



Efeitos do Envelhecimento na Função Endotelial e no Risco Cardiovascular: Mecanismos e Intervenções

Ranna Rillary Lopes Cordeiro¹, Victoria Fátima Martins da Fonseca², Juliana Martins de Almeida³, Millena Gabrielly Lopes Silva⁴, Luana Santos de Sousa⁵, Sammya Rebeka Araujo Cavalcante⁶, Letícia Carvalho de Castro⁷, Thays Silva Soares⁸, Maria Antônia de Melo e Carvalho Ramos⁹, Sabrina Silva Tavares Tedesco¹⁰, Robson Márcio Alves Lima¹¹, Joana Letícia Rabelo Milhomem¹².



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n2p1603-1611>

Artigo publicado em 15 de Fevereiro de 2025

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

O envelhecimento vascular é um processo fisiológico caracterizado por mudanças estruturais e funcionais progressivas nas artérias, incluindo aumento da rigidez arterial e comprometimento da função endotelial. Fatores genéticos, ambientais e metabólicos desempenham um papel crucial nesse processo, resultando em maior risco cardiovascular e contribuindo para o desenvolvimento de doenças como aterosclerose, insuficiência cardíaca e eventos cerebrovasculares. A perda da elasticidade das grandes artérias e o aumento da inflamação e estresse oxidativo comprometem a saúde vascular e afetam órgãos-alvo como o coração, cérebro e rins.

A rigidez arterial, amplamente reconhecida como um biomarcador de danos vasculares, pode ser um indicador precoce de aterosclerose subclínica, além de ser um preditor independente de risco cardiovascular. A função endotelial, fundamental para a homeostase vascular, também se deteriora com o envelhecimento, agravando o risco de complicações cardiovasculares. A avaliação da rigidez arterial, por métodos não invasivos, fornece uma visão mais precisa do risco cardiovascular, além dos escores tradicionais.

Este artigo revisa os principais mecanismos envolvidos no envelhecimento vascular e suas consequências para a função endotelial e o risco cardiovascular. Além disso, discute intervenções terapêuticas e preventivas que podem retardar o avanço das alterações vasculares, com foco em estratégias para preservar a saúde arterial e reduzir o risco de doenças cardiovasculares na população idosa.

Palavras-chave : Envelhecimento Vascular, Rigidez Arterial, Aterosclerose Subclínica, Doenças Cardiovasculares, Biomarcadores de Risco Cardiovascular.

Effects of Aging on Endothelial Function and Cardiovascular Risk: Mechanisms and Interventions

ABSTRACT

Vascular aging is a complex process characterized by structural and functional changes in the arteries, including increased arterial stiffness and endothelial dysfunction. Various genetic, environmental, and metabolic factors contribute to this degenerative process, elevating cardiovascular risk and fostering the development of diseases such as atherosclerosis, heart failure, and cerebrovascular events. The loss of elasticity in large arteries, along with increased inflammation and oxidative stress, compromises vascular health and affects target organs like the heart, brain, and kidneys.

Arterial stiffness, widely recognized as a biomarker of vascular damage, can serve as an early indicator of subclinical atherosclerosis and is an independent predictor of cardiovascular risk. Endothelial function, crucial for vascular homeostasis, also deteriorates with aging, exacerbating cardiovascular complications. Non-invasive assessment of arterial stiffness provides a more accurate view of cardiovascular risk, complementing traditional risk scores.

This article reviews the key mechanisms involved in vascular aging and its consequences for endothelial function and cardiovascular risk. Furthermore, it discusses therapeutic and preventive interventions that may slow the progression of vascular changes, focusing on strategies to preserve arterial health and reduce cardiovascular disease risk in the elderly population.

Keywords: Vascular Aging | Arterial Stiffness | Subclinical Atherosclerosis | Cardiovascular Diseases | Cardiovascular Risk Biomarkers | Non-Invasive Arterial Assessment | Endothelial Dysfunction.

Instituição afiliada – Faculdade de Ciências Médicas do Pará (FACIMPA), Universidade do Estado do Pará, Centro Universitário Metropolitano da Amazônia.

Autor correspondente: Ranna Rilary Lopes Cordeiro rannarilary1@gmail.com

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



INTRODUÇÃO

Mecanismos do Envelhecimento Vascular

A progressão do envelhecimento vascular decorre de múltiplos fatores, incluindo inflamação crônica, estresse oxidativo, modificações na matriz extracelular e alterações celulares. A inflamação persistente de baixo grau acelera o envelhecimento arterial, promovendo senescência celular e disfunção endotelial WANG et al. (2018).

