

Relação do índice de adiposidade visceral pediátrico com o risco cardiometabólico em adolescentes brasileiros

Relationship between pediatric visceral adiposity index and cardiometabolic risk in Brazilian adolescents

Petrina Rezende de Souza¹, João Victor Mota Pereira¹, Nathália Nogueira Leite², Patrícia Feliciano Pereira³

RESUMO

Introdução: A obesidade visceral é um desafio enfrentado em todo o mundo e está relacionada com importantes complicações metabólicas. Sabe-se que essa condição é observada durante a infância e a adolescência, no entanto, pode se estender até a vida adulta. Sendo assim, estabelecer medidas para identificação precoce de indivíduos em risco é de grande interesse no âmbito da saúde pública. **Objetivo:** Avaliar a associação do Índice de Adiposidade Visceral Pediátrico (IAV Pediátrico) com marcadores cardiometabólicos em adolescentes. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal realizado com 671 adolescentes de 10 a 19 anos (n=353 meninas), das escolas públicas e privadas do município de Viçosa, Minas Gerais. Foi aplicado um questionário para verificar variáveis sociodemográficas e comportamentais. Foi feita avaliação antropométrica (peso, altura, IMC e perímetro da cintura) e da composição corporal pela absorciometria de raios-x de dupla energia (DEXA). Os parâmetros cardiometabólicos avaliados foram glicemia, insulina, resistência à insulina (HOMA-IR), colesterol total e frações (LDL e HDL), triglicerídeos, ácido úrico e leucócitos. Foi aferida a pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD). Análises de regressão linear multivariada, específicas por sexo, foram realizadas para avaliar a capacidade de predição de alterações metabólicas pelo IAV pediátrico. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (Ref. Nº 674.045 / 2014). **Resultados:** O IAV Pediátrico apresentou correlação linear positiva com glicemia, insulina, HOMA-IR, ácido úrico, leucócitos, PAS e PAD para ambos os sexos ($p < 0,05$). Ainda, os valores do IAV Pediátrico foram significativamente maiores naqueles com maior número de alterações nos componentes da síndrome metabólica, em comparação àqueles sem alteração ($p < 0,001$). O IAV foi associado à resistência à insulina ($\beta = 0,2060017$; $p < 0,001$) e ácido úrico ($\beta = 0,0959677$; $p = 0,026$) nas meninas e ao ácido úrico ($\beta = 0,1006545$; $p < 0,001$) nos meninos. **Conclusão:** O IAV pediátrico está associado a marcadores cardiometabólicos em adolescentes. Mais estudos deveriam ser realizados a fim de elucidar sua utilidade na prática clínica pediátrica.

Palavras-chave: Índice de adiposidade visceral; Obesidade abdominal; Síndrome metabólica; Adolescência; Obesidade visceral pediátrica.

¹ Graduação em Medicina, Departamento de Medicina e Enfermagem, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

³ Departamento de Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Editor Associado Responsável:

Cássio da Cunha Ibiapina
Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
Belo Horizonte/MG, Brasil.

Autor Correspondente:

Petrina Rezende de Souza
E-mail: petrina.souza@ufv.br

Fontes apoiadoras:

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Conflito de Interesse:

Não há.

ABSTRACT

Introduction: Visceral obesity is a global challenge and is linked to significant metabolic complications. This condition is known to be observed during childhood and adolescence but may extend into adulthood. Thus, establishing measures for early identification of individuals at risk is of great interest in public health. **Objective:** To evaluate the association of the Pediatric Visceral Adiposity Index (Pediatric VAI) with cardiometabolic markers in adolescents. **Methods:** This is a cross-sectional study conducted with 671 adolescents aged 10 to 19 years (n=353 girls) from public and private schools in the city of Viçosa, Minas Gerais. A questionnaire was administered to assess sociodemographic and behavioral variables. Anthropometric assessments (weight, height, BMI, and waist circumference) and body composition, using dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), were performed. The cardiometabolic parameters evaluated were glucose, insulin, insulin resistance (HOMA-IR), total cholesterol and its fractions (LDL and HDL), triglycerides, uric acid, and leukocytes. Systolic (SBP) and diastolic (DBP) blood pressure were measured. Multivariate linear regression analyses, stratified by sex, were performed to assess the predictive capacity of metabolic alterations by the Pediatric VAI. The study was approved by the Human Research Ethics Committee of the Federal University of Viçosa (Ref. No. 674.045/2014). **Results:** Pediatric VAI showed a positive linear correlation with glucose, insulin, HOMA-IR, uric acid, leukocytes, SBP, and DBP for both sexes ($p < 0.05$). Additionally, Pediatric VAI values were significantly higher in those with a greater number of alterations in the components of metabolic syndrome compared to those without alterations ($p < 0.001$). Pediatric VAI was associated with insulin resistance ($\beta = 0.2060017$; $p < 0.001$) and uric acid ($\beta = 0.0959677$; $p = 0.026$) in girls, and with uric acid ($\beta = 0.1006545$; $p < 0.001$) in boys. **Conclusion:** Pediatric VAI is associated with cardiometabolic markers in adolescents. Further studies should be conducted to clarify its utility in pediatric clinical practice.

