

<https://doi.org/10.65027/2447-3405.2026.1095>

FATORES ASSOCIADOS AO ENVELHECIMENTO VASCULAR

FACTORS ASSOCIATED WITH VASCULAR AGING

Layane Marques de **Souza**¹; Yasmin Silva **Tavares**²; Viviane Santos Mendes **Carneiro**³

1. Acadêmica da Faculdade de Medicina do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES. Endereço: Av. Elizabeth Marques, 45 - St. Maysa, Cidade: Trindade – Goiás; CEP:75380-307; País: Brasil. E-mail: layane_marques@hotmail.com
2. Acadêmica da Faculdade de Medicina do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES
3. Docente da Faculdade de Medicina do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

RESUMO

Introdução: O envelhecimento vascular é um processo progressivo marcado por alterações estruturais e funcionais nas artérias, como aumento da rigidez arterial, disfunção endotelial e redução da complacência vascular. Essas alterações estão associadas ao aumento do risco cardiovascular e são influenciadas por mecanismos fisiopatológicos, como inflamação crônica de baixo grau, estresse oxidativo, disfunção endotelial, hipertensão arterial e senescência celular, e por fatores comportamentais, como sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo e estresse psicológico. **Objetivo:** Identificar e analisar os principais fatores associados ao envelhecimento vascular, com ênfase nos mecanismos fisiopatológicos e nos fatores comportamentais modificáveis. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada nas bases de dados PubMed e SciELO. Foram incluídos 18 estudos publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas português e inglês. A seleção dos estudos seguiu as recomendações do método PRISMA e foi realizada entre janeiro e junho de 2025. **Resultados:** Os principais fatores fisiopatológicos identificados foram inflamação crônica de baixo grau, estresse oxidativo, disfunção endotelial, hipertensão arterial e senescência celular. Entre os fatores comportamentais, destacaram-se sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo e estresse psicológico. Em contrapartida, a prática regular de atividade física, a adoção de uma alimentação saudável e a cessação do tabagismo demonstraram efeitos protetores sobre a função vascular. **Conclusão:** O envelhecimento vascular configura-se como um processo multifatorial, influenciado pela interação entre fatores biológicos e comportamentais. A identificação precoce e o manejo adequado desses fatores são fundamentais para a prevenção de doenças cardiovasculares e para a promoção de um envelhecimento saudável.

PALAVRAS-CHAVE: Rigidez arterial; Fatores de risco; Saúde cardiovascular.

ABSTRAT

Introduction: Vascular aging is a progressive process characterized by structural and functional changes in the arteries, such as increased arterial stiffness, endothelial dysfunction, and reduced vascular compliance. These changes are associated with an increased cardiovascular risk and are influenced by pathophysiological mechanisms, such as chronic low-grade inflammation, oxidative stress, endothelial dysfunction, arterial hypertension, and cellular senescence, and by behavioral factors, such as physical inactivity, unhealthy diet, smoking, and psychological stress. **Objective:** To identify and analyze the main factors associated with vascular aging, with emphasis on pathophysiological mechanisms and modifiable behavioral factors. **Methodology:** This is an integrative literature review conducted using the PubMed and SciELO databases. A total of 18 studies published between 2020 and 2025, in Portuguese and English, were included. The study selection followed the recommendations of the PRISMA method and was carried out between January and June 2025. **Results:** The main pathophysiological factors identified were chronic low-grade inflammation, oxidative stress, endothelial dysfunction, arterial hypertension, and cellular senescence. Among the behavioral factors, physical inactivity, unhealthy diet, smoking, and psychological stress were highlighted. On the other hand, regular physical activity, adherence to a healthy diet, and smoking cessation demonstrated protective effects on vascular function. **Conclusion:** Vascular aging is characterized as a multifactorial process influenced by the interaction between biological and behavioral factors. Early identification and proper management of these factors are essential for the prevention of cardiovascular diseases and for the promotion of healthy aging.

KEYWORDS: Arterial stiffness; Risk factors; Cardiovascular health.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população idosa constitui uma tendência demográfica significativa observada em escala global, caracterizada pelo aumento do número de indivíduos com 60 anos ou mais. Projeções indicam que essa população passará de 901 milhões em 2015 para 1,4 bilhão em 2030, alcançando 2,1 bilhões em 2050¹. Essa tendência mostra-se particularmente acentuada em áreas urbanas, onde a população idosa cresceu 68% entre 2000 e 2015, em comparação com 25% nas áreas rurais¹.

Nos Estados Unidos, estima-se que a população idosa atinja 78 milhões em 2035, superando, pela primeira vez na história, o número de crianças². De forma semelhante, a Austrália apresentou aumento de cinco vezes na população de indivíduos muito idosos entre 1976 e 2012, impulsionado principalmente pela melhora nas taxas de sobrevivência³.

O envelhecimento está associado ao declínio gradual da integridade fisiológica, ao comprometimento da capacidade funcional e ao aumento da suscetibilidade à morbimortalidade. Nesse contexto, o envelhecimento vascular configura-se como um processo progressivo marcado pela deterioração estrutural e funcional do sistema cardiovascular, incluindo o coração e a vasculatura, em decorrência da idade⁴.

Ainda no século XVII, o médico Thomas Sydenham destacou a importância dos vasos sanguíneos no processo de envelhecimento ao afirmar que “a idade do homem corresponde à idade de suas artérias”, evidenciando que, desde então, já se reconhecia o papel fundamental da vasculatura nos processos patológicos associados ao envelhecimento⁵.

Os vasos sanguíneos desempenham papel essencial no sistema cardiovascular, participando da regulação da homeostase e de diversos processos fundamentais para a manutenção da saúde vascular. Em condições de repouso, o leito arterial apresenta um estado basal de vasoconstrição, denominado tônus vascular, o qual é modulado por mecanismos de controle centrais, periféricos e locais, com destaque para a regulação endotelial, considerada um dos principais determinantes da função vascular^{6,7}.

A disfunção vasomotora constitui uma característica importante do leito vascular em indivíduos hipertensos⁷. A hipertensão arterial, além de ser uma condição altamente prevalente e um importante fator de risco para doenças cardiovasculares, exerce repercussões diretas sobre a função endotelial⁸, contribuindo para o aumento do estresse oxidativo e para a redução da biodisponibilidade de óxido nítrico⁹.

