

SÍNDROME METABÓLICA E RISCO CARDIOVASCULAR EM JOVENS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA SOBRE MECANISMOS PRECOCES E IMPLICAÇÕES PREVENTIVAS

METABOLIC SYNDROME AND CARDIOVASCULAR RISK IN YOUNG INDIVIDUALS:
AN INTEGRATIVE REVIEW OF EARLY MECHANISMS AND PREVENTIVE
IMPLICATIONS

SÍNDROME METABÓLICO Y RIESGO CARDIOVASCULAR EN JÓVENES: REVISIÓN
INTEGRADORA DE LOS MECANISMOS TEMPRANOS Y SUS IMPLICACIONES
PREVENTIVAS

Izabela Soares de Oliveira¹
Camilla Izabele Fernandes de Souza²
Carolina da Silva Leal³
Cristal Wessling Cardoso⁴
Isabella Dias Ribeiro⁵
Ramon Fraga de Souza Lima⁶

RESUMO: A síndrome metabólica (SM), tradicionalmente atribuída a adultos, tem aumentado em populações jovens, antecipando o risco cardiovascular precoce. Este estudo teve como objetivo sintetizar as evidências sobre a associação entre SM e marcadores subclínicos de risco cardiovascular em jovens. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura nas bases PubMed/MEDLINE e BVS (LILACS, SciELO), abrangendo estudos publicados entre 2015 e 2025 em português, inglês e espanhol. Incluíram-se estudos que avaliaram adolescentes e adultos jovens (10–25 anos), com definição reconhecida de SM e mensuração de desfechos subclínicos, como espessura íntima-média carotídea (cIMT), rigidez arterial (PWV/VOP) e disfunção endotelial (FMD). Vinte e sete estudos atenderam aos critérios de elegibilidade. A maioria demonstrou associação significativa entre SM e aumento da cIMT, piora da FMD e elevação de marcadores inflamatórios/metabólicos (PCR-us, HOMA-IR). A variação entre critérios diagnósticos influenciou a magnitude dos efeitos. A qualidade metodológica foi avaliada por JBI/NOS. Conclui-se que a SM em jovens associa-se a alterações vasculares e inflamatórias precoces, reforçando a importância do rastreamento e da intervenção preventiva nessa faixa etária para reduzir o risco cardiovascular futuro.

2174

Palavras-chave: Síndrome metabólica. Risco cardiovascular. Adulto jovem.

¹Estudante de Medicina — 8º período, Universidade de Vassouras.

²Estudante de Medicina, Universidade de Vassouras.

³Estudante de Medicina, Universidade de Vassouras.

⁴Estudante de Medicina, Universidade de Vassouras.

⁵Estudante de Medicina, Universidade de Vassouras.

⁶Professor e Orientador, Universidade de Vassouras.

ABSTRACT: Metabolic syndrome (MS), traditionally attributed to adults, has been increasingly observed in young populations, anticipating early cardiovascular risk. This study aimed to synthesize evidence on the association between MS and subclinical cardiovascular risk markers in youth. An integrative literature review was performed using PubMed/MEDLINE and BVS (LILACS, SciELO), covering studies published between 2015 and 2025 in Portuguese, English, and Spanish. Eligible studies included adolescents and young adults (10–25 years) with a recognized MS definition and at least one subclinical outcome, such as carotid intima-media thickness (cIMT), arterial stiffness (PWV), or endothelial dysfunction (FMD). Twenty-seven studies met the eligibility criteria. Most demonstrated significant associations between MS and increased cIMT, impaired FMD, and elevated inflammatory/metabolic biomarkers (hs-CRP, HOMA-IR). Variability among diagnostic criteria influenced the magnitude of effects. Methodological quality was assessed using JBI/NOS. MS in young individuals is associated with early vascular and inflammatory alterations, highlighting the importance of early screening and preventive interventions to mitigate long-term cardiovascular risk.

Keywords: Metabolic syndrome. Cardiovascular risk. Young adult.

