

**INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES,
HEMODYNÂMICAS E NO DESEMPENHO AO TREINAMENTO DE FORÇA:
UMA REVISÃO CRÍTICA**

Mateus Chaves Primo¹, Osvaldo Costa Moreira^{1,2}

RESUMO

Introdução: O nitrato é um recurso nutricional utilizado no esporte devido sua atividade ergogênica, sendo uma substância precursora do óxido nítrico e possuindo um papel importante na regulação de parâmetros funcionais e fisiológicos relacionados ao desempenho esportivo, devido sua ação vasodilatadora e hipotensiva. **Objetivo:** Realizar uma revisão de literatura para apresentar e discutir os efeitos da ingestão do nitrato nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o treinamento de força. **Materiais e Métodos:** Foi realizada uma busca na base de dados do PubMed e SciELO, incluindo estudos que associavam esses três fatores (nitrato; respostas cardiovasculares; treinamento de força). **Resultados:** Foi possível verificar que o nitrato influencia na resposta hemodinâmica devido à metabolização do nitrato que vai gerar como produto o óxido de nítrico na circulação sistêmica, aumentando sua produção na corrente sanguínea, especialmente nas condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico. Os efeitos fisiológicos destacam-se a melhora da respiração mitocondrial e muscular, modificando fatores como pressão arterial, frequência cardíaca e redução do consumo de oxigênio durante a realização do exercício, devido ao relaxamento do músculo liso, promovendo a vasodilatação e a regulação do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, melhorando o fornecimento de oxigênio. **Conclusão:** A suplementação de nitrato possui efeitos fisiológicos positivos no treinamento que melhoram o desempenho e performance esportiva. Entretanto, estes efeitos não são vistos em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como condicionamento físico, duração do exercício e doses administradas.

Palavras-chave: Treinamento de força. Nitrato. Frequência cardíaca. Pressão arterial. Hemodinâmica.

ABSTRACT

Influence of nitrate intake on cardiovascular and hemodynamic responses and performance to strength training: a critical review

Introduction: Nitrate is a nutritional resource used in sports due to its ergogenic activity, being a precursor substance of nitric oxide and having an important role in the regulation of functional and physiological parameters related to sports performance, due to its vasodilator and hypotensive action. **Objective:** To carry out a literature review to present and discuss the effects of nitrate ingestion on cardiovascular and hemodynamic responses during strength training. **Materials and Methods:** A search was carried out in the PubMed and SciELO databases, including studies that associated these three factors (nitrate; cardiovascular responses; strength training). **Results:** It was possible to verify that nitrate influences the hemodynamic response due to the metabolization of nitrate, which will generate nitric oxide as a product in the systemic circulation, increasing its production in the bloodstream, especially in conditions where there is an increased demand for oxygen, such as during physical exercise. The physiological effects include the improvement of mitochondrial and muscle breathing, modifying factors such as blood pressure, heart rate and reduction of oxygen consumption during exercise, due to smooth muscle relaxation, promoting vasodilation and blood flow regulation. and consequently improving the supply of oxygen. **Conclusion:** Nitrate supplementation has positive physiological effects in training that improve performance and sports performance. However, these effects are not seen in all studies, due to the influence of certain variables such as physical conditioning, exercise duration and administered doses.

Key words: Strength training. Nitrate. Heart rate. Blood pressure. Hemodynamics.

1 - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Lavras-UFLA, Lavras-MG, Brasil.

INTRODUÇÃO

Os efeitos da suplementação dietética de nitrato tem sido um tópico de destaque na prática esportiva, devido a suplementação aumentar a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) através da via NO_3 -nitrito-NO.

O óxido nítrico está envolvido em processos fisiológicos que podem potencialmente melhorar a função do músculo esquelético, especialmente em condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico (Calvo e colaboradores, 2020; San Juan e colaboradores, 2020).

A suplementação dietética de nitrato produz um efeito ergogênico, ou seja, melhora o desempenho atlético e reduz a fadiga muscular, devido à melhoria na eficiência do oxigênio mitocondrial.

Tal efeito resulta da redução do custo de oxigênio do exercício que aumenta o fluxo sanguíneo para o músculo esquelético em exercícios de resistência. Este fluxo sanguíneo ampliado pode ser sustentado pelo aumento da contratilidade e perfusão muscular, particularmente nas fibras musculares do tipo II (Calvo e colaboradores, 2020; San Juan e colaboradores, 2020).

O óxido nítrico é uma molécula sinalizadora gasosa que desempenha um papel importante em inúmeros processos fisiológicos, incluindo a regulação do tônus vascular, neurotransmissão, respiração mitocondrial e função contrátil do músculo esquelético.