A prevalência da disfunção endotelial pode variar de acordo com fatores relacionados ao estilo de vida, à idade e à presença de comorbidades¹⁰. Em indivíduos hipertensos, essa condição apresenta elevada frequência e se configura como importante marcador de complicações cardiovasculares¹⁰. Em estudo recente realizado com pacientes hipertensos, observou-se que aproximadamente 39,5% apresentavam disfunção endotelial¹¹.

As doenças cardiovasculares correspondem a uma das principais causas de morte no mundo, sendo responsáveis por parcela expressiva da mortalidade global¹². Embora a elevação da pressão arterial seja reconhecida como um dos principais determinantes da disfunção endotelial, diversos outros fatores de risco, modificáveis e não modificáveis, também têm sido associados ao agravamento desse quadro¹³.

A hipertensão arterial é, em geral, uma condição assintomática; no entanto, pode promover alterações estruturais e funcionais nos vasos sanguíneos e, ao longo do tempo, levar ao desenvolvimento de complicações graves^{14,15}. Esse processo encontra-se associado ao estresse oxidativo, à inflamação e às alterações do tônus vascular, fatores que contribuem para o agravamento da disfunção vascular¹⁵.

Entre as principais complicações decorrentes da hipertensão, destaca-se a disfunção endotelial, considerada um marcador precoce e relevante de dano vascular. Essa alteração está associada à perda da capacidade vasodilatadora do endotélio, ao aumento da rigidez arterial e às modificações estruturais da parede vascular¹⁶.

Tais alterações resultam de uma interação complexa entre diferentes mecanismos fisiopatológicos, entre os quais se destacam o estresse oxidativo, a inflamação crônica de baixo grau, a disfunção endotelial e o remodelamento vascular. Esses processos não apenas comprometem a função arterial, mas também favorecem a progressão de eventos cardiovasculares graves¹³.

O envelhecimento vascular é, portanto, um processo multifatorial influenciado por diversos determinantes biológicos, comportamentais e ambientais, que podem acelerar ou atenuar a rigidez arterial e comprometer a saúde cardiovascular. A compreensão desses fatores é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção, manejo clínico e promoção do envelhecimento saudável.

Diante do exposto, torna-se fundamental investigar e compreender os múltiplos fatores associados ao envelhecimento vascular, a fim de possibilitar a detecção precoce e a intervenção oportuna em condições relacionadas a esse processo. A ampliação do conhecimento sobre esses fatores pode contribuir para o aprimoramento das estratégias terapêuticas, para a individualização do cuidado e para a formulação de políticas públicas mais eficazes voltadas à prevenção e ao controle das complicações associadas ao envelhecimento vascular.

Assim, este trabalho tem como objetivo identificar e analisar os principais fatores associados ao envelhecimento vascular, com ênfase nos aspectos fisiopatológicos e comportamentais que contribuem para alterações estruturais e funcionais das artérias. A investigação foi conduzida a partir da seguinte pergunta norteadora: "Quais são os fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular?"

MÉTODO

Foi realizada revisão integrativa da literatura, por ter uma abordagem que permite a inclusão de estudos que adotam diversas metodologias (ou seja, experimental e de pesquisa não experimental)¹⁷. A revisão integrativa possibilita a síntese de vários estudos já publicados, permitindo a geração de novos conhecimentos, pautados nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores¹⁸.

Para guiar esta revisão, a construção da pergunta norteadora do estudo envolveu a estratégia para pesquisa não clínica PICO (P: população – adultos ou idosos (com ou sem hipertensão); I: interesse - Fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular (como inflamação, estresse oxidativo, estilo de vida); Co: contexto - Processo de envelhecimento vascular e suas implicações na função arterial. Assim, elaborou-se a seguinte questão: "Quais são os principais fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular e como eles influenciam a saúde arterial ao longo do tempo?".

Realizada busca nas bases de dados PubMed e Scientific Electronic Library Online (SciELO) (Quadro 1). Os critérios de inclusão foram artigos originais sobre envelhecimento vascular e saúde vascular, publicados entre os anos de 2020 e 2025, nos idiomas português e inglês disponíveis na íntegra. Foram excluídas as pesquisas realizadas com mulheres grávidas, adolescentes e crianças.

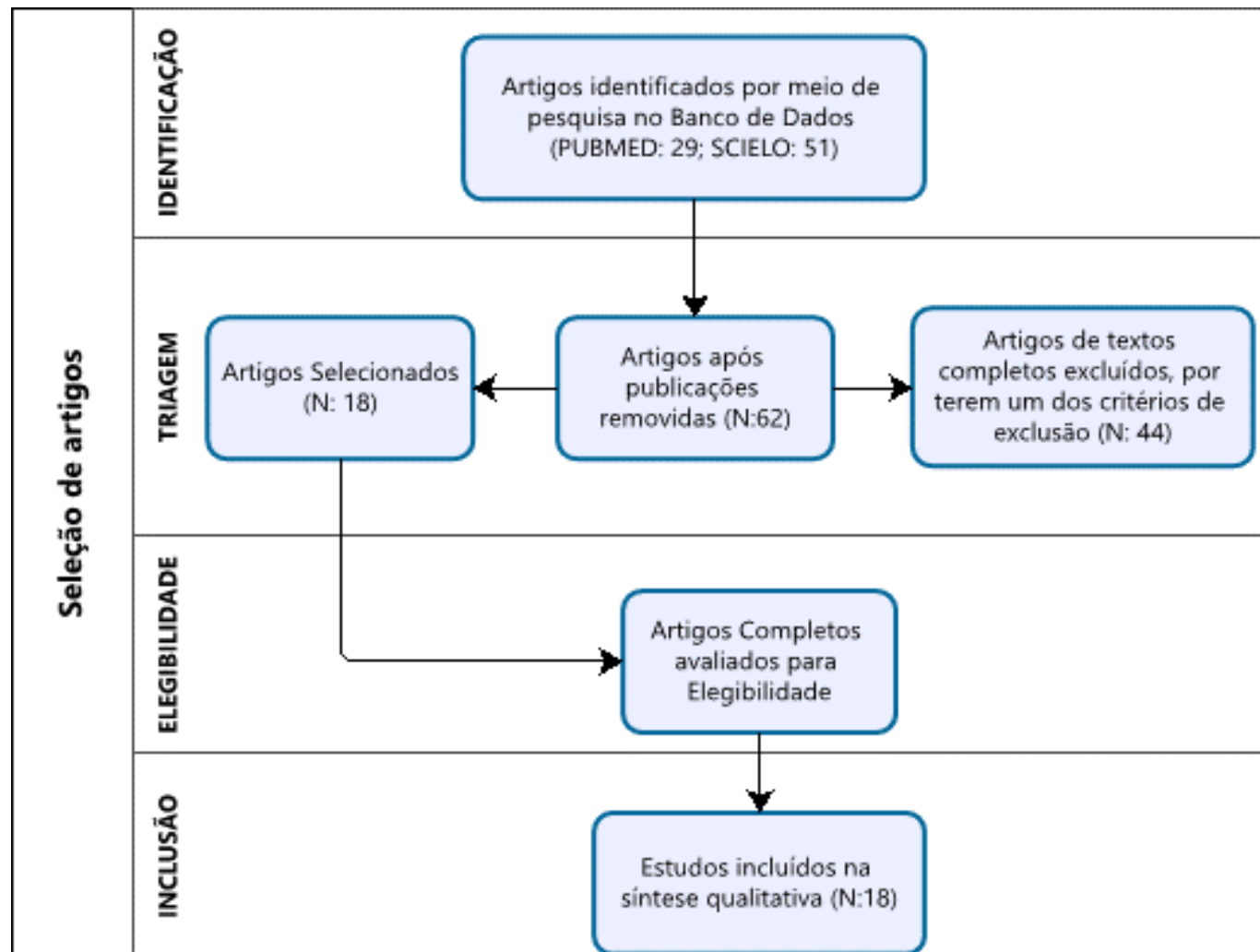
Quadro 1: Estratégias de busca utilizadas na base de dados.

