

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO SOBRE O DESEMPENHO EM CORRIDAS:
 UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Claudia Mello Meirelles¹, Kauã Faria Spaolonse²

RESUMO

Introdução: A suplementação de nitrato tem se mostrado efetivo à melhoria de desempenho físico. Tais resultados se devem, principalmente, ao efeito vasodilatador do óxido nítrico, produzido endogenamente a partir do nitrato dietético. Contudo, a literatura ainda se mostra conflitante acerca dos efeitos desta suplementação dependendo do tipo de exercício testado. **Objetivo:** Analisar os efeitos da suplementação de nitrato sobre o desempenho em exercícios de corrida. **Materiais E Métodos:** Os estudos foram identificados e selecionados nas bases de dados PubMed e Google Acadêmico, até 30 de março de 2022. A triagem e elegibilidade dos estudos foram realizadas por dois avaliadores independentes, seguindo a estratégia PICOS. Os artigos elegíveis tiveram a qualidade metodológica avaliada por meio da aplicação da escala PEDro e os riscos de viés foram identificados pelo Risk of Bias 2.0. **Resultados:** Inicialmente foram identificados 56 estudos e, após análise qualitativa, dez estudos foram incluídos. Destes, cinco verificaram os efeitos da suplementação de nitrato em testes de corrida contrarrelógio, quatro em corridas até a exaustão e um estudo em ambos os protocolos. De acordo com os estudos revisados, a suplementação de nitrato determinou efeitos positivos em corridas até a exaustão e em curtas distâncias nas corridas contrarrelógio, bem como aumentou a velocidade média e velocidade na potência aeróbia máxima em indivíduos com baixa ou moderada aptidão aeróbia. **Conclusão:** A suplementação de nitrato parece ser uma alternativa para homens jovens saudáveis para a prática de corridas de curta de distância, bem como para o aumento do tempo em atividade em corridas até a exaustão.

Palavras-chave: Suplementos nutricionais. Exercício físico. Fadiga.

ABSTRACT

Effects of nitrate supplementation on running performance: a systematic review

Introduction: Nitrate supplementation has been shown to be effective in improving physical performance. Such results are mainly due to the vasodilating effect of nitric oxide, produced endogenously from dietary nitrate. However, the literature is still conflicting about the effects of this supplementation depending on the type of exercise tested. **Objective:** To analyze the effects of nitrate supplementation on performance in running exercises. **Materials and Methods:** Studies were identified and selected from PubMed and Google Scholar databases by March 30, 2022. Triage and eligibility of studies were performed by two independent evaluators, following the PICOS strategy. Eligible articles had their methodological quality assessed through the application of the PEDro scale and the risks of bias were identified by Risk of Bias 2.0. **Results:** Initially, 56 studies were identified, and, after qualitative analysis, ten studies were included. Of these, five verified the effects of nitrate supplementation in time trial races, four in races to exhaustion and one study in both protocols. According to the studies reviewed, nitrate supplementation determined positive effects in races to exhaustion and in short distances in time trial running, as well as increased mean velocity at maximal aerobic power in subjects with low or moderate aerobic fitness. **Conclusion:** Nitrate supplementation appears to be an alternative for healthy young men to practice short distance running, as well as to increase time to exhaustion.

Key words: Nutritional supplements. Physical exercise. Fatigue.

1 - Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro, Brasil.

2 - 1º Batalhão de Polícia do Exército, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail dos autores:
 claudiameirelles@yahoo.com.br
 kauaspalonse@gmail.com

INTRODUÇÃO

Embora o consumo de uma dieta balanceada seja importante para a manutenção da saúde geral e auxilie na recuperação pós-treino, muitos atletas também usam suplementos alimentares com o objetivo de melhorar o desempenho durante a competição, um exemplo recente é o nitrato (Peeling e colaboradores, 2018).

Recente metanálise apoia a conclusão de que o nitrato dietético, que normalmente é ingerido na forma de suco de beterraba, tenha o potencial de melhorar o desempenho em alguns exercício e atividades esportivas (Jones e colaboradores, 2018).

Senefeld e colaboradores (2020) observaram um aumento médio de aproximadamente 3% em exercícios físicos, especialmente de altas intensidades e duração inferior a 15 min. Vale destacar que estes efeitos apenas foram observados com a administração de doses de nitrato acima de 5 mmol/dia e em participantes com potência aeróbia inferior a 64,9 mL.kg/min.

A suplementação de suco de beterraba, por ser rico em nitrato (NO⁻) pode servir como um precursor do óxido nítrico (NO), através da via nitrato-nitrito-NO. Um aumento da presença de óxido nítrico derivado do nitrato dietético favorece a vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo para os músculos ativos.

Assim, a suplementação de suco de beterraba vem se mostrando útil para melhorar o desempenho aeróbio e acelerar a recuperação após exercícios repetidos de alta intensidade (López-Samanes e colaboradores, 2020).

A literatura ainda é conflitante acerca da utilização desse recurso ergogênico, mas existem evidências de que durante o exercício aeróbio, o tempo até a exaustão possa ser ampliado, simultaneamente a uma diminuição significativa no consumo de oxigênio para uma determinada taxa de trabalho.

Dentro desse contexto de busca por resultados e desempenho, a corrida mostrando um número crescente de corredores e eventos de corrida desde o início dos anos 2000 (Fields e colaboradores, 2010).