Keywords: Visceral adiposity index; Abdominal obesity; Metabolic syndrome; Adolescence; Pediatric visceral obesity.

Comitê de Ética:

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa.

Número do parecer - Ref. Nº 674.045 / 2014.

Recebido em: 13 Dezembro 2024

Aprovado em: 17 Agosto 2025

Data de Publicação: 9 Janeiro 2026.

DOI: 10.5935/2238-3182.2025e35118

INTRODUÇÃO

A obesidade é definida como o acúmulo anormal ou excessivo de gordura que desencadeia riscos à saúde¹. Estimativas globais revelam que mais de 340 milhões de crianças e adolescentes com idade entre 5 e 19 anos estão com sobrepeso ou obesidade². Essa condição é preocupante, principalmente em relação aos indivíduos em faixas etárias precoces com acúmulo de gordura, os quais têm apresentado tendência a permanecer neste estado na idade adulta^{3,4}, aumentando a mortalidade por doenças cardiovasculares (DCV) nessa fase⁵.

É crescente a atenção que tem sido dada à distribuição regional da gordura corporal, como sendo mais ou igualmente importante à sua quantidade, no que se refere aos riscos de complicações metabólicas⁶⁻¹⁰, dentre elas, o processo inflamatório denominado clinicamente como aterosclerose¹¹. Estudos indicam que o processo de aterosclerose pode iniciar na infância e na adolescência, uma vez que nessas fases há a ocorrência da obesidade e de outros componentes da síndrome metabólica^{12,13}.

A obesidade na região central tem um papel importante no aumento da produção de substâncias pró-inflamatórias e aterogênicas¹⁴. Sabe-se que o tecido adiposo é um órgão

endócrino ativo que secreta diversos fatores e mediadores celulares, tais como proteína C-reativa (PCR), cuja medição é dada pela PCR de alta sensibilidade, de modo a ser detectada em baixos níveis séricos, e que funciona não apenas como um marcador inflamatório, mas também como uma molécula que se localiza e é produzida dentro da placa aterosclerótica, tendo papel importante na sua vulnerabilidade e, consequentemente, sendo responsável por eventos coronários, interleucina 6, principal componente que estimula a produção hepática da PCR, fator de necrose tumoral, inibidor do ativador de plasminogênio¹⁵, um solúvel fator no lipídio adrenal que é secretagogo¹⁶ e angiotensinogênio¹⁷. O produto da ativação deste último, a angiotensina II, estimula *in vitro* e *in vivo* a produção e liberação de prostaciclina, que atua como um potente sinal adipogênico na promoção da diferenciação final de adipócitos¹⁷.

Diante desse cenário, tem crescido a demanda por ferramentas para analisar o excesso de peso, sobretudo na região abdominal, e o risco de morbididades associadas. Assim, recentemente, foi proposto o índice de adiposidade visceral (IAV), a fim de avaliar a distribuição e disfunção do tecido adiposo visceral, baseado em marcadores antropométricos (IMC e PC) e funcionais (triglicerídeos e lipoproteína de alta densidade)¹⁸. Nos últimos 10 anos, várias publicações têm demonstrado a capacidade do IAV de expressar uma possível disfunção do tecido adiposo e o risco cardiometabólico a ele associado, especialmente para aplicações em populações específicas, de diferentes faixas etárias, desde crianças até idosos¹⁹⁻²³. Além disso, a associação do IAV com adipocinas séricas, resistência à insulina e distúrbios do metabolismo da glicose em adultos tem sido reportada^{24,25}. Particularmente, em crianças e adolescentes, os estudos utilizando o IAV ainda são escassos^{19,26-30}. Ainda, foi notado que a atual versão do índice não é adequada para aplicação na população pediátrica, já que este se baseou em observações da população adulta caucasiana saudável²⁴. Nesse contexto, o IAV foi adaptado para população pediátrica específico por sexo, ajustado para a idade. Ainda assim, muitas lacunas permanecem sobre a capacidade do índice de prever o risco cardiometabólico em fases iniciais da vida.

