

ARTIGO DE REVISÃO

IMPORTÂNCIA DO ÓXIDO NÍTRICO NO DESEMPENHO E NA FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO

IMPORTANCE OF NITRIC OXIDE IN PERFORMANCE AND EXERCISE PHYSIOLOGY

Júlia Alves Campos Carneiro¹ ACESSO LIVRE

Citação: Carneiro JAC. (2024) **IMPORTÂNCIA DO ÓXIDO NÍTRICO NO DESEMPENHO E NA FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO.** Revista de Patologia do Tocantins, 11(1):.

Instituição:

¹Médica formada pelo Centro Universitário Patos de Minas – UNIPAM

Autor correspondente: Julia Alves Campos Carneiro; juliaa398@gmail.com

Editor: Carvalho A. A. B. Medicina, Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

Publicado: 27 de fevereiro de 2024.

Direitos Autorais: © 2024 Carneiro et al. Este é um artigo de acesso aberto que permite o uso, a distribuição e a reprodução sem restrições em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Conflito de interesses: os autores declararam que não existem conflitos de interesses.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O Óxido Nítrico (NO) é uma molécula com diversas funções do organismo humano. Essa molécula, produzida pelas células endoteliais, é de grande relevância no controle do tônus muscular vascular, tanto em relação à resistência periférica vascular quanto na agregação plaquetária, uma vez que se trata de um potente vasodilatador com papel importante na regulação da pressão arterial. Em se tratando da atividade física, o NO tem sido considerado um fator de melhora no desempenho atlético desportivo. **OBJETIVOS:** Realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da importância e da relação do óxido nítrico (NO) no desempenho e na fisiologia do exercício. **METODOLOGIA:** Esta revisão foi desenvolvida por meio da busca de artigos indexados, estudos longitudinais, transversais e ensaios clínicos, no qual foram encontrados 100 artigos no período de 2010 a 2021. Dos 100 periódicos, 5 foram selecionados para a revisão sistemática da literatura. **RESULTADOS:** Dentre os principais resultados encontrados devido ao treinamento pode-se citar diminuição do déficit autonômico cardíaco; aumento da vasodilatação muscular e homeostase fisiológica. **CONCLUSÃO:** Há uma positiva relação entre exercício físico, óxido nítrico e a melhoria fisiológica do ser humano.

Palavras-chave: ÓXIDO NÍTRICO. EXERCÍCIO. FISILOGIA.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Nitric Oxide (NO) is a molecule with diverse functions in the human body. This molecule, produced by endothelial cells, is of great importance in controlling vascular muscle tone, both in relation to peripheral vascular resistance and platelet aggregation, since it is a powerful vasodilator with an important role in regulating blood pressure. In terms of physical activity, NO has been considered a factor in improving athletic performance. **OBJECTIVES:** To carry out a systematic review of the literature on the importance and relationship of nitric oxide (NO) in performance and exercise physiology. **METHODOLOGY:** This review was developed by searching for indexed articles, longitudinal and cross-sectional studies and clinical trials, in which 100 articles were found from 2010 to 2021. Of the 100 journals, 5 were selected for the systematic literature review. **RESULTS:** Among the main results found as a result of training are a reduction in cardiac autonomic deficit, increased muscle vasodilation and physiological homeostasis. **CONCLUSION:** There is a positive relationship between physical exercise, nitric oxide and the physiological improvement of the human being.

