

NITRATO DERIVADO DO SUCO DE BETERRABA E SUAS INFLUÊNCIAS NO EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE ENSAIOS CLÍNICOS RANDOMIZADOS

Camila Venancia Guerra¹, Barbara E. Silva Soares¹, Fellipe Mateus A. de Oliveira Morais¹
Andrey Alves Porto², Cicero Jonas R. Benjamim³

RESUMO

A suplementação de nitrato (NO_3) por meio do suco de beterraba, parece ser eficaz em exercícios de alta intensidade e curta duração, que utilizam primordialmente a via metabólica anaeróbica. A fim de esclarecer tais questões, foi desenvolvida uma revisão sistemática com o objetivo investigar os efeitos da utilização da suplementação de NO_3 derivado da beterraba sobre a performance. A busca sistematizada foi realizada PubMed (via MedLine), Cochrane Library e EMBASE utilizando a estratégia de busca: "Athletic Performances" OR "Sports" OR "Performance" AND "Nitrates" OR "Beta vulgaris" OR "Beet". A população dos estudos primários deveria incluir adultos saudáveis e fisicamente ativos com idade entre 18 a 65 anos. A intervenção com NO_3 deveria ser do suco de beterraba e controlada com uma intervenção placebo, com características similares ao suco de beterraba e depletado em NO_3 . Os estudos deveriam trazer como desfecho variáveis de desempenho físico em exercícios com via metabólica predominantemente anaeróbica. Consideramos ensaios clínicos randomizados simples ou duplo-cegos. 177 artigos foram encontrados nas bases de dados que após as etapas de triagem e elegibilidade apenas 9 permaneceram na amostra. A intervenção com o NO_3 do suco de beterraba demonstrou importantes contribuições nos testes de desempenhos dos estudos primários. A maioria dos ensaios incluídos apresentaram melhores resultados no grupo que ingeriu o NO_3 . Pode-se concluir que o NO_3 do suco de beterraba é um importante recurso ergogênico em atividades de alta intensidade e curta duração e, portanto, pode ser utilizado em condições que visam aumentar o desempenho de atletas.

Palavras-chave: Beta vulgaris L. Nitrato. Performance. Exercício. Esporte.

1 - Universidade de Pernambuco, Campus Petrolina, Petrolina-PE, Brasil.
2 - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Marília-SP, Brasil.

ABSTRACT

Nitrate derived from beet juice and its influences on high-intensity exercise: a systematic review of randomized clinical trials

Nitrate (NO_3) supplementation through beetroot juice seems effective in high-intensity and short-duration exercises, which primarily use the anaerobic metabolic pathway. In order to clarify these issues, a systematic review was developed to investigate the effects of the use of NO_3 supplementation derived from sugar beet on performance. The search was performed in PubMed (via MedLine), Cochrane Library, and EMBASE using the search strategy: "Athletic Performances" OR "Sports" OR "Performance" AND "Nitrates" OR "Beta vulgaris" OR "Beet". The primary study population should include healthy, physically active adults aged 18 to 65 years. The intervention with NO_3 should be beetroot juice and controlled with placebo intervention, with characteristics similar to beetroot juice and depleted in NO_3 . The studies should bring as outcome variables of physical performance in exercises with a predominantly anaerobic metabolic pathway. We consider single or double-blind, randomized clinical trials. 177 articles were found in the databases, which after the screening and eligibility stages, only 9 remained in the sample. The intervention with NO_3 from beet juice showed essential contributions in the performance tests of the primary studies. Most of the included trials showed better results in the group that ingested NO_3 . It can conclude that NO_3 from beetroot juice is an essential ergogenic resource in high intensity and short duration activities, and, therefore, it can be used in conditions that aim to increase the performance of athletes.

Key words: Beta vulgaris L. Nitrate. Performance. Exercise. Sports.

3 - Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FMRP/USP), Ribeirão Preto-SP, Brasil.

INTRODUÇÃO

A *Beta vulgaris* L. tem sido objeto de diversos estudos. Dentre os compostos nutricionais, o nitrato (NO_3^-) inorgânico se destaca (Benjamim e colaboradores, 2021).

O NO_3^- pode ser adquirido por meio da dieta (e.g. vegetais e verduras) e por meio de suplementação isolada (e.g. sais de NO_3^-) ou pelo suco de beterraba rico em NO_3^- .

O NO_3^- metabolizado é precursor da produção exógena de óxido de nítrico (NO_2) na circulação (Domínguez e colaboradores, 2018).

A suplementação de NO_3^- aumenta a produção de óxido nítrico (NO) na corrente sanguínea, especialmente nas condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico. A metabolização do NO_3^- acontece por meio das bactérias orais, que convertem o NO_3^- em nitrito (NO_2^-).

Na sequência, o NO_2^- reage com baixo pH estomacal e é convertido em NO, tanto no estômago como nas porções iniciais do intestino delgado (Rojas-Valverde e colaboradores, 2021).

