

**SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO NO DESEMPENHO DURANTE EXERCÍCIO INTERMITENTE DE ALTA INTENSIDADE: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Júlia Carolina Lopes Silva<sup>1</sup>, Natália Costa de Meira Lins<sup>1</sup>, Willemax dos Santos Gomes<sup>1</sup>,  
Eduardo Zapaterra Campos<sup>1</sup>, André dos Santos Costa<sup>1</sup>

**RESUMO**

**Introdução:** A suplementação de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) tem se mostrado eficaz em melhorar o desempenho de exercícios de média e longa duração, além de alterar positivamente o desempenho de exercícios de alta intensidade. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos sobre a suplementação no exercício intermitente de alta intensidade. **Objetivo:** explorar os efeitos da suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no desempenho do exercício intermitente de alta intensidade, discutindo os mecanismos e as evidências já existentes na literatura relacionadas a este tipo de exercício. **Materiais e métodos:** uma busca foi realizada na base de dados Pubmed e foi definida a estratégia PICOS para busca e seleção mais específica de artigos elegíveis, sendo (P) adultos e idosos saudáveis, fisicamente ativos ou não; (I) suplementação de nitrato no high intensity intermittent exercise; (C) grupo controle ou crossover; (O) Efeito no desempenho no exercício; melhora de resistência; melhora da força; melhora no consumo de oxigênio; (S) estudos experimentais. **Resultados:** Dos 19 artigos encontrados, foram selecionados 15 artigos pelo título e resumo, excluídos 6 artigos após a leitura e restando 9 artigos elegíveis para leitura completa e avaliação pela estratégia PICOS. Ao final, 9 artigos fizeram parte desta revisão. **Discussão:** foi destacado que a suplementação de (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) apresenta efeitos positivos no desempenho de exercícios intermitentes de alta intensidade, melhorando consumo e utilização de oxigênio, aumentando os níveis de força e potência, diminuindo pH muscular e lactato. **Conclusão:** A suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> apresenta efeitos positivos no desempenho de exercícios intermitentes de alta intensidade.

**Palavras-chave:** Oxido nítrico. Nitrato. Treinamento intervalado de alta intensidade.

E-mail dos autores:  
julia.lopes@ufpe.br  
nataliacostaml@gmail.com  
willemaxsantos@gmail.com  
eduardo.zapaterracampos@ufpe.br  
andre.santoscosta@ufpe.br

**ABSTRACT**

Nitrate supplementation in performance during high intensity intermittent exercise: a literature review

**Introduction:** Nitrate supplementation (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) has been shown to be effective in improving the performance of medium and long-term exercise, in addition to positively altering the performance of high-intensity exercise. However, little is known about the effects of supplementation on high-intensity intermittent exercise. **Objective:** to explore the effects of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> supplementation on the performance of high-intensity intermittent exercise, discussing the mechanisms and evidence already existing in the literature related to this type of exercise. **Materials and methods:** a search was performed in the Pubmed database and the PICOS strategy was defined for a more specific search and selection of eligible articles, being (P) healthy adults and elderly, physically active or not; (I) nitrate supplementation in the high intensity intermittent exercise; (C) control or crossover group; (O) Effect on exercise performance; resistance improvement; strength improvement; improvement in oxygen consumption; (S) experimental studies. **Results:** Of the 19 articles found, 15 articles were selected by title and abstract, 6 articles were excluded after reading and remaining 9 articles eligible for full reading and evaluation by the PICOS strategy. In the end, 9 articles were part of this review. **Discussion:** it was highlighted that (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) supplementation has positive effects on the performance of high-intensity intermittent exercises, improving oxygen consumption and utilization, increasing strength and power levels, decreasing muscle pH and lactate. **Conclusion:** NO<sub>3</sub><sup>-</sup> supplementation has positive effects on high-intensity intermittent exercise performance.

**Key words:** Nitric oxide. Nitrate. High intensity interval training.

1 - Departamento de Educação física da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O consumo de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) oferece vários benefícios ao desempenho esportivo por meio de uma maior resistência à fadiga durante sprints repetidos, devido à melhora no trabalho, na potência, e na redução no tempo de sprints (Rojas-Valverde, e colaboradores, 2020; Hlinský, e colaboradores, 2020).

O  $\text{NO}_3^-$  atua como precursor do óxido nítrico (NO) - uma molécula gasosa sinalizadora responsável por pelos vários efeitos positivos no exercício (Lundberg, e colaboradores, 2008).

A formação exógena de NO se dá a partir do consumo de alimentos ricos em ( $\text{NO}_3^-$ ) como a beterraba, espinafre, rúcula, agrião, alface, aipo e rabanete (Lundberg, e colaboradores, 2008; Forstermann, e colaboradores, 2012; Weitzberg, e colaboradores, 2013; Jones, e colaboradores, 2020).

Além disso, a síntese endógena de NO, através da oxidação da L-arginina, pode ocorrer em diversos tecidos, como endotelial, nervos nitrérgicos e neurônios (Steinert, e colaboradores, 2010).