A corrida na população adulta é uma das atividades físicas mais populares em todo o mundo e na sociedade ocidental, muitas cidades têm seus próprios eventos recreativos de corrida, além disso, a corrida é uma das

maneiras mais eficientes de atingir a aptidão física, que está ligada à promoção da saúde e longevidade (Van Der Worp e colaboradores, 2015).

Ainda pouco foi estudado sobre os efeitos da suplementação de nitrato no desempenho em corridas, tornando relevante investigar se seus efeitos na contração muscular se traduzem em melhores resultados.

Faz-se necessário organizar e estruturar os estudos com enfoque na suplementação de nitrato para provas de corrida, de maneira que os profissionais envolvidos com treinamento esportivo de atletas e não atletas possam ter melhores ferramentas para o planejamento dos programas de treinamento com a finalidade de garantir uma melhora no desempenho desses indivíduos.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é realizar uma revisão sistemática de literatura a respeito da suplementação de nitrato e seus efeitos no desempenho de homens jovens em atividades de corrida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi redigido de acordo com a recomendação Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (Page e colaboradores, 2021) e registrado no Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) sob o código CRD: 42021283580.

Estratégia de busca

Os trabalhos foram extraídos das bases de dados eletrônicas PubMed, Google acadêmico e SciELO, utilizando os seguintes termos: nitrate OR beetroot OR beetroot juice AND run OR running AND supplementation, no idioma inglês e em qualquer data de publicação. A busca foi realizada em setembro de 2021 e repetida em maio de 2022 para identificar se novos estudos foram publicados nesse período.

Além disso, foi realizada busca manual nas referências bibliográficas dos potenciais estudos elegíveis.

Critérios de elegibilidade

Os estudos foram considerados elegíveis se preenchessem os critérios estipulados a partir da utilização da estratégia

PICOS: (P) adultos jovens do sexo masculino aparentemente saudáveis praticantes recreativos de corrida ou atletas; (I) suplementação de nitrato ou suco de beterraba; (C): controle com utilização de placebo; (O): tempo em teste de corrida contrarrelógio ou até a exaustão; (S) estudos controlados e randomizados, com desenho paralelo ou cruzado. Foram excluídos estudos que incluíram mulheres nos resultados, que combinaram a suplementação de nitrato com qualquer outro suplemento ou que incluíram alguma intervenção que pudesse afetar os resultados medidos (ex., oclusão vascular, hipóxia e estimulação elétrica).

Seleção dos estudos

Os artigos inicialmente selecionados foram armazenados em banco de dados. Após a exclusão manual de duplicatas, aplicaram-se os critérios de inclusão acima mencionados. Inicialmente, os estudos foram selecionados por meio da leitura do título e do resumo. O processo de seleção dos estudos foi realizado de forma independente por dois revisores (KFS e CMM). Em caso de discordâncias, resolvia-se em consenso.

Extração de dados

Dados foram extraídos dos estudos selecionados: (I) características dos participantes (tamanho da amostra, idade, massa corporal e potência aeróbia máxima - $VO_2\text{máx}$); (II) protocolo de suplementação (tipo, dose diária, horário de administração e concentração); (III) protocolo do teste de exercício (teste de corrida contrarrelógio ou até a exaustão, em pistas de atletismo ou esteiras ergométricas); e (IV) principais achados relacionados aos efeitos do nitrato no tempo até a exaustão, na velocidade máxima ($VMáx$) e na velocidade no $VO_2\text{máx}$ ($vVO_2\text{máx}$). Nos testes contrarrelógio o desempenho foi mensurado através do tempo utilizado para completar o protocolo do teste de corrida (s ou min), a velocidade máxima e a velocidade no $VO_2\text{máx}$ foram medidas em quilômetros por hora (km/h). O tempo até a exaustão foi obtido através do tempo máximo suportado durante a tarefa de corrida proposta no protocolo do teste, a $VMáx$ e a $vVO_2\text{máx}$ foram medidas em km/h no mesmo teste.

Avaliação da qualidade metodológica

A escala PEDro foi utilizada para avaliar a qualidade metodológica dos estudos nesta revisão sistemática (Shiwa e colaboradores, 2011). Os 11 itens da escala foram assinalados com “1” caso atendessem aos diversos aspectos como: desenho do estudo, critérios de elegibilidade, randomização, cegamento, atrito e relato dos dados. Todos os itens, exceto o primeiro, são incluídos no cálculo da pontuação geral. A menção “1” a um determinado item adiciona um ponto à pontuação geral. Com base na pontuação geral, os procedimentos metodológicos dos estudos incluídos foram classificados como sendo de “excelente qualidade” (9 a 10 pontos), “boa qualidade” (6 a 8 pontos), “qualidade razoável” (4 a 5 pontos) ou “qualidade pobre” (≤ 3 pontos). Dois revisores (KFS e CMM) conduziram independentemente a avaliação da qualidade metodológica e quaisquer discrepâncias nas pontuações foram resolvidas por meio de discussão e concordância.

Avaliação do risco de viés

A avaliação do risco de viés de cada estudo incluído foi realizada utilizando a ferramenta Risk of Bias 2.0 da Colaboração Cochrane. Dois revisores (CMM e KFS) avaliaram de forma independente os seguintes riscos de viés: (I) viés de seleção – ocultação da geração de sequência de randomização e de alocação; (II) viés de performance – mascaramento de participantes e pesquisadores; (III) viés de detecção – mascaramento dos pesquisadores envolvidos na interpretação dos resultados; (IV) viés de atrito – dados dos resultados incompletos ou perda de seguimento no decorrer do estudo; (V) viés de relato – relato seletivo dos resultados; e (VI) outras fontes potenciais de viés. Cada risco de viés foi classificado como “baixo”, “alto” ou “incerto”.