O NO é uma substância conveniente para atletas e para praticantes de exercícios físicos, pois exerce efeitos fisiológicos, dentre os quais reduz o consumo de oxigênio, além de melhorar a respiração mitocondrial e muscular (Nyberg e colaboradores, 2021).

A ampla procura pela otimização da performance esportiva faz com que diversos atletas recorram à suplementação com NO_3^- . O processamento da beterraba e transformação em suco tem sido amplamente utilizado como fonte de NO_3^- e, é uma das estratégias com suporte científico para melhorar o desempenho físico (McMahon, Leveritt e Pavay, 2017).

Apesar disso, ainda não foi determinada a quantidade e periodicidade de sua utilização, variando de concentrações entre dose aguda (29mmol) ou crônica (8-13mmol por dia, durante 3 a 7 dias) (Gao e colaboradores, 2021).

Os exercícios comumente são diferenciados no modo em que são executados (e.g. intensidade, duração). Os exercícios anaeróbicos são atividades de alta intensidade e de curta duração, conhecidas como atividades de explosão (Cochran e colaboradores, 2014).

Esse tipo de exercício recruta especialmente as fibras musculares do tipo IIa e IIb (MacInnis e Gibala, 2017) e não demanda

tanta atividade da via oxidativa, em contrapartida, o glicogênio e creatina fosfato do músculo são depletados durante o exercício (Domínguez e colaboradores, 2017).

Pesquisas recentes informam maior atuação ergogênica do NO nas fibras musculares do tipo II (de contração rápida), pois é capaz de aumentar a liberação de cálcio no sarcoplasma e a atenuar a degradação da fosfocreatina (PCr).

Esses fatores ocasionam a diminuição do custo de adenosina trifosfato (ATP) e aumento da sua ressíntese via PCr, o que resulta em uma maior resistência e força muscular em exercícios de alta intensidade (Cuenca e colaboradores, 2018).

Assim, a suplementação de NO_3^- por meio do suco de beterraba, parece ser eficaz em exercícios de alta intensidade e curta duração, utilizando primordialmente via metabólica anaeróbica (Domínguez e colaboradores, 2018).

A fim de esclarecer tais questões, a presente revisão sistemática tem com o objetivo investigar os efeitos da utilização da suplementação de NO_3^- derivado da beterraba sobre a performance.

MATERIAIS E MÉTODOS

A busca sistematizada foi realizada durante o mês de maio de 2021 nas bases de dados PubMed (via MedLine), Cochrane Library e EMBASE.

O estudo está descrito de acordo com o Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA) (Moher e colaboradores, 2021).

A busca pelos artigos foi feita por dois pesquisadores de forma independente. Foram utilizados descritores obtidos pelo Medical Subject Headings (MeSH) e com o auxílio dos booleanos OR e AND para otimizar a busca: "Athletic Performances" OR "Sports" OR "Performance" AND "Nitrates" OR "Beta vulgaris" OR "Beet".

A pergunta da pesquisa foi construída a partir do modelo PICOS, em que cada letra do acrônimo representa uma característica dos estudos: P – População; I – Intervenção; C- Controle; O – Desfechos; e S- Desenho do estudo. Consideramos estudos primários que incluíram adultos saudáveis e fisicamente ativos com idade entre 18 a 65 anos. A intervenção com NO_3^- deveria ser do suco de beterraba e deveria ser controlada com uma

intervenção placebo, com características organolépticas similares às do suco de beterraba e depletado em NO_3^- . Os estudos deveriam trazer como desfecho variáveis de desempenho físico em exercícios com via metabólica predominantemente anaeróbica.

Consideramos ensaios clínicos randomizados simples ou duplo-cegos e publicados nos últimos 6 anos (2015-2021) em textos na língua inglesa e espanhola.

Os artigos identificados foram exportados para o programa Rayyan QCRI (Qatar Computing Research Institute, Qatar) para exclusão das duplicatas. Os estudos foram selecionados no programa Rayyan por meio da leitura do título e do resumo. Após esta etapa, o estágio de elegibilidade foi alcançado por meio da leitura dos artigos na íntegra por dois revisores independentes. Outro revisor foi convidado a dar um parecer se houvesse uma diferença de opinião em relação a um estudo.

Como parte final do desenvolvimento, os artigos foram lidos na íntegra e, aqueles considerados elegíveis tiveram os dados extraídos. Na ficha de extração, foram colhidas informações sobre a descrição da intervenção, a descrição da suplementação, a descrição do exercício e a conclusão do estudo.

RESULTADOS

Os estudos foram identificados por meio das plataformas do PubMed, Cochrane e EMBASE. Achou-se inicialmente 177 resultados de artigos, após a exclusão das duplicatas ($n=20$) 167 artigos foram lidos pelo título e resumo.

Destes 57 foram escolhidos para serem lidos na íntegra. Ao aplicarmos os critérios de elegibilidade apenas 9 estudos foram incluídos nesta revisão. O processo de busca está descrito no Flowchart PRISMA (Figura 1).