O NO pode ser produzido através da oxidação canônica catalisada pelo NO sintase de L-arginina e pela redução sequencial de nitrato a nitrito e, então, NO na circulação sanguínea. As reservas de nitrato do corpo podem ser aumentadas pela ingestão de alimentos fontes em nitrato ou pela suplementação de nitrato inorgânico (Domínguez e colaboradores, 2017; Calvo e colaboradores, 2020; Jones e colaboradores, 2021).

Entre as principais fontes alimentares de nitrato destacam-se vegetais como: agrião, rúcula, espinafre, alface e aipo.

Porém, o mais conhecido entre estes vegetais é a beterraba, que a partir de 500 ml do seu suco pode fornecer toda a quantidade recomendada de nitrato para um dia.

Porém, doses agudas podem ser utilizadas por atletas que buscam auxílio para melhoria de desempenho (Macuh, Knap, 2021).

O nitrato inorgânico através de fontes dietéticas é absorvido via intestinal, embora grande parte do nitrato circulante seja eventualmente excretada na urina, em até 25% é ativamente extraída pelas glândulas salivares e concentrada na saliva. (Lundberg e colaboradores, 2008).

A biodisponibilidade do NO é aumentada pela atividade das bactérias comensais anaeróbicas facultativas residentes na boca, que reduzem o nitrato a nitrito por ação enzimática, aumentando assim a concentração de nitrito circulante, que pode ser reduzido ainda mais a NO em regiões teciduais sob hipóxia fisiológica, no caso do exercício físico. A sinalização do NO afeta mecanismos fisiológicos que podem potencialmente melhorar o músculo esquelético.

O NO medeia o relaxamento do músculo liso, que promove a vasodilatação e a regulação do fluxo sanguíneo e, assim, melhora o fornecimento de oxigênio e a respiração mitocondrial (Domínguez e colaboradores, 2017; Calvo e colaboradores, 2020; Jones e colaboradores, 2021).

As dosagens de nitrato inorgânico utilizadas nos estudos sobre os efeitos da suplementação são observadas com porções que variavam de 300 a 900 mg ou 3 a 12,8 mg/kg de nitrato inorgânico, sendo, em média, 400 mg de nitrato ou 6 mg/kg, e doses inferiores a 6 mmol – 400 mg não apresentaram resultados positivos na maioria dos estudos. A forma de suplementação variava seguindo protocolos de ingestão aguda, crônica ou combinada.

Além disso, indivíduos com menor condicionamento físico parecem se beneficiar mais do que os indivíduos treinados (Jones e colaboradores, 2014; Domínguez e colaboradores, 2017).

Senefeld e colaboradores (2020) relatam que, embora mais de 100 estudos e revisões tenham examinado os efeitos ergogênicos do nitrato na dieta em homens e mulheres jovens e saudáveis, não está claro se participantes e fatores ambientais modulam os efeitos ergogênicos observados - fatores particularmente relevantes incluem sexo biológico, tipo de treinamento, aptidão física, além de diferenças entre os parâmetros de desempenho.

Para abordar essa limitação, o presente trabalho tem por objetivo revisar criticamente a literatura científica para apresentar e discutir os efeitos da ingestão do

nitrito nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o treinamento de força.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, utilizou-se a revisão narrativa como sendo aquela que não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura e que, portanto, sua busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações, por meio da utilização de estratégias de busca específicas.

A busca dos artigos foi realizada na base de dados PubMed e SciELO, sem restrição de data. Foram usados na pesquisa, termos como: nitrito; treinamento de força; e resposta cardiovascular. Foram considerados todos os artigos em inglês, com ênfase em seres humanos.

Após leitura do título e do resumo, todos os artigos não específicos à temática foram descartados.

A partir de então, procedeu-se a leitura do trabalho completo para obtenção de informações relevantes que pudessem contribuir e elucidar o objetivo proposto.

Além disso, foram consultadas as listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados, a fim de inserir estudos que, porventura, pudessem ter relevância para a discussão proposta no presente trabalho.

Mecanismo fisiológico do nitrito a óxido nítrico

O nitrito inorgânico é um composto bioativo e componente natural encontrado em vários alimentos, como folhosos verdes escuros (agrião e rúcula) e mais abundantemente na beterraba (Jones e colaboradores, 2014).

A suplementação dessa substância pode influenciar na resposta hemodinâmica devido sua metabolização endógena que vai gerar como produto o óxido de nítrico na circulação sistêmica, aumentando sua produção na corrente sanguínea, especialmente em condições de hipóxia.