Análise e apresentação dos resultados

Para a fase de apresentação de resultados, foi elaborado inicialmente um fluxograma que ilustra o caminho metodológico percorrido para se chegar à lista final de artigos.

Os resultados dos trabalhos selecionados foram apresentados em uma tabela contendo as suas características, bem

como os principais resultados das medidas de interesse (mencionados anteriormente) obtidas em cada estudo.

Todo o processo da presente revisão sistemática tem como base as recomendações PRISMA, tanto nas estratégias estipuladas para condução da revisão, como na forma de apresentação dos resultados (Page e colaboradores, 2021).

RESULTADOS

Resultados das buscas

Foram identificados 56 artigos. Após aplicação dos critérios de elegibilidade, reduziu-se ao número a 17 artigos.

Após a leitura completa dos estudos, foram excluídos mais sete trabalhos, totalizando 10 estudos para análise na presente revisão, conforme fluxograma apresentado na Figura 1.

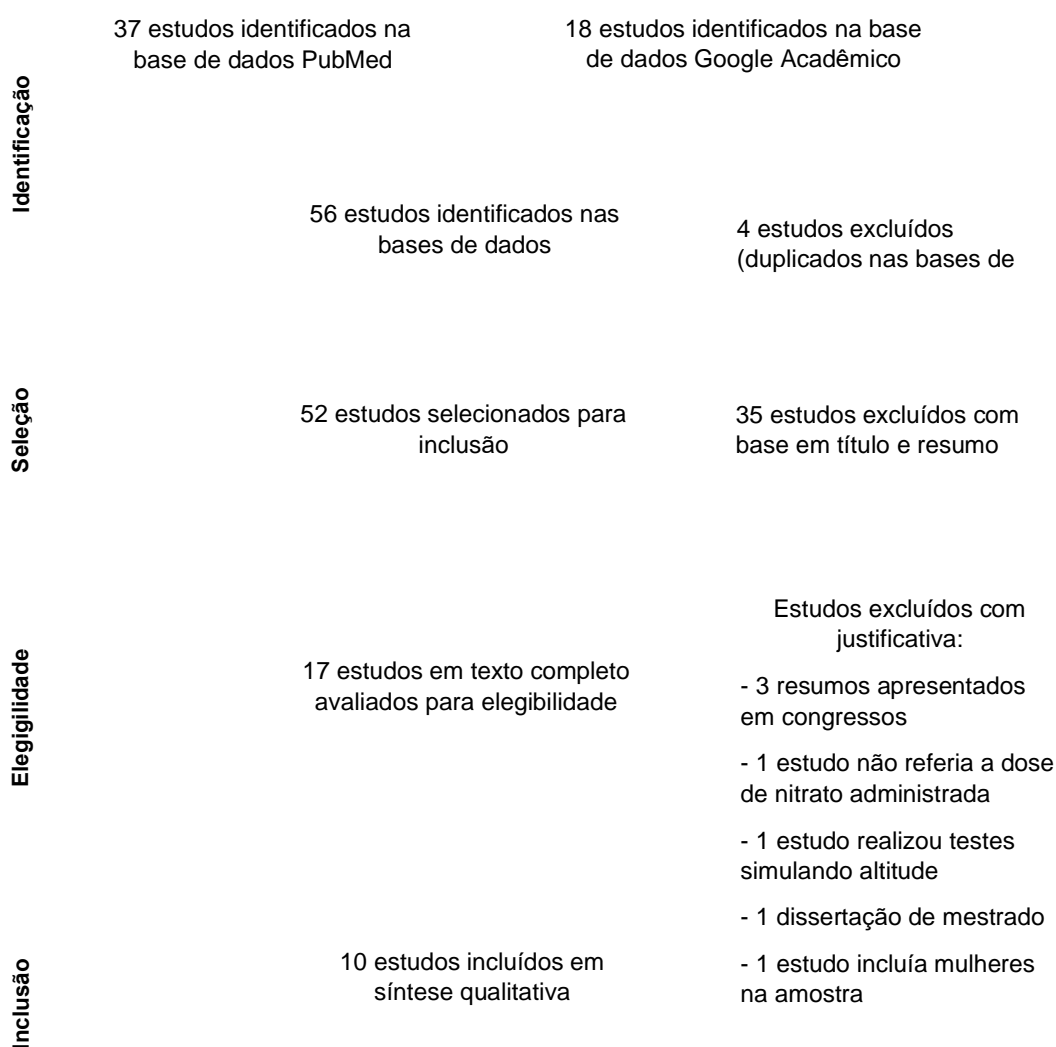


Figura 1 - Fluxograma de pesquisa e seleção dos estudos.

Avaliação da qualidade dos estudos

A avaliação da qualidade dos estudos foi realizada de acordo com a escala PEDro, apresentada nas Tabelas 1 e 2.

Características dos estudos incluídos

Dez estudos foram considerados elegíveis e incluídos neste trabalho, envolvendo 11 experimentos.