Os dados descritivos desses artigos são apresentados nas tabelas 1 e 2.

No estudo de Thompson e colaboradores (2016), atletas com idade de 24 ± 4 anos com um índice de massa corporal (IMC) médio de $24,69 \text{ Kg/m}^2$ ingeriram de forma crônica 70ml de suco de beterraba, contendo 6,4 mmol e em um outro momento, placebo, com 70 ml de suco de beterraba esgotado, contendo 0,04 mmol. Ao realizar um exercício de 5 sprints de 20 segundos e 2 testes YO-YO IR1 de 20 metros, concluiu-se que a suplementação crônica da beterraba melhorou o desempenho em sprint e exercícios

intermitentes de alta intensidade em jogadores de esportes coletivos.

Mosher e colaboradores (2016) utilizaram a mesma quantidade de suplemento na forma crônica, porém em homens fisicamente ativos, com a mesma faixa etária e IMC do estudo anterior, e o placebo utilizado foi suco de groselha preta. O exercício realizado consistiu em séries de repetições de supino até a falha, usando uma carga de 60% de 1 repetição máxima (RM). Obtendo como resultado, a conservação de energia que permitiu aos participantes que completassem mais conjuntos de séries.

Ranchal-Sanshez e colaboradores (2020) estudaram 12 homens recreacionalmente ativos, realizando um teste com agachamento e supino com três séries, a 60%, 70% e 80% de suas repetições máxima, 1 RM. O suplemento foi utilizado de forma aguda e obteve como resultado que o NO_3^- da beterraba melhorou o desempenho muscular em exercício de resistência.

Cuenca e colaboradores (2018) também utilizaram 70 ml contendo 6,4 mmol de nitrato, porém de forma aguda e em homens fisicamente ativos, com idade de $22,4 \pm 1,6$ e IMC de $24,27 \text{ Kg/m}^2$. O exercício foi um teste de Wingate total de 30 segundos e obteve como desfecho, o efeito ergogênico durante a primeira metade do sprint.

Nyakayiru e colaboradores (2017), realizaram seu estudo com 32 jogadores amadores, com idade de 23 ± 1 e IMC entre $21,7 \text{ Kg/m}^2$. A intervenção foi utilizada de forma crônica com 12,9 mmol de NO_3^- de beterraba em um suco com 140 ml, o placebo era o suco de beterraba com NO_3^- depletado. O exercício consistiu em 2 sprints em 20 metros com recuperação ativa de 10 segundos entre cada um deles e se obteve como resultado, a melhora do desempenho em exercícios do tipo intermitente de alta intensidade.

Shannon e colaboradores (2017), convocou 8 atletas, com idade entre $28,3 \pm 5,8$ e IMC médio de $23,3 \text{ Kg/m}^2$. A suplementação foi realizada de forma aguda e com as mesmas quantidades do estudo de Nyakayiru e colaboradores, (2017), o exercício foi realizado com quatro testes de desempenho de exercício compreendendo um aquecimento de 10 min seguido por uma esteira de 1.500 ou 10.000 m contrarrelógio. A conclusão do artigo sugere que a suplementação aguda com o suco de beterraba aumenta o NO_2^- plasmático, e melhora o desempenho no teste contrarrelógio

em esteira de 1.500 m em homens treinados. Em contraste, a suplementação com suco de beterraba não aumentou significativamente o desempenho de 10.000 m.

Wylie e colaboradores (2016) estudaram 10 jogadores recreativos de 21±1 anos e IMC de 26,4 Kg/m². A suplementação foi suco de beterraba de forma crônica, duas doses de 70 ml contendo 4,1 mmol de NO₃ em 5 dias de intervenção. Os participantes completaram 24 sprints de 6 segundos, 7 sprints totais de 30 segundos e 6 esforços máximos individualizados de 60 segundos nos dias 3, 4 e 5 de suplementação, respectivamente. Teve como resultado que pode melhorar o desempenho durante 24 sprints de 6 segundos intercalados com 24 segundos de recuperação.

Porém, a suplementação do suco não melhorou significativamente o desempenho durante sete sprints de 30 s intercalados com 4 min de recuperação ou seis esforços máximos individualizados de 60 s intercalados com 60 s de recuperação.

No experimento de Dominguez e colaboradores (2017) o estudo foi realizado com quinze homens recreacionalmente ativos. A suplementação foi realizada de forma aguda, 70 ml (5,6 mmol de NO₃) de suco de beterraba. O exercício consistiu em teste de Wingate de 30 segundos em cicloergômetro inercial. Foi observado que teve um efeito ergogênico na produção de potência máxima e notou-se uma tendência para que isso ocorresse nos primeiros 15 s.