Base de dados	Estratégia de busca a ser utilizada
PUBMED	("Aging"[MeSH Terms] OR "Aging"[Title/Abstract] OR "Older adults"[Title/Abstract] OR "Elderly"[Title/Abstract] OR "Middle Aged"[MeSH Terms]) AND ("Vascular Aging"[Title/Abstract] OR "Arterial Stiffness"[MeSH Terms] OR "Endothelial Dysfunction"[MeSH Terms] OR "Arterial Function"[Title/Abstract]) AND ("Oxidative Stress"[MeSH Terms] OR "Inflammation"[MeSH Terms] OR "Lifestyle"[MeSH Terms] OR "Behavior"[MeSH Terms] OR "Sedentary Behavior"[MeSH Terms] OR "Physical Activity"[MeSH Terms] OR "Smoking"[MeSH Terms] OR "Diet"[MeSH Terms])
SCIELO	("idosos" OR "adultos" OR "envelhecimento" OR "envelhecimento vascular" OR "rigidez arterial") AND ("estresse oxidativo" OR "inflamação" OR "comportamento sedentário" OR "atividade física" OR "dieta" OR "estilo de vida" OR "tabagismo") AND ("função arterial" OR "disfunção endotelial" OR "sistema cardiovascular")

Fonte: Próprios autores, 2026.

A pesquisa e a seleção dos estudos seguiram as diretrizes sugeridas pelo método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses)¹⁹ e foram realizadas, entre os meses de janeiro a junho de 2025. A seleção ocorreu em quatro estágios: identificação nas bases de dados; seleção com base na leitura de títulos dos artigos; seleção de artigos mediante as informações contidas nos resumos; e leitura na íntegra dos artigos selecionados na terceira etapa e seleção final (Figura 1).

Figura 1. Seleção de artigos sobre fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular, publicados no período de 2020 a 2026, Goiânia, 2026.



Fonte: Próprios autores, 2026.

A síntese principal desta revisão integrativa foi elaborada com base exclusivamente nos 18 estudos selecionados após a aplicação dos critérios de elegibilidade e das etapas de busca, triagem e leitura na íntegra. Adicionalmente, diretrizes clínicas, revisões sistemáticas, meta-análises e outros textos de referência foram utilizados como suporte teórico para contextualização e aprofundamento da discussão dos achados, não compondo, entretanto, a amostra final analisada nem tendo sido submetidos ao mesmo protocolo de busca e seleção^{17-19, 38-41}.

RESULTADOS

Foi realizada uma síntese dos principais achados dos estudos incluídos, contemplando objetivos, resultados e conclusões, com a finalidade de facilitar a visualização comparativa e subsidiar a análise crítica dos fatores associados ao envelhecimento vascular em diferentes contextos.

A síntese qualitativa incluiu 18 estudos elegíveis para análise, conforme apresentado no Quadro 2, evidenciando a diversidade de fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular. Entre os fatores fisiopatológicos identificados,

destacaram-se a inflamação crônica de baixo grau, a disfunção endotelial, a senescência celular vascular e o aumento da rigidez arterial.

Os estudos^{20,21} apontaram a elevação de marcadores inflamatórios, como proteína C reativa (PCR), interleucina-6 (IL-6) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), como preditores do aumento da rigidez arterial e da disfunção endotelial, ambos considerados elementos centrais no envelhecimento vascular. Além disso, um dos estudos²⁰ demonstrou que baixos níveis de testosterona em homens estão associados a maior disfunção endotelial, aumento do estresse oxidativo e elevação de marcadores inflamatórios.

As alterações hemodinâmicas também se mostraram relevantes. Um dos estudos²² descreveu que o envelhecimento vascular está associado a modificações estruturais nas artérias, incluindo aumento da espessura da parede vascular, dilatação do lúmen arterial e redução da complacência. Tais alterações repercutem no aumento da velocidade da onda de pulso, reconhecida como marcador prognóstico independente para eventos cardiovasculares.

A senescência vascular não aterosclerótica, abordada em outro estudo²³, reforçou o papel central da inflamação e do estresse oxidativo na perda progressiva da função endotelial. A hipertensão arterial também foi identificada como importante fator fisiopatológico²⁴, sendo associada ao aumento da rigidez arterial em pacientes com doença arterial periférica sintomática.

Outra condição relacionada ao envelhecimento vascular foi observada no período pós-acidente vascular cerebral²⁵, no qual indivíduos idosos apresentaram resposta imune inata exacerbada, caracterizada por inflamação persistente, disfunção metabólica e acúmulo de resíduos celulares, fatores que contribuem para a aceleração do envelhecimento vascular.

Entre os fatores comportamentais, sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo, estresse psicológico e baixa adesão a estilos de vida saudáveis foram consistentemente associados ao envelhecimento precoce das artérias. Estudos^{26,28} evidenciaram o impacto positivo da dieta mediterrânea e da prática regular de atividade física na preservação da saúde arterial, promovendo melhora da função endotelial e redução da rigidez arterial^{29,30}.