Considerando a formação exógena de NO a suplementação de  $\text{NO}_3^-$  tem sido associada à melhora do desempenho esportivo devido ao seu efeito sobre a diminuição do custo e consumo de oxigênio durante o exercício físico, deixando mais eficiente a utilização do trifosfato de adenosina (ATP), a partir da maior eficiência da ressíntese e menor consumo deste substrato (Walle, e colaboradores, 2018; Senefeld, e colaboradores, 2020).

Em razão do importante efeito do NO na diminuição no custo de oxigênio e ressíntese de ATP (Hlinský e Vajda, 2020), postula-se potencial ergogênico principalmente na ativação de fibras musculares dos tipos II (Hlinský e Vajda, 2020; Jones, e colaboradores, 2020), muito observadas em exercícios de força, assim como atividades de alta intensidade e curta duração, como o exercício intermitente de alta intensidade (Thompson, e colaboradores, 2016).

Em exercícios de resistidos foi observado que a suplementação de nitrato melhorou força, velocidade e potência em testes à 70% 1RM aumento no número de repetições em agachamentos em testes à 60 e 70% 1 RM, não sendo significativo em testes à 80% 1RM (Ranchal-Sanchez, e colaboradores,

2020) e melhorou o desempenho no Sprint em exercícios intermitentes de alta intensidade (Thompson, e colaboradores, 2016).

Embora parte das evidências tratem e justifiquem o uso de exercícios de resistidos, os estudos apresentam grande variação metodológica, desde o tipo de exercício, até o teste de desempenho, o tipo de suplementação e o tempo de uso.

Assim o presente estudo tem como objetivo explorar os efeitos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  no desempenho do exercício intermitente de alta intensidade, discutindo os mecanismos e as evidências já existentes na literatura relacionadas a este tipo de exercício.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para explorar os efeitos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  no exercício intermitente de alta intensidade, uma busca foi realizada na base de dados Pubmed, no período 2016 a 2021, no idioma inglês e foi definida a estratégia PICOS (Santos, e colaboradores, 2007) para busca e seleção mais específica de artigos elegíveis, sendo (P) adultos e idosos saudáveis, fisicamente ativos ou não; (I) suplementação de nitrato no high intensity intermittent exercise; (C) grupo controle ou crossover; (O) Efeito na despenho no exercício; melhora de resistência; melhora da força; melhora no consumo de oxigênio; (S) estudos experimentais. Para esta avaliação foi utilizada a seguinte estratégia de busca: "nitric oxide OR nitrate OR beet OR beet juice AND high intensity interval training OR sprint interval training", com filtro para ensaios clínicos randomizados de acordo com os descritores em ciências da saúde (DeCS).

A partir da estratégia de busca os artigos foram selecionados inicialmente pelo título e resumo e excluídos os duplicados, os elegíveis foram separados para leitura completa e avaliação pela estratégia PICOS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da estratégia de busca foram encontrados 19 artigos, sendo selecionados 15 artigos pelo título e resumo.

Após esta etapa, foram excluídos seis artigos, restando nove artigos elegíveis para leitura completa e avaliação pela estratégia PICOS. Ao final, estes nove artigos foram incluídos nesta revisão e as principais

características dos artigos elegíveis estão dispostas no quadro 1.

Thompson, e colaboradores, (2017) submeteram 36 homens e mulheres recreacionalmente ativo a um protocolo de exercício intermitente de alta intensidade por quatro semanas, onde realizaram 4 séries de 30 segundos de Sprints com 4 minutos de descanso ativo.

Foram divididos em três grupos, um grupo com protocolo de exercício associado a suplementação de suco de beterraba em concentração de 13mmol de nitrato (SIT+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), outro grupo com exercício e placebo (SIT+PL), e um terceiro grupo sem exercício e suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (NT+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Foram avaliados os metabólitos musculares antes e após o exercício e foi observado que houve diminuição no consumo de oxigênio, redução de lactato muscular, e aumento de pH muscular, assim como a diminuição na proporção fibras tipo II. Esses achados sugerem que a suplementação de

nitrato a partir do suco de beterraba pode melhorar alguns aspectos das adaptações fisiológicas ao exercício intermitente de alta intensidade.

Outro ensaio clínico avaliou o efeito agudo da suplementação de nitrato na potência de pico (PP), potência média (PM) e índice de fadiga (IF).

Doze adolescentes homens foram divididos em dois grupos: Suplementação de 140 ml (12,9mmol) de suco de beterraba dividido duas vezes ao dia; Placebo, realizaram puxadas isométricas do meio da coxa (IMTP) e quatro sprints de 20 segundos intercalados com 4 minutos de descanso.

Como resultados foi observada a diminuição significativa PP e IF elevado, como também aumento de força. Assim parece que a administração de suco de beterraba pode melhorar a produção de força de pico em adolescentes do sexo masculino (Bender, e colaboradores, 2018).