A hipóxia se destaca como uma condição na qual uma quantidade do conteúdo ou pressão parcial de oxigênio não é suficiente para atender a demanda das células e tecidos do corpo (Fernández-Lázaro e colaboradores, 2019).

A síntese de NO pode ocorrer em duas vias fisiológicas diferentes: a via dependente da

NO sintase (NOS) e a via independente da NOS por meio da ingestão de fontes de nitrito inorgânico.

Através da via NO₃-nitrito-NO ocorre a metabolização do NO₃⁻ por meio das bactérias orais anaeróbicas comensais facultativas, que reduzem o NO₃⁻ em NO₂⁻ pela ação de enzimas nitrito redutase, na sequência, o NO₂⁻ reage com baixo pH estomacal e é convertido em NO e outros óxidos de nitrogênio bioativos, tanto no estômago como nas porções iniciais do intestino delgado, até posteriormente atingir a circulação sistêmica (Lundberg e colaboradores, 2008; Calvo e colaboradores, 2020; Jones e colaboradores, 2021).

Já na corrente sanguínea, o NO por ser uma molécula lipofílica e pequena pode ser difundida rapidamente através das membranas das células endoteliais para a camada de músculo liso vascular subjacente, gerando o relaxamento vascular.

O mecanismo de ação é mediado pela nitrosilação do ferro hêmico na guanilato ciclase, ocasionando um aumento na síntese de monofosfato cíclico de guanosina (cGMP), na qual a ativação da proteína quinase dependente de cGMP (PKG) é um dos mecanismos de ação do cGMP, que por sua vez ativa proteínas quinases que modulam as atividades quinase e fosfatase da miosina de cadeia leve, resultando em menor fosforilação da miosina, e consequentemente vasorelaxamento (Umbrello e colaboradores, 2013).

De acordo com Umbrello e colaboradores (2013), o NO também pode causar vasodilatação via abertura mediada por cGMP de cálcio sensível e canais de potássio sensíveis a ATP.

Quando esses canais iônicos se abrem, o efluxo externo de potássio hiperpolariza a membrana plasmática, reduzindo o tônus vascular.

Entretanto, Cuenca e colaboradores (2018), demonstram que os benefícios da ingestão de nitrito no estímulo à liberação de cálcio estão restritos às fibras musculares do tipo II, pois nessas fibras o NO atua a partir da regulação positiva da calsequestrina, o que reduz as taxas de degradação de fosfocreatina e reduz o custo para produção de ATP durante a prática de exercícios de diferentes intensidades.

Durante corridas de curta duração, as fibras musculares do tipo II são utilizadas para suportar as demandas de contração, o que leva

a redução drástica do pH em relação às fibras oxidativas.

A acidez no interior das células promove a redução do NO₂ para NO, com o aumento da disponibilidade de NO ocorre a redução do custo ATP e a fosfocreatina para contração muscular. Esta combinação de fatores age diretamente no retardamento da fadiga ao longo das práticas esportivas de alta intensidade (Cuenca e colaboradores, 2018).

Efeitos fisiológicos do nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica

O principal motivo para nitrato tornar-se um aliado da saúde humana está no fato de sofrer a conversão para NO, já que este está presente em diversos mecanismos do corpo humano, podendo ter impacto positivos sobre eles.

Tratamentos que inibem a presença orgânica do NO contribuem para quadros de hipertensão, disfunção metabólica, dislipidemia e obesidade (Lowings e colaboradores, 2017).

Segundo Tan e colaboradores (2022), um dos principais mecanismos de atuação do NO é a interação com a guanilato-ciclase que possibilita a dilatação dos vasos sanguíneos e agregação das plaquetas por meio do ferro. A ingestão de alimentos ricos em nitrato, combinada com uma dieta repleta de vegetais é fundamental para o combate a hipertensão arterial sistêmica.

Como exemplo, a utilização do nitrito de sódio em apenas três dias pode diminuir consideravelmente a pressão arterial de uma pessoa hipertensa, estudos comprovam que durante o pico de ingestão de nitrito alcançam-se as menores faixas de pressão arterial média.

Segundo Domínguez e colaboradores (2017), a redução da pressão arterial média ocorre por conta do NO ser um importante vasodilatador, atuando diretamente na eficiência vascular do corpo. A dilatação de pequenos vasos e artérias permite a redução da agregação das plaquetas e o aumento da contração dos cardiomiócitos. Os efeitos do NO podem ser observados tantos nos processos intracelulares quanto extracelulares, mediando o processo entre ambos.

