



## EFEITOS DA ATIVIDADE FÍSICA SOBRE O ENVELHECIMENTO VASCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Micaele de Barros Novaes <sup>1</sup>, Ana Maria Cardoso Teixeira <sup>1</sup>, Rafael Cordeiro Moreira Dias<sup>1</sup>, Victória Maria Pinheiro de Barros Azevedo <sup>1</sup>, Maialú Dantas Carneiro<sup>1</sup>, Raiza de Carvalho Boureau <sup>1</sup>, Cleydson Santos <sup>2</sup>, José Fabio Possidônio Ferreira <sup>1</sup>



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n3p2733-2740>

Artigo publicado em 03 de março de 2025

### REVISÃO SISTEMÁTICA

#### RESUMO

**Introdução:** O envelhecimento vascular é um processo natural caracterizado pela deterioração progressiva dos vasos sanguíneos, associado ao aumento do risco de doenças cardiovasculares, como hipertensão, aterosclerose e AVC. Alterações como disfunção endotelial e rigidez arterial comprometem o fluxo sanguíneo e a oxigenação dos tecidos, impactando a saúde geral. **Objetivo:** Analisar os efeitos do exercício no envelhecimento vascular e revisar métodos de avaliação, como a Análise de Onda de Pulso (PWA), para monitorar a saúde arterial. **Metodologia:** Realizou-se uma revisão sistemática nas bases PubMed, Scielo e LILACS, utilizando descritores como “envelhecimento vascular”, “análise de onda de pulso” e “exercício”. Foram incluídos estudos em português e inglês, excluindo duplicatas e artigos irrelevantes. A busca foi otimizada com operadores booleanos, garantindo uma revisão abrangente e atualizada.

**Resultados:** O envelhecimento vascular aumenta o risco de doenças cardiovasculares e compromete a função cognitiva, devido à redução da eficiência dos vasos sanguíneos em fornecer oxigênio e nutrientes. A PWA emergiu como uma técnica não invasiva eficaz, avaliando parâmetros como rigidez arterial (através do índice de aumento – Alx) e pressão arterial central (CBP), que reflete a pressão sobre órgãos vitais. O exercício regular demonstrou benefícios significativos, melhorando a função endotelial por meio da produção de óxido nítrico e reduzindo a inflamação crônica associada ao envelhecimento. Além disso, a atividade física regula a pressão arterial e o metabolismo lipídico, mitigando os efeitos do envelhecimento vascular. **Conclusão:** O exercício é fundamental para combater o envelhecimento vascular, promovendo a saúde cardiovascular e reduzindo riscos de doenças relacionadas. A PWA é uma ferramenta valiosa para monitorar a saúde arterial e orientar intervenções preventivas. A adoção de um estilo de vida ativo, aliado ao uso de tecnologias como a PWA, pode melhorar significativamente o bem-estar e a qualidade de vida.

**Palavras-chave:** Envelhecimento vascular; Endotélio; Exercício; Análise de Pulso de ondas; Estilo de Vida.

## EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY ON VASCULAR AGING: A LITERATURE REVIEW

### ABSTRACT

**Introduction:** Vascular aging is a natural process characterized by the progressive deterioration of blood vessels, associated with an increased risk of cardiovascular diseases such as hypertension, atherosclerosis, and stroke. Changes such as endothelial dysfunction and arterial stiffness compromise blood flow and tissue oxygenation, impacting overall health. **Objectives:** To analyze the effects of exercise on vascular aging and review assessment methods, such as Pulse Wave Analysis (PWA), for monitoring arterial health. **Methodology:** A bibliographic review was conducted using PubMed, Scielo, and LILACS databases, with descriptors such as “vascular aging,” “pulse wave analysis,” and “exercise.” Studies in Portuguese and English were included, excluding duplicates and irrelevant articles. The search was optimized with Boolean operators, ensuring a comprehensive and up-to-date review. **Results:** Vascular aging increases the risk of cardiovascular diseases and impairs cognitive function due to reduced efficiency of blood vessels in delivering oxygen and nutrients. PWA emerged as an effective non-invasive technique, assessing parameters such as arterial stiffness (through the augmentation index – Alx) and central blood pressure (CBP), which reflects pressure on vital organs. Regular exercise demonstrated significant benefits, improving endothelial function through nitric oxide production and reducing chronic inflammation associated with aging. Additionally, physical activity regulates blood pressure and lipid metabolism, mitigating the effects of vascular aging. **Conclusions:** Exercise is essential for combating vascular aging, promoting cardiovascular health, and reducing the risk of related diseases. PWA is a valuable tool for monitoring arterial health and guiding preventive interventions. Adopting an active lifestyle, combined with technologies such as PWA, can significantly improve well-being and quality of life.