A diminuição da biodisponibilidade do óxido nítrico (NO), somada ao aumento das espécies reativas de oxigênio (ROS), reduz a capacidade das artérias de relaxar, favorecendo a hipertensão e a aterosclerose CHIRINOS et al (2019). O aumento da atividade da enzima NADPH oxidase resulta na produção excessiva de ROS, o que agrava a disfunção endotelial e contribui para o desenvolvimento da rigidez arterial. Paralelamente, a degradação das fibras elásticas e o acúmulo de colágeno tornam a parede arterial mais rígida, prejudicando sua função de amortecimento da pressão sanguínea HAMCZYK et al. (2020).

A matriz extracelular sofre modificações estruturais significativas, incluindo aumento da deposição de colágeno, eletrólise e calcificação arterial. Essas mudanças contribuem para a perda de elasticidade das grandes artérias, intensificando o efeito da pressão pulsátil nos órgãos-alvo BARROSO; BARBOSA; MOTA-GOMES (2020).

Transformações Estruturais nas Artérias

Com o envelhecimento, ocorrem diversas mudanças estruturais nas artérias, principalmente nas artérias elásticas, como a aorta. Observa-se dilatação progressiva do lúmen arterial, aumento da espessura da parede e redução da capacidade de distensão LAURENT et al. (2006). Esse fenômeno está associado à arteriosclerose, que se distingue da aterosclerose. Enquanto a arteriosclerose resulta do endurecimento da camada média arterial, a aterosclerose caracteriza-se pelo acúmulo de placas lipídicas na camada íntima dos vasos, promovendo estenose e risco de eventos trombóticos CHIRINOS et al. (2019).

A hipertensão arterial agrava esse quadro, acelerando o remodelamento vascular e elevando a sobrecarga cardíaca. As alterações nas propriedades biomecânicas das artérias favorecem a amplificação da pressão de pulso, aumentando o risco de hipertrofia ventricular esquerda e insuficiência cardíaca BARROSO; BARBOSA; MOTA-GOMES (2020).

Impactos Hemodinâmicos

O enrijecimento das artérias compromete sua capacidade de amortecer as oscilações

da pressão geradas pelo coração, levando ao aumento da pressão arterial sistólica e à redução da perfusão coronariana HAMCZYK et al. (2020). Essa alteração eleva o trabalho cardíaco, predispondo ao desenvolvimento de hipertrofia ventricular esquerda e à insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada LAURENT et al. (2006).

A transmissão aumentada da pressão pulsátil para órgãos-alvo, como cérebro e rins, favorece a ocorrência de complicações como doença microvascular cerebral, declínio cognitivo, acidente vascular cerebral e nefropatia hipertensiva WANG et al. (2018).

Técnicas de Avaliação da Rigidez Arterial

A rigidez arterial pode ser avaliada por métodos não invasivos, sendo a velocidade da onda de pulso carotídeo-femoral (VOPcf) considerada o padrão-ouro. Esse exame mede a velocidade de propagação das ondas de pressão ao longo das artérias, refletindo a elasticidade vascular CHIRINOS et al. (2019).

Outras técnicas incluem a análise da pressão arterial central e do índice de aumento (AIX), que fornecem informações sobre a interação entre a função arterial e a carga hemodinâmica imposta ao coração. Métodos oscilométricos e ultrassonográficos também têm sido utilizados para avaliar a distensibilidade arterial e as alterações estruturais precoces na parede vascular LAURENT et al. (2006).

Envelhecimento Vascular e Risco Cardiovascular

O envelhecimento arterial está diretamente associado ao conceito de continuum cardiovascular, que descreve a progressão das doenças cardiovasculares desde os estágios iniciais até quadros avançados, como insuficiência cardíaca e doença renal crônica BARROSO; BARBOSA; MOTA-GOMES (2020). O aumento da rigidez arterial é um marcador precoce de lesão vascular e está relacionado a maior incidência de eventos cardiovasculares, incluindo infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral HAMCZYK et al. (2020).

A rigidez arterial é um preditor independente de morbidade e mortalidade cardiovascular, permitindo uma abordagem mais precisa na estratificação de risco. Estudos indicam que a incorporação da rigidez arterial como biomarcador clínico pode melhorar a identificação de indivíduos sob maior risco de complicações cardiovasculares e orientar intervenções terapêuticas mais eficazes WANG et al., (2018).