De forma semelhante, um estudo³¹ demonstrou que a interrupção do treinamento físico em idosos hipertensos está associada ao aumento de fatores de risco metabólicos, como glicemia e colesterol, resultando em efeitos negativos sobre a função vascular. Além disso, indivíduos fisicamente ativos apresentaram melhor resposta cardiovascular³².

Adicionalmente, fatores dietéticos e psicossociais também foram associados ao envelhecimento vascular. Um estudo³³ demonstrou que o consumo elevado de sódio e frutose, bem como níveis elevados de estresse psicológico, contribuem para o aumento dos índices de envelhecimento vascular, enquanto níveis adequados de potássio exercem efeito protetor. De forma semelhante, outro estudo³⁴ evidenciou que a sensibilização a alimentos, especialmente ao leite, está associada ao envelhecimento vascular precoce, ao passo que a prática de atividade física e a manutenção de um padrão adequado de sono podem mitigar esse risco.

Também foi observado³⁵ que fatores de risco cardiovasculares modificáveis, como obesidade, tabagismo, número de comorbidades e baixa aptidão física, influenciam negativamente os índices de envelhecimento vascular ao longo do tempo.

Por fim, intervenções comportamentais, como programas de reabilitação cardiovascular³⁶, cessação do tabagismo³⁷ e prática regular de exercício aeróbico^{29,30}, mostraram-se eficazes na atenuação dos efeitos deletérios desses fatores sobre a saúde vascular.

Quadro 2. Síntese dos principais achados dos estudos incluídos na revisão

AUTOR	ANO	OBJETIVO	RESULTADOS	CONCLUSÃO
Babcock et al. ²⁰	2022	Investigar se homens com testosterona baixa têm maior disfunção endotelial relacionada ao envelhecimento vascular, associada ao estresse oxidativo e inflamação.	A Dilatação Mediada pelo Fluxo da Artéria Braquial foi 3,7% nos com testosterona baixa vs. 5,7% nos com testosterona alta (p=0,021). Vitamina C aumentou para 5,3% (p=0,022). E se correlacionou-se com testosterona (r=0,45), IL-6 (r=-0,41) e PCR (r=-0,28).	Homens com testosterona baixa apresentam maior disfunção endotelial associada ao estresse oxidativo e inflamação.
Cancela et al. ³¹	2020	Comparar os efeitos do destreinamento na performance física, pressão arterial e variáveis hematológicas em idosos hipertensos.	Após 3 meses de destreinamento, ocorreram aumentos de colesterol total, glicose, insulina e peso corporal (p<0,05), com maior impacto nos menos ativos antes da interrupção.	O destreinamento impacta negativamente variáveis metabólicas e cardiovasculares em idosos hipertensos, especialmente nos menos ativos anteriormente.

El Assar et al. ²⁹	2022	Revisar o papel do exercício na redução do estresse oxidativo e inflamação no envelhecimento muscular e vascular.	O exercício melhora a função endotelial e reduz a rigidez arterial, diminuindo estresse oxidativo e inflamatório.	A atividade física é uma intervenção eficaz para atenuar o envelhecimento vascular e melhorar o desempenho funcional em idosos.
Farah et al. ²⁴	2021	Analisar o impacto da hipertensão sobre rigidez arterial e modulação autonômica cardíaca em pacientes com doença arterial periférica sintomática.	Hipertensos com Doença arterial periférica tiveram maior rigidez arterial. Velocidade de onda de pulso mais alta em pacientes com Pressão arterial sistólica ≥ 120 mmHg ($p < 0,005$).	Hipertensão está associada a maior rigidez arterial em pacientes com Doença arterial periférica, com piora em casos de Pressão arterial não controlada.
Gallizioli et al. ²⁵	2023	Revisar as diferenças da resposta imune inata pós-Acidente vascular cerebral entre jovens e idosos.	Idosos apresentam maior inflamação persistente, disfunção metabólica e acúmulo de resíduos celulares após o Acidente vascular cerebral.	O envelhecimento prejudica o controle da inflamação pós-Acidente vascular cerebral, agravando os desfechos clínicos.
Gerage et al. ³⁶	2020	Avaliar a eficácia de um programa de mudança de comportamento sobre parâmetros cardiovasculares em hipertensos.	Redução da Pressão arterial sistólica braquial (131,3–125,1 mmHg, $p < 0,01$) e central (123,6–119,0 mmHg, $p = 0,02$) no grupo intervenção. Melhora na hiperemia reativa ($p = 0,04$).	Programa de mudança comportamental reduziu a pressão arterial e melhorou a função endotelial, mas não alterou rigidez arterial.
Gómez-Sánchez et al. ²⁷	2024	Analisar a relação entre envelhecimento vascular saudável, dieta mediterrânea e outros estilos de vida na população espanhola.	Envelhecimento vascular saudável encontrado em 18,9% dos participantes (19,9% homens, 17,8% mulheres). Esta condição associada a maior adesão à dieta mediterrânea (OR=0,571), > 26 h/semana de atividade física (OR=1,735), < 142 h/semana sedentário (OR=1,696), e > 2 estilos de vida saudáveis (OR=1,877).	Mais atividade física e menos sedentarismo estão associados ao envelhecimento vascular saudável.
Ikonomidis et al. ³⁷	2021	Comparar os efeitos de cigarros convencionais e de aquecimento na função vascular e cardíaca.	Após 1 mês, o grupo de cigarros de aquecimento sem combustão apresentou melhoria de 4,3% na dilatação mediada por fluxo, 0,98 na reserva de fluxo coronariano, 1,8 mL/mmHg na complacência arterial total e reduções de 19,72 mmHg% no trabalho miocárdico desperdiçado, 0,38 nmol/L no marcador de estresse oxidativo e 45 pg/mL no Tromboxano B2 ($p < 0,05$).	Os cigarros de aquecimento sem combustão causam menor prejuízo vascular e cardíaco que os cigarros convencionais, com melhorias após troca por 1 mês.
Jouabadi et al. ²³	2023	Revisar os mecanismos da senescência vascular não aterosclerótica e potenciais terapias farmacológicas.	Inflamação e senescência celular são os principais alvos terapêuticos para envelhecimento vascular não aterosclerótico, visando preservar a sinalização intracelular e prevenir a disfunção endotelial.	Intervenções farmacológicas direcionadas à inflamação e senescência podem melhorar a função vascular em idosos sem aterosclerose.
Llamas-Ramos et al. ²⁸	2022	Analisar a relação entre comportamento sedentário e envelhecimento vascular precoce na população espanhola.	Indivíduos com Envelhecimento vascular precoce apresentaram maiores horas sentados por semana (OR=1,03 para cada hora adicional), assistindo Televisão (OR=1,03) e durante o deslocamento (OR=1,04), com $p < 0,05$.	Maior tempo sedentário associa-se ao envelhecimento vascular precoce; reduzir o sedentarismo pode melhorar a saúde vascular.

