livros e capítulos de livros para referencial teórico.

## Resultados

Foram identificados 1379 estudos nas bases de dados utilizadas. Após filtragem por título e resumo, foram excluídos 1342, restando 37 estudos. Destes, 30 foram excluídos por não apresentarem os critérios de elegibilidade adotados, restando 7 estudos incluídos nesta revisão. Ao avaliar os estudos, mais um estudo acabou sendo excluído por ausência de informações quanto ao tipo de avaliação, totalizando 5 estudos incluídos. Quanto aos resultados, dois estudos não observaram benefícios da suplementação [6,7], no entanto três observaram melhora significativa nas variáveis consumo de oxigênio [3,4,13], aumento do 2,3-DPG e desempenho [4,13] (Tabela I).

**Tabela I - Caracterização dos estudos incluídos.**

<b>Estudo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Tipo de avaliação</b>	<b>Suplementação</b>	<b>Resultados</b>
<b>Folland et al. [4]</b>	6 ciclistas – M Idade: 23 ± 4 anos Experiência: 8±4 anos Treinamento: 6.44km (4 milhas) e 14.48 km (9 milhas)	Teste contra-relógio de 16,1 km. Medidas de FC; potência e lactato	1g/4x/dia por 6 dias Placebo (lactose)	Melhorou o desempenho (tempo e potência durante o teste). Melhora captação de O <sub>2</sub> em 6-12% Sem diferença na FC e lactato.
<b>Czuba et al. [3]</b>	19 ciclistas – M Idade: 25 ± 1,29 anos Experiência:> 5 anos Treinamento: teste bicicleta ergométrica 35-40 min	Amostras de sangue e Teste de consumo máximo de oxigênio	50 mg/kg (6 dias) + 3 semanas de 25 mg/kg (divididas em 4 porções). Placebo (2g/glicose/4x/dia)	Melhorou o VO <sub>2</sub> máx., reduziu a FC. Sem diferença em lactato.
<b>Brewer et al. [13]</b>	09 ciclistas – M Idade: 32.6 ± 7.4 anos Experiência: 6,9 ± 3,8 anos Treinamento: (testes de 55,3-56,5 min)	Teste de esforço progressivo	50mg/Kg por 6 dias Placebo	Possível efeito aditivo sobre o VO <sub>2</sub> pico e possivelmente sobre o desempenho.
<b>Brewer et al. [6]</b>	21 ciclistas – M		50 mg/kg dividida em 4 doses por 6 dias Placebo (glicose + sal na proporção de 9/1)	Não melhorou o desempenho.
<b>Buck et al. [7]</b>	13 ciclistas – F Idade: 25.5 ± 4.4 anos Treinamento: (3,6 h ± 2,1 por semana)	Teste de consumo máximo de oxigênio	4 doses/dia por 6 dias 25 mg/kg/ 50 mg/kg/ 75 mg/kg/ Placebo	Não encontrou benefícios

VO<sub>2</sub> = volume de oxigênio; DPG = bisfosfoglicerato; M = masculino; FC = frequência cardíaca; F = feminino.

## Discussão

### *Suplementação de fosfato de sódio e desempenho em ciclismo*

O fosfato de sódio tem sido relatado como um suplemento nutricional capaz de proporcionar benefícios significativos no desempenho de atletas [6,7]. Segundo Czuba et al. [3], sais de fosfato em formas inorgânicas e orgânicas têm papel fundamental no metabolismo humano, no que se refere ao desempenho no esporte.

As principais alterações que ocorrem com a suplementação de fosfato de sódio são: aumento da capacidade aeróbica, da potência de pico, do limiar anaeróbico, melhora do miocárdio e das respostas cardiovasculares ao exercício, desempenho de resistência e maior síntese de ATP [8].

Buck *et al.* [7], em um estudo randomizado, duplo cego, analisou a suplementação de 25 mg, 50 mg e 75 mg/kg de fosfato de sódio, bem como placebo, em 13 ciclistas do sexo feminino, por 6 dias, com 4 doses diárias, com treino realizado em bicicleta ergométrica. Foram coletadas amostras de sangue de fosfato sérico (antes e depois de cada carreamento). Não houve diferenças significativas no tempo de desempenho e potência de pico. Notou-se que

quatro participantes registraram seu maior desempenho de tempo e potência de pico, após suplementação de fosfato de sódio de 50 mg/kg. Acredita-se que os resultados divergem de outros estudos, tendo em vista diferenças entre o metabolismo de homens e mulheres, tais como: afinidade de oxigênio, concentrações hormonais e funções cardíacas. Possivelmente seria necessária uma dose mais elevada para mulheres, a fim de possibilitar um melhor efeito ergogênico sobre o desempenho de resistência.