METODOLOGIA

As contribuições científicas sobre o envelhecimento vascular e a rigidez arterial são fundamentais para a compreensão desse fenômeno, conforme demonstrado por pesquisadores como Laurent et al. (2006), Chirinos et al. (2019), Barroso, Barbosa e Mota-Gomes (2020) e Wang et al. (2018). Este estudo se aprofundou na análise dos impactos da rigidez arterial sobre a saúde cardiovascular, destacando os principais fatores fisiopatológicos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação desses efeitos.

A metodologia empregada para investigar o envelhecimento vascular baseia-se em uma revisão de literatura, contemplando estudos clínicos e experimentais que examinam a progressão da rigidez arterial, suas consequências hemodinâmicas e abordagens terapêuticas.

Segundo Hamczyk et al. (2020), a análise das mudanças estruturais e funcionais das artérias no envelhecimento exige uma abordagem multifacetada, que inclui exames laboratoriais, estudos de imagem e avaliação de biomarcadores inflamatórios. A mensuração da rigidez arterial é amplamente realizada por meio da velocidade da onda de pulso carotídeo-femoral (VOPcf), considerada o padrão-ouro na detecção precoce de alterações vasculares.

No que diz respeito ao impacto clínico, Chirinos et al. (2019) enfatizam a importância da avaliação da pressão arterial central e do índice de aumento (AIx) como ferramentas complementares para estimar o grau de rigidez arterial e sua correlação com desfechos cardiovasculares adversos. A interpretação desses parâmetros possibilita a identificação de pacientes com maior risco de desenvolver complicações cardiovasculares.

A continuidade do monitoramento da rigidez arterial é destacada por Laurent et al. (2006) como uma estratégia essencial para avaliar a progressão do envelhecimento vascular e a eficácia das intervenções terapêuticas. O acompanhamento sistemático dos pacientes por meio de exames seriados permite a adoção de condutas mais assertivas, contribuindo para a redução do risco cardiovascular.

No âmbito preventivo, Wang et al. (2018) salientam a necessidade de estratégias baseadas em mudanças no estilo de vida, incluindo alimentação balanceada, prática regular de atividade física e controle da pressão arterial. Essas ações desempenham um papel crucial na preservação da elasticidade arterial e na minimização dos efeitos do envelhecimento vascular.

Em resumo, a metodologia aplicada para investigar o envelhecimento vascular e a rigidez arterial fundamenta-se nas contribuições de Hamczyk et al. (2020), Chirinos et al.

(2019), Laurent et al. (2006) e Wang et al. (2018). Esses estudos reforçam a importância de abordagens integradas e personalizadas para o manejo da rigidez arterial, com ênfase na prevenção, detecção precoce e tratamento eficaz das doenças cardiovasculares associadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstram que a adoção de estratégias diagnósticas avançadas tem permitido a identificação mais precoce da rigidez arterial, possibilitando intervenções antecipadas e reduzindo o risco de complicações cardiovasculares. De acordo com Chirinos et al. (2019), a introdução de ferramentas como a velocidade da onda de pulso carotídeo-femoral (VOPcf) e a análise da pressão arterial central tem contribuído significativamente para a precisão no diagnóstico e no monitoramento clínico de pacientes em diferentes estágios da doença.

Além disso, a personalização do tratamento tem se mostrado uma abordagem eficaz na adesão dos pacientes às terapias indicadas. Segundo Hamczyk et al. (2020), a combinação de estratégias farmacológicas e mudanças no estilo de vida tem sido associada a melhores desfechos clínicos, reduzindo a progressão da rigidez arterial e o desenvolvimento de complicações secundárias. A individualização das condutas terapêuticas permite um controle mais eficiente dos fatores de risco associados ao envelhecimento vascular.

A continuidade do acompanhamento clínico e a implementação de protocolos de monitoramento regular também se destacam como fatores essenciais para a melhoria dos prognósticos. Conforme destacado por Laurent et al. (2006), a realização de avaliações periódicas tem possibilitado ajustes terapêuticos mais precisos, reduzindo o impacto negativo da progressão da rigidez arterial e favorecendo a manutenção da qualidade de vida dos pacientes.