Seis avaliaram os efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo para realizar uma tarefa de corrida contrarrelógio (Boorsma e colaboradores, 2014; Arnold e colaboradores, 2015; Porcelli e colaboradores, 2015; Shannon e colaboradores, 2017; De Castro e colaboradores, 2018; Casado e colaboradores, 2021), e cinco avaliaram os efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo até a exaustão em corrida (Lansley e colaboradores, 2010; Boorsma e colaboradores, 2014; Balsalobre-Fernandéz e colaboradores, 2018; De Castro e colaboradores, 2019; Robinson e colaboradores, 2021), utilizando as seguintes

variáveis dependentes: tempo contrarrelógio, velocidade no VO₂ máx, velocidade máxima e tempo até a exaustão. Oito estudos implementaram desenho cruzado (Lansley e colaboradores 2010; Boorsma e colaboradores 2014; Arnold e colaboradores 2015; Shannon e colaboradores 2017; De Castro e colaboradores 2018; De Castro e colaboradores 2019; Casado e colaboradores 2021; Robinson e colaboradores 2021) e dois, desenho paralelo (Porcelli e colaboradores 2015; Balsalobre-Fernandéz e colaboradores 2018).

As Tabelas 1 e 2 resumem as principais características dos estudos que entraram na presente revisão.

Participantes

Um total de 119 participantes foram incluídos nessa revisão. O tamanho da amostra variou entre oito e vinte e quatro indivíduos com média de idade entre 22 e 50 anos. De acordo com o nível de treinamento dos participantes, foram 55 indivíduos bem treinados, 22 atletas de elite e 42 corredores recreacionais.

Tabela 1 - Resumo dos estudos que avaliaram os efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo para completar uma tarefa de corrida contrarrelógio.

| Referência | Amostra | Suplementação | Exercício | Medida | NIT x PLA | Pontuação Escala Pedro |
|-------------------------------|--|--|---|-----------------------------------|--|------------------------|
| Boorsma e colaboradores 2014 | 10 homens 23,8 ± 5 anos 65,7 ± 7 kg VO ₂ máx: 80 ± 5 mL/kg/min Desenho cruzado | Crônica: 2 fases de 8 dias 4 dias de <i>washout</i> Aguda: dias 1 e 8 2,5 h antes do teste NIT: 210 mL de suco de beterraba (19,5 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado de NO ₃ ⁻ Crônica: dias 2 a 7 NIT: 210 mL de suco de beterraba (13 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado de NO ₃ ⁻ | 1500 m pista coberta de 200 m | Tempo | NIT=PLA | 9 |
| Arnold e colaboradores 2015 | 10 homens 37 ± 13 anos 72 ± 7 kg VO ₂ máx = 66 ± 7 mL/kg/min Desenho cruzado | Aguda: 2,5 h antes de cada teste NIT: 70 mL de suco de beterraba (~7 mmol NO ₃ ⁻) PLA: Suco depletado NO ₃ ⁻ | Esteira 10 km/h +1 km/h a cada 1min até 16 km/h | Tempo Velocidade | NIT=PLA NIT=PLA | 9 |
| Porcelli e colaboradores 2015 | 21 homens 22,7 ± 1,8 anos IMC: 21,1 ± 2,3 kg.m ⁻² VO ₂ máx: B: 28-44 mL/kg/min (n=8) M: 46-57 mL/kg/min (n=7) A: 64-82 mL/kg/min (n=6) Desenho paralelo | Crônica: 6 dias Aguda: dia 6, ingestão 3,5 ± 0,5 h antes do teste NIT: 5,5 mmol/dia (nitrato de sódio) PLA: 8,0 mmol/dia (cloreto de sódio) | 3 km em pista externa de 400 m | Tempo vVO ₂ máx | B: NIT: 886 ± 74 s / PLA: 910 ± 82 s M: NIT: 723 ± 90 / PLA: 734 ± 93 s A: NIT=PLA B: NIT: 14,5 ± 0,8 / PLA: 14,4 ± 1,2 km/h M: NIT: 17,7 ± 1,9 / PLA: 17,4 ± 1,9 km/h A: NIT: 20,0 ± 0,9 / PLA: 20,0 ± 1,4 km/h NIT: 319,6 ± 36,2 s / PLA: 325,7 ± 38,8 s | 9 |