**Quadro 1** - tabela descritiva dos ensaios clínicos encontrados.

Autor	População	Duração	Variáveis	Grupos/Suplementação	Protocolo de exercício	Resultados
Muggeridge e colaboradores, 2016	22 homens não treinados	3 semanas	VT, taxa máxima de trabalho, índice de fadiga	Controle, SIT + PL SIT + gel de nitrato (8mmol)	4 a 6 sprints de 15 seg, 4 min de recuperação ativa	↑VT, taxa máxima de trabalho aumentou. ↓ índice de fadiga
Clifford e colaboradores, 2016	20 jogadores esportes coletivos sexo masculino	3 dias	MIVC, CMJ, RI, PPT, CK, hs-CRP, PC, LOOH e o radical livre ascorbil	2x250ml de BJ (11,4 mmol) ou PL	20 sprints de 30 min com 30 seg de recuperação passiva	CMJI e RI tiveram maior recuperação. ↑ PPT. - tempo médio, tempo rápido de sprint, fadiga índice, estresse oxidativo
Thompson e colaboradores, 2017	36 homens e mulheres recreacional mente ativos	4 semanas	PA, biopsia muscular, metabólitos musculares, glicogênio muscular, tipo de fibra muscular, consumo de oxigênio.	SIT + NO <sub>3</sub> PL SIT + BR (13mmol) NT + BR	4 x de 30 seg. de sprints com 4 min de descanso ativo	↓consumo de oxigênio, lactato muscular, proporção de fibras tipo II. ↑ PH muscular

Finkel e colaboradores, 2018	17 atletas recreativos sexo masculino	3 semanas	Consumo de O <sub>2</sub> , absorção de O <sub>2</sub> e potência	NaNO <sub>3</sub> (0,14mmol x kg) e placebo	45 minutos intervalados com 10 sprints com 30 seg de descanso ativo	↓VO <sub>2</sub> e potência, consumo de O <sub>2</sub> ↑Capacidade de resistência
Bender e colaboradores, 2018	12 adolescentes homens	Agudo em 2 momentos (crossover)	PP, Pavg, FI	2x70 ml de BR (12,9 mmol) ou PL	IMTP e 4 sprints de 20 segundos com 4 min de descanso ativo	↓PP e ↑FI e força
Nyakayiru e colaboradores, 2018	32 jogadores de futebol, sexo masculino.	2 dias	Desempenho de corrida, frequência cardíaca.	140 ml de BR (12,9mmol) ou PL	Teste yoyo com 2 sprints de 20 metros, com recuperação ativa de 10 seg	↑ desempenho no teste yoyo. ↓ FC
Thompson e colaboradores, 2018	30 sujeitos recreacional mente ativos	4 semanas	Biopsia muscular, metabólitos musculares, PH, glicogênio muscular, tipo de fibra muscular.	SIT SIT + BR SIT + KNO <sub>3</sub>	30 seg de sprint com 4 min de descanso ativo	Tempo de falha melhorado, redução no lactato muscular no grupo BR

**Legenda:** SIT: treinamento intervalado de sprint; NO<sub>3</sub>: nitrato; BR: suco de beterraba; PL: placebo. NT: não treinado. PA: pressão arterial. NaNO<sub>3</sub>: nitrato de sódio. KNO<sub>2</sub>: nitrato de potássio; PP: potência de pico; Pavg: potência média; FI: índice de fadiga; IMTP: puxadas isométricas do meio da coxa; MIVC: contrações isométricas voluntárias máximas; CMJ: saltos contra movimento; RI: índice de força reativa; PPT: limiar de pressão-dor; CK: creatina quinase; hs-CRP: proteína c reativa; PC: proteína carbonilas; LOOH: hidroperóxidos lipídicos; VT: limiar ventilatório.

Muggeridge, e colaboradores, (2016) avaliaram o limiar ventilatório (LV), taxa máxima de trabalho e IF em 22 homens não treinados após três semanas de suplementação com NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e protocolo com exercício intermitente de alta intensidade.

Foram divididos em três grupos: Grupo 1 - realizou o protocolo de exercício associado ao consumo de nitrato em gel (8 mmol); Grupo 2 - realizou o protocolo de exercício associado ao uso de placebo; Grupo 3 - grupo controle. Os voluntários realizaram de 4 a 6 sprints de 15 segundos com 4 minutos de recuperação ativa. Como resultados foram observados aumento no LV e na taxa máxima de trabalho, como também diminuição significativa no IF.

A suplementação com NO<sub>3</sub><sup>-</sup> parece beneficiar não só desportistas e grupos saudáveis destreinados, mas atletas também parecem se beneficiar com o seu uso. Em ensaio clínico com 20 jogadores de esportes coletivos do sexo masculino, os atletas foram divididos em dois grupos: Suplementado com

500 ml de suco de beterraba (11,4mmol) ou Placebo.

Foram avaliadas contrações isométricas voluntárias máximas (MIVC), saltos contra movimento (CMJ), força reativa índice (RI), limiar de pressão-dor (PPT), creatina quinase (CK), proteína C reativa (hs-CRP), proteína carbonilas (PC), hidroperóxidos lipídicos (LOOH) e o radical livre ascorbil. Os voluntários foram submetidos a protocolo de exercício de 20 sprints de 30 min de esforço máximo com 30 segundos de recuperação passiva.

Foi visto que CMJ e RI apresentaram maior recuperação. O PPT foi maior, mas não houve nenhuma diferença no tempo médio e rápido de sprint ou fadiga, como também no estresse oxidativo (Clifford, e colaboradores, 2016).