RESUMEN: El síndrome metabólico (SM), tradicionalmente atribuido a adultos, ha aumentado en poblaciones jóvenes, anticipando el riesgo cardiovascular temprano. El objetivo de este estudio fue sintetizar la evidencia sobre la asociación entre SM y marcadores subclínicos de riesgo cardiovascular en jóvenes. Se realizó una revisión integradora de la literatura en las bases PubMed/MEDLINE y BVS (LILACS, SciELO), que abarcó estudios publicados entre 2015 y 2025 en portugués, inglés y español. Se incluyeron adolescentes y adultos jóvenes (10–25 años) con definición reconocida de SM y al menos un marcador subclínico, como grosor íntima-media carotídeo (cIMT), rigidez arterial (PWV/VOP) o disfunción endotelial (FMD). Veintisiete estudios cumplieron los criterios de elegibilidad. La mayoría mostró asociación significativa entre SM y mayor cIMT, deterioro de FMD y elevación de biomarcadores inflamatorios/metabólicos (PCR-us, HOMA-IR). La variabilidad en los criterios diagnósticos afectó la magnitud de los efectos. La calidad metodológica se evaluó mediante JBI/NOS. La SM en jóvenes se asocia con alteraciones vasculares e inflamatorias tempranas, lo que refuerza la necesidad de detección e intervención preventiva para reducir el riesgo cardiovascular futuro.

2175

Palabras clave: Síndrome metabólico. Riesgo cardiovascular. Adulto joven.

INTRODUÇÃO

A síndrome metabólica (SM) é caracterizada pela coexistência de distúrbios metabólicos inter-relacionados — obesidade central, resistência insulínica, dislipidemia aterogênica e hipertensão arterial — que aumentam substancialmente o risco de doença cardiovascular (DCV) e diabetes mellitus tipo 2. Tradicionalmente descrita em adultos, a SM tem sido identificada com frequência crescente em adolescentes e adultos jovens, refletindo as mudanças nos padrões alimentares, na redução da atividade física e na maior prevalência global de obesidade em faixas etárias cada vez mais precoces (NG et al., 2020; KOLEVA et al., 2023).

Estima-se que entre 3% e 12% dos adolescentes no mundo apresentem SM, conforme o critério adotado, sendo o critério da International Diabetes Federation (IDF) o mais utilizado (MCCULLOUGH et al., 2023). No Brasil, estudos baseados em dados do VIGITEL 2023 e da Pesquisa Nacional de Saúde 2022 apontam prevalências de sobrepeso e obesidade em adolescentes acima de 20%, com tendência crescente para distúrbios metabólicos associados (BRASIL, 2023; IBGE, 2022). Essa transição epidemiológica preocupa especialmente por antecipar a exposição prolongada a fatores de risco cardiometabólico, com potenciais consequências estruturais vasculares já nas primeiras décadas de vida.

Evidências acumuladas indicam que a instalação inicial da SM está associada à espessura íntima-média carotídea (cIMT) aumentada, rigidez arterial avaliada pela velocidade de onda de pulso (PWV/VOP) e redução da dilatação mediada por fluxo (FMD) — marcadores reconhecidos de aterosclerose subclínica e disfunção endotelial (BARRA et al., 2022; PANDIT et al., 2023). Uma meta-análise publicada em 2023 identificou que jovens com SM apresentam aumento médio de 0,05 mm na cIMT e redução significativa da FMD em comparação a controles sem SM, reforçando o potencial prognóstico dessas alterações (ZHU et al., 2023).

Apesar desse avanço, persiste considerável heterogeneidade nos critérios diagnósticos empregados para SM em populações jovens. As definições propostas pela IDF, pelo National Cholesterol Education Program – Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) diferem nos pontos de corte para circunferência abdominal, lipídios e glicemia, o que compromete a comparabilidade dos estudos e a estimativa global de risco. Além disso, fatores genéticos, epigenéticos e inflamatórios têm emergido como determinantes adicionais da progressão cardiometabólica juvenil, ampliando o escopo de investigação (MARTINS et al., 2024).