RBNE

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

| | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|---|---|--|---|
| Shannon e colaboradores 2017 | 8 homens 28,3 ± 5,8 anos 74,7 ± 10,1 kg VO ₂ máx: 62 ± 8 ml/kg/min Desenho cruzado | Aguda: 3 h antes dos testes NIT: 140 ml de suco concentrado de beterraba (~12,5 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado em NO ₃ ⁻ | Esteira 1500 m e 10.000 m | Tempo (1500m) Tempo (10000m) | NIT=PLA (10000m) 0 - 5km: NIT 1287,5±153 PLA 1317,6±149,9 s 5 - 10 km: NIT=PLA | 9 |
| | | | | vVO ₂ máx (1500m) vVO ₂ máx (10000m) | NIT=PLA NIT=PLA (10000m) 0 - 5km: NIT 14,0 ± 1,6 PLA 13,7 ± 1,5 km/h 5 - 10km: NIT=PLA NIT=PLA | |
| | | | | VMáx (1500m e 10000km) | | |
| De Castro e colaboradores 2018 | 14 homens 27,8 ± 3,4 anos 74,4 ± 9,2 kg VO ₂ máx: 45 ± 6 ml/kg/min Desenho cruzado | Crônica: NIT: 03 doses de 420 ml de suco concentrado de beterraba (± 8,4 mmol NO ₃ ⁻ /dia) 7 dias de wash out PLA: 3 doses de 420 ml de suco depletado de NO ₃ ⁻ por dia | 2 testes de 10 km em pista externa de 400 m | Tempo | 0 - 5 km: NIT: 24,25 ± 2,36 min / PLA: 24,94 ± 2,44 min 5 - 10 km: NIT=PLA | 9 |
| | | | | Velocidade | 0 - 5km: NIT: 12,48 ± 1,2 / PLA: 12,14 ± 1,2 km/h 5 - 10 km: NIT=PLA | |
| Casado e colaboradores 2021 | 14 homens 38,7 ± 9,2 anos 69 ± 7 kg VO ₂ máx: não observado Desenho cruzado | Aguda: NIT: 140 ml de suco de beterraba (~12,8mmol NO ₃ ⁻) 7 dias de washout PLA: 140 ml suco depletado em NO ₃ ⁻ 7 dias de washout | 2 km pista externa de 400 m | Tempo | NIT=PLA | 9 |

Legenda: NIT: nitrato; PLA: placebo; TEI: teste de exercício incremental; VO₂máx: Consumo Máximo de Oxigênio; NIT=PLA: não houve diferença significativa; vVO₂máx: Velocidade no VO₂máx; B: baixa aptidão aeróbica; M= moderada aptidão aeróbica; A: alta aptidão aeróbica; washout: período de intervalo entre protocolos de suplementação; IMC: índice de massa corporal.

Tabela 2 - Resumo dos estudos que avaliaram os efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo para completar uma tarefa de corrida até a exaustão (TE_{Ex}).

| Referência | Amostra | Suplementação | Exercício | Medida | NIT x PLA | Pontuação Escala Pedro |
|--|--|--|--|------------------|---|------------------------|
| Lansley e colaboradores 2010 | 9 homens 22 ± 4 anos 69,3 ± 7,2 kg VO ₂ máx: 55 ± 7 ml/kg/min Desenho cruzado | Crônica: 6 dias de suplementação separados 10 dias de washout NIT: 0,5 L por dia de suco concentrado de beterraba (~6,2 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado em NO ₃ ⁻ | Esteira 6 min andando a 4 km/h 6 min a 80% do limiar de troca gasosa 10 min andando a 4 km/h 6 min a 80% do limiar de troca gasosa 10 min andando a 4 km/h 6 min a 75% do limiar de troca gasosa Acréscimo de 1 km/h até a exaustão | TE _{Ex} | Controle: 47 ± 6s NIT: 49 ± 4s PLA: 48 ± 4s | 9 |
| Bootsma e colaboradores 2014 | 10 homens 23,8 ± 5 anos 65,7 ± 7 kg VO ₂ máx: 80 ± 5 ml/kg/min Desenho cruzado | Crônica: 2 fases de 8 dias washout de 4 dias Aguda: dias 1 e 8 2,5 h antes do teste NIT: 210 ml de suco de beterraba (19,5 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado de NO ₃ ⁻ Crônica: dias 2 até 7 NIT: 210 ml de suco de beterraba (13 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado de NO ₃ ⁻ | Esteira 7 min 50% VO ₂ máx 7 min 65% VO ₂ máx 5 min 80% VO ₂ máx | TE _{Ex} | NIT=PLA | 9 |
| Balsalobre, Fernández e colaboradores 2018 | 12 homens Grupo NIT 27,3 ± 7,8 anos 69,2 ± 8,6 kg VO ₂ máx: 69 ± 5 ml/kg/min Grupo PLA 24,2 ± 2,9 anos 65,2 ± 2,6 kg | Crônica: 15 dias consecutivos GE: 70 ml de suco concentrado de beterraba (6,5 mmol NO ₃ ⁻) GP: 70 ml de suco depletado em NO ₃ ⁻ | Esteira 3 min a 10 km/h (aquecimento) 3 min a 15 km/h 3 min a 17,1 km/h 3 min a 20 km/h (velocidade aumentada em 0,2 km/h a cada 12 s até a exaustão) | TE _{Ex} | NIT: 8,18 % vs PLA: 1,6 % NIT Pré: 1173,0 ± 87,1 Pós: 1269,0 ± 53,6 PLA Pré: 1251,0 ± 52,6 Pós: 1230 ± 73,5 | 8 |

| | | | | | |
|--------------------------------|---|---|--|--|---|
| | VO ₂ máx: 72 ± 7 mL/kg/min Desenho paralelo | | | | |
| De Castro e colaboradores 2019 | 13 homens 28,2 ± 3,0 74,4 ± 9,5 kg VO ₂ máx: não observado Desenho cruzado | Crônica: 3 dias de 4 dias de <i>washout</i> NIT: 420 mL de suco concentrado de beterraba (± 8,4 mmol NO ₃ ⁻ /dia) PLA: 420 mL de suco depletado em NO ₃ ⁻ | Esteira 8 km/h com acréscimo de 1 km/h a cada 3 min | TEx vVO ₂ máx | NIT: 26,8 ± 3,4 min 9 PLA: 25,6 ± 2,8 min NIT: 14,5 ± 0,8 km/h PLA: 13,9 ± 1,0 km/h |
| Robinson e colaboradores 2021 | 8 homens 23 ± 4 anos 69 ± 7 kg VO ₂ máx: 62 ± 6 mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ Desenho cruzado | Crônica: 7 dias de suplementação separados 7 dias de <i>washout</i> NIT: 140 ml de suco concentrado de beterraba (~12,4 mmol NO ₃ ⁻) PLA: suco depletado em NO ₃ ⁻ | Esteira 19 km/h Corrida intervalada 90 s correndo e 60 s de recuperação | TEx | NIT=PLA |