Finkel, e colaboradores, (2018) também submeteram atletas a suplementação com NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em protocolo de exercício intermitente de alta intensidade. Dezesete atletas recreativos do sexo masculino foram

suplementados com nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3^-$ , 0,14mmol x kg) ou placebo por 3 semanas e submetidos a um protocolo de exercício que consistiu em 45 minutos intervalados com 10 sprints com 30 segundos de descanso ativo, e avaliadas a utilização de oxigênio e de potência. Foi visto que o  $\text{VO}_2$  e a potência diminuíram e a capacidade de resistência aumentou, com diminuição no consumo de oxigênio. A suplementação causou uma redução sustentada do custo de oxigênio durante o exercício com um grande recrutamento de fibras musculares do tipo II sem afetar a capacidade de resistência.

Em estudo conduzido por Nyakayiru, e colaboradores, (2018), trinta e dois jogadores de futebol do sexo masculino foram avaliados no desempenho de corrida intermitente de alta intensidade e frequência cardíaca após suplementação aguda com nitrato.

Os participantes foram divididos em dois grupos (suplementado com 140 ml de suco de beterraba - 12,9 mmol ou placebo) e submetidos ao teste Yoyo com 2 sprints de 20 metros e recuperação ativa de 10 segundos.

Foram observados melhor desempenho no teste Yoyo e diminuição na frequência cardíaca, com os autores concluindo que a suplementação com  $\text{NO}_3^-$  melhora efetivamente o desempenho do exercício do tipo intermitente de alta intensidade em pessoas treinadas como os jogadores de futebol analisados (Nyakayiru, e colaboradores, 2018).

A literatura apresenta várias formas de suplementação a partir do  $\text{NO}_3^-$  e pensando nessas diferenças Thompson, e colaboradores, (2018) suplementaram 30 homens recreacionalmente ativos por quatro semanas, divididos em três grupos experimentais: grupo que realizou apenas o protocolo de exercício sem suplementação; grupo que realizou o protocolo de exercício associado à suplementação com suco de beterraba; grupo realizou o exercício associado à suplementação com nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3^-$ ).

Os sujeitos realizaram 30 segundos de sprint com 4 minutos de descanso ativo e como resultados foi verificado que o tempo de falha foi melhorado no grupo com suco de beterraba como também redução no lactato muscular, indicando que o exercício intermitente de alta intensidade simultâneo a suplementação com suco de beterraba resulta em maiores adaptações da capacidade de exercício quando comparado à condição  $\text{KNO}_3^-$ .

### Metabolismo e Fisiologia do Óxido Nítrico

O NO é produzido pela ação da enzima oxido nítrico sintase (ONS) catalisando L-arginina em L-citrulina e NO na presença de  $\text{O}_2$  (Toda, e colaboradores, 2009a; Toda, e colaboradores, 2009b).

A síntese de NO ocorre em células endoteliais, neurônios e nervos nitrérgicos a partir da ligação de acetil colina nos receptores M3 ou glutamato no receptor NMDA, que levará a uma ativação de fosfolipase C-B (PLC-B) que tem como função, converter fosfatidilinositol bifosfato ( $\text{PIP}_2$ ) em diacilglicerol e fosfatidilinositol trifosfato ( $\text{IP}_3$ ).

O  $\text{IP}_3$  segue para o retículo sarcoplasmático da célula que sinaliza para abertura de canais de cálcio na membrana celular. O cálcio atravessa a membrana e se liga a proteína calmodulina (complexo cálcio-calmodulina), ativando a enzima oxido nítrico sintase que tem a função de converter arginina em óxido nítrico e citrulina.

O NO atravessa a membrana celular dos tecidos alvo por difusão ativa ou por transportadores de  $\text{NO}_3^-$ , sinalizando a conversão de Guanosina Trifosfato (GTP) em Guanosina Monofosfato cíclica (cGMP) que, por sua vez, promove a abertura de canais de cálcio, culminando em relaxamento e vasodilatação (Lee, e colaboradores, 2001; Okamura, e colaboradores, 2002; Lee, e colaboradores, 2002; Steinert, e colaboradores, 2010).

A via exógena de produção de NO se dá pelo consumo de alimentos ricos em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), como a beterraba, espinafre, rúcula, agrião, alface, aipo e rabanete.

O  $\text{NO}_3^-$  passa pelo primeiro processo de conversão em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) a partir da microbiota simbiótica presente na mucosa bucal (Jones, e colaboradores, 2020; Gonzáles-Sotero, e colaboradores, 2020), assim o uso de enxaguante bucais afetam negativamente essas bactérias e diminuem a taxa de conversão de nitrato em nitrito (Pignatelli, e colaboradores, 2020), são essas bactérias orais anaeróbicas facultativas que incluem *Veillonella atypica*, *Veillonella dispar*, *Actinomyces odontolyticus*, *Actinomyces naeslundii*, *Rothia mucilaginosa*, *Rothia dentocariosa* e *Staphylococcus epidermidis* (Pignatelli, e colaboradores, 2020; Hyde, e colaboradores, 2014; Doel, e colaboradores, 2005).