Llamas-Ramos et al. ²⁶	2024	Analisar a associação entre adesão à dieta mediterrânea e envelhecimento vascular utilizando o índice braquial-tornozelo.	Adesão à dieta mediterrânea em 48% (40% mulheres, 54% homens). Associação positiva entre adesão à dieta e envelhecimento vascular saudável: OR=1,751 (p<0,001).	Maior adesão à dieta mediterrânea associa-se ao envelhecimento vascular saudável.
Moreau et al. ³⁰	2024	Analisar os efeitos do exercício físico regular sobre o envelhecimento vascular, com foco nas diferenças entre os sexos.	Exercício aeróbico melhora a rigidez arterial em homens e mulheres; melhora a função endotelial em homens, mas nem sempre em mulheres pós-menopausa devido à deficiência estrogênica.	O exercício atenua o envelhecimento vascular, com diferenças na resposta entre os sexos, influenciadas pela deficiência estrogênica em mulheres.
Oliveira et al. ²²	2022	Revisar os mecanismos fisiopatológicos, as alterações estruturais e hemodinâmicas, os métodos diagnósticos não invasivos e a importância da rigidez arterial na estratificação de risco cardiovascular.	O envelhecimento vascular leva ao aumento da rigidez arterial, espessamento da parede, dilatação do lúmen, redução da complacência arterial e alterações no padrão de onda de pulso. A rigidez arterial mostrou-se preditor independente de risco cardiovascular, com aumento da Velocidade de onda de pulso associando-se a maior mortalidade cardiovascular e por todas as causas.	A rigidez arterial reflete dano vascular precoce e cumulativo, sendo um marcador relevante na estratificação de risco cardiovascular e na fisiopatologia das doenças cardiovasculares.
Osborne et al. ³³	2024	Investigar a associação longitudinal entre dieta (frutose, sódio, potássio), estresse psicológico e envelhecimento vascular na coorte CARDIA.	Em mulheres: escore de depressão associou-se positivamente ao índice de envelhecimento vascular (B=0,063; p=0,015). Em homens: ingestão de sódio previu aumento do índice de envelhecimento vascular (B=0,145; p=0,003) e potássio foi fator protetor (B=-0,160; p<0,001). Consumo de frutose também previu risco de Doenças cardiovasculares.	Mudanças comportamentais específicas (dieta e manejo do estresse) podem ajudar a prevenir o envelhecimento vascular e o risco de Doenças cardiovasculares na meia-idade.
Qin et al. ³²	2021	Explorar o papel do exercício físico na prevenção de doenças cardiovasculares por meio de análise de indicadores fisiológicos.	Estudantes que praticavam exercícios regularmente apresentaram melhor função cardiovascular e resposta mais rápida durante o exercício.	Prescrição de exercícios físicos melhora significativamente a função vascular em estudantes que praticam exercícios regularmente.
Shen et al. ³⁴	2025	Investigar se a sensibilização a alimentos comuns (está associada ao envelhecimento vascular precoce e se comportamentos saudáveis podem modificar essa associação).	Sensibilização a alimentos aumentou o risco de Envelhecimento vascular precoce (OR=1,91; Intervalo de confiança 95%: 1,1–3,3). Sensibilização ao leite teve maior associação (OR=7,18; IC95%: 2,5–20,62). Atividade física moderada a vigorosa (OR=0,33) e sono adequado (OR=0,21) reduziram o risco.	Sensibilização alimentar está associada ao Envelhecimento vascular precoce; estilo de vida saudável atenua essa associação.
Wadström et al. ²¹	2022	Avaliar a associação entre rigidez aórtica, inflamação e eventos cardiovasculares em idosos.	Cada aumento de 1 Intervalo interquartil em Proteína C Reativa e orosomucoide aumentou a velocidade de onda de pulso em 0,19 m/s. A rigidez arterial mediou 8% do risco cardiovascular associado à Proteína C Reativa e orosomucoide.	Inflamação e rigidez arterial aumentam o risco cardiovascular por vias separadas, com efeito aditivo.
Watanabe et al. ³⁵	2023	Identificar fatores de risco cardiovasculares	Espessura íntima média apresentou correlação moderada com a idade	Fatores cardiovasculares modificáveis estão associados a mudanças nos

		modificáveis associados às mudanças longitudinais em indicadores de envelhecimento vascular biológico.	cronológica ($r=0,53$ homens; $r=0,54$ mulheres). Fatores associados ao índice biológico de envelhecimento vascular: idade, sexo, área residencial, tabagismo, testes laboratoriais, número de comorbidades, aptidão física, massa corporal, atividade física e dieta.	índices de envelhecimento vascular ao longo do tempo.
--	--	--	---	---

Fonte: Próprios autores, 2026.

DISCUSSÃO

A análise dos estudos incluídos nesta revisão demonstrou que o envelhecimento vascular resulta da interação entre mecanismos fisiopatológicos e fatores comportamentais modificáveis. Entre os principais achados, destacaram-se a associação entre inflamação crônica de baixo grau, estresse oxidativo e disfunção endotelial^{120, 23, 25}, bem como a relação entre hipertensão arterial, aumento da rigidez arterial e progressão do envelhecimento vascular^{22, 24, 35}. Para ampliar a interpretação dos resultados, também foram utilizadas diretrizes clínicas, revisões sistemáticas e meta-análises como suporte teórico complementar^{38, 40, 41}, embora essas referências não integrem a amostra final analisada na revisão integrativa nem tenham sido submetidas ao mesmo protocolo metodológico de busca e seleção.

Os achados desta revisão reforçam a recomendação de que estratégias baseadas em mudanças no estilo de vida e na avaliação vascular precoce sejam priorizadas, com o objetivo de retardar a progressão do envelhecimento vascular e reduzir o risco cardiovascular em populações envelhecidas. As evidências analisadas demonstraram que inflamação crônica de baixo grau, estresse oxidativo, disfunção endotelial, hipertensão arterial e senescência vascular associam-se de forma consistente ao aumento da rigidez arterial e à deterioração progressiva da função vascular^{20-25, 35}.