Keywords: NITRIC OXIDE. EXERCISE. PHYSIOLOGY

INTRODUÇÃO

O Oxido Nítrico (NO) é uma molécula com diversas funções do organismo humano. Essa molécula, produzida pelas células endoteliais, é de grande relevância no controle do tônus muscular vascular, tanto em relação à resistência periférica vascular quanto na agregação plaquetária, uma vez que se trata de um potente vasodilatador com papel importante na regulação da pressão arterial. Além disso, o inibe a agregação plaquetária, prevenindo doenças atero-trombóticas e atua na ativação da biogênese mitocondrial do músculo esquelético, melhorando a respiração do miócito; interfere diretamente no abastecimento de nutrientes e oxigênio do miócito através da regulação do fluxo sanguíneo e está associado a analgesia em respostas específicas.^{1,2,3,4}

Em se tratando da atividade física, o NO tem sido considerado um fator de melhora no desempenho atlético desportivo em função do controle da pressão arterial, garantindo aporte sanguíneo e retorno venoso adequado ao atleta. Nessa conjuntura, a resposta na produção de NO do organismo a partir do exercício físico é um fato científico indiscutível, na medida em que o aumento do fluxo sanguíneo produz o “shear stress” (Atrito de cisalhamento. É o atrito exercido pelo movimento do sangue nas paredes dos vasos sanguíneos) essencial para a reação de produção do NO endotelial.^{1,2,3,4}

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da importância e da relação do óxido nítrico (NO) no desempenho e na fisiologia do exercício.

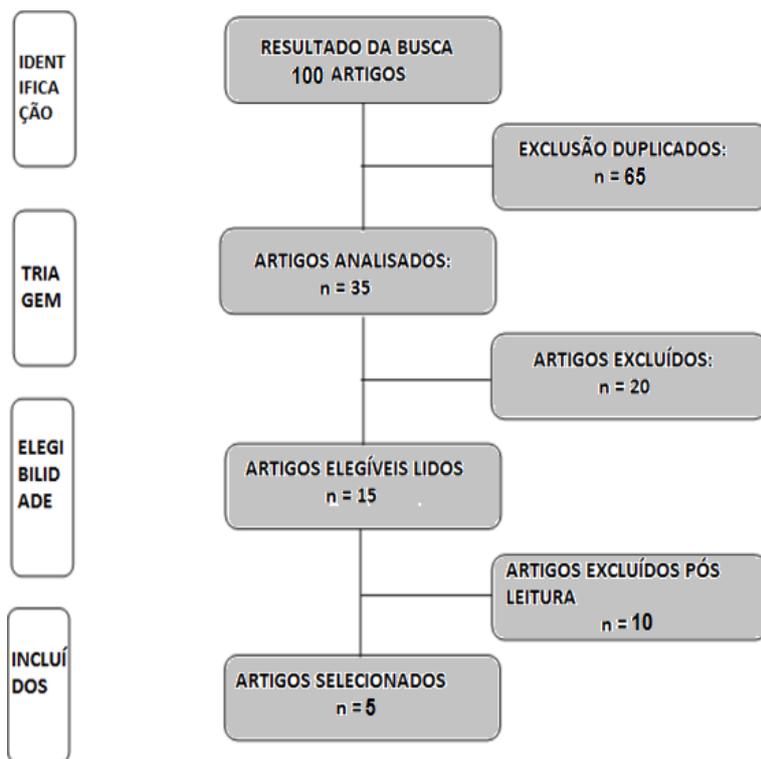
MÉTODO

Para este estudo, as buscas digitais foram realizadas por dois revisores independentes (Etapa 1 de seleção). Em seguida procedeu-se à avaliação da adequabilidade dos títulos ao objetivo do estudo (Etapa 2 de seleção). Os resumos foram lidos e avaliados (Etapa 3 de seleção). Todos os artigos cujos resumos se adequaram aos critérios da pesquisa foram selecionados para leitura na íntegra (Etapa 4 de seleção). Os resultados de todas as etapas da seleção foram comparados e as discordâncias solucionadas por consenso entre os dois revisores, ou por um terceiro revisor, quando necessário.