Macuh e Knap (2021) demonstram que pessoas com deficiências na função endotelial apresentam dificuldade de produzir NO durante a prática de exercícios físicos intensos, reduzindo significativamente os efeitos que podem ser produzidos pela ingestão do nitrato.

Outro papel fundamental do nitrito, é a manutenção do funcionamento endotelial por meio de propriedades antiagregadoras, antiadesivas e vasodilatadoras. Em estudo realizado por Ivy (2019), tal substância também se mostrou eficiente para a dilatação das artérias na presença de maior fluxo sanguíneo em indivíduos saudáveis, entretanto, a resposta à nitroglicerina permaneceu a mesma na circulação sanguínea.

Apesar de vários estudos apontarem para os benefícios da utilização do nitrato dietético na resposta cardiovascular, como de acordo com a revisão sistemática e meta-análise desenvolvida por Bahadoran e colaboradores (2017), que tiveram como objetivo elucidar os aspectos da suplementação de suco de beterraba na pressão arterial através de ensaios clínicos randomizados, onde os autores demonstraram que a PAS e a PAD foram significativamente menores no suplemento com suco de beterraba nos grupos do que nos grupos de controle e a diferença média de PAS foi maior entre os grupos suplementados e observou-se correlação positiva entre as doses de suco de beterraba e as diferenças médias das pressões arteriais, e que vai de acordo com o estudo de Ocampo e colaboradores (2018), que também avaliaram relação do nitrato dietético de suco de beterraba na pressão arterial, e observaram que a intervenção dietética poderia diminuir significativamente o risco de sofrer eventos cardiovasculares e, assim, ajudar a diminuição da taxa de mortalidade associada a hipertensão arterial.

Em relação aos efeitos da suplementação com suco de beterraba na resistência cardiorrespiratória em atletas, os resultados disponíveis na revisão sistemática de Domínguez e colaboradores (2017), sugerem que a suplementação com suco de beterraba pode melhorar a resistência cardiorrespiratória em atletas, aumentando a eficiência, o que melhora o desempenho em várias distâncias, aumenta o tempo até a exaustão em intensidades submáximas e pode melhorar o desempenho cardiorrespiratório em intensidades de limiar anaeróbio e consumo máximo de oxigênio.

Os mecanismos que, de fato, auxiliam a função endotelial ainda são, em grande parte, desconhecidos da ciência. Apesar de associar seus benefícios a guanilato-ciclase, nenhum dado confirmou essa relação em indivíduos que adotam dietas ricas em nitrato (Ivy, 2019).

Ademais, o nitrato também demonstrou ser benéfico com relação à rigidez arterial (Chiba e colaboradores, 2019).

Com o passar do tempo, as artérias envelhecem e vão ficando mais rígidas por conta da fibrose e da redução da elastina, responsáveis pelo controle entre a elasticidade e rigidez muscular (Alvim e colaboradores, 2017).

O consumo de NO pode significar uma fonte funcional para o combate ao envelhecimento arterial e redução da velocidade de onda de pulso, um teste realizado para avaliar a rigidez das artérias, assim, quanto maior a velocidade, maior a rigidez arterial.

Porém, mesmo em indivíduos mais velhos, o consumo de nitrato apresentou pequenas variações, ao reduzir a velocidade de onda de pulso e ampliar a elasticidade arterial (Senefeld e colaboradores, 2020).

A rigidez arterial está diretamente relacionada à resistência vascular periférica, que é caracterizado pela diminuição da complacência das grandes artérias, o fenômeno é causado, principalmente, pelo atrito entre as paredes dos vasos e do sangue, logo, quanto menor a área do vaso disponível para passagem do sangue, maior a resistência vascular periférica (Alvim e colaboradores, 2017; Chiba e colaboradores, 2019).

Os estudos de McMahon e colaboradores (2017) e Cuenca e colaboradores (2018), demonstraram que o nitrato estimula a vasodilatação muscular esquelética, reduzindo a resistência vascular periférica e, conseqüentemente, aumentando a queda na pressão arterial.

Jones e colaboradores (2014), também observou em seus levantamentos que o nitrato pode apresentar alguns benefícios, mesmo que pequenos, sobre a frequência cardíaca, em uma pequena parte dos estudos analisados pelo autor, houve uma ligeira redução da FC na utilização da suplementação de nitrato em relação ao placebo para praticantes de atividades físicas.

Enquanto isso, o estudo Bescós e colaboradores (2011), demonstraram que a ingestão crônica de pequenas porções de suco de beterraba rica em nitrato inorgânico, trouxe benefícios diretos na melhor da saturação de oxigênio em indivíduos sedentários, durante a realização dos testes físicos. Já em relação ao duplo produto, que é um parâmetro aceito como indicativo do trabalho cardíaco durante

atividades físicas, não houve nenhum dos estudos que conseguiu indicar mudanças significativas entre os participantes que utilizavam suplementação e placebo.