A partir do reconhecimento da importante influência da gordura visceral no desencadeamento de diversas complicações metabólicas, estudos direcionados à investigação de ferramentas simples e de baixo custo para identificação dos indivíduos em risco são fundamentais. Dessa forma, o IAV está sendo considerado uma ferramenta promissora para identificação de indivíduos em risco em faixas etárias precoces. Portanto, este estudo tem como objetivo investigar a associação do IAV pediátrico com a resistência à insulina, inflamação subclínica, perfil metabólico e hormonal em adolescentes.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal, realizado com adolescentes de 10 a 19 anos, de ambos os sexos, selecionados por amostragem aleatória simples em todas as escolas

públicas e privadas da Zona Rural e Urbana em Viçosa, um município do estado de Minas Gerais, Brasil. O presente trabalho é parte integrante do projeto “Estudo comparativo entre as três fases da adolescência, em relação ao excesso de gordura corporal e aos fatores de risco cardiovascular para síndrome metabólica”, cuja coleta de dados ocorreu entre os anos de 2010 e 2013³¹.

O tamanho da amostra foi calculado utilizando-se o *software* Epi Info StatCalc, versão 6.04, de fórmula específica para estudos transversais, considerando a população total de 11.898 adolescentes da cidade de Viçosa/MG³², prevalência esperada de 50% visto que o estudo considerou como desfecho múltiplos fatores de risco cardiovascular e variabilidade aceitável de 5%, totalizando uma amostra mínima de 372 adolescentes com nível de confiança de 95%.

Foram incluídos no estudo adolescentes que não faziam uso regular de medicamentos que alterem a glicemia, insulina, metabolismo lipídico, pressão arterial, marcadores inflamatórios e/ou hormonais, não fumantes, não faziam uso de anticoncepcional, não participavam de programa de redução e controle de peso, além de grávidas ou que já haviam engravidado, bem como adolescentes com diagnóstico de infecções, inflamação aguda ou doenças crônicas.

VARIÁVEIS DO ESTUDO

VARIÁVEIS SOCIODEMOGRÁFICAS

Os dados sociodemográficos foram coletados por meio de questionários estruturados. Foram obtidos dados dos participantes como idade, sexo, tipo de escola (pública ou privada), zona de residência (urbana ou rural) e condição socioeconômica. Esta última foi avaliada usando a mesma metodologia adotada pela Pesquisa sobre Padrões de Vida²⁸, e classificada em “adequada” ou “precária e intermediária”.

VARIÁVEIS COMPORTAMENTAIS

Foi avaliado o nível de atividade física dos participantes por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), versão curta²⁹, validado para este grupo populacional³⁰. Os adolescentes foram classificados em “sedentários”, “irregularmente ativos” e “ativos e muito ativos”. Devido à baixa prevalência de sedentários nesta população, 6,3% (n=42), optou-se por agrupar os indivíduos sedentários e irregularmente ativos em “insuficientemente ativos” e os considerados ativos e muito ativos foram agrupados em “fisicamente ativos”³¹.

A investigação dos hábitos alimentares ocorreu mediante aplicação de questionário de frequência de consumo alimentar (QFCA), aplicado individualmente, para relato da frequência de consumo dos alimentos referente ao mês anterior³². A frequência de consumo semanal dos grupos alimentares (por exemplo, açúcares e doces) foi categorizada em <5 ou ≥5 vezes na semana³³ e esta foi utilizada como indicador de consumo não saudável.

AValiação ANTROPOMÉTRICA

O peso foi determinado com o indivíduo descalço, vestindo roupas leves e sem adornos, segundo as técnicas

propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em balança digital eletrônica portátil (LC 200PP, Marte®, São Paulo, Brasil), com capacidade máxima de 150 kg, sendo verificada, semanalmente, a calibragem com peso padrão.

A estatura foi aferida com o indivíduo descalço, em duplicata, segundo as técnicas propostas pela OMS, utilizando-se estadiômetro portátil vertical (Altarexata®, Belo Horizonte, Brasil), com a realização da leitura no centímetro mais próximo, ao se encostar o cursor com o indicador no ponto mais alto da cabeça. Admitiu-se variação máxima de 0,5 cm entre as duas medidas, sendo utilizada a média como resultado final.

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado por meio da razão entre o peso corporal (kg) e a estatura (m^2). A partir desse índice, o estado nutricional dos adolescentes foi classificado em escore-z, de acordo com o sexo e idade, utilizando as curvas IMC/idade da OMS¹.