Entre os fatores fisiopatológicos identificados, destacam-se a inflamação crônica e o estresse oxidativo como elementos centrais no desenvolvimento do envelhecimento vascular. Os estudos analisados mostraram associação entre marcadores inflamatórios, como proteína C reativa, interleucina-6 e TNF- α , e desfechos relacionados à disfunção endotelial e ao aumento da rigidez arterial^{20, 21}. Esses achados reforçam a compreensão de que a redução da biodisponibilidade de óxido nítrico, associada ao desequilíbrio redox e ao estado inflamatório persistente, representa um dos principais mecanismos envolvidos na perda da homeostase vascular^{23, 29, 40}.

A hipertensão arterial também se destacou como fator relevante entre os estudos incluídos, sendo consistentemente associada ao aumento da rigidez arterial e à piora da função vascular^{24, 31, 36}. Esse achado corrobora a noção de que a sobrecarga hemodinâmica crônica promove remodelamento arterial, espessamento da parede vascular e redução da complacência, favorecendo a progressão do envelhecimento vascular^{22, 24}.

No que se refere aos fatores comportamentais, os estudos selecionados demonstraram que sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo, estresse psicológico e menor adesão a estilos de vida saudáveis estão associados ao envelhecimento vascular precoce^{26-28, 33-35}. Em contrapartida, a prática regular de atividade física, a adesão à dieta mediterrânea, a cessação do tabagismo e a manutenção de padrões adequados de sono mostraram-se fatores protetores, associados à preservação da função endotelial e à redução da rigidez arterial^{26-30, 34, 37}.

Entre as intervenções identificadas, o exercício físico se destacou como uma das estratégias não farmacológicas mais promissoras para atenuar os efeitos do envelhecimento vascular. Os estudos incluídos nesta revisão evidenciaram que programas estruturados de exercício físico podem promover melhora da função endotelial, redução da pressão arterial e atenuação da rigidez arterial, mesmo em indivíduos idosos e hipertensos^{29-31, 36}. Esses achados sugerem que a responsividade vascular pode ser parcialmente preservada ao longo do envelhecimento, desde que estímulos comportamentais adequados sejam mantidos. De forma complementar, meta-análises e revisões de suporte teórico também apontam efeitos benéficos de diferentes modalidades de exercício sobre a rigidez arterial e a função vascular³⁹.

Além disso, a presente revisão reforça a importância da avaliação precoce de marcadores subclínicos de envelhecimento vascular. Entre os estudos incluídos, destacou-se o potencial clínico da velocidade da onda de pulso como marcador de rigidez arterial e ferramenta útil na identificação precoce de alterações vasculares, possibilitando melhor estratificação de risco cardiovascular e direcionamento de intervenções preventivas²². Evidências complementares também demonstram que esse parâmetro constitui importante preditor independente de eventos cardiovasculares e de mortalidade por todas as causas⁴¹.

De forma complementar, os achados desta revisão foram interpretados à luz de diretrizes clínicas, revisões sistemáticas e meta-análises utilizadas como suporte teórico da discussão³⁸⁻⁴¹. Embora essas referências não integrem a amostra final da revisão integrativa, sua utilização contribui para ampliar a interpretação dos resultados e situá-los no contexto mais abrangente da literatura científica contemporânea. Nesse sentido, a convergência entre os estudos incluídos e as evidências complementares reforça a recomendação de que estratégias baseadas em mudanças no estilo de vida, controle de fatores de risco e avaliação vascular precoce sejam priorizadas, com o objetivo de retardar a progressão do envelhecimento vascular e reduzir o risco cardiovascular em populações envelhecidas.

Apesar das evidências apresentadas, algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados, bem como as perspectivas para o avanço das investigações sobre o envelhecimento vascular.

Entre as potencialidades desta revisão, destaca-se a utilização de uma metodologia estruturada e reprodutível, fundamentada nas recomendações do método PRISMA, permitindo a organização, síntese e análise crítica das evidências recentes acerca dos fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular. Além disso, a inclusão de estudos publicados entre 2020 e 2025 possibilitou uma abordagem atualizada sobre a temática, contemplando achados recentes relacionados aos mecanismos envolvidos na progressão das alterações vasculares.

Como limitações, destaca-se a escassez de estudos que investiguem de forma integrada os múltiplos fatores fisiopatológicos e comportamentais relacionados ao envelhecimento vascular, o que resultou em um número reduzido de estudos elegíveis para composição da amostra final desta revisão. Essa limitação evidencia lacunas relevantes no conhecimento científico disponível, especialmente quanto à interação entre mecanismos biológicos, hábitos de vida e progressão das alterações vasculares. Adicionalmente, observou-se heterogeneidade entre os estudos incluídos quanto aos delineamentos metodológicos, características das populações avaliadas e métodos utilizados para mensuração da função vascular, podendo limitar a comparação direta entre os achados.

Diante dessas limitações, recomenda-se que futuras investigações priorizem estudos longitudinais, ensaios clínicos randomizados e pesquisas multicêntricas, capazes de aprofundar a compreensão das relações causais entre os fatores associados ao envelhecimento vascular e sua evolução ao longo do tempo. Além disso, são necessários estudos direcionados à avaliação de estratégias preventivas e intervenções sobre fatores modificáveis, com potencial impacto na redução do risco cardiovascular, preservação da função vascular e promoção de um envelhecimento mais saudável.

CONCLUSÃO

O envelhecimento vascular refere-se às alterações estruturais e funcionais da vasculatura que ocorrem com o avançar da idade, contribuindo de forma significativa para o aumento da incidência de doenças cardiovasculares. Trata-se de um processo multifatorial e progressivo, resultante da interação entre mecanismos fisiopatológicos, como disfunção endotelial, inflamação crônica de baixo grau, estresse oxidativo, hipertensão arterial e senescência celular, e fatores comportamentais modificáveis, como sedentarismo, alimentação inadequada, tabagismo e estresse psicológico.

A presente revisão integrativa evidenciou que esses fatores atuam de forma interdependente no agravamento da rigidez arterial e na deterioração da função vascular, tornando o sistema cardiovascular mais vulnerável ao desenvolvimento de doenças e complicações clínicas ao longo do envelhecimento. Nesse contexto, observou-se que tanto os mecanismos biológicos quanto os hábitos de vida exercem influência significativa sobre a velocidade e a intensidade das alterações vasculares associadas à idade.