Nitrato e exercício de força

As respostas cardiovasculares agudas induzidas durante o treinamento de força variam em função do tipo, intensidade e duração do exercício (Jones e colaboradores, 2014).

Os exercícios resistidos envolve o controle de diversas variáveis, como número de séries, ordem dos exercícios, tipos de exercícios, tempo de intervalo, velocidade, entre outros aspectos (Ferreira e colaboradores, 2020).

Tais variáveis podem desencadear diversas respostas fisiológicas durante a performance que impactam diretamente nas respostas cardiovasculares durante o treinamento (Moreira e colaboradores, 2017).

O exercício resistido de alta intensidade e volumes mais altos pode desencadear um aumento da demanda cardiovascular resultando na diminuição do suprimento de oxigênio para os músculos ativos, gerando acúmulos de metabólitos locais, estimulação de quimiorreceptores e aumento da FC e da contratilidade cardíaca que também pode ser explicado pelo aumento da atividade nervosa simpática e diminuição da modulação parassimpática, devido ao aumento da ativação de quimiorreceptores e mecanorreceptores musculares e articulares.

Essa resposta fisiológica ocorre devido a impulsos do córtex motor para o centro de controle cardiovascular e pelo aumento da resistência vascular periférica causado pela oclusão parcial do fluxo sanguíneo (Moreira e colaboradores, 2018).

Estudos realizados por Calvo e colaboradores (2020), demonstram que em indivíduos normotensos é comum a redução da resistência vascular periférica durante a realização de atividades físicas.

Outros trabalhos, como o realizado por Domínguez e colaboradores (2017), apontaram a associação entre atividade física e consumo de nitrato pode ser um bom aliado na redução da pressão arterial (PA), já que a presença do NO₃⁻ reduz a resistência vascular ao fluxo sanguíneo e estimula a queda da PA, a partir

da vasodilatação provocada pela liberação de NO.

Sabendo das respostas agudas geradas no treinamento de força, a suplementação de nitrato vem sendo estudada no desempenho esportivo, devido seus efeitos fisiológicos serem resumidos a uma dilatação do endotélio vascular, ocasionando um efeito vasodilatador e reduzindo a PA.

Além disso, esses efeitos fisiológicos são interessantes para o desempenho esportivo, pois podem aumentar o fluxo sanguíneo muscular e melhorarem a remoção de lactato no exercício. Os efeitos da suplementação de NO₃⁻ foram comprovados em diferentes esportes de força, onde o sistema cardiovascular tem um papel importante no desempenho, mostrando um menor consumo de oxigênio (VO₂) durante o exercício com uma melhora na síntese de trifosfato de adenosina (ATP) (Jurado-Castro e colaboradores, 2022).

Um estudo analisando os efeitos da suplementação de nitrato na resposta cardiovascular em níveis pressóricos, Thompson e colaboradores (2014), verificaram um potencial de diminuição da PA, da resistência vascular e da demanda de oxigênio do miocárdio tanto em indivíduos em recuperação, quanto em exercícios.

Já Bailey e colaboradores (2009), concluíram, em seu estudo, que a suplementação rica em nitrato reduziu apenas a PA sistólica, enquanto Omar e colaboradores (2015), indicaram que reduções na PA sistólica e diastólica foram observadas, respectivamente, 2,5 e 3 horas após a suplementação. Além disso, outro estudo verificou que a PA sistólica permaneceu diminuída após 24 horas após a ingestão de suplemento de nitrato inorgânico, enquanto a PA diastólica voltou à linha de base (Burke e colaboradores, 2019).

Além disso, a literatura tem demonstrado que a ingestão de nitrato inorgânico é capaz de reduzir o VO₂ pico para realização de exercícios máximos e submáximos podendo aumentar assim o tempo de exaustão (Larsen e colaboradores, 2007; Bailey e colaboradores, 2009; Larsen e colaboradores, 2010; Bescós e colaboradores, 2011; Larsen e colaboradores, 2011).

Em relação ao uso da suplementação no desempenho esportivo uma revisão sistemática proposta por Calvo e colaboradores (2020), verificaram a influência da ingestão de

nitrato no desempenho em esportes cíclicos, dentre os resultados ergogênicos estatisticamente significativos foram obtidos em 8 (29,63%) dos 27 estudos investigados, com resultados significativos obtidos para parâmetros cardiorrespiratórios e medidas de desempenho, obtendo melhora na tolerância ao exercício, o que poderia ajudar na exaustão ao longo do tempo, enquanto a melhora na economia do exercício não foi tão clara. Adicionalmente, a dose necessária para esse efeito ergogênico parece ter relação direta com a condição física do atleta.