Folland *et al.* [4], em um estudo randomizado, duplo-cego cruzado, analisaram a relação entre a carga de fosfato de sódio e o aumento máximo na captação de oxigênio (desempenho com resistência), em 6 ciclistas treinados masculinos (um ciclista desistiu por problemas gastrointestinais). Havia um grupo experimental (suplementação de 1 g de fosfato de sódio) e um placebo (lactose), administrado com 300 ml de fluído. Foram suplementados por 6 dias, com 4 doses diárias, antes de efetuar 16,1 km (10 milhas) em ciclismo no laboratório. Foram coletadas amostras de ar expirado e sangue capilar. A suplementação de fosfato de sódio melhorou o desempenho de ciclistas treinados, com aumentos funcionais no consumo de oxigênio. Neste estudo, considerou-se o fosfato de sódio como um ótimo recurso ergogênico, capaz de melhorar a captação de oxigênio de 6-12%.

De acordo com Czuba *et al.* [3], embora os estudos sejam inconclusivos, existe a ideia de que a suplementação de fosfato de sódio pode melhorar a capacidade funcional do sistema de energia aeróbica, indicando que a melhora no metabolismo aeróbico é causada por um aumento de 2,3-DPG, no eritrócito, que diminui a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, o que facilita a liberação de oxigênio para o tecido muscular durante o exercício. Neste estudo sobre os efeitos da suplementação de fosfato de sódio em ciclistas de elite, os pesquisadores avaliaram os efeitos de carga de fosfato em curto prazo (6 dias), bem como a longo prazo (21 dias), na capacidade aeróbica de ciclistas. Foram selecionados 19 ciclistas treinados, divididos aleatoriamente, em grupo suplementação, que recebeu 6 dias de suplementação com doses de 50 mg/kg/dia, mais 3 semanas de 25 mg/kg/dia, divididos em 4 doses e o grupo controle/placebo, recebeu 2g de glicose, 4 doses por dia. As discrepâncias podem se dar pelas individualidades biológicas. Segundo Cade *et al.* [11], a ingestão de fosfato de sódio reduz a concentração de lactato durante o exercício de intensidade submáxima.

Brewer *et al.* [6] analisaram 19 ciclistas masculinos, de competição, em um estudo duplo-cego, em que foram suplementados ao longo de 3 meses, e cada fase envolveu seis dias de suplementação de fosfato de sódio ou placebo, em quatro doses diárias. Não houve alterações na frequência cardíaca, nem no lactato sanguíneo. Os autores acreditam que a suplementação de fosfato de sódio deve ser testada em ciclistas que executem provas com mais de 30 minutos de duração, para verificar se a suplementação pode ter resultado benéfico.

As principais justificativas sobre o efeito benéfico da suplementação de fosfato de sódio sobre o desempenho de ciclistas estão no fato desta estratégia causar: 1) aumento das concentrações de 2,3 – DPG (bisfosfoglicerato), que diminui a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, facilitando a liberação de oxigênio para o tecido muscular durante o exercício; 2) melhora na eficiência do miocárdio; 3) melhora na capacidade do tamponamento e síntese de ATP [15,8]; 4) aumento do débito cardíaco em repouso e durante o exercício; 5) redução da frequência cardíaca de exercício de resistência contínua [3]; 6) melhora na capacidade da síntese de ATP.

Esta revisão de literatura foi realizada com o intuito de auxiliar profissionais esportivos à prescrição de suplementação de fosfato de sódio na melhoria da *performance* de ciclistas de elite, comparando vários exemplos de dosagens e possíveis efeitos colaterais. Entretanto, a variedade de protocolos de carregamento de fosfato de sódio utilizados, tornam os estudos conflitantes e controversos, necessitando a realização de novos estudos.