**Keyword:** Vascular Aging; Endothelium; Exercise; Pulse Wave Analysis; Lifestyle.

**Instituição afiliada** – <sup>1</sup>Faculdade Zarns – Medicina FTC; <sup>2</sup> Docente do curso de medicina na Faculdade ZARNS

**Autor correspondente** Micaele de Barros Novaes – [micaelebnovaes@gmail.com](mailto:micaelebnovaes@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **INTRODUÇÃO**

O envelhecimento vascular é um processo natural que ocorre à medida que os indivíduos envelhecem. Refere-se à deterioração gradual e à disfunção dos vasos sanguíneos em todo o corpo. Esse processo pode ter implicações significativas para a saúde do indivíduo, uma vez que está intimamente associado ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como hipertensão, aterosclerose e acidente vascular cerebral (AVC). O envelhecimento vascular é caracterizado por diversas alterações estruturais e funcionais nos vasos sanguíneos, incluindo disfunção endotelial, rigidez arterial e remodelamento vascular prejudicado (Ahmed *et al* 2024). À medida que os indivíduos envelhecem, seus vasos sanguíneos tornam-se menos elásticos e mais rígidos, o que leva à diminuição do fluxo sanguíneo e da entrega de oxigênio a diversos órgãos e tecidos. Essas alterações podem resultar em uma ampla gama de sintomas, incluindo fadiga, declínio cognitivo e desempenho físico prejudicado. Além disso, a capacidade reduzida dos vasos sanguíneos de dilatar e contrair adequadamente pode perturbar o equilíbrio da pressão arterial no organismo, levando à hipertensão e aumentando o risco de AVC e doenças cardíacas (Donato *et al* 2018). Compreender a anatomia e a histologia vascular é crucial para entender os mecanismos subjacentes ao envelhecimento vascular. Os vasos sanguíneos no corpo humano podem ser amplamente categorizados em três tipos: artérias, veias e capilares. As artérias são responsáveis por transportar sangue oxigenado para longe do coração, enquanto as veias retornam o sangue desoxigenado ao coração (Ahmed *et al* 2024). Os capilares são vasos minúsculos e de paredes finas que permitem a troca de oxigênio, nutrientes e resíduos entre o sangue e os tecidos circundantes. As paredes dos vasos sanguíneos são compostas por três camadas: a túnica íntima, a túnica média e a túnica externa. Cada camada possui características e componentes celulares distintos, como células endoteliais, células musculares lisas e fibroblastos, que desempenham papéis importantes na manutenção da função e da integridade vascular (Thijssen *et al* 2016). O exercício regular tem sido reconhecido como uma ferramenta poderosa na prevenção ou atenuação das alterações relacionadas ao envelhecimento vascular. A prática regular de atividade física pode melhorar a função endotelial, aumentar a complacência arterial

e promover o remodelamento vascular. O exercício estimula a produção de óxido nítrico, um vasodilatador que ajuda a relaxar os vasos sanguíneos, manter sua elasticidade e melhorar o fluxo sanguíneo. Além disso, a atividade física demonstrou reduzir a inflamação e o estresse oxidativo, ambos contribuintes para o envelhecimento vascular. O exercício também pode ajudar a regular a pressão arterial e melhorar o metabolismo lipídico, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares. Portanto, ao adotar um estilo de vida que inclua exercícios regulares, os indivíduos podem promover um envelhecimento vascular saudável e reduzir o risco de doenças vasculares relacionadas à idade (Seals *et al* 2019).

## **METODOLOGIA**

O presente estudo se trata de uma revisão sistemática com o intuito de analisar o que há de mais recente a respeito do envelhecimento vascular e os efeitos do exercício sobre ele. A pesquisa foi conduzida nas bases de dados PubMed, Scielo e LILACS, em que foram consultados estudos de revisão, epidemiológicos, transversais, coortes, caso–controle, relatos de caso e ensaios clínicos. Além disso, selecionamos artigos publicados nos idiomas português e inglês para esta revisão.

Para a seleção dos registros, foram definidos critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão compreenderam pesquisas que abordassem acerca do envelhecimento vascular e os efeitos do exercício sobre ele. Com relação aos critérios de exclusão, foram excluídos registros que não estivessem disponíveis na íntegra, duplicatas e aqueles que não possuíssem dados pertinentes para análise da presente revisão.