A dose aguda é de cerca de 6-12,4 mmol/dia de nitrato administrado 2-3 h antes da atividade, com a mesma quantidade dada como dose crônica ao longo de 6-15 dias. Já na revisão sistemática realizada por San Juan e colaboradores (2020), foi demonstrado que a suplementação dietética de nitrato induziu um efeito ergogênico em exercícios resistidos e do tipo sprint, que pode ser sustentado pelo aumento da contratilidade e perfusão muscular, particularmente nas fibras do tipo II.

No entanto, dados limitados estão disponíveis para avaliar o potencial ergogênico da suplementação de NO₃ em outras modalidades de exercício que exigem o recrutamento de fibras tipo II, como exercícios de levantamento de pesos.

Em outro estudo, realizado por Senefeld e colaboradores (2020), considerando mais de 100 estudos incluídos na síntese quantitativa pelo autor, o desempenho do exercício foi melhorado para exercícios de força, em índices como: recuperação mais rápido, períodos maiores de atividade, menor índice de fadiga e mais repetições em treino, em comparação com o placebo administrado.

Porém, embora significativo, o tamanho do efeito foi muito pequeno, e apenas 32% dos estudos demonstraram de fato uma mudança relevante no desempenho de pessoas praticantes de exercícios, especialmente, atletas profissionais.

A partir de tais dados, o autor pode concluir que em indivíduos não treinados, os efeitos são maiores na ingestão de nitrato.

Apesar de estudos como os de Macuh e Knap (2021) parecerem demonstrar o contrário, é preciso diferenciar atletas de alto desempenho de pessoas comuns que praticam atividades físicas intensas rotineiramente, os quais, aparentemente, são o mais beneficiado pelo consumo de nitrato.

Guerra e colaboradores (2022), a partir de um levantamento de estudos que utilizam a mesma sistemática relatada nos estudos apontados, relatou que a maior parte dos estudos que adotaram a ingestão crônica de suco de beterraba rico em nitrato apresentou resultados positivos, enquanto, os estudos que avaliaram apenas doses agudas, apresentam resultados controversos – alguns com baixas ou nenhuma variação nas métricas analisadas.

Tal afirmativa vai ao encontro dos estudos realizados por Bescós e colaboradores (2011), que já afirmava que o consumo de nitrato a longo prazo trazia mais benefícios para os praticantes de esporte.

Na intenção de avaliar as práticas esportivas mais beneficiadas pela ingestão de nitrato, Guerra e colaboradores (2022), observaram que, em geral, nos testes de força a maior parte dos participantes apresentou índices melhores, mesmo que em níveis diferentes a depender da condição dos participantes.

Porém, como relatado em outros estudos supracitados, atletas de alto desempenho não demonstram resultados suficientes para melhoria de desempenho.

Entretanto, nos estudos analisados por Calvo e colaboradores (2020), variações mais positivas para a redução da fadiga muscular e da recuperação entre exercícios de força foram observadas em indivíduos que ingeriram uma dose aguda de suco de beterraba - 500 ml, em relação aos que adotaram ingestão crônica de nitrato - entre 70 ml e 140 ml.

Tais controvérsias, podem ser explicadas pelas diferentes condições dos participantes e do ambiente em estudo, já que as alterações observáveis para os índices entre o consumo do nitrato e do placebo são muito pequenas, em todos os estudos.

CONCLUSÃO

Diante da suplementação de nitrato como um recurso nutricional ergogênico atribuídos a seus efeitos fisiológicos positivos no treinamento físico que ocasiona alterações cardiovasculares e hemodinâmicas atuando em funções relacionadas ao aumento do fluxo sanguíneo, troca gasosa, biogênese e eficiência mitocondrial e fortalecimento da contração muscular.

Essas melhorias nos biomarcadores indicam que a suplementação pode ter efeito direto no desempenho e performance esportiva

conforme verificado em protocolos com diversos públicos que levam em consideração a aptidão física com diferentes volumes e intensidades no treinamento e amostras de ambos os sexos, entretanto, os efeitos atribuídos a suplementação não é visto em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como condicionamento físico, tipo e duração do exercício, dose administrada, e indivíduos com menor condicionamento se beneficiaram melhor do que os indivíduos treinados, além de exercícios de alta intensidade terem melhores respostas com o uso dessa substância.