O perímetro da cintura (PC) foi aferido utilizando-se uma fita com comprimento de 2 metros, flexível e inelástica (Cardiomed®, São Luiz, MA, Brasil) no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca no final de uma expiração normal¹. Todas as medidas foram realizadas no plano horizontal, com o sujeito em pé e olhando para o horizonte, por um único avaliador treinado em duplicata, no centímetro mais próximo, admitindo-se variação máxima de 0,5 cm entre as duas medidas, sendo utilizada a média como resultado final.

AValiação de marcadores cardiometabólicos e inflamatórios

No período das 07h às 09h da manhã, após jejum de 12 horas, foram coletados 12 ml de sangue da veia antecubital, por punção venosa, com seringas descartáveis. O soro foi separado por centrifugação a 2225xg por 15 minutos em temperatura ambiente (2-3 Sigma, Sigma Laborzentrifugen, Osterodeam Harz, Alemanha) no Laboratório de Análises Clínicas da Divisão de Saúde/ UFV.

A glicemia foi medida pelo método da glicose oxidase com o equipamento Cobas Mira Plus (Roche Diagnostics, GmbH, Montclair, NJ, EUA). A insulina em jejum foi medida pelo método de eletroquimioluminescência. A resistência à insulina foi calculada pelo HOMA-IR (Homeostasis Model Assessment - Insulin Resistance), empregando dosagens de insulina e glicose de jejum: $HOMA-IR = [(insulina \text{ de jejum } (\mu U/mL) \times \text{ jejum glicêmico } [mmol / L]) / 22,5]$. Os valores de insulina $\geq 15 \mu U/mL$ e HOMA-IR $\geq 3,16$ foram considerados hiperinsulinemia e resistência à insulina, respectivamente³³.

O HDL e triglicerídeos (TG) foram dosados pelo método colorimétrico enzimático utilizando o equipamento automático Cobas Mira Plus (Roche Corp.) e o LDL calculado pela fórmula de Friedewald para níveis de triglicerídeos inferiores a 400 mg/dL. O perfil lipídico foi classificado como Painel de Especialistas e guia integrado para saúde cardiovascular e redução do risco em crianças e adolescentes³³. Os valores foram considerados elevados quando: LDL ≥ 130 mg/dL, HDL colesterol < 40 mg/dL, triglicerídeos ≥ 130 mg/dL.

O ácido úrico foi dosado pelo método enzimático colorimétrico, com automação pelo Cobas Mira Plus (Roche Corp.). Os leucócitos foram dosados em soro pelo método de impedância no aparelho Coulter® T890 com o kit Coulter® Beckman (EUA, Brea, CA). Para o ácido úrico, os valores foram considerados elevados quando superiores a 5,5 mg/dL para meninas e 6,0 mg/dL para meninos.

AValiação da pressão arterial

A pressão arterial foi medida após um repouso mínimo de 15 minutos usando monitor de pressão arterial de insuflação automática (Omron® modelo HEM-741 CINT, Kyoto, KYT, Japão) e tamanho de manguito adequado ao perímetro do braço. O valor foi aferido três vezes no braço de maior valor de pressão, com intervalo de 1 minuto entre elas, sendo utilizada a média das duas últimas medidas.

A pressão arterial elevada foi definida de acordo com a Academia Americana de Pediatria: < 13 anos ($\geq$ percentil 90 a $<$ percentil 95 ou 120/80 mmHg para $<$ percentil 95 (o que for menor) e ≥ 13 anos 120/ < 80 a 129/ < 80 mmHg).

CÁLCULO DO ÍNDICE DE ADIPOSIDADE VISCERAL PEDIÁTRICO

Foi calculado o índice de adiposidade visceral (IAV) pediátrico de acordo com sexo e idade, sendo avaliado de forma contínua: Sexo feminino (≥ 10 anos): $(PC / (-0,02 * IMC^2 + 3,67 * IMC + 3,24)) * (TG / 1,04) * (1,34 / HDL)$; Sexo masculino (≥ 10 anos): $(PC / (-0,02 * IMC^2 + 3,62 * IMC + 3,72)) * (TG / 1,06) * (1,30 / HDL)$. Os pontos de corte e a fórmula pediátrica do IAV utilizados neste estudo foram baseados nas adaptações propostas por Ejtahed et al. (2019)²⁹.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram apresentados como média (desvio-padrão) para variáveis contínuas com distribuição simétrica e mediana (intervalo interquartilico) para aquelas com distribuição assimétrica. A normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk.

O teste t de Student e o teste de Mann-Whitney foram utilizados para comparações entre os sexos dos marcadores antropométricos, cardiometabólicos, inflamatórios e hormonais para variáveis com distribuição simétrica e não simétrica, respectivamente.