López-Samanes e colaboradores (2020) estudaram 13 tenistas treinados, com idade entre 25,4 ± 5,1 e IMC entre 22,5 Kg/m². O estudo foi desenvolvido com 70ml (4,2mmol) de suco de beterraba de forma aguda e com teste de velocidade de saque no tênis (SVT), salto com contra movimento (CMJ), empunhadura isométrica força (IHS), teste de agilidade 5-0-5 (5-0-5) e sprint de 10 m (10 m). Obtendo como conclusão de que a metodologia não melhora a velocidade do saque, altura do salto, força de prensão manual isométrica, desempenho de agilidade e velocidade de sprint em tenistas altamente treinados.

Contemplando os estudos admitidos nesta revisão, pode-se observar quesitos importantes para interpretação e entendimento da usabilidade do suco de beterraba. Quando

observado idade da população, compreendeu-se que:

I) Estudos com população em faixa etária média entre 21 e 23 anos, 5 apresentaram conclusão positiva em relação a eficácia da suplementação,

II) Os estudos a qual a população se encontra com faixa etária média de 24 e 28,3 anos, 3 estudos apresentaram conclusão positiva e 1 negativa.

Em relação ao nível de atividade física dos participantes das pesquisas, obteve-se como resultado que:

I) Dos estudos com atletas, 2 estudos adquiriram conclusão positiva em relação ao uso do suplemento e ao efeito ergogênico;

II) Os trabalhos que foram realizados com homens recreacionalmente ativos e/ou treinados, 6 atingiram resultados positivos e em 1 estudo não houve efeito positivo.

Quando comparado os estudos que suplementaram de forma crônica e os que suplementaram agudamente, em relação ao desfecho positivo da pesquisa, observamos que: a) 4 estudos de suplementação crônica demonstraram resultados positivos e II) 4 estudos de suplementação aguda refletiram resultados positivos e 1 estudo sem efeitos positivos. Ao comparar a quantidade da suplementação em mmol, com os resultados satisfatórios e com os que não obtiveram êxito na melhora do exercício realizado, foi concluído que: I) 5 trabalhos que utilizaram 6,4 mmol de suplementação, 1 estudo com 5,6 mmol, 1 estudo com 6,2 mmol e 1 estudos com 4,1 mmol, concluíram com resultados satisfatórios; II) 1 estudo com 6,4 mmol obteve resultado insatisfatório.

Ao comparar os trabalhos que obtiverem sucesso da suplementação com os exercícios propostos, achou-se: I) 4 estudos com sprint, sendo o efeito ergogênico em um desses, percebido em sprints com mais repetições e menos tempo de realização; II) 2 testes de wingate, em que o efeito só foi notado na primeira metade do tempo e III) 2 testes de força. Os estudos que não demonstraram efeito proposta da suplementação, para com a atividade realizada foi a de testes neuromusculares, que consistia em teste de velocidade, salto CMJ, teste de agilidade e sprint.