Legenda: NIT: nitrato; PLA: placebo; VO₂máx: consumo máximo de oxigênio; NIT=PLA: não houve diferença significativa; vVO₂máx: velocidade no VO₂máx; ~~TEx~~: antes do período de suplementação; Pós: após o período de suplementação; *washout*: intervalo entre protocolos de suplementação.

Protocolo de suplementação de nitrato

Três estudos aplicaram a suplementação aguda (Arnold e colaboradores 2015; Shannon e colaboradores 2017; Casado e colaboradores 2021), cinco a suplementação crônica (Lansley e colaboradores 2010; Balsalobre-Fernandéz e colaboradores 2018; De Castro e colaboradores 2018; De Castro e colaboradores 2019; Robinson e colaboradores 2021) e dois investigaram suplementações aguda e crônica (Boorsma e colaboradores 2014; Porcelli e colaboradores 2015).

O protocolo de suplementação aguda foi realizado de 2,5 a 4h antes dos testes. A suplementação crônica foi realizada de sete a 15 dias consecutivos antes dos testes, sendo a última ingestão foi feita de 2,5 a 24 h antes dos testes. Os suplementos utilizados foram suco concentrado de beterraba, com concentração variando de 5,5 mmol a 19,5 mmol por dia, em porções de 70 mL a 1,260 mL. Um estudo utilizou a suplementação de nitrato na forma inorgânica, como nitrato de Sódio (NaNO₃) com concentração de 5,5 mmol NO₃⁻. A dose mais utilizada foi a de 140 ml de suco de beterraba com concentração de 12,4 mmol a 12,8 mmol.

Avaliação dos desfechos

Os testes de corrida foram aplicados em pista de corrida de 200 m coberta (Boorsma e colaboradores 2014); pista externa de corrida de 400 m (Porcelli e colaboradores 2015; De Castro e colaboradores 2018; Casado e colaboradores 2021) e esteira (Lansley e colaboradores 2010; Boorsma e colaboradores 2014; Shannon e colaboradores 2017; Balsalobre-Fernandéz e colaboradores 2018;

De Castro e colaboradores 2019; Robinson e colaboradores 2021).

Os estudos resumidos na Tabela 1 avaliaram seus participantes em testes de corrida contrarrelógio. Oitenta e sete homens adultos foram avaliados, 42 foram submetidos a protocolo de suplementação aguda, 14 receberam suplementos por mais de um dia e 31 seguiram ambos os protocolos.

Os testes contrarrelógio propostos foram 10 km (Arnold e colaboradores 2015; De Castro e colaboradores 2018), 3 km (Porcelli e colaboradores 2015), 2 km (Casado e colaboradores 2021), 1,5 km (Boorsma e colaboradores 2014) e 10 km e 1,5 km (Shannon e colaboradores 2017).

Os desfechos avaliados foram tempo (Boorsma e colaboradores 2014; Casado e colaboradores 2021), tempo e velocidade (Arnold e colaboradores 2015; De Castro e colaboradores 2018), tempo e vVO₂ máx (Porcelli e colaboradores 2015) e tempo, vVO₂ máx e VMáx (Shannon e colaboradores 2017).

Na Tabela 2 são apresentados os estudos que avaliaram seus participantes em testes de corrida até a exaustão. Cinquenta e dois homens adultos foram avaliados, quarenta e dois realizaram protocolo de suplementação por mais de um dia e 10 receberam suplementação de formas aguda e crônica. Todos os testes foram realizados em esteira até a exaustão.

Risco de viés dos estudos incluídos

A avaliação do risco de viés mostrou que: (I) três estudos reportaram de forma satisfatória os métodos utilizados na geração de sequência aleatória e na ocultação de alocação e foram julgados como “baixo risco”;

sete restantes não reportaram adequadamente os métodos utilizados nesses processos e foram julgados como “risco incerto”; (II) oito estudos realizaram o duplo-cegamento e foram julgados como “baixo risco”; apenas dois não cegaram os pesquisadores e/ou avaliadores de desfecho e foram julgados como “alto risco”; (III) apenas dois estudos não deixaram claro

que reportaram os dados dos resultados e foram julgados como “incerto”; (IV) os demais itens foram julgados como “baixo risco” em todos os estudos por terem sido reportados de forma satisfatória.