Em relação, especificamente a seleção e organização do trabalho, esta revisão foi desenvolvida por meio da busca de artigos indexados, estudos longitudinais, transversais e ensaios clínicos, no qual foram encontrados 100 artigos no período de 2010 a 2021, consultados nas bases de dados National Library of Medicine (PubMed MEDLINE), Scientific Eletronic Library Online (SciELO), Cochrane Databases of Systematic Reviews (CDSR) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Dos 100 periódicos, 5 foram selecionados para a revisão sistemática da literatura. Para a busca, foram utilizadas as palavras-chaves presentes nos descritores em Ciências da Saúde (DeCS): “óxido nítrico”, “exercício físico”, “fisiologia do exercício”. Como critérios de inclusão, foram considerados artigos originais, que abordassem o tema pesquisado e acesso integral ao conteúdo do estudo, publicado nos períodos de 2010 a 2022, na língua inglesa e

portuguesa sendo considerados apenas estudos em humanos. O critério de exclusão foi imposto naqueles trabalhos que não estavam em inglês ou português e que não se relacionassem com a temática proposta. Por meio da busca realizada, foram encontrados um total de 100 artigos sendo 45 da base de dados PubMed MEDLINE, 25 SciELO, 18 CDSR e 12 BVS. Após leitura do título e ou resumo, exclusão de estudos duplicados e dos que não se adequavam aos critérios de inclusão, um total de 5 estudos foram selecionados para a revisão sistemática, conforme fluxograma dos ensaios clínicos selecionados (FIGURA 1).

Figura 1 - Fluxograma dos artigos incluídos na revisão



RESULTADOS

A descrição dos artigos incluídos nesta revisão sistemática (FIGURA 2) leva em consideração 4 critérios: o título do trabalho, autores, ano de publicação e tratamento utilizado FIGURA 2 - Dados dos artigos incluídos na Revisão Sistemática

Título	Autor	Ano	Efeitos do uso de NO
Efeito do Exercício Físico e do Polimorfismo T-786C na Pressão Arterial e no Fluxo Sanguíneo de Idosas.	ZAGO, A.S. ⁵	2010	Diminuição do déficit autonômico cardíaco devido ao treinamento
O exercício físico melhora a vasodilatação muscular em indivíduos com o polimorfismo T786C do gene da óxido nítrico sintase endotelial.	NEGRÃO, M.V. ⁸	2010	Aumento da vasodilatação muscular devido ao treinamento
Correspondente Membro da RAS O. I. Orlova, e T. L. Nemirovskaya, Efeito do NO na proliferação de células durante a descarga funcional e o alongamento muscular	KARTASHKINA, N.L. ⁷	2010	Redução da pressão arterial pós treinamento
Efeitos do exercício aeróbico na pressão arterial, stress oxidativo e polimorfismo do gene eNOS em idosos pré-hipertensos	ZAGO, A.S. ⁸	2010	Aumento da capacidade de vasodilatação do endotélio na artéria colateral
Efeitos do exercício contínuo e moderado sobre o óxido nítrico salivar, pressão arterial e glicose	AGRICOLA, N.P.A. ⁹	2021	Manutenção da homeostase corpórea

Dos 5 artigos incluídos nessa revisão, em todos houve melhora no desempenho físico e na fisiologia dos indivíduos submetidos aos estudos analisados.^{5,6,7,8,9}

O artigo "Efeito do Exercício Físico e do Polimorfismo T-786C na Pressão Arterial e no Fluxo Sanguíneo de Idosas" foi realizado com idosas pré-hipertensas que realizaram treinamento aeróbico a 70% do VO₂max por 12 semanas. Constatou-se diminuição do déficit autonômico cardíaco.

O artigo "O exercício físico melhora a vasodilatação muscular em indivíduos com o polimorfismo T786C do gene da óxido nítrico sintase endotelial" foi realizado com indivíduos homocigotos com alelo T do gene da NOS (óxido nítrico sintase) com exercícios anaeróbicos durante 18 semanas. Foi constatado aumento da vasodilatação muscular.

O artigo "Correspondente Membro da RAS O. I. Orlova, e T. L. Nemirovskaya, Efeito do NO na proliferação de células durante a descarga funcional e o alongamento muscular" foi realizado com idosas durante 14 dias. Foi constatado redução da pressão arterial pós treinamento.