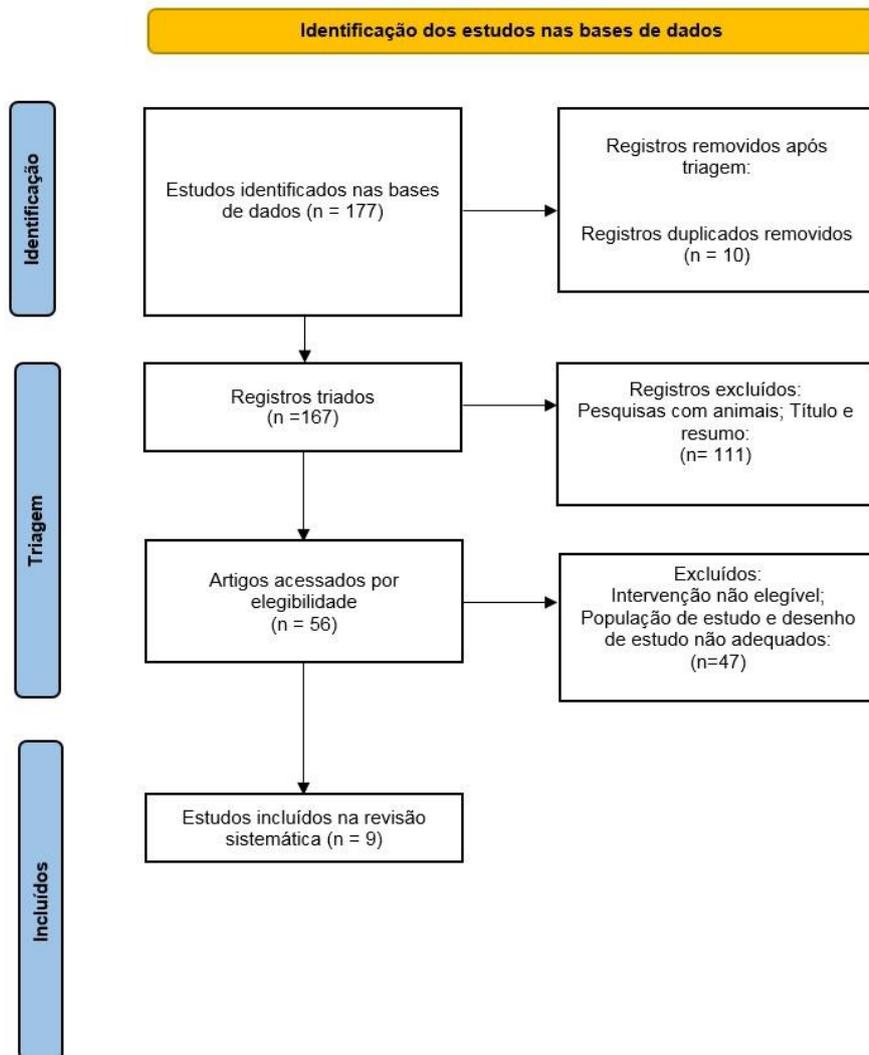


Figura 1 - Fluxograma da estratégia de busca e seleção dos estudos.

RBNE
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

Tabela 1. Quadro síntese.

Autor/Ano	Designo do estudo	Amostra	Idade (anos)	Peso (Kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m ²)	Exercício	Intensidade do exercício
Cuenca e colaboradores (2018)	Estudo randomizado	15 homens fisicamente ativos	22,4±1,6	76,9±10,3	1,78	24,27	Teste de Wingate e salto CMJ	Teste de Wingate total de 30 s em um ergômetro Monark e três saltos de CMJ
Domínguez e colaboradores (2017)	Estudo randomizado	15 homens treinados	21,46±1,72	76,9±8,67	1,78±0,07		Teste Wingate de 30 segundos	Teste Wingate de 30 segundos em um cicloergômetro inercial
López-Samanes e colaboradores (2020)	Estudo randomizado	13 tenistas masculinos treinados	25,4±5,1	74,7±8,8	1,82±0,1		Testes Neuromusculares	Bateria de testes sendo: Teste de velocidade de saque de tênis, Salto contra movimento, força de prensão manual isométrica, teste de agilidade 5-0-5 e sprint de 10 metros
Mosher e colaboradores (2016)	Estudo randomizado	12 homens recreacionamente ativos	21±2	82,5±9,8	1,77±4,0		Exercício de força	Séries de repetições até a falha usando uma carga de 60% de 1 repetição máxima
Nyakayiru e colaboradores (2017)	Estudo randomizado	32 jogadores amador.	23 ± 1	77 ± 1	1,88 ± 1		Sprint	2 sprints em 20 metros com recuperação ativa de 10 segundos entre cada um deles
Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020)	Estudo randomizado	12 homens recreacionamente ativos	24 ± 3	73 ± 9,2	1,75 ± 0,08	23,75 ± 2,6	Exercício de força	Agachamento e Supino com três séries, a 60%, 70% e 80% de suas repetições máxima 1 repetição máxima
Shannon e colaboradores (2017)	Estudo randomizado	8 corredores ou triatletas treinados	28,3±5,8	74,7 ± 10,1	1,79 ± 0,02		Sprint	Contrarrelógio de 1.500 metros e de 10.000 metros
Thompson e colaboradores (2016)	Estudo randomizado	36 atletas	24 ± 4	80 ± 10	1,80 ± 0,07		Sprint e teste YO-YO IR1	5 sprints de 20 metros. um teste YO-YO IR1, de 2 a 20 metros até a falha
Wylie e colaboradores (2016)	Estudo randomizado	10 jogadores recreativos	21±1	87,5±9,5	1,82±0,01		Sprint	24 sprints de 6 s, 7 sprints totais de 30 s e 6 esforços máximos individualizados de 60 s

Tabela 1 - continuação.

Autor/ Ano	Dose	Ingestão do suco de beterraba	Placebo	Principais conclusões
Cuenca e colaboradores (2018)	70 ml de suco de beterraba (contendo 6,4 mmol de NO ³)	1 dia antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	Produziu efeito ergogênico durante a primeira metade do sprint, sem aumentar o acúmulo de fadiga muscular durante ou após o exercício
Domínguez e colaboradores (2017)	70 ml de suco de beterraba (contendo 5,6 mmol de NO ³)	2-3 horas antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	A suplementação teve efeito ergogênico na saída de potência máxima e na potência média durante os primeiros 15 segundos de um teste de cicloergômetro inercial
López-Samanes e colaboradores (2020)	70 ml de suco de beterraba (contendo 6,4 mmol de NO ³)	3 horas antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	Não melhorou o desempenho físico no tênis
Mosher e colaboradores (2016)	70ml contendo 6,4 mmol ou 400 mg de nitrato	Durantes 6 dias antes do exercício	Bebida placebo de groselha preta	Ajudou a conservar energia nas séries fornecidas permitindo que os participantes completassem mais conjuntos
Nyakayiru e colaboradores (2017)	140 ml de suco de beterraba rico em nitrato. 800 mg de nitrato (12,9 mmol)	Durantes 6 dias antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	A suplementação melhorou o desempenho em exercícios do tipo intermitente de alta intensidade
Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020)	70ml contendo 6,4 mmol ou 400 mg de nitrato	120 minutos antes do exercício	Bebida placebo de groselha preta	A suplementação aguda de beterraba melhorou o desempenho muscular de resistência
Shannon e colaboradores (2017)	140 ml de suco de beterraba (12,5 mmol de NO ³)	3 horas antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	A suplementação aguda de suco de beterraba melhorou o desempenho no teste de 1.500 metros, mas não de 10.000 metros
Thompson e colaboradores (2016)	6,4 mmol de NO ³ por 70 ml	Durantes 5 dias antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	A suplementação do suco da beterraba otimizou o desempenho em sprint e exercícios intermitentes de alta intensidade
Wylie e colaboradores (2016)	2 vezes 70 ml contendo 4,1 mmol de NO ³	Durantes 5 dias antes do exercício	Suco de beterraba depletado em NO ₃	Melhorou o desempenho durante 24 sprints de 6 s intercalados com 24 s de recuperação. Porém, não melhorou significativamente o desempenho durante sete sprints de 30 s intercalados com 4 min de recuperação ou seis esforços máximos individualizados de 60 s intercalados com 60 s de recuperação