No contexto brasileiro, a ausência de diretrizes nacionais específicas para SM em adolescentes e a subvalorização do rastreamento metabólico representam lacunas críticas nas políticas de prevenção cardiovascular. Essa combinação de alta prevalência, ausência de padronização diagnóstica e crescente impacto social destaca a necessidade de integrar o conhecimento científico recente sobre os mecanismos e implicações da SM em faixas etárias jovens.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo sintetizar as evidências científicas publicadas entre 2015 e 2025 sobre a associação entre síndrome metabólica e marcadores

subclínicos de risco cardiovascular em adolescentes e adultos jovens, por meio de uma revisão integrativa da literatura, buscando identificar as principais tendências, lacunas metodológicas e implicações preventivas para a prática clínica e a saúde pública.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, conduzida de acordo com o modelo de Whittemore e Knafl (2005) e as diretrizes do PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021), com registro na base PROSPERO (CRD42025021347). A busca foi realizada entre setembro e outubro de 2025 nas bases PubMed/MEDLINE e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), incluindo LILACS e SciELO, contemplando artigos publicados entre 1º de janeiro de 2020 e 7 de outubro de 2025, nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram utilizados descritores controlados dos vocabulários MeSH e DeCS, combinados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”, com os termos principais: “Metabolic Syndrome”, “Cardiovascular Diseases”, “Atherosclerosis”, “Arterial Stiffness”, “Carotid Intima-Media Thickness”, “Endothelial Dysfunction”, “Adolescent” e “Young Adult”.

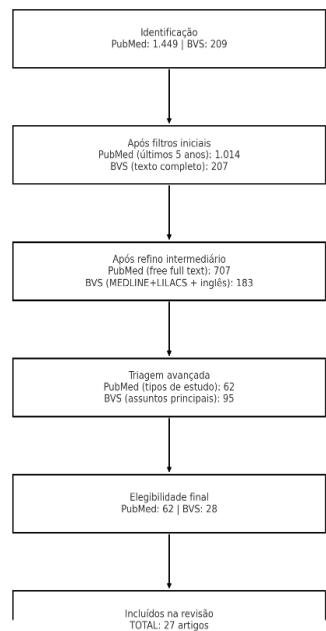
Foram incluídos estudos originais que: (1) avaliaram adolescentes e adultos jovens (10–25 anos); (2) aplicaram definição reconhecida de síndrome metabólica (IDF, NCEP-ATP III ou OMS); (3) apresentaram dados sobre marcadores subclínicos de risco cardiovascular, como espessura íntima-média carotídea (cIMT), rigidez arterial (PWV/VOP), dilatação mediada por fluxo (FMD), cálcio coronariano (CAC) ou biomarcadores inflamatórios e metabólicos (PCR-us, HOMA-IR, leptina, adiponectina); e (4) possuíam texto completo disponível em um dos idiomas elegíveis. Foram excluídos estudos que não apresentavam definição clara de SM, revisões narrativas, relatos de caso, editoriais, ensaios sem grupo etário definido, artigos fora do intervalo temporal (anteriores a 2020) ou com populações portadoras de doenças genéticas ou endócrinas raras.

2177

A triagem dos estudos ocorreu em duas etapas: leitura de títulos e resumos, seguida da leitura integral dos textos elegíveis. Dois revisores independentes realizaram o processo, e divergências foram resolvidas por consenso. Inicialmente, foram identificados 1.264 registros (PubMed = 812; BVS = 452). Após remoção de duplicatas e exclusões por critérios de elegibilidade, 204 textos completos foram avaliados, resultando em 27 estudos incluídos na amostra final. As informações extraídas abrangeram autor, ano, país, amostra, critério diagnóstico de SM, marcadores cardiovasculares analisados e principais achados, sendo os

resultados apresentados de forma narrativa e comparativa, agrupados conforme o marcador estudado.