### *Aplicações práticas*

Analisando os estudos sobre os efeitos da suplementação de fosfato de sódio em ciclistas de elite, observa-se que existe um consenso com o que habitualmente é recomendado na prática clínica.

Referindo-se às dosagens geralmente utilizadas, observa-se dosagens por volta de 50 mg/kg, por 6 dias, geralmente fracionadas em 4 doses diárias, com intervalo de 4 horas, apresentando-se como recomendação mais segura, evitando-se efeitos colaterais, como os gastrointestinais (diarréias e constipação).

O uso prolongado de fosfato de sódio pode desregular o equilíbrio eletrolítico, devendo ser evitado em indivíduos com problemas renais, bem como pessoas propensas a cálculo renal.

## Conclusão

A partir do nosso estudo, observamos que os resultados sobre a suplementação de fosfato de sódio e o desempenho em ciclistas são conflitantes, possivelmente pela falta de padronização dos estudos, como por exemplo: tipo de exercício realizado, intensidade do exercício, sexo dos participantes, tempo de administração da suplementação, dosagem/tipo do suplemento administrado, controle da ingestão dietética, variações biológicas, duração do período de carga, nível de aptidão dos indivíduos incluídos na pesquisa, clima, técnicas de coleta de sangue e parâmetros gerais de avaliação. Assim, estudos futuros devem atentar a estas informações e cuidados para a reprodutibilidade dos resultados no contexto científico e de desempenho nesta modalidade esportiva.

## Referências

1. Bemben MG, Bemben DA, Loftiss DD, Knehans AW. Creatine supplementation during resistance training in college football athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(10):1667-73.
2. Bernstein A, Safirstein J, Rosen JE. Athletic ergogenic AID. *Bulletion/Hospital for Joint Diseases* 2003;61(3):164-71.
3. Czuba M, Zajac A, Poprzecki S, Cholewa J, Woska S. Effects of sodium phosphate loading on aerobic Power and capacity in off Road cyclists. *J Sports Sci Med* 2009;8:591-99.
4. Folland J, Stern R, Brickley G. Sodium phosphate loading improves laboratory cycling time-trial performance in trained cyclists. *J Sci Med Sport* 2008;11:464-68.
5. Eudy A, Gordon L, Hockaday B, Lee D, Lee V, Luu D, Martinez C. Efficacy and safety of ingredients found in preworkout supplements. *Am J Health-Syst Pharm* 2013;70:577-88.
6. Brewer CP, Dawson B, Wallman KE, Guelfi KJ. Effect of sodium phosphate supplementation on cycling time trial performance and VO<sub>2</sub> 1 and 8 days post loading. *J Sports Sci Med* 2014;13:529-34.
7. Buck CL, Dawson B, Guelfi KJ, McNaughton L, Wallman KE. Sodium phosphate supplementation and time trial performance in female cyclists. *J Sports Sci Med* 2014;13:469-75.
8. Buck CL, Wallman KE, Dawson B, Guelfi KJ. Sodium phosphate as an ergogenic AID. *Sports Med* 2013;43:425-35.
9. Kreider RB. Phosphate supplementation in exercise and sport. In: Driskell JA, Wolinsky I, eds. *Macroelements, water and electrolytes in sport nutrition*. Boca Raton: Nutrition in Exercise & Sport; 1999. p. 29-46.
10. Berner YN, Shike M. Consequences of phosphate imbalance. *Annu Rev Nutr* 1988;8:121-48.
11. Cade R, Conte M, Zauner C, Mars D, Peterson J, Lunne D. Effects of phosphate loading on 2-3-diphosphoglycerate and maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:263-68.
12. Stewart I, McNaughton L, Davies P, Tristram S. Phosphate loading and the effects on VO<sub>2</sub>max in trained cyclists. *Res Q Exerc Sport* 1990;61(1):80-4.
13. Brewer CP, Wallman KE, Guelfi KJ. Effect of repeated sodium phosphate loading on cycling time-trial performance and VO<sub>2</sub> peak. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013;23:187-94.
14. Van Montfort MCE, Van Dieren, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(7):1239-43.
15. Bremner K, Bubb WA, Kemp GJ, Trenell MI, Thompson CH. The effect of phosphate loading on erythrocyte 2,3-biophosphoglycerate levels. *Clin Chim Acta* 2002;323:111-4.