DISCUSSÃO

Suco da beterraba e o tipo de fibra muscular

Todos os artigos relatam a interação do suplemento da beterraba com a utilização da fibra muscular do tipo II, como o possível fator do efeito ergogênico em pessoas que realizam atividade física.

Prévios estudos realizados com camundongos demonstraram aumento do fluxo sanguíneo e da calsequestrina, essa proteína manipula a liberação do cálcio do retículo sarcoplasmático após a suplementação com o nitrato dietético, melhorando assim, a função

contrátil da fibra muscular (Hernández e colaboradores, 2012).

Mosher e colaboradores (2016) explica que a liberação do cálcio induz a interação actina-miosina, contraindo a fibra muscular do tipo II e gerando potência e força elevadas.

Cuenca e colaboradores (2018), Wylie e colaboradores (2016) e Mosher e colaboradores (2016), mencionam que o aumento do óxido nítrico causa a redução da degradação da PCr que diminui o custo do ATP em exercícios de alta intensidade, que são os que recrutam as fibras do tipo II. Esse mecanismo pode ocasionar uma maior

produção de energia por um período mais longo da atividade.

Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020), Cuenca e colaboradores (2018), Wylie e colaboradores (2016), Mosher e colaboradores (2016) e Domínguez e colaboradores (2017), utilizaram como uma das medidas de avaliação, o lactato sanguíneo. A concentração de lactato é um indicador da contribuição glicolítica para o metabolismo energético. A função vasodilatadora do NO pode ter aumentado o fluxo sanguíneo para as unidades motoras do tipo II, o que pode elevar a concentração do lactato no sangue.

Mosher e colaboradores (2016) e Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020), não encontraram diferenças na medição de lactato pós-exercício entre a suplementação do suco da beterraba e do placebo.

Embora os estudos tenham obtido esse resultado, é informado que a diminuição do consumo de oxigênio e da degradação de PCr podem ter atrasado a produção de lactato e que esta diminuição com a manutenção do pH muscular resultou na melhoria do desempenho.

Suplementação

Nos trabalhos analisados não existiu consenso em relação à quantidade de administração de nitrato, tampouco conformidade quanto a melhor dose resposta. Em cinco estudos foram adotados uma suplementação com 70 ml de suco de beterraba contendo 6,4 mmol de nitrato (Mosher e colaboradores, 2016; Thompson e colaboradores, 2016; Cuenca e colaboradores, 2018; López-Samanes e colaboradores, 2020; Ranchal-Sanchez e colaboradores, 2020).

Nyakayiru e colaboradores (2017) e Wylie e colaboradores (2016) aplicaram uma dosagem diária de 140 ml divididas em duas doses.

Wylie e colaboradores (2016) distribuíram as dosagens em turnos diferentes (1 x 70 ml às 10h da manhã e 1 x 70ml às 19h).

No protocolo de suplementação de Nyakayiru e colaboradores (2017) as dosagens eram administradas sempre no mesmo horário (2 x 70 mL contendo 12.9 mmol de NO³).

Shannon e colaboradores (2017) adotaram um experimento de dosagem única com 140 mL contendo 12.9 mmol de nitrato. Não houve uma justificativa para a utilização das quantidades de nitrato administradas.

Concentração de NO₂ no plasma

Foi encontrada uma elevação do nitrito circulante, derivada da suplementação com o suco de beterraba rico em nitrato. O estudo de Wylie e colaboradores (2016) concluíram que a suplementação de curto prazo com suco de beterraba rico em nitrato aumenta significativamente os níveis de NO₂ no plasma.

Entretanto, a eficácia constatada no uso da suplementação do nitrato com o suco da beterraba na melhora do desempenho no exercício, não pode ser atribuída aos níveis de nitrito no plasma, uma vez que o aumento de NO² representaria apenas uma maior disponibilidade de substrato para a síntese de óxido nítrico.