## RBNE Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

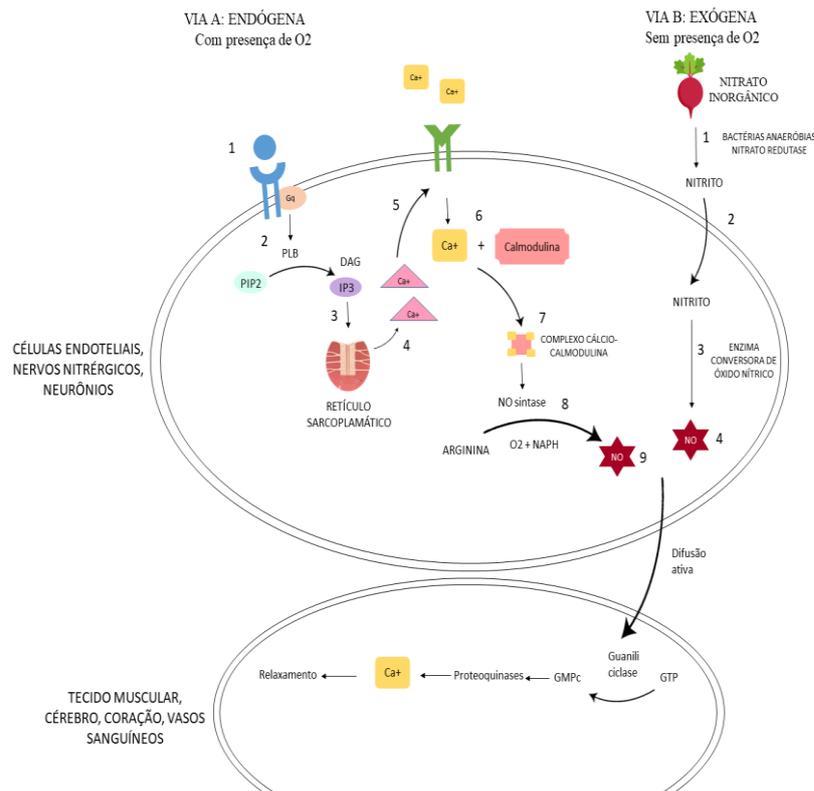
Em seguida o  $\text{NO}_2^-$  é convertido em NO a partir da acidez estomacal, mas parte do  $\text{NO}_2^-$  remanescente segue para absorção intestinal (Lundberg, e colaboradores, 2008).

Após absorção no duodeno, o  $\text{NO}_2^-$  a NO entra na via sistêmica e promove vasodilatação tanto pela via cíclica (cGMP e PKG), como também por ativação de canais de cálcio (Lundberg, e colaboradores, 2008; Forstermann, e colaboradores, 2012;

Weitzberg, e colaboradores, 2013; Jones, e colaboradores, 2020).

O  $\text{NO}_3^-$  é sequestrado da corrente sanguínea por transportadores de ânions (Sialina e proteínas de canais de cloreto - CLC-1) ou por difusão ativa e tem seu armazenamento em maior parte por tecido muscular esquelético (Jones, e colaboradores, 2020, Nyakayiru, e colaboradores, 2020).

As vias de ativação e mecanismo de ação do NO estão descritas na Figura 1.



**Figura 1** - vias de sinalização e mecanismos de ação do óxido nítrico.

**Legenda:** Via A: A síntese de óxido nítrico ocorre em células endoteliais, neurônios e nervos nitrérgicos com a presença de oxigênio. 1. ligação de acetil colina nos receptores M3 ou glutamato no receptor NMDA 2. Ativação de fosfolipase C-β (PLC-β) que converte fosfatidilinositol bifosfato (PIP<sub>2</sub>) em diacilglicerol e fosfatidilinositol trifosfato (IP<sub>3</sub>). 3. IP<sub>3</sub> segue para o retículo sarcoplasmático da célula 4. Abertura de canais de cálcio do retículo sarcoplasmático 5. Sinalização de abertura de canais de cálcio na membrana da célula 6. O cálcio atravessa a membrana e se liga a proteína calmodulina 7. Complexo cálcio-calmodulina ativa a enzima óxido nítrico sintase 8. ON sintase converte arginina em óxido nítrico e citrulina. Via B: a síntese de óxido nítrico de sá pelo consumo de alimentos ricos em NO<sub>3</sub> na condição de hipóxia. 1. Nitrato é convertido em nitrito por bactérias anaeróbicas na mucosa bucal a partir da enzima nitrato redutase. 2. Parte do nitrito é convertido em óxido nítrico na acidez do estômago, 3. o nitrito remanescente é absorvido no intestino e convertido em óxido nítrico no sangue ou nos tecidos por enzimas conversoras de óxido nítrico. 9. e 4. NO atravessa a membrana celular dos tecidos alvo por difusão ativa ou por transportadores de ON, sinalizando a conversão de GTP em cGMP que, por sua vez, promove a abertura de canais de cálcio, culminando em relaxamento e vasodilatação.