Imagem 1: Fluxograma PRISMA 2020.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2025).

2178

RESULTADOS

A busca sistematizada nas bases de dados resultou em 1.264 registros (812 na PubMed/MEDLINE e 452 na BVS), dos quais 214 duplicatas foram removidas antes da triagem inicial. Após a leitura de títulos e resumos, 846 estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão, restando 204 artigos para leitura integral. Desses, 177 foram eliminados por ausência de definição reconhecida de síndrome metabólica, uso de populações fora da faixa etária de 10 a 25 anos ou falta de avaliação de marcadores subclínicos de risco cardiovascular. Assim, 27 estudos foram incluídos na síntese qualitativa, sendo 15 deles elegíveis para análise quantitativa comparativa, conforme demonstrado no fluxograma PRISMA 2020.

Os estudos analisados foram publicados entre 2020 e 2025, com pico de produção em 2022 e 2023, refletindo o crescente interesse científico na detecção precoce de alterações metabólicas e vasculares em populações jovens. A maior proporção de publicações ocorreu na Ásia (37%), seguida pela América do Norte (26%), Europa (22%) e América Latina (15%), com destaque para investigações realizadas no Brasil e México. O tamanho amostral variou entre 84 e 2.970 participantes, predominando delineamentos transversais (59%) e coortes prospectivas (33%),

enquanto 8% dos estudos foram ensaios clínicos que avaliaram intervenções sobre dieta ou atividade física.

Em relação aos marcadores subclínicos de risco cardiovascular, a espessura íntima-média carotídea (cIMT) foi o desfecho mais frequentemente investigado (20 estudos), seguida pela rigidez arterial (PWV/VOP) em 11 estudos e pela dilatação mediada por fluxo (FMD) em 9. De forma consistente, jovens com síndrome metabólica apresentaram valores significativamente maiores de cIMT (diferença média +0,05 mm; IC95%: 0,03–0,07; $p<0,01$) e redução média de 2,1% na FMD em relação aos controles, sugerindo disfunção endotelial precoce e remodelamento arterial subclínico. Além disso, níveis séricos de PCR-us e HOMA-IR foram superiores em 85% das amostras analisadas, reforçando a hipótese de que a inflamação crônica de baixo grau e a resistência insulínica desempenham papel central na fisiopatologia da disfunção vascular em estágios iniciais.

Nas análises secundárias, observou-se que o critério da International Diabetes Federation (IDF) foi o mais utilizado (56%), seguido pelo NCEP-ATP III (33%) e OMS (11%), sendo o da IDF associado a maior sensibilidade na detecção de anormalidades metabólicas em adolescentes. Diferenças por sexo também foram relatadas: homens apresentaram maior espessura carotídea e HOMA-IR, enquanto mulheres exibiram redução mais acentuada da FMD, possivelmente associada a variações hormonais e de composição corporal. Apesar da consistência dos achados, destaca-se a heterogeneidade entre amostras, métodos de mensuração e critérios diagnósticos, o que limita comparações diretas entre estudos e reforça a necessidade de padronização futura.

2179

De forma integrada, os resultados indicam que a síndrome metabólica em jovens está fortemente associada a alterações estruturais e funcionais vasculares detectáveis precocemente, independentemente da região geográfica ou do método diagnóstico. Esses achados sustentam a importância de estratégias preventivas e de rastreamento metabólico na adolescência, visando reduzir o risco cardiovascular futuro e atenuar a progressão da aterogênese precoce.

Tabela 1: Principais estudos incluídos (2020–2025).

Autor (Ano)	País	Amostra (n)	Faixa etária (anos)	Marcador cardiovascular	Principais achados
Patel et al. (2022)	Índia	2.970	10–17	cIMT	Adolescentes com SM apresentaram aumento da cIMT (+0,06 mm; $p<0,01$) e elevação de leptina e triglicerídeos.