No trabalho de Shannon e colaboradores (2017) também se constataram que a concentração de NO₂ sanguíneo mensurada no pré-exercício estava significativamente elevada quando comparou os participantes que ingeriram o suco de beterraba em oposição aos que ingeriram placebo, em ambos os testes (teste contrarrelógio 1500m e 10.000m).

A quantidade de NO₂ era maior no exercício de 1500m do que no de 10.000m. Uma nova amostra sanguínea foi coletada 5 minutos após os testes, e constatou-se que os níveis de NO₂ permaneceram elevados em ambas as condições.

Seis dias de ingestão de suco de beterraba rico em nitrato aumentaram as concentrações plasmáticas e salivares de nitrato e nitrito em comparação com placebo no estudo feito por Nyakayiru e colaboradores (2017).

No plasma, o nitrito atingiu 632 ± 66 nM com a ingestão do suplemento, enquanto com o uso do placebo obteve-se o resultado de 186 ± 13 nM (p<0.001).

A não observação dos níveis sanguíneos de NO₂ foi relatada como um ponto de limitação nos trabalhos de Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020) e Domínguez e colaboradores (2017).

Apesar disso, os participantes foram orientados a se abster de escovar os dentes ou usar enxaguante bucal, goma de mascar ou balas que pudessem conter substância bactericida nas 24h anteriores aos testes, pois o uso destes produtos poderia resultar em uma diminuição dos níveis plasmáticos de NO₂, já que implicaram na fase oral da redução do NO₂ a NO.

Tipo de exercício

Os estudos apontam um padrão de exercícios caracterizados por sessões de curta duração e de alta intensidade intercaladas com breves períodos de recuperação, uma vez que este padrão de atividade está associado a maior utilização das fibras esqueléticas do tipo II.

Conforme já discutido neste trabalho, as evidências sugerem que a suplementação com o NO₃ tem o potencial de melhorar preferencialmente as respostas fisiológicas no músculo tipo II, contração rápida, em comparação com o tipo I, contração lenta (Thompson e colaboradores, 2016).

Ao avaliar a diversidade de exercícios físicos testados nos estudos, observa-se que há uma variedade de modalidades praticadas por atletas ou indivíduos recreacionalmente ativos.

Mosher e colaboradores (2016) sugerem a utilização do suplemento em treinamentos de resistência, a fim de melhorar o desempenho, em uma população masculina saudável.

No trabalho de Ranchal-Sanchez e colaboradores (2020), investigou-se o possível efeito ergogênico da suplementação de NO₃ no treinamento de resistência no que diz respeito a velocidade de movimento e a força produzida na fase concêntrica durante o exercício (agachamento e supino) e medidas de resistência muscular, como o número máximo de repetições até a falha concêntrica.

Ao avaliar a desenvoltura de corredores e triatletas treinados realizando teste contra relógio de corrida em esteira de curta e longa distância, Shannon e colaboradores (2017) concluem que a suplementação aguda de suco de beterraba aumenta significativamente o desempenho de 1500 m, mas não de 10.000 m. Ou seja, a sugestão é que o NO₃ da beterraba pode ser ergogênico durante as corridas de distâncias mais curtas que exigem uma alta taxa de trabalho, mas não durante corridas de distâncias mais longas, concluídas com uma taxa de trabalho mais baixa.

Thompson e colaboradores (2016) testaram o desempenho em sprint e corrida intermitente de alta intensidade e destacaram que há uma diminuição no consumo de ATP e da PCr pelo músculo durante a execução deste tipo de exercício, e reconhece o potencial

ergogênico do NO₃ na prática dos esportes competitivos em equipes.

No trabalho de Lopes-Samanes e colaboradores (2020), com tenistas altamente treinados, os resultados indicaram que a suplementação não melhora a velocidade do saque, altura do salto, força de preensão manual isométrica, desempenho de agilidade e velocidade de sprint nos atletas. A baixa eficácia foi atribuída à dosagem mais baixa, de 70 mL de suco de beterraba (4,2 mmol).

CONCLUSÃO

O nitrato do suco da beterraba otimiza o desempenho físico dos participantes que praticaram as atividades de alta intensidade e curta duração que utilizam predominantemente da via metabólica anaeróbia.

Entretanto, apesar de vários estudos investigarem os efeitos da suplementação de NO₃ no desempenho do exercício físico, os resultados apresentam-se ambíguos, provavelmente devido a diferenças marcantes quanto ao protocolo de teste e na dose administrada.