A exploração de literatura foi realizada utilizando de descritores para garantir a relevância e abrangência dos registros apresentados. Entre os descritores usados estavam: “vascular aging”, “heart failure”, “pulse wave analysis”, “hypertension”, “exercise” e “myocardial infarction” para encontrar estudos em inglês, enquanto “envelhecimento vascular”, “análise de onda de pulso” “insuficiência cardíaca”, “hipertensão”, “exercício” e “infarto do miocárdio” para os estudos em português. Estes descritores foram combinados com o uso de operadores booleanos (AND, OR) a fim de otimizar a busca e recuperação de registros mais pertinentes. Desta forma, com a metodologia usada, a presente pesquisa contou com uma revisão refinada e detalhada,

em proporção com as tendências e desafios relacionados atualmente com o envelhecimento vascular.

## **RESULTADOS**

O envelhecimento vascular é um processo natural que ocorre no corpo humano à medida que envelhecemos. No entanto, quando esse processo se torna acelerado ou desregulado, pode ter consequências graves para a saúde. Um dos impactos significativos do envelhecimento vascular é o aumento do risco de doenças cardiovasculares. À medida que os vasos sanguíneos envelhecem, tornam-se menos flexíveis e mais frágeis, levando a uma maior probabilidade de desenvolver condições como hipertensão, aterosclerose e AVC. Essas condições podem ter consequências graves, incluindo infartos e danos a órgãos, e podem reduzir significativamente a qualidade de vida de uma pessoa (Maier *et al* 2023).

Além disso, o envelhecimento vascular também pode levar ao comprometimento da função cognitiva. À medida que os vasos sanguíneos no cérebro se tornam menos eficientes em fornecer oxigênio e nutrientes, as células cerebrais podem começar a se deteriorar. Isso pode resultar em declínio cognitivo, problemas de memória e um risco aumentado de desenvolver condições como demência e doença de Alzheimer. Além disso, o fluxo sanguíneo prejudicado para o cérebro também pode aumentar o risco de doença de pequenos vasos, que contribui para o desenvolvimento de lesões da substância branca e pequenos AVCs. Todas essas consequências do envelhecimento vascular podem ter um impacto profundo na saúde e no bem-estar geral do indivíduo, afetando sua capacidade de realizar atividades diárias, interagir com outras pessoas e ter uma vida plena. Portanto, é crucial monitorar e gerenciar o envelhecimento vascular para mitigar seus efeitos negativos na saúde (Toth *et al* 2017).

A Análise de Onda de Pulso (PWA, na sigla em inglês) é amplamente utilizada como um método não invasivo para avaliar o envelhecimento vascular em indivíduos. Essa técnica se baseia na análise da forma de onda do pulso arterial para avaliar diversos parâmetros associados à rigidez arterial e à disfunção endotelial. Um parâmetro comumente utilizado é o índice de aumento (Alx, na sigla em inglês), que mede a magnitude da onda refletida em relação à onda incidente no sistema arterial. Um Alx mais alto indica maior



rigidez arterial e está associado ao envelhecimento vascular acelerado. O Alx pode ser facilmente calculado usando um tonômetro para capturar a forma de onda arterial na artéria radial e um software apropriado para analisar os dados (Solanki *et al* 2018).

Outro método para avaliar o envelhecimento vascular utilizando PWA é a medição da pressão arterial central (CBP, na sigla em inglês). A CBP representa a pressão dentro da aorta, que é o principal vaso condutor do sistema cardiovascular. Diferentemente da pressão arterial convencional medida na artéria braquial, a CBP fornece uma reflexão mais precisa da pressão exercida sobre órgãos vitais, como o coração e o cérebro. O aumento da pressão arterial central está associado a eventos cardiovasculares adversos e é um indicador-chave do envelhecimento vascular. A PWA pode estimar a CBP utilizando uma função de transferência generalizada para converter a forma de onda de pressão periférica em uma forma de onda de pressão central. Isso permite uma avaliação abrangente da saúde arterial do indivíduo, auxiliando na detecção precoce do envelhecimento vascular e na implementação de medidas preventivas adequadas (Choi *et al* 2010).

O exercício regular demonstrou ter um impacto significativo nos mecanismos biológicos envolvidos no envelhecimento vascular. Um mecanismo-chave é a manutenção da função endotelial. O endotélio, uma camada de células que reveste as paredes internas dos vasos sanguíneos, desempenha um papel crucial na regulação do tônus vascular e do fluxo sanguíneo. Com o envelhecimento, a função endotelial pode se deteriorar, levando à dilatação prejudicada dos vasos sanguíneos e ao aumento da rigidez. No entanto, o exercício regular demonstrou melhorar a função endotelial, promovendo a liberação de óxido nítrico, um potente vasodilatador, e reduzindo o estresse oxidativo. Isso ajuda a melhorar a elasticidade dos vasos sanguíneos e a saúde vascular geral, contrabalançando os efeitos do envelhecimento no sistema cardiovascular (Rossman *et al* 2017).