A Figura 2 apresenta informações detalhadas sobre a avaliação do risco de viés de cada estudo incluído.

| | Geração de sequência aleatória | Ocultação de alocação | Cegamento dos participantes | Cegamento de resultados | Perda de seguimento | Reportagem seletiva | Outras fontes de viés |
|---|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Arnold e colaboradores 2015 | + | + | + | ? | + | + | + |
| Balsalobre-Fernández e colaboradores 2018 | ? | ? | + | + | + | + | + |
| Boorsma e colaboradores 2014 | ? | ? | - | + | + | + | + |
| Casado e colaboradores 2021 | ? | ? | + | ? | + | + | + |
| De Castro e colaboradores 2018 | + | + | + | + | + | + | + |
| De Castro e colaboradores 2019 | + | + | + | + | + | + | + |
| Lansley e colaboradores 2010 | ? | ? | + | + | + | + | + |
| Porcelli e colaboradores 2015 | ? | ? | + | + | + | + | + |
| Robinson e colaboradores 2021 | ? | ? | - | + | + | + | + |
| Shannon e colaboradores 2017 | ? | ? | + | + | + | + | + |

Figura 2 - Risco de viés nos estudos incluídos.

DISCUSSÃO

A presente revisão teve como objetivo observar e analisar os efeitos da suplementação de nitrato para tarefas de corrida em homens saudáveis, em testes contrarrelógio e até a exaustão.

Após analisar os estudos incluídos, foi possível perceber um efeito positivo sobre o desempenho em corridas com distâncias inferiores a 5 km e em testes contrarrelógio de 10 km, bem como no aumento do tempo até a

exaustão. Foi demonstrado também que houve um aumento na velocidade dos participantes nos primeiros 5 km de uma corrida contrarrelógio de 10 km.

A velocidade máxima não demonstrou diferença significativa em testes contrarrelógio. A velocidade no VO₂ máx foi maior em corrida até a exaustão, já nos testes contrarrelógio demonstrou ter um acréscimo nos primeiros 5 km em testes de corrida de 10 km e não mostrou diferença significativa em teste de 3

km entre indivíduos com baixa, média e alta aptidão aeróbia.

As concentrações de NO_3^- mais utilizadas nos estudos variaram entre 5 e 13 mmol. Nos protocolos de suplementação aguda os participantes ingeriram o suco de beterraba de 2,5 a 4 h antes dos testes e quando a ingestão de suplemento foi por mais de um dia, foi por um período de sete a 15 dias.

Efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo para completar uma tarefa de corrida contrarrelógio

A suplementação de nitrato tem mostrado que aumenta a performance atlética para curtas durações e treino aeróbico (Collins e Kearns, 2020), o que explica o aumento do desempenho nos primeiros 5 km nos testes contrarrelógio de 10 km, tendo em vista os efeitos do nitrato na diminuição do custo de oxigênio durante a prática de exercícios (Larsen e colaboradores, 2007).

Na velocidade média também foi observado aumento nos primeiros 5 km no teste de corrida de 10 km contrarrelógio.

Foi possível perceber que há diferença significativa na velocidade no VO_2 máx entre nitrato e placebo em teste contrarrelógio de 3 km em grupos com baixa e média capacidade aeróbica, sendo que indivíduos nessas condições de capacidade física parecem ser mais responsivos aos efeitos do nitrato no que diz respeito ao custo de oxigênio (Carriker e colaboradores, 2016), já o grupo com alta capacidade aeróbia não demonstrou diferença significativa. Na velocidade máxima não foi observado diferença significativa em testes contrarrelógio de 1,5 km e 10 km. Esses achados podem ser explicados dados os efeitos do NO na promoção da vasodilatação e do fluxo sanguíneo com impactos benéficos na contração muscular.

Domínguez e colaboradores (2108) reportaram um efeito ergogênico da suplementação com suco de beterraba nos esforços de exercícios com altas demandas.

Efeitos da suplementação de nitrato sobre o tempo até a exaustão (TEx) em corrida

Em testes até a exaustão a suplementação de nitrato é susceptível em melhorar a tolerância e desempenho (Van De Walle e colaboradores, 2018), assim como foi observado nos estudos incluídos nessa

revisão, nos quais foram realizados testes de esteira com acréscimo de velocidade até a exaustão.

A velocidade no VO_2 máx também pareceu ser mais elevada em indivíduos suplementados quando comparados ao placebo. Esses efeitos podem ser atribuídos ao aumento da concentração de NO (óxido nítrico) após a suplementação, podendo aumentar a disponibilidade e o fornecimento de oxigênio e nutrientes para o músculo em atividade, assim, reduzindo o custo de ATP (adenosina trifosfato) na produção de força contrátil muscular e os custos de oxigênio do exercício aeróbio (Stamler e colaboradores, 2001).

Qualidade metodológica e risco de viés

Sete dos 10 estudos incluídos na revisão (70%) utilizaram desenho cruzado com duplo-cegamento, que são modelos de investigação apropriados para verificação da eficácia desse tipo de intervenção.

De acordo com a avaliação realizada pela escala PEDro, todos os estudos incluídos atingiram pontuação geral igual ou superior a oito, o que indica que as evidências apresentaram qualidade metodológica “boa a excelente”.

As maiores fontes de risco de viés foram em relação ao relato dos métodos utilizados na geração de sequência aleatória e na ocultação de alocação.

Pontos fortes, limitações do estudo e recomendações para futuras pesquisas

Na maioria dos estudos os participantes eram instruídos a seguir uma dieta pobre em nitrato antes e durante o período em que foram avaliados, o que se considera um ponto forte de controle experimental, permitindo inferir se os efeitos ergogênicos estão ligados realmente à suplementação e não à dieta habitual.

De todos os estudos incluídos que monitoraram tempo até a exaustão ou desempenho contrarrelógio observou-se que poucos avaliaram a velocidade no VO_2 máx ($v\text{VO}_2$ máx), velocidade média e velocidade máxima. Outra limitação foi o pequeno número amostral dos estudos com suplementação de nitrato.