Os achados analisados também demonstraram que fatores comportamentais protetores, como a prática regular de atividade física, a adoção de padrões alimentares saudáveis, a cessação do tabagismo e a manutenção de hábitos de vida mais equilibrados, podem contribuir para a preservação da função endotelial, para a redução da rigidez arterial e

para o retardo da progressão do envelhecimento vascular. Dessa forma, reforça-se a importância de intervenções precoces e contínuas voltadas à promoção da saúde vascular.

Além disso, a identificação precoce de alterações subclínicas, como o aumento da rigidez arterial e a disfunção endotelial, mostra-se fundamental para o rastreamento de indivíduos em maior risco cardiovascular, possibilitando intervenções preventivas mais direcionadas e eficazes. A utilização de marcadores vasculares na prática clínica pode favorecer a estratificação de risco e contribuir para a adoção de estratégias terapêuticas mais individualizadas.

Sob a perspectiva da saúde pública e da prática clínica, os resultados desta revisão reforçam a necessidade de implementação de estratégias multiprofissionais e políticas públicas voltadas à prevenção do envelhecimento vascular acelerado. Medidas como

educação em saúde, incentivo à atividade física, promoção de alimentação adequada, controle do tabagismo, manejo do estresse psicossocial e monitoramento regular de fatores de risco cardiovasculares devem ser priorizadas ao longo do envelhecimento.

Portanto, conclui-se que a compreensão dos fatores fisiopatológicos e comportamentais associados ao envelhecimento vascular é essencial para o desenvolvimento de abordagens preventivas e terapêuticas mais eficazes. A identificação e o controle precoce dos fatores modificáveis representam estratégias fundamentais para a redução da morbimortalidade cardiovascular e para a promoção de um envelhecimento mais saudável, funcional e com melhor qualidade de vida.

ACESSO ABERTO



Este artigo está licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License, que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê crédito apropriado ao(s) autor(es) original(is) e à fonte, forneça um *link* para o Creative Licença Commons e indique se foram feitas alterações. Para mais informações, visite o site creativecommons.org/licenses/by/4.0/

REFERÊNCIAS

1. United Nations. World population ageing 2015: highlights [Internet]. New York: United Nations; 2015 [citado
2. : in search of the best metric. Hypertension [Internet]. 2020;76(5):1425-7. Disponível em: <https://doi.org/em> 13 Maio 2026]. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.develo>
3. Goldstein-Fuchs DJ. The aging adult and chronic kidney disease [Internet]. In: Burrowes JD, Kovesdy CP, Byham-Gray LD, editors. Nutrition in kidney disease. Cham: Springer; 2020 [citado em 18 Jun 2025]. p. 399-410. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44858-5_21
4. Terblanche W, Wilson T. Understanding the growth of Australia's very elderly population, 1976 to 2012. J Popul Ageing [Internet]. 2014;7(4):301-22. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12062-014-9107-6>
5. Weber T, Mayer CC. Man is as old as his arteries taken literally 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.16128
6. Ahmed B, Rahman AA, Lee S, Malhotra R. The implications of aging on vascular health. Int J Mol Sci [Internet]. 2024;25(20):11062. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms252011188>
7. Jiao K, Su P, Li Y. FGFR2 modulates the Akt/Nrf2/ARE signaling pathway to improve angiotensin II-induced hypertension-related endothelial dysfunction. Clin Exp Hypertens [Internet]. 2023;45(1):2207633. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10641963.2023.2208777>
8. DC, Pinho VA, Vasconcelos JA, Corrêa LN, Romani JM, Bovi NF, et al. Hipertensão arterial: prevalência, tratamento e controle da doença. Braz J Implantol Health Sci [Internet]. 2024;6(3):293-301. Disponível em: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p293-301>
9. Alvim Barac A, Campia U, Panza JA. Methods for evaluating endothelial function in humans. Hypertension [Internet]. 2007;49(4):748-60. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000259601.38807.a6>
10. Green DJ, O'Driscoll G, Joyner MJ, Cable NT. Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise? J Appl Physiol [Internet]. 2008;105(2):766-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01028.2007>
11. Talaieva T. Endothelial dysfunction in the pathogenesis of arterial hypertension: new diagnostic methods. J Natl Acad Med Sci Ukraine [Internet]. 2023;29(1):14-23. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/371632591_Endothelial_dysfunction_in_the_pathogenesis_of_arterial_hypertension_new_diagnostic_methods
12. Huang X, Huang X, Pan M, Lin J, Xie L. Effect of early endothelial function improvement on subclinical target organ damage in hypertensives. Sci Rep [Internet]. 2024 [citado em 28 Jul 2025];14(1). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38992162/>
13. Neil J, Jacob AA. Cross-sectional observational study on the prevalence of non-communicable diseases in offshore workforce. J Popul Ther Clin Pharmacol [Internet]. 2024 [citado em 02 Ago 2025]. Disponível em: <https://www.jptcp.com/index.php/jptcp/article/view/7721>
14. Durante A, Mazzapicchi A, Baiardo Redaelli M. Systemic and cardiac microvascular dysfunction in hypertension. Int J Mol Sci [Internet]. 2024 [citado em 06 Ago 2025];25(24):13294. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39769057/>
15. Mirza M, Nishath SH, Saeed FU. The silent storm: understanding hypertension. Int J Innov Sci Res Technol [Internet]. 2024 [citado em 10 Ago 2025]. Disponível em: <https://www.ijisrt.com/the-silent-storm-understanding-hypertension>
16. Jensen LJ. Functional, structural and proteomic effects of ageing in resistance arteries [Internet]. 2024 [citado em 15 Ago 2025]. Disponível em: <https://www.preprints.org/manuscript/202402.0134/v1>
17. Ferrin Minaya MI, Sánchez Antamba ED, Enríquez Jácome MÁ, Chávez-Arizala JF. Epidemiological clinical characterization of arterial hypertension. Interam J Health Sci [Internet]. 2025 [citado em 20 Ago 2025];5:272. Disponível em: <https://ijhsc.uaie.edu.ar/index.php/ijhsc/article/view/272>
18. Broome ME. Integrative literature reviews for the development of concepts [Internet]. In: Rodgers BL, Knafl KA. Concept development in nursing: foundations, techniques, and applications. 2.ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000 [citado em 25 Ago 2025]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/238248432>
19. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. Rev Latino-Am Enfermagem [Internet]. 2008 [citado em 30 Ago 2025];17(4). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Epidemiol Serv Saude [Internet]. 2015 [citado em 05 Set 2025];24(2):335-42. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>