REFERÊNCIAS

- 1-Benjamim, C.J.R.S.; Júnior, F.W.; Figueirêdo, M.Í.L.S.; Benjamim, C.J.R.; Cavalcante, T.C.F.; Silva, A.A.M.; Monteiro, L.R.L.; Santana, M.D.R.; Garner, D.M.; Valenti, V.E. Beetroot (beta vulgaris L.) extract acutely improves heart rate variability recovery following strength exercise: A randomized, double-blind, placebo-controlled crossover trial-pilot study. *Journal of the American College of Nutrition*. Vol. 40. num. 4. 2021. p. 307-316.
- 2-Cochran, A.J.R.; Percival, M.E.; Tricarico, S.; Little, J.P.; Cermak, N.; Gillen, J.B.; Tarnopolsky, M.A.; Gibala, M.J. Intermittent and continuous high-intensity exercise training induce similar acute but different chronic muscle adaptations: Muscle adaptations to high-intensity exercise training. *Experimental Physiology*. Vol. 99. Num. 5. 2014. p. 782-791.
- 3-Cuenca, E.; Jodra, P.; Pérez-López, A.; González-Rodríguez, L.G.; Fernandes da Silva, S.; Veiga-Herreros, P.; Domínguez, R. Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a 30-s all-out sprint exercise: A randomized, double-blind crossover study. *Nutrients*. Vol. 10. Num. 9. 2018.

4-Domínguez, R.; Garnacho-Castaño, M.V.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Muñoz-González, A.; Jesús, F.; Lozano-Estevan, M.D.C.; Fernandes da Silva, S.; Veiga-Herreros, P.; Maté-Muñoz, J.L. Effects of beetroot juice supplementation on a 30-s high-intensity inertial cycle ergometer test. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 12. 2017.

5-Domínguez, R.; Maté-Muñoz, J.L.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Mata-Ordoñez, F.; Lozano-Estevan, 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.

6-Gao, C.; Gupta, S.; Adli, T.; Hou, W.; Coolsaet, R.; Hayes, A.; Kim, K.; Pandey, A.; Gordon, J.; Chahil, G.; Belley-Cote, E.P.; Whitlock, R.P. The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 18. Num. 1. 2021.

7-Hernández, A.; Schiffer, T.A.; Ivarsson, N.; Cheng, A.J.; Bruton, J.D.; Lundberg, J.O.; Weitzberg, E.; Westerblad, H. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle: Dietary nitrate and contractile function. *The journal of physiology*. Vol. 590. Num. 15. 2012. p. 3575-3583.

8-López-Samanes, Á.; Pérez-López, A.; Moreno-Pérez, V.; Nakamura, F.Y.; Acebes-Sánchez, J.; Quintana-Milla, I.; Sánchez-Oliver, A.J.; Moreno-Pérez, D.; Fernández-Elías, V.E.; Domínguez, R. Effects of beetroot juice ingestion on physical performance in highly competitive tennis players. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 2. 2020.

9-MacInnis, M.J.; Gibala, M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*. Vol. 595. Num. 9. 2017. p. 2915-2930.

10-McMahon, N.F.; Leveritt, M.D.; Pavey, T.G. The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in healthy adults: A systematic review and meta-analysis.

Sports Medicine. Vol. 47. Num. 4. 2017. p. 735-756.

11-Mosher, S.L.; Sparks, S.A.; Williams, E.L.; Bentley, D.J.; Mc Naughton, L.R. Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. *Journal of strength and conditioning research*. Vol. 30. Num. 12. 2016. p. 3520-3524.

12-Nyakayiru, J.; Jonvik, K.L.; Trommelen, J.; Pinckaers, P.J.M.; Senden, J.M.; Van Loon, L.J.C.; Verdijk, L.B. Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 3. 2017.

13-Nyberg, M.; Christensen, P.M.; Blackwell, J.R.; Hostrup, M.; Jones, A.M.; Bangsbo, J. Nitrate-rich beetroot juice ingestion reduces skeletal muscle O_2 uptake and blood flow during exercise in sedentary men. *The Journal of Physiology*. 2021

14-Ranchal-Sanchez, A.; Diaz-Bernier, V.M.; De La Florida-Villagran, C.A.; Llorente-Cantarero, 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.

15-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. 61. Num. 20. 2021. p. 3395-3406.

16-Shannon, O.M.; Barlow, M.J.; Duckworth, L.; Williams, E.; Wort, G.; Woods, D.; Siervo, M.; O'Hara, J.P. Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 117. Num. 4. 2017. p. 775-785.

17-Thompson, C.; Vanhatalo, A.; Jell, H.; Fulford, J.; Carter, J.; Nyman, L.; Bailey, S.J.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric oxide: Biology and chemistry*. Vol. 61. 2016. p. 55-61.

18-Wylie, L.J.; Bailey, S.J.; Kelly, J.; Blackwell, J.R.; Vanhatalo, A.; Jones, A.M. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 116. Num. 2. 2016. p. 415-425.

Autor correspondente:

Cicero Jonas R. Benjamim.

jonasbenjamim@usp.br

Dep. Clínica Médica.

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-FMRP.

Universidade de São Paulo.

Av. Bandeirantes, 3900.

Ribeirão Preto-SP, Brazil.

CEP: 14049-900.

Phone: +55 16 3315-0229.

Recebido para publicação em 29/11/2021

Aceito em 05/03/2022