Os estudos analisados nessa revisão incluíram a dose necessária para obter o efeito ergogênico parece ter relação direta com a condição física do atleta, sendo a dose aguda cerca de 6 a 12,4 mmol/dia de nitrato administrado 2-3 h antes do exercício, ou com a mesma quantidade dada como dose crônica ao longo de 6-15 dias.

A maioria dos estudos avaliam os efeitos da suplementação em atividades envolvendo a resistência muscular e capacidade aeróbia, sendo ainda pouco discutido em exercícios resistidos, como no treinamento de força.

Embora a literatura científica demonstra resultados plausíveis sobre seu potencial efeito na prática esportiva acerca dos efeitos desta suplementação, ainda há uma discrepância de resultados para serem melhor esclarecidos a depender do tipo de exercício testado, além de estabelecerem um consenso de doses eficazes para cada vertente de treinamento, devido à influência de fatores que podem contribuir para a variabilidade dos efeitos da suplementação que incluem: diferenças interindividuais, como sexo biológico e aptidão física, além de diferenças entre os parâmetros de desempenho (intensidade, tipo e duração do exercício) e parâmetros de suplementação (dose diária, período de dosagem e tempo).

REFERÊNCIAS

1-Alvim, R.O.; Santos, P.C.J.L.; Bortolotto, L.A.; Mill, JG, Pereira A C. Arterial Stiffness: Pathophysiological and Genetic Aspects. International Journal of Cardiovascular Sciences. Vol. 30. Num. 5. 2017. p. 433-441. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2359-4802.20170053>

2-Bailey, S.J.; Winyard, P.; Vanhatalo, A.; Blackwell, J.R.; Dimenna, F.J.; Wilkerson D.P.; Tarr, J.; Benjamin, N.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 107. Num. 4. 2009. p. 1144-1155. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19661447/>>

3-Bahadoran, Z.; Mirmiran, P.; Kabir, A.; Azizi, F.; Ghasemi, A. The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*. Vol. 8. Num. 6. 2017. p. 930-938. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29141968/>>

4-Bescós, R.; Rodríguez, F.A.; Iglesias, X.; Ferrer, M.D.; Iborra, E.; Pons, A. Acute administration of inorganic nitrate reduces VO₂(peak) in endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 43. Num. 10. 2011. p. 1979-1986. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21407132/>>

5-Burke, L.M.; Castell, L.M.; Casa, D.J.; Close, G.L.; Costa, R.J.S.; Desbrow, B.; Halson, S.L.; Lis, D.M.; Melin, A.K.; Peeling, P.; Saunders, P.U.; Slater, G.J.; Sygo, J.; Witard, O.C.; Bermon, S.; Stellingwerff, T. International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 29. Num. 2. 2019. p. 73-84. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30952204/>>

6-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. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32560317/>>

7-Chiba, T.; Sakuma, K.; Komatsu, T.; Cao, X.; Aimoto, M.; Nagasawa, Y.; Shimizu, K.; Takahashi, M.; Hori, Y.; Shirai, K.; Takahara, A. Physiological role of nitric oxide for regulation of arterial stiffness in anesthetized rabbits. *Journal of Pharmacological Sciences*. Vol. 139. Num. 1. 2019. p.42-45. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30528468/>>

8-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 Cross-Over Study. *Nutrients*. Vol. 10. Num. 9. 2018. p 1222. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30181436/>>

9-Domínguez, R.; Cuenca, E.; Maté-Muñoz, J.L.; García-Fernández, P.; Serra-Paya N.; Estevan, M.C.; Herreros, P.V.; Garnacho-Castaño, M.V. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 1. 2017. p. 43. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067808/>>

10-Ferreira, L.P.; Moreira, O.C.; Caldas, L.R.R.; Rezende, L.M.T.; Hughes, K.; Souza, E.O.; Carneiro Junior, M.A. Cardiovascular responses of beginner and advanced practitioners to different volume and intensity resistance exercise protocols. *European Journal of Human Movement*. Vol. 44. 2020. p. 80-94.

11-Fernández-Lázaro, D.; Díaz, J.; Caballero, A.; Córdova, A. The training of strength-resistance in hypoxia: effect on muscle hypertrophy. *Biomédica*. Vol. 39. Num. 1. 2019. p. 212-220.