21. Babcock MC, Dubose LE, Witten TL, Stauffer BL, Hildreth KL, Schwartz RS, et al. Oxidative stress and inflammation are associated with age-related endothelial dysfunction in men with low testosterone. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 2022 [citado em 08 Set 2025];107(2):E500-14. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab715>
22. Nilsson Wadström B, Persson M, Engström G, Nilsson PM. Aortic stiffness, inflammation, and incidence of cardiovascular events in elderly participants from the general population. *Angiology* [Internet]. 2022 [citado em 10 Set 2025];73(1):51-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34013787/>
23. Oliveira AC, Cunha PMGM, Vitorino PVO, Souza ALL, Deus GD, Feitosa A, et al. Vascular aging and arterial stiffness. *Arq Bras Cardiol* [Internet]. 2022 [citado em 12 Set 2025];119(4):604-15. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36287415/>
24. Jouabadi SM, Ataabadi EA, Golshiri K, Bos D, Stricker BHC, Danser AHJ, et al. Clinical impact and mechanisms of nonatherosclerotic vascular aging: the new kid to be blocked. *Can J Cardiol* [Internet]. 2023 [citado em 15 Set 2025];39(12):1839-58. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.07.022>
25. Farah BQ, Cucato GG, Andrade-Lima A, Soares AHG, Wolosker N, Ritti-Dias RM, et al. Impact of hypertension on arterial stiffness and cardiac autonomic modulation in patients with peripheral artery disease: a cross-sectional study. *Einstein (São Paulo)* [Internet]. 2021 [citado em 18 Set 2025];19:eAO6100. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34909974/>
26. Gallizioli M, Arbaizar-Rovirosa M, Brea D, Planas AM. Differences in the post-stroke innate immune response between young and old. *Semin Immunopathol* [Internet]. 2023 [citado em 20 Set 2025];45(3):367-76. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37045990/>
27. Llamas-Ramos I, Llamas-Ramos R, Cortés-Rodríguez M, Rodríguez-Sánchez E, García-Ortiz L, Gómez-Marcos MA, et al. Effect of dietary patterns on vascular aging using the brachial-ankle index. *Nutrients* [Internet]. 2024 [citado em 22 Set 2025];16(23):4229. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39683622/>
28. Gómez-Sánchez L, González-Falcon D, Llamas-Ramos R, Rodríguez MC, Rodríguez-Sánchez E, García-Ortiz L, et al. The relationship between healthy vascular aging with the Mediterranean diet and other lifestyles in the Spanish population: the EVA study. *Nutrients* [Internet]. 2024 [citado em 24 Set 2025];16(15). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/16/15/2565>
29. Tchounwou PB, Llamas-Ramos I, Llamas-Ramos R, Alonso-Domínguez R, Gómez-Sánchez L, Tamayo-Morales O, et al. Sedentary behaviour and its relationship with early vascular ageing in the general Spanish population: a cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 [citado em 25 Set 2025];19(9):5450. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35564843/>
30. El Assar M, Álvarez-Bustos A, Sosa P, Angulo J, Rodríguez-Mañas L. Effect of physical activity/exercise on oxidative stress and inflammation in muscle and vascular aging. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022 [citado em 26 Set 2025];23(15):8713. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35955849/>
31. Moreau KL, Clayton ZS, DuBose LE, Rosenberg R, Seals DR. Effects of regular exercise on vascular function with aging: does sex matter? *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [Internet]. 2024 [citado em 27 Set 2025];326(1):H123-37. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00392.2023>
32. Cancela JM, Sanchez-Lastra MA, Camões M, Bezerra P. Hematological detraining-related changes among elderly individuals with high blood pressure. *Rev Assoc Med Bras* [Internet]. 2020;66(8):1108-1115. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.8.1108>
33. Qin M, Peng C, Wang Q. Physical activity to improve the physiological index of cardiovascular effect. *Rev Bras Med Esporte* [Internet]. 2021;27(8):773-775. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1517-8692202127082021_0372
34. Osborne M, Bernard A, Falkowski E, Peterson D, Vavilikolanu A, Kommenov D. Longitudinal associations of dietary fructose, sodium, and potassium and psychological stress with vascular aging index and incident cardiovascular disease in the CARDIA cohort. *Nutrients* [Internet]. 2024;16(1):127. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu16010127>
35. Shen R, Chen S, Zhou Z, Su Q, Lin X, Wang H, et al. Sensitization to common foods and early vascular aging: associations and the mitigating effects of health behaviors. *BMC Public Health* [Internet]. 2025;25(713). Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21951-w>
36. Watanabe D, Gando Y, Murakami H, Kawano H, Yamamoto K, Morishita A, et al. Longitudinal trajectory of vascular age indices and cardiovascular risk factors: a repeated-measures analysis. *Sci Rep* [Internet]. 2023;13(5401). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32443-5>
37. Gerage AM, Benedetti TRB, Cavalcante BR, Farah BQ, Ritti-Dias RM. Efficacy of a behavior change program on cardiovascular parameters in patients with hypertension: a randomized controlled trial. *Einstein (Sao Paulo)* [Internet]. 2020;18:eAO5227. Disponível em: https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020ao5227
38. Ikonomidis I, Vlastos D, Kostelli G, Kourea K, Katogiannis K, Tsoumani M, et al. Differential effects of heat-not-burn and conventional cigarettes on coronary flow, myocardial and vascular function. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(11808). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91245-9>
39. Hall ME, Cohen JB, Ard JD, Egan BM, Hall JE, Lavie CJ, et al. Weight-loss strategies for prevention and treatment of hypertension: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension* [Internet]. 2021;78(5):e38-e50. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/hyp.0000000000000202>
40. Ashor AW, Lara J, Siero M, Celis-Morales C, Mathers JC. Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* [Internet]. 2014;9(10):e110034. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110034>
41. Deanfield JE, Halcox JP, Rabelink TJ. Endothelial function and dysfunction: testing and clinical relevance. *Circulation* [Internet]. 2007;115(10):1285-1295. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/circulationaha.106.652859>
42. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(13):1318-1327. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.10.061>