### Farmacocinética e Farmacodinâmica do Nitrato no Exercício Físico

Os efeitos da administração do  $\text{NO}_3^-$  no exercício físico foram avaliados em revisões sistemáticas e a administração varia em média de 6 a 12 mmol de nitrato (Calvo, e colaboradores, 2020; Juan, e colaboradores, 2020) ou de 70 a 250 ml de suco concentrado de beterraba (Rojas-valverde, e colaboradores, 2020).

O tempo em que a administração do suco de beterraba eleva as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NO}_2^-$  plasmático leva em média 2 a 3 horas, sendo associado à melhora na captação de  $\text{O}_2$  e a diminuição da pressão arterial (Calvo, e colaboradores, 2020; Wylie, e colaboradores, 2013).

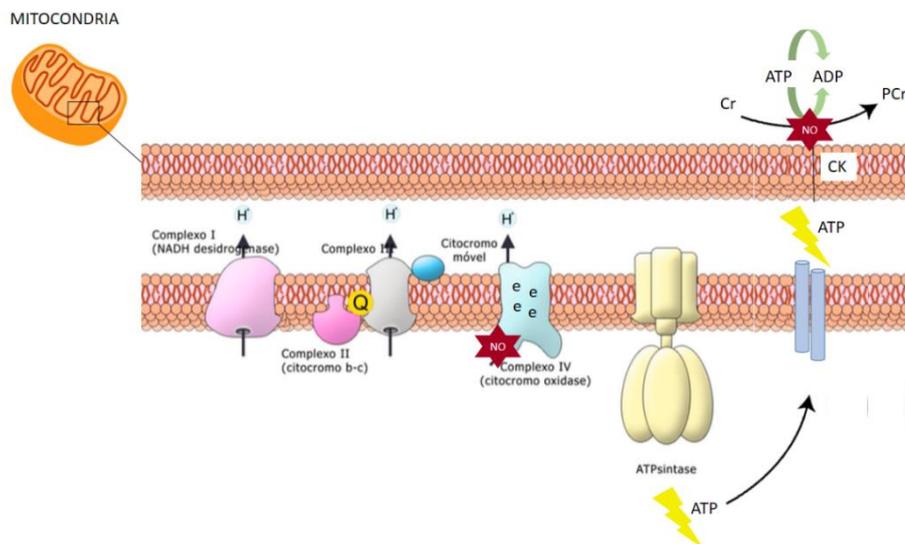
Wylie, e colaboradores, (2013) em seus estudos avaliaram a dose resposta de diferentes concentrações de suco de beterraba, a farmacocinética do  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$  e as alterações na pressão arterial e no consumo de  $\text{O}_2$ . O estudo demonstrou que doses de 70 ml e 140 ml (4,2 e 8,4 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ) aumentaram  $\text{NO}_3^-$  em 1 hora após administração, doses de 280 ml (16 mmol de  $\text{NO}_3^-$ ) alcançaram o pico após 2 horas da administração, enquanto que as concentrações de  $\text{NO}_2^-$  tiveram pico após 2

horas nas concentrações de 70 ml e de 4 horas após administração de 140 e 280 ml.

Foram observadas propostas para protocolos agudos e crônicos, destacando que uma ingestão crônica de 5-6 mmol de  $\text{NO}_3^-$  em 70 ml de suco de beterraba, duas vezes ao dia, de 3-6 dias pode levar a uma melhora da resistência à fadiga durante sprints repetidos, enquanto a ingestão aguda de  $\text{NO}_3^-$  2,5 a 3 h antes do esforço físico em dose de 250 ml a 500 ml de suco de beterraba pode levar a resultados eficazes semelhantes (Rojas-valverde, e colaboradores, 2020).

### Efeito Ergogênico no Exercício

A suplementação de  $\text{NO}_3^-$  já foi avaliada em algumas revisões e apresenta resultados significativos em parâmetros cardiovasculares e melhora a tolerância ao exercício, aumento no o tempo até exaustão, na distância percorrida, na prova contrarrelógio e no tempo de fadiga, aumento da potência de pico, potência média, número de repetições de sprint, trabalho total e tempo para falha na tarefa, diminuição na fadiga, índice e tempos de sprints melhorados (Calvo, e colaboradores, 2020; Senefeld, e colaboradores, 2020; Rojas-valverde, e colaboradores, 2020).



**Figura 2** - diminuição do custo de oxigênio e a melhora da ressíntese de ATP a partir da suplementação de nitrato.

Exercícios resistidos anaeróbios lácticos e aláticos com priorização de fibras tipo II, parecem se beneficiar dos efeitos ergogênicos do nitrato a partir da diminuição do custo de oxigênio e a melhora da ressíntese de ATP a partir da via creatina fosfato (Figura 2) (Hlinský e Vajda, 2020; Jones, e colaboradores, 2020).

Os exercícios intermitentes de alta intensidade se caracterizam por priorização da via fosfagênica e a suplementação de nitrato parece beneficiar a prática deste exercício (Chamari e Padulo, 2015; Domínguez, e colaboradores, 2018).

## CONCLUSÃO

Os mecanismos fisiológicos dos benefícios do  $\text{NO}_3^-$  no esporte já estão bem consolidados.