O artigo "Efeitos do exercício aeróbico na pressão arterial, stress oxidativo e polimorfismo do gene eNOS em idosos pré-hipertensos" foi realizado com idosas pré-hipertensas que realizaram treinamento aeróbico por 12 semanas. Constatou-se aumento da capacidade de vasodilatação do endotélio na artéria colateral.

O artigo "Efeitos do exercício contínuo e moderado sobre o óxido nítrico salivar, pressão arterial e glicose" foi realizado com indivíduos de 20 a 40 anos que foram submetidos individualmente a uma sessão de 30 minutos de

exercício em bicicleta ergométrica, com intensidade moderada. O estudo foi realizado durante 1 ano. Constatou-se manutenção da homeostase corpórea pós exercícios físicos.

DISCUSSÃO

Após a análise dos estudos fica evidente que há uma relação direta e positiva entre o NO, fisiologia humana, e exercício físico^{5,6,7,8,9}. Nesse sentido, é importante aprofundar a discussão ressaltando alguns pontos sobre essa molécula.

Exercício físico e óxido nítrico

Estudos têm demonstrado que o estilo de vida, que inclui a realização sistemática de exercícios físicos, tem forte associação com a preservação da capacidade funcional do endotélio mediada pela preservação da capacidade de produção de NO. O exercício promove aumento da concentração de NO após uma única sessão. Esse efeito agudo do exercício sobre o NO pode induzir a ajustes positivos no sistema cardiovascular, hepático, muscular esquelético, entre outros como diminuição da pressão arterial (PA), menor reatividade vascular e maior vasodilatação endotelial dependente mediado pelo NO após o exercício.^{1,2,10,11,12}

Foi observado, também, na literatura, que o treinamento aeróbico, em curto prazo, preservou as respostas microvasculares coronarianas do endotélio independente (adenosina) e potencializou as respostas do endotélio dependente coronariano por meio da ação da bradicinina que é um importante mediador da produção de NO, além de diminuir a possibilidade de deposição de placas de ateroma macrovasculares. Somado a isso, o NO se mostrou fundamental nas adaptações teciduais cardíacas induzidas pelo treinamento físico aeróbico havendo melhora, também, nos parâmetros de modulação autonômica cardíaca.^{1,2,12,13}

Em relação à musculatura lisa, o treinamento induziu aumento na elastina, fibrilina, produtos da e-NOS na parede da aorta e na capacidade de vasodilatação do endotélio na artéria colateral, aparentemente pelo aumento da produção de fatores hiperpolarizantes derivados do endotélio. Segundo alguns autores esses achados podem contribuir para aumentos da função de veias colaterais e desenvolver tolerância ao exercício durante as sessões de exercício físico.^{10,11,14,15}

Por fim, no tecido ósseo, foi observado que o exercício induziu cronicamente a um aumento volume dos ossos e fluxo sanguíneo medular, e a via de sinalização da NOS foi associada ao aumento do volume trabecular do fêmur.^{1,2,10,11,12,10,16,17}

CONCLUSÃO

Como analisado, há uma positiva entre relação entre exercício físico, óxido nítrico e a melhoria fisiológica do ser humano. Quanto aos benefícios dessa molécula, pode-se citar diminuição do déficit autonômico cardíaco; aumento da capacidade de vasodilatação do endotélio na artéria colateral; aumento da vasodilatação muscular; redução da pressão arterial dentre outros efeitos positivos. Isso mostra quão importante é o NO para homeostasia e equilíbrio fisiológico do ser humano quando associado ao exercício físico.