Outro mecanismo biológico influenciado pelo exercício é a redução da inflamação crônica. O envelhecimento está associado a um estado inflamatório crônico de baixo grau, conhecido como "inflamação do envelhecimento" (inflamm-aging), que contribui para a disfunção vascular e o desenvolvimento de doenças relacionadas à idade. O exercício regular demonstrou diminuir a inflamação sistêmica, reduzindo os níveis de citocinas pró-inflamatórias e aumentando os marcadores anti-inflamatórios. Além disso,



o exercício estimula a produção de moléculas anti-inflamatórias, como a IL-10, que ajudam a modular a resposta imune e a reduzir a inflamação vascular. Ao combater a inflamação do envelhecimento, o exercício desempenha um papel crítico na manutenção da saúde vascular e na prevenção de doenças vasculares relacionadas à idade, como aterosclerose e hipertensão (Beavers *et al* 2010).

## CONCLUSÃO

Em conclusão, o exercício desempenha um papel crucial no combate ao envelhecimento vascular e na manutenção de vasos sanguíneos saudáveis. A atividade física regular pode melhorar a função endotelial, reduzir a inflamação e fortalecer o sistema cardiovascular. Além disso, a Análise de Onda de Pulso é uma ferramenta valiosa que pode auxiliar na medição e no acompanhamento do envelhecimento vascular, fornecendo aos profissionais de saúde informações importantes para projetar intervenções de exercícios eficazes. Portanto, incorporar o exercício às rotinas diárias e utilizar a tecnologia de PWA pode contribuir significativamente para uma melhor saúde cardiovascular e bem-estar geral.

## REFERÊNCIAS

- Ahmed, B., Rahman, A., Lee, S., & Malhotra, R. (2024). The Implications of Aging on Vascular Health. **International Journal of Molecular Sciences**, 25. <https://doi.org/10.3390/ijms252011188>.
- Donato, A., Machin, D., & Lesniewski, L. (2018). Mechanisms of Dysfunction in the Aging Vasculature and Role in Age-Related Disease. **Circulation Research**, 123, 825–848. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312563>.
- Thijssen, D., Carter, S., & Green, D. (2016). Arterial structure and function in vascular ageing: are you as old as your arteries?. **The Journal of Physiology**, 594. <https://doi.org/10.1113/JP270597>.
- Seals, D., Nagy, E., & Moreau, K. (2019). Aerobic exercise training and vascular function with ageing in healthy men and women. **The Journal of Physiology**, 597. <https://doi.org/10.1113/JP277764>.
- Maier, J., Andrés, V., Castiglioni, S., Giudici, A., Lau, E., Nemcsik, J., Seta, F., Zaninotto, P., Catalano, M., & Hamburg, N. (2023). Aging and Vascular Disease: A Multidisciplinary



Overview. **Journal of Clinical Medicine**, 12. <https://doi.org/10.3390/jcm12175512>.

Toth, P., Tarantini, S., Csiszar, A., & Ungvari, Z. (2017). Functional vascular contributions to cognitive impairment and dementia: mechanisms and consequences of cerebral autoregulatory dysfunction, endothelial impairment, and neurovascular uncoupling in aging.. **American journal of physiology. Heart and circulatory physiology**, 312 1, H1–H20 . <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00581.2016>.

Solanki, J., Mehta, H., & Shah, C. (2018). Pulse wave analyzed cardiovascular parameters in young first degree relatives of hypertensives. **Journal of Research in Medical Sciences : The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences**, 23. [https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS\\_581\\_16](https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_581_16).

Choi, C., Kim, E., Kim, S., Shin, S., Choi, U., Kim, J., Lim, H., Rha, S., Park, C., Seo, H., & Oh, D. (2010). Differing effects of aging on central and peripheral blood pressures and pulse wave velocity: a direct intraarterial study. **Journal of Hypertension**, 28, 1252–1260. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e328337dad6>.

Rossmann, M., Kaplon, R., Hill, S., McNamara, M., Santos–Parker, J., Pierce, G., Seals, D., & Donato, A. (2017). Endothelial cell senescence with aging in healthy humans: prevention by habitual exercise and relation to vascular endothelial function.. **American journal of physiology. Heart and circulatory physiology**, 313 5, H890–H895 . <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00416.2017>.

Beavers, K., Brinkley, T., & Nicklas, B. (2010). Effect of exercise training on chronic inflammation.. **Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry**, 411 11–12, 785–93 . <https://doi.org/10.1016/j.cca.2010.02.069>.