A suplementação de  $\text{NO}_3^-$  apresenta efeitos positivos no desempenho de exercícios intermitentes de alta intensidade, favorecendo populações treinadas e destreinadas.

O suco de beterraba parece ser mais eficiente do que o nitrato de sódio ou de potássio em relação ao desempenho nos protocolos de exercício intermitente de alta intensidade.

Os estudos apresentam discrepâncias em relação às dosagens, público e tempo de suplementação, assim mais estudos são necessários para definir a melhor forma de suplementação nesta modalidade de exercício físico.

## REFERÊNCIAS

- 1-Bender, D.; Townsend, J. R.; Vantrease, W. C.; Marshall, A. C.; Henry, R. N.; Heffington, S. H.; Johnson, K. D. Acute beetroot juice administration improves peak isometric force production in adolescent males. *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism*. Vol. 43. Num. 8. 2018. p. 816-821.
- 2-Calvo, J. L.; Alorda-Capo, F.; Pareja-Galeano, H.; Jiménez, S. L. Influence of Nitrate Supplementation on Endurance Cyclic Sports Performance: a systematic review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 6. 2020. p. 1796-1815.
- 3-Chamari, K.; Padulo, J. Aerobic and Anaerobic terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. *Sports medicine-open*. Vol. 1. Num. 9. 2015.
- 4-Clifford, T.; Berntzen, B.; Davison, G.; West, D.; Howatson, G.; Stevenson, E. Effects of Beetroot Juice on Recovery of Muscle Function and Performance between Bouts of Repeated Sprint Exercise. *Nutrients*. Vol. 8. Num. 8. 2016. p. 506-523.
- 5-Doel, J. J.; Benjamin, N.; Hector, M. P.; Rogers, M.; Allaker, R. P. Evaluation of bacterial nitrate reduction in the human oral cavity. *European Journal of Oral Sciences*. Vol.113. Num. 1. p. 14-19. 2005.
- 6-Domínguez, R. M. J. L.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Mata Ordoñez, F.; Lozano-Estevano, M.C.; Veiga-Herreros, P.; Silva, S. F.; Garnacho-Castaño, M. V. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol.15. Num. 2. 2018.
- 7-Finkel, A.; Röhrich, M. A.; Maassen, N.; Lützow, M.; Blau, L. S.; Hanff, E.; Tsikas, D.; Maassen, M. Long-term effects of  $\text{NO}_3^-$  on the relationship between oxygen uptake and power after three weeks of supplemented HIHVT. *Journal Of Applied Physiology*. Vol. 125. Num. 6. 2018. p. 1997-2007.
- 8-Forstermann, U.; Sessa, W. C. Nitric oxide synthases: regulation and function. *European Heart Journal*. Vol. 33. Num. 7. 2012. p. 829-837.
- 9-González-Sotero, R.; Bailén, M.; De Lucas, B.; Ramírez-Goercke, M. I.; Pareja-Galeano, H.; Larrosa, M. Role of Oral and Gut Microbiota in Dietary Nitrate Metabolism and Its Impact on Sports Performance. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 1. 2020.
- 10-Hlinský, T.; Kumstát, M.; Vajda, P. Effects of Dietary Nitrates on Time Trial Performance in Athletes with Different Training Status: systematic review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 9. 2020. p. 2734-2751.
- 11-Hyde, E. R.; Andrade, F.; Vaksman, Z.; Parthasarathy, K.; Jiang, H., Parthasarathy, D. K.; Torregrossa, A. C.; Tribble, G.; Kaplan, H. B.; Petrosino, J. F.; Bryan, N. S. Metagenomic analysis of nitrate-reducing bacteria in the oral cavity: implications for nitric oxide homeostasis. *Plos one*. Vol.9. Num. 3. 2014.