REFERÊNCIAS

1. AGRICOLA, N. P.; GUILLO, L. A.; SILVA, R. A. O. Óxido nítrico e exercício físico: potencialidades para a pesquisa em saúde. **Ciência em Movimento, Biociências e Saúde**, v. 19, n. 39, 2017.
2. DYAKOVA, E.Y.; KAPILEVICH, L.V.; SHYLKO, V.G.; POPOV, S.V.; ANFINOGENOVA, Y. Physical exercise associated with NO production: signaling pathways and significance in health and disease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. Volume 3, Article 19, April, 2015.
3. FERREIRA, J. S.; DIETRICH, S. H. C., PEDRO, D. A. Influência da prática de atividade física sobre usuários do SUS. *Saúde Debate*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 106, Jul./Set., 2015, p. 792 – 801.
4. CALLEGARI – JACQUES, S.M. Bioestatística: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2008.
5. ZAGO, A. S. et al. Efeito do Exercício Físico e do Polimorfismo T-786C na Pressão Arterial e no Fluxo Sanguíneo de Idosas. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 4, p. 510- 517, 2010.
6. NEGRAO, M. V. et al. Exercise training improves muscle vasodilatation in individuals with T786C polymorphism of endothelial nitric oxide synthase gene. **Physiological Genomics**, Bethesda, v. 42^a, no. 1, p. 71-77, 2010.
7. KARTASHKINA, N. L. et al. Corresponding Member of the RAS O. I. Orlova, and T. L. Nemirovskayaa, Effect of NO on Satellite Cell Proliferation during Functional Unloading and Muscle Stretching. **Doklady Biological Sciences**, New York, v. 432, p. 167-170, 2010.
8. ZAGO, A. S. et al. Effects of aerobic exercise on the blood pressure, oxidative stress and eNOS gene polymorphism in pre-hypertensive older people. **European journal applied physiology**, Berlin, v. 110, no. 4, p. 825-832, 2010.
9. AGRICOLA NPA, LACERDA PJC, LOPES C de A, SANTOS N dos. Efeitos do exercício contínuo e moderado sobre o óxido nítrico salivar, pressão arterial e glicose / Effects of continuous and moderate exercise on salivar nitric oxide, blood pressure and glucose. *Braz. J. Develop.* 2021 7(8):80285-301. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/34367>
10. TEIXEIRA, J. A. M. et al. Exercise training enhances elastin, fibrillin and nitric oxide in the aorta wall of spontaneously hypertensive rats. **Experimental and molecular pathology**, New York, v. 89, no. 3, p. 351-357, 2010.
11. COLLERAN, P. N. et al. Vasoresponsiveness of collateral vessels in the rat hindlimb: influence of training. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 15, p. 1293-1307, 2010.
12. CIOLAC, E. C.; GUIMARÃES, G. V. Exercício físico e síndrome metabólica. *Rev. Bras. Med. Esporte*, v. 10, n. 4, Jul./Ago., 2014, p. 319 – 324.
13. FLORA FILHO, R.; ZILBERSTEIN, B. Óxido nítrico: o simples mensageiro percorrendo a complexidade. *Metabolismo, síntese e funções*. Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 46, n. 3, p. 265-271, jul./set. 2000.
14. GUEDES, D. P.; LEGNANI, E. Motivos para a prática de exercício físico em universitários e fatores associados. *Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte*, São Paulo, p.679-689, 10 out. 2012.
15. KRINSKI, K.; ELSANGEDY, H. M.; GORLA, J. G.; CALEGARI, D. R. Efeitos do exercício físico e indivíduos portadores de diabetes e hipertensão arterial. *Revista Digital*, Buenos Aires, a.10, n. 93, Fev., 2006, p. 1 – 11.
16. FERREIRA, S. A.; GOMES, R. P. M.; FONSECA, A. F. A.; NAVARRO, A. C. Atuações do óxido nítrico e da suplementação de L-Arginina nas respostas hemodinâmicas do organismo diante da prática de exercício físico. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo, v. 2, n. 11, Set./Out, 2008, p. 364 – 373.
17. KAMADA, Márcio; CLEMENTE, J. S.; MONTEIRO, A. F. F.; BARROS, L. V. G.; HELENE, A. H. E.; MORATO, D. M. Correlação entre exercício físico e qualidade de vida em pacientes com doença de Alzheimer. *Revista Soc. Bras. Clin. Med.*, v. 16, n. 2, Abr./Jun., 2018, p. 119 – 122.