A presente revisão se limitou a pesquisa de estudos presentes em duas bases de dados (PubMed, Google acadêmico e

SciELO), podendo estas bases ser ampliadas com a inclusão de outras, visando a maior quantidade de análise de trabalhos, promovendo alcance maior da revisão.

Dessa maneira, novos estudos se fazem necessário para consolidar a utilização do nitrato como suplementação na prática de atividades físicas e fomentar ainda mais as pesquisas sobre esse potencial recurso ergogênico nutricional.

Aplicações práticas

Os resultados da presente revisão indicaram que a suplementação de nitrato pode levar a um aumento discreto no desempenho de corrida.

Contudo, atletas, treinadores e praticantes recreacionais, que procuram uma suplementação para auxiliar o desempenho físico podem se beneficiar deste procedimento.

O suco de beterraba foi a opção mais utilizada como fonte de nitrato, sendo uma opção de fácil acesso e baixo custo. Os protocolos de pesquisa ora revisados utilizaram um mínimo de 5 mmol por dia de NO₃⁻, o equivalente ao suco de aproximadamente três a quatro beterrabas.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a suplementação aguda e crônica (7 a 15 dias) de nitrato é capaz de melhorar o tempo até a exaustão em homens saudáveis e o tempo em corridas contrarrelógio, sendo que em corridas de 10 km os efeitos da suplementação parecem ser maiores nos primeiros 5 km, assim como a vVO₂ máx e a velocidade média, que parece desencadear maiores efeitos em indivíduos com baixa e média aptidão aeróbia.

Contudo, quando a velocidade máxima foi avaliada em corridas contrarrelógio, não houve diferença significativa entre os efeitos do nitrato e do placebo. Esses efeitos ergogênicos são modestos e ocorrem quando a suplementação é feita de 2,5 a 4 horas antes do exercício. No entanto, para as variáveis vVO₂ máx, velocidade média e velocidade máxima, são necessários mais estudos que avaliem essas valências.

Sendo assim, a suplementação de nitrato parece ser uma ferramenta apropriada para aumentar as reservas de nitrato e nitrito do músculo esquelético e, conseqüentemente, a produção de NO durante o exercício, o que

beneficiaria o desempenho em atividades envolvendo a resistência muscular e capacidade aeróbia, como em tarefas de corrida.

REFERÊNCIAS

1-Carriker, C.R.; Vaughan, R.A.; VanDusseldorp, T.A.; Johnson, K.E.; Beltz, N.M.; McCormick, J.J. Nitrate-containing beetroot juice reduces oxygen consumption during submaximal exercise in low but not high aerobically fit male runners. *J Exerc Nutr Biochem*. Vol. 20. Núm. 4. p.27-34. 2016.

2-Collins, S.M.; Kearns, D. The effect of beetroot supplementation on high-intensity functional training performance. *International Journal of Exercise Sciences*. Vol. 13. Num. 2. 2020 p. 667-76.

3-Domínguez, R.; Maté-Muñoz, J.L.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Mata-Ordoñez, F.; Lozano-Estevan, M.C. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 15. Num. 2. 2018.

4-Fields, K.B.; Sykes, J.C.; Walker, K.M.; Jackson, J.C. Prevention of running injuries. *Current Sports Medicine Reports*. Vol. 9. Num. 3. 2010. p. 176-82.

5-Jones, A.M.; Thompson, C.; Wylie, L.J.; Vanhatalo, A. Dietary nitrate and physical performance. *Annual Review of Nutrition*. Vol. 38. 2018. p. 303-28.

6-Larsen, F.J.; Weitzberg, E.; Lundberg, J.O.; Ekblom, B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiologica*. Vol. 191. Num. 1. 2007. p. 59-66.

7-López-Samanes, A.; Pérez-López, A.; Moreno-Pérez, V.; Nakamura, F.Y.; Acebes-Sánchez, J.; Quintana-Milla, I. Effects of beetroot juice ingestion on physical performance in highly competitive tennis players. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 2. 2020. p. 1-10.

8-Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, J.M. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline

for reporting systematic reviews. *BMJ*. Vol. 372. Num. 71. 2021.

9-Peeling, P.; Binnie, M.J.; Goods, P.S.; Sim, M.; Burke, L.M. Evidence-based supplements for the enhancement of athletic performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 28. Num. 2. 2018. p.178-87.

10-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. Vol. 52, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 52. Num. 10. 2020. p. 2250-61.

11-Shiwa, S.R.; Costa, L.O.; Moser, A.D.; Aguiar, I.C.; Oliveira, L.V. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioterapia em Movimento*. Vol. 24. Num. 3. 2011. p. 523-33.

12-Stamler, J.S.; Meissner, G. Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. *Physiological Review*. Vol. 81. Num. 1. 2001 p. 209-37.

13-Van De Walle, G.P.; Vukovich, M.D. The effect of nitrate supplementation on exercise tolerance and performance: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 32. Num 6. 2018. p. 1796-808.

14-Van Der Worp, M.P.; Ten Haaf, D.S.; Van Cingel, R.; De Wijer, A.; Nijhuis-Van Der Sanden, M.W.; Bart Staal, J. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One*. Vol. 10. Num. 2. 2015. p. 1-18.

Recebido para publicação em 13/06/2022

Aceito em 26/08/2022