- 12-Jones, A. M.; Vanhatalo, A.; Seals, D. R.; Rossman, M. J.; Piknova, B.; Jonvik, K. L. Dietary Nitrate and Nitric Oxide Metabolism. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 27. Num. 1. 2020. p. 1-59. 27.
- 13-Juan, A. F.; San, D. R.; Lago-Rodríguez, Á.; Montoya, J. J.; Tan, R.; Bailey, S. J. Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: a systematic review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 8. 2020. p. 2227-2242.
- 14-Lee, T. J.F. Pharmacology and Physiology of Perivascular Nerves Regulating Vascular Function. *The Japanese Journal of Pharmacology*. Vol. 88. Num. 1. 2002. p. 26-31.
- 15-Lee, T. J. F.; Liu, J.; Evans, M. S. Cholinergic-nitric transmitter mechanisms in the cerebral circulation. *Microscopy Research and Technique*. Vol. 53. Num. 2. 2001. p. 119-128.
- 16-Lundberg, J. O.; Weitzberg, E.; Gladwin, M. T. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*. Vol. 7. Num. 2. 2008. p. 156-167.
- 17-Muggeridge, D. J.; Sculthorpe, N.; James, P. E.; Easton, C. The effects of dietary nitrate supplementation on the adaptations to sprint interval training in previously untrained males. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 20. Num. 1. 2016. p. 92-97.
- 18-Nyakayiru, J.; Jonvik, K.; Trommelen, J.; Pinckaers, P.; Senden, J.; Van Loon, L.; Verdijk, L. Beetroot Juice Supplementation Improves High-Intensity Intermittent Type Exercise Performance in Trained Soccer Players. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 3. 2018. p. 314-324.
- 19-Nyakayiru, J.; Van Loon, L. J.C.; Verdijk, L. B. Could intramuscular storage of dietary nitrate contribute to its ergogenic effect? A mini-review. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 152. Num. 1. 2020. p. 295-300.
- 20-Ocampo, D. B.; Paipilla, A.; Marín, E.; Vargas-Molina, S.; Petro, J.; Pérez-Idárraga, A. Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: a systematic review. *Biomolecules*. Vol. 8. Num. 4. 2018. p. 134-145.
- 21-Okamura, T.; Ayajiki, K.; Fujioka, H.; Shinozaki, K.; Toda, N. Pharmacology and Physiology of Perivascular Nerves Regulating Vascular Function. *The Japanese Journal of Pharmacology*. Vol. 88. Num. 1. 2002. p. 32-38, 2002.
- 22-Pignatelli, P.; Fabietti, G.; Ricci, A.; Piattelli, A.; Curia, M. C. How Periodontal Disease and Presence of Nitric Oxide Reducing Oral Bacteria Can Affect Blood Pressure. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 21. Num. 20. 2020.
- 23-Ranchal-Sanchez, A.; Diaz-Bernier, V. M.; De La Florida-Villagran, C. A.; Llorente-Cantero, F. J.; Campos-Perez, J.; Jurado-Castro, J. M. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Resistance Training: A Randomized Double-Blind Crossover. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 7. 2020.
- 24-Rojas-Valverde, D.; Montoya-Rodríguez, J.; Azofeifa-Mora, C.; Sanchez-Urena, B. Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 1. Num. 1. 2020. p. 1-12.
- 25-Santos, C. M. C.; Pimenta, C. A. M.; Nobre, M. R. C. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. Vol. 15. Num. 3. 2007. p. 508-511.
- 26-Senefeld, J. W.; Wiggins, C. C.; Regimbal, R. J.; Dominelli, P. B.; Baker, S. E.; Joyner, M. J. Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: a systematic review and meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 52. Num. 10. 2020. p. 2250-2261.
- 27-Steinert, J. R.; Chernova, T.; Forsythe, I. D. Nitric Oxide Signaling in Brain Function, Dysfunction, and Dementia. *The Neuroscientist*. Vol. 16. Num. 4. 2010. p. 435-452.
- 28-Sultana, R. N.; Sabag, A.; Keating, S. E.; Johnson, N. A. The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: a systematic

review and meta-analysis. *Sports Medicine*. Vol. 49. Num. 11. 2019. p. 1687-1721.

29-Thompson, C.; Vanhatalo, A.; Jell, H.; Fulford, J.; James, C.; Nyman, L.; Bailey, S. J.; Jones, A. M. Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric Oxide*. Vol. 61. Num. 1. 2016. p. 55-61. 2016.

30-Thompson, C.; Vanhatalo, A.; Kadach, S.; Wylie, L. J.; Fulford, J.; Ferguson, S. K.; Blackwell, J. R.; Bailey, S. J.; Jones, A. M. Discrete physiological effects of beetroot juice and potassium nitrate supplementation following 4-wk sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 124. Num. 6. 2018. p. 1519-1528.

31-Thompson, C.; Wylie, L. J.; Blackwell, J. R.; Fulford, J.; Black, M. I.; Kelly, J.; Mcdonagh, S. T. J.; Carter, J.; Bailey, S. J.; Vanhatalo, A. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and muscle metabolic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 122. Num. 3. 2017. p. 642-652.

32-Toda, N.; Ayajiki, K.; Okamura, T. Cerebral blood flow regulation by nitric oxide in neurological disorders. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. Vol. 87. Num. 8. 2009a. p. 581-594.

33-Toda, N.; Ayajiki, K.; Okamura, T. Cerebral Blood Flow Regulation by Nitric Oxide: recent advances. *Pharmacological Reviews*. Vol. 61. Num. 1. 2009b. p. 62-97.

34-Walle, G. P.; Van De; Vukovich, M. D. The Effect of Nitrate Supplementation on Exercise Tolerance and Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 32. Num. 6. 2018. p. 1796-1808.

35-Weitzberg, E.; Lundberg, J. O. Novel Aspects of Dietary Nitrate and Human Health. *Annual Review of Nutrition*. Vol. 33. Num. 1. 2013. p. 129-159.

36-Wylie, L. J.; Kelly, J.; Bailey, S. J.; Blackwell, J. R.; Skiba, P. F.; Winyard, P. G.; Jeukendrup, A. E.; Vanhatalo, A.; Jones, A. M. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 115. Num. 3. 2013. p. 325-336.

Autor correspondente:  
Júlia Carolina Lopes Silva.  
julia.lopes@ufpe.br

Recebido para publicação em 12/10/2021  
Aceito em 22/12/2021