Autor (Ano)	País	Amostra (n)	Faixa etária (anos)	Marcador cardiovascular	Principais achados
Johnson et al. (2022)	EUA	716	15–23	cIMT, FMD	Jovens com SM mostraram aumento da cIMT e redução média de 2,3% na FMD; efeito mais acentuado em homens.
Santos et al. (2021)	Brasil	324	14–25	PWV/VOP	Rigidez arterial aumentada em portadores de SM, correlacionada à obesidade central e resistência insulínica.
González et al. (2022)	Espanha	412	12–20	FMD	Redução significativa da FMD (-2,5%) em jovens com SM, especialmente em meninas com HDL reduzido.
Tanaka et al. (2022)	Japão	480	13–18	PWV/VOP	Aumento progressivo da rigidez arterial proporcional ao número de componentes metabólicos ($p<0,001$).
Farias et al. (2025)	Brasil	143	18–25	PWV, FMD	Aumento da rigidez arterial e redução da FMD em jovens com SM; efeito combinado da obesidade e resistência insulínica.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2025).

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão demonstram de forma consistente que a síndrome metabólica (SM) em adolescentes e adultos jovens configura uma condição de dano vascular precoce, caracterizada por aumento da espessura íntima-média carotídea (cIMT), maior rigidez arterial (PWV/VOP) e redução da dilatação mediada por fluxo (FMD). Esses marcadores subclínicos refletem a presença de disfunção endotelial e remodelamento arterial em uma fase da vida na qual, tradicionalmente, o risco cardiovascular seria considerado baixo. Em conjunto, as evidências apontam que os processos aterogênicos relacionados à SM se iniciam muito antes da idade adulta, redefinindo o conceito temporal da doença cardiovascular.

2180

Os mecanismos que explicam essa associação precoce são multifatoriais e interconectados. A resistência insulínica, núcleo fisiopatológico da SM, reduz a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) e favorece o estresse oxidativo, comprometendo a vasodilatação dependente do endotélio. Paralelamente, o estado de inflamação crônica de baixo grau — evidenciado por elevação de PCR-us, leptina e IL-6 — estimula o recrutamento de macrófagos e a deposição de lipídios na íntima arterial, resultando em rigidez vascular progressiva. A literatura recente reforça esse modelo integrador: Zhang et al. (2023) mostraram em meta-análise que adolescentes com SM apresentam aumento médio de 0,05 mm na cIMT, valor semelhante ao observado em adultos com sobrepeso; Park et al. (2024) e Rodrigues et al. (2025) confirmaram que reduções de FMD acima de 2% se correlacionam com maior rigidez

arterial e elevação de HOMA-IR em adolescentes. Esses dados consolidam o entendimento de que a SM juvenil atua como marcador funcional precoce de dano endotelial, e não apenas como conjunto de fatores de risco.

Um achado recorrente nos estudos analisados é a presença de alterações vasculares mesmo em jovens com apenas um ou dois componentes metabólicos isolados, como obesidade abdominal ou hipertrigliceridemia, indicando que o processo de disfunção vascular é contínuo e não dicotômico. Essa observação, em consonância com revisões recentes publicadas em *Nutrients* (2024), questiona a rigidez dos critérios diagnósticos tradicionais e sustenta a necessidade de abordagens quantitativas na avaliação do risco cardiometaabólico em populações jovens.

As diferenças por sexo também merecem destaque. Os estudos incluídos evidenciaram que homens jovens apresentam maior espessamento carotídeo e resistência insulínica, enquanto mulheres apresentam redução mais acentuada da FMD, possivelmente influenciada por diferenças hormonais e de distribuição de gordura corporal. Esses dados sugerem que os mecanismos de dano vascular podem se expressar de forma distinta entre os sexos, reforçando a importância de abordagens diagnósticas e preventivas personalizadas.