12-Guerra, C.V., Soares, B.E.S., Morais, F.M.A. de O.; Porto, A.A.; Benjamim, C.J.R. Nitrate derivado do suco de beterraba e suas influências no exercício de alta intensidade: uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados. *Revista Brasileira De Nutrição Esportiva*. São Paulo. Vol. 16. Num. 97. 2022. p. 107-117. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1975>>

13-Ivy J.L. Inorganic Nitrate Supplementation for Cardiovascular Health. *Methodist Debakey Cardiovasc Journal*. Vol. 15. Num. 3. 2019. p. 200-206. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31687099/>>

14-Jones, A.M.; Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*. Vol. 44. Num. 1. 2014. p. 35-45. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791915/>>

- 15-Jones A.M.; Vanhatalo, A.; Seals, D.R.; Rossman, M.J.; Pikhova, B.; Jonvik, K.L. Dietary Nitrate and Nitric Oxide Metabolism: Mouth, Circulation, Skeletal Muscle, and Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 53. Num. 2. 2021. p. 280-294. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32735111/>>
- 16-Jurado-Castro, J.M.; Campos-Perez, J.; Ranchal-Sanchez, A.; Durán-López, N.; Domínguez, R. Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. *Sports Health*. Vol. 14. Num. 6. 2022. p. 812-821. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35603411/>>
- 17-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. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635415/>>
- 18-Larsen, F.J.; Weitzberg, E.; Lundberg, J.O.; Ekblom, B. Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 48. Num. 2. 2010. p. 342-347. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19913611/>>
- 19-Larsen, F.J.; Schiffer, T.A.; Borniquel, S.; Sahlin, K.; Ekblom, B.; Lundberg, J.O.; Weitzberg, E. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metabolism*. Vol. 13. Num. 2. 2011. p. 149-159. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21284982/>>
- 20-Lowings, S.; Shannon, O.M.; Deighton, K.; Matu, J.; Barlow, M.J. Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Swimming Performance in Trained Swimmers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 27. Num. 4. 2017. p. 377-384. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28182502/>>
- 21-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. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18167491/>>
- 22-Macuh, M.; Knap, B. Effects of Nitrate Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Narrative Review. *Nutrients*. Vol. 13. Num. 9. 2021. p. 3183. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34579061/>>
- 23-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. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27600147/>>
- 24-Moreira, O.C.; Faraci, L.L.; Matos, D.G.; Mazini Filho, M.L.; Silva, S.F.; Aidar, F.J.; Hickner, R.C.; de Oliveira, C.E. Cardiovascular Responses to Unilateral, Bilateral, and Alternating Limb Resistance Exercise Performed Using Different Body Segments. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 31. Num. 3. 2017. p. 644-652. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26382128/>>
- 25-Moreira, O.C.; Oliveira, C.E.P.; Matos, D.G.; Silva, S.F.; Hickner, R.C.; Aidar, F.J. Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*. Vol. 11. 2018. p. 1-5. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754617300278>>
- 26-Ocampo, D.A.; Paipilla, A.F.; Marín, E.; Vargas-Molina, S.; Petro, J.L.; Pérez-Idárraga, A. Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules*. Vol. 8. Num. 4. 2018. p. 134. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30400267/>>
- 27-Omar, S.A.; Webb, A.J.; Lundberg, J.O.; Weitzberg, E. Therapeutic effects of inorganic nitrate and nitrite in cardiovascular and metabolic diseases. *Journal of Internal Medicine*. Vol. 279. Num. 4. 2015. p. 315-336. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26522443/>>
- 28-San Juan, A.F.; Dominguez, 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. Disponível em:
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32722588/>>

Recebido para publicação em 14/03/2023
Aceito em 09/04/2023

29-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. Disponível em:
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32936597/>>

30-Tan, R.; Cano, L.; Lago-Rodríguez, Á.; Domínguez, R. The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Explosive Exercise Performance: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Vol. 19. Num. 2. 2022. p. 762. Disponível em:
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35055584/>>

31-Thompson, K.G.; Turner, L.; Prichard, J.; Dodd, F.; Kennedy, D.O.; Haskell, C. Blackwell, J.R.; Jones, A.M. Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. Vol. 193. Num. 1. 2014. p. 11-20. Disponível em:
<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24389270/>>

32-Umbrello, M.; Dyson, A.; Feelisch, M.; Singer, M. The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilation and energy supply-demand matching. *Antioxidants & Redox Signaling*. Vol. 19. Num. 14. 2013. p. 1690-1710.

2 - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde.
Universidade Federal de Viçosa-UFV, Campus Florestal, Florestal-MG, Brasil.

E-mail autores:
mateus.primo@estudante.ufla.br
osvaldo.moreira@ufv.br

Autor de correspondência:
Osvaldo Costa Moreira.
osvaldo.moreira@ufv.br
Rodovia LMG 818, Km 6.
Campus Universitário, Florestal-MG, Brasil.
CEP: 35690-000.