Por fim, campanhas educativas e ações de conscientização populacional têm demonstrado um impacto positivo na adoção de hábitos saudáveis e na procura precoce por assistência médica. Wang et al. (2018) apontam que a disseminação de informações sobre os riscos associados à rigidez arterial tem levado a um maior engajamento da população na prevenção da doença, promovendo uma abordagem mais eficaz na redução da incidência de complicações cardiovasculares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais sobre o envelhecimento vascular e a rigidez arterial reforçam a importância desse tema no contexto da saúde cardiovascular. A revisão das estratégias diagnósticas, abordagens terapêuticas e medidas preventivas evidencia que a detecção precoce e o manejo adequado da rigidez arterial são essenciais para minimizar complicações e reduzir a morbimortalidade associada às doenças cardiovasculares.

A implementação de ferramentas diagnósticas, como apontado por Chirinos et al. (2019), tem proporcionado avanços na identificação precoce da rigidez arterial, permitindo intervenções mais eficazes e reduzindo a progressão de doenças cardiovasculares. Estratégias terapêuticas personalizadas, conforme destacadas por Hamczyk et al. (2020), demonstraram melhora na adesão dos pacientes ao tratamento e otimização dos resultados clínicos.

A continuidade do cuidado, segundo Laurent et al. (2006), se revela um aspecto essencial na abordagem da rigidez arterial, garantindo monitoramento contínuo e ajustes terapêuticos conforme a evolução do quadro clínico dos pacientes. A adoção de protocolos regulares de acompanhamento contribui para melhores prognósticos e maior qualidade de vida.

No âmbito preventivo, Wang et al. (2018) enfatizam a importância das campanhas educativas na conscientização da população sobre os riscos e estratégias de prevenção da rigidez arterial. A disseminação de informações sobre fatores de risco e hábitos saudáveis tem resultado em maior adesão a práticas preventivas e busca por assistência médica precoce.

Em conclusão, a rigidez arterial e o envelhecimento vascular exigem abordagens integradas e contínuas para garantir um manejo eficaz. A detecção precoce, o tratamento individualizado e o acompanhamento regular são pilares fundamentais na redução do impacto dessas alterações na saúde cardiovascular. Reforça-se, assim, a necessidade de estratégias preventivas e terapêuticas que promovam um envelhecimento saudável e reduzam os riscos de complicações cardiovasculares. O envelhecimento vascular e a rigidez arterial representam fatores críticos na gênese das doenças cardiovasculares. A compreensão dos mecanismos fisiopatológicos e das alterações estruturais das artérias é essencial para melhorar a estratificação de risco e a prevenção de complicações cardiovasculares.

A implementação de métodos modernos de avaliação da rigidez arterial pode contribuir significativamente para a medicina personalizada, permitindo diagnósticos mais precoces e intervenções terapêuticas mais eficazes. A detecção precoce da rigidez arterial e o controle de fatores de risco associados, como hipertensão e inflamação crônica, são fundamentais para a redução da morbidade e mortalidade cardiovascular.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, W.; BARBOSA, E.; MOTA-GOMES, A. Rigidez Arterial e Hemodinâmica Central: Do Endotélio à Camada Média. Athos Mais Editora, 2020.
- CHIRINOS, J. A. et al. Large-Artery Stiffness in Health and Disease: JACC State-of-the-Art Review. Journal of the American College of Cardiology, 2019.
- HAMCZYK, M. R. et al. Biological Versus Chronological Aging: JACC Focus Seminar. Journal of the American College of Cardiology, 2020.
- LAURENT, S. et al. Expert Consensus Document on Arterial Stiffness: Methodological Issues and Clinical Applications. European Heart Journal, 2006.
- WANG, M. et al. Proinflammatory Arterial Stiffness Syndrome: A Signature of Large Arterial Aging. Journal of Vascular Research, 2018.
- OLIVEIRA, A. C. P. de; CUNHA, P. G. da; VITORINO, P. V. de O.; SOUZA, V. W. de; DEUS, A. F. de; FEITOSA, A. de M. G.; BARBOSA, M. P. C.; GOMES, M. M.; JARDIM, P. C. B. V.; BARROSO, W. K. S. Envelhecimento Vascular e Rigidez Arterial. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 119, n. 4, p. 705-717, 2022.
- SILVA, H. A.; LIMA, G. A.; PEREIRA, M. C. Rigidez Arterial: Conceitos, Métodos de Avaliação e Aplicabilidade Clínica. *Revista Norte-Nordeste de Cardiologia*, v. 10, n. 4, p. 45-52, 2013.
- SOUZA, A. L. L.; DEUS, G. D.; FEITOSA, A. Rigidez Arterial: Aplicações Clínicas dos Conceitos. *Revista Brasileira de Hipertensão*, v. 27, n. 1, p. 7-12, 2020