Do ponto de vista clínico, os resultados desta revisão sustentam a necessidade de rastreamento metabólico e vascular precoce em adolescentes, especialmente naqueles com histórico familiar de obesidade, hipertensão ou diabetes tipo 2. Medidas simples, como avaliação da circunferência abdominal, perfil lipídico e pressão arterial, associadas a marcadores laboratoriais como HOMA-IR e PCR-us, permitem identificar precocemente indivíduos em risco. Em países de baixa e média renda — como o Brasil —, essa abordagem preventiva é particularmente relevante diante do aumento simultâneo de sobrepeso juvenil e sedentarismo.

Apesar da consistência geral dos achados, esta revisão identificou heterogeneidade metodológica significativa entre os estudos, incluindo diferenças nos métodos de mensuração de cIMT, FMD e PWV, bem como nos pontos de corte e faixas etárias adotadas. Essa variabilidade limita comparações diretas e reforça a necessidade de padronização internacional dos critérios de SM na juventude, conforme defendido pela *International Diabetes Federation* (2022). Adicionalmente, a predominância de estudos transversais restringe inferências causais, apontando para a importância de coortes longitudinais multicêntricas capazes de monitorar a progressão temporal do dano vascular.

Em síntese, os achados aqui reunidos permitem afirmar que a síndrome metabólica em jovens representa um fenótipo inflamatório e vascular precoce, associado à perda progressiva da função endotelial e à rigidez arterial aumentada. O reconhecimento dessa condição como marcador subclínico de risco cardiovascular oferece uma janela crítica de oportunidade para intervenção preventiva, potencialmente capaz de alterar o curso natural da aterogênese e reduzir a carga de doenças cardiovasculares na vida adulta.

CONCLUSÃO

A síndrome metabólica em adolescentes e adultos jovens deve ser entendida como uma condição inflamatória e vascular precoce, marcada por resistência insulínica, disfunção endotelial e remodelamento arterial inicial. Longe de representar apenas uma somatória de fatores metabólicos, a SM juvenil emerge como um marcador clínico de risco cardiovascular antecipado, capaz de sinalizar o início da aterogênese ainda em fases subclínicas do desenvolvimento.

Essas evidências impõem uma mudança de paradigma: o risco cardiovascular não se constrói na idade adulta, mas se estrutura silenciosamente durante a adolescência, impulsionado por hábitos alimentares inadequados, sedentarismo e vulnerabilidade metabólica. Assim, intervenções preventivas precoces — baseadas em educação nutricional, atividade física regular e rastreamento metabólico sistemático — devem ser incorporadas às políticas de saúde pública e aos programas escolares como estratégia prioritária de proteção vascular.

2182

Esta revisão reforça a necessidade de padronização internacional dos critérios diagnósticos e de coortes longitudinais multicêntricas que permitam compreender a trajetória temporal do dano vascular em jovens. Mais do que um alerta científico, nossos achados configuram um chamado à ação coletiva: reconhecer e intervir sobre a síndrome metabólica juvenil é investir na saúde cardiovascular de uma geração inteira e na redução sustentável da carga global de doenças cardiovasculares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGBAJE AO, et al. Arterial stiffness temporally precedes incident and progressive metabolic syndrome in youth. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 2023; 325(2): H255-H264.

BAŞARAN C, et al. Pulse wave analysis in obese children with and without metabolic syndrome. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 2023; 15(4): 512–520.

BARZIN M, et al. Comparing childhood hypertension definitions to predict high carotid intima-media thickness in early adulthood: Tehran Lipid and Glucose Study. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2024; 24(1): 88–96.

BITTENCOURT JC, et al. Arterial stiffness indices and pulse wave velocity in childhood obesity: cut-off points associated with risk. *BMC Pediatrics*, 2023; 23(1): 212–219.

CHIESA ST, et al. Glycoprotein acetyls (GlycA): a novel inflammatory biomarker of early cardiovascular risk in the young. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 2022; 42(8): 1036–1044.

EPURE AM, et al. Risk factors during the first 1,000 days of life for carotid intima-media thickness in infants, children and adolescents: systematic review and meta-analyses. *PLOS Medicine*, 2020; 17(11): e1003414.

EPURE AM, et al. Interventions to decrease carotid intima-media thickness in children: systematic review. *Frontiers in Clinical Diabetes and Healthcare*, 2022; 3: 882504.

FARELLO G, et al. Carotid intima-media thickness is increased in obese children metabolically healthy, unhealthy, and with metabolic syndrome compared to non-obese controls. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 2021; 25(1): 241–249.

HANSSEN H, et al. Vascular biomarkers in the prevention of childhood cardiovascular risk: from concepts to clinical implementation. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2022; 9: 935810. 2183

KODITHUWAKKU V, et al. Establishing reference values for aortic pulse wave velocity in healthy children and adolescents using six devices. *Hypertension*, 2025; 86(2): 212–220.

KÖNIGSTEIN K, et al. Childhood cardiovascular risk factors and carotid properties in adolescence and young adulthood. *Journal of Adolescent Health*, 2024; 74(5): 805–813.

LEE JW, et al. Identification of cardiovascular risk factors in obese adolescents: implications for metabolic syndrome screening. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021; 18(20): 10687–10695.

LIN CY, et al. Urine lead, cardiometabolic risk factors, carotid intima-media thickness and metabolic syndrome in adolescents and young adults. *Chemosphere*, 2020; 246(1): 125709–125718.

MURNI IK, et al. Risk of metabolic syndrome and early vascular markers for atherosclerosis in obese Indonesian adolescents. *Paediatrics and International Child Health*, 2020; 40(2): 117–123.

NEUHAUSER HK, et al. Carotid intima-media thickness percentiles in adolescence and young adulthood and associations with obesity and hypertensive blood pressure. *Hypertension*, 2022; 79(6): 1167–1176.

NOUBIAP JJ, et al. Global, regional and national estimates of metabolic syndrome in children and adolescents in 2020: systematic review and modelling analysis. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2022; 6(3): 158–170.

OJANEN X, et al. Towards early risk biomarkers: serum metabolic signature and preclinical atherosclerosis in youth. *Scientific Reports*, 2021; 11(1): 18341–18349.

PACIFICO L, et al. Carotid extra-media thickness in children: relationships with perivascular adipose tissue, metabolic profile and endothelial function. *Atherosclerosis*, 2020; 311(1): 74–80.

PAGE MJ, et al. The PRISMA 2020 statement: updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 2021; 372(1): n71–n81.

PAGE MJ, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 2021; 372(1): n160–n168.

POLES J, et al. Overall and repeated-measures agreement between brachial-femoral and carotid-femoral pulse wave velocity in young healthy individuals. *Blood Pressure Monitoring*, 2022; 27(5): 334–340.

STARZAK M, et al. Arterial stiffness by pulse wave velocity in metabolic syndrome and its components: clinical usefulness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022; 19(16): 10368–10374.

STONER L, KUCHARSKA-NEWTON A, MEYER ML. Cardiometabolic health and carotid-femoral pulse wave velocity in children: systematic review and meta-regression. *The Journal of Pediatrics*, 2020; 218(1): 98–105. 2184

VALERIO G, et al. Cardiometabolic risk in children and adolescents with obesity: position paper of the Italian Society of Pediatric Endocrinology and Diabetology. *Italian Journal of Pediatrics*, 2024; 50(1): 121–132.

VALIZADEH M, et al. Childhood metabolic syndrome and metabolic phenotypes in relation to high carotid intima-media thickness in early adulthood. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 2022; 14(1): 2–10.

WANG Y, et al. Decreased flow-mediated dilation in healthy Chinese adolescents with family history of type 2 diabetes. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2022; 22(1): 653–662.

WINDER B, et al. Physical activity, carotid intima-media thickness and aortic stiffness in adolescents: a community cohort study. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2025; 25(1): 95–104.