A correlação do IAV pediátrico com marcadores cardiometabólicos, inflamatórios e hormonais foi analisada pelo coeficiente de correlação de Pearson ou Spearman, de acordo com a normalidade e homogeneidade das variáveis quantitativas.

O teste de Kruskal-Wallis e o teste ANOVA foram utilizados para comparar o IAV pediátrico de acordo com o número de alterações metabólicas para variáveis com distribuição simétrica e não simétrica, respectivamente.

Um modelo de regressão linear múltipla foi utilizado, segundo sexo, para verificar a associação do IAV pediátrico com resistência à insulina (HOMA), ácido úrico e leucócitos (ajustado para idade, dieta não saudável, nível de atividade

física e condição socioeconômica). Os resultados foram apresentados em coeficiente de determinação ajustado, coeficiente $\beta \pm$ erro padrão e o valor p . A presença da linearidade e multicolinearidade foi avaliada por método gráfico (diagramas de dispersão) e teste (fator de inflação de variância). Os resíduos foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade usando métodos gráficos (diagramas de dispersão, *box-plot* e histogramas) e teste estatístico.

O nível de significância foi de 5%. Essas análises foram realizadas nos programas estatísticos SPSS versão 20.0 e STATA versão 13.0.

RESULTADOS

Neste estudo, entre os 671 adolescentes avaliados (356 meninas), com média de idade de 14,3 (3) anos, 14,3% (n=96) possuíam sobrepeso (14,4% das meninas e 14,2% dos meninos) e 5,8% (n=39) (5,1% das meninas e 6,6% dos meninos) tinham obesidade. E, considerando a amostra total, a média do IAV pediátrico foi de 0,88 ($\pm 0,58$). Além disso, 16,1% (n=109) apresentaram baixo HDL, 11% (n=74) obesidade abdominal, 7,6% (n=51) LDL elevado, 6,4% (n=43) hipertrigliceridemia, 4,6% (n=31) hipertensão arterial e 0,9% (n=6) hiperglicemia.

Tabela 1. Características antropométricas e de composição corporal, bioquímicas e clínicas dos adolescentes, de acordo com o sexo.

<i>Variáveis</i>	<i>Meninas (N=353)</i>	<i>Meninos (N=318)</i>	<i>Valor p</i>
Idade (Anos)	14,45 (5,69)	13,34 (6,07)	0,152
Peso (Kg)	48,30 (14,33)	47,30 (24,95)	0,536
Altura (m)	1,57 (0,14)	1,60 (0,267)	0,001
IMC (kg/m ²)	19,26 (4,57)	18,87 (4,45)	0,038
PC (cm)	71,00 (12,00)	70,00 (13,00)	0,007
IAV Pediátrico	0,74 (0,54)	0,74 (0,50)	0,297
HOMA-IR	1,80 (1,21)	1,40 (1,02)	<0,001
LDL (mg/dL)	92,00 (34,00)	91,00 (29,00)	0,361
HDL (mg/dL)	52,00 (16,00)	48,00 (17,00)	<0,001
Triglicerídeos (mg/dL)	64,00 (37,00)	63,00 (35,00)	0,118
Ácido Úrico	2,90 (1,00)	3,40 (1,60)	<0,001
PAS (mmHg)	97,00 (11,00)	100,00 (16,50)	<0,001
PAD (mmHg)	61,00 (7,50)	58,50 (9,00)	<0,001
Leucócitos (/mm ³)	6000,00 (2300,00)	5500,00 (1600,00)	<0,001
Insulina (mcU/mL)	8,85 (5,60)	6,40 (5,20)	<0,001
Glicemia (mg/dL)	84,35 (7,37)	85,72 (6,94)	0,094

Legenda: PC = Perímetro da cintura; IAV = Índice de adiposidade visceral; HOMA = Modelo homeostático de avaliação da resistência à insulina; PAS = Pressão arterial sistólica; PAD = Pressão arterial diastólica. Variáveis apresentadas em média (desvio padrão) ou mediana (intervalo interquartilico). Teste t de Student ou Mann-Whitney. Significância adotada $p \leq 0,05$.

Tabela 2. Correlação de *Spearman* entre o IAV pediátrico e marcadores cardiometabólicos em adolescentes.

<i>Variáveis</i>	<i>Meninas (N=353)</i>	<i>Meninos (N=318)</i>
HOMA-IR	0,354	0,257
LDL (mg/dL)	0,243	0,084
Ácido Úrico (mg/dL)	0,178	0,201
PAS (mmHg)	-0,026	0,154
PAD (mmHg)	-0,005	0,012
Leucócitos (/mm ³)	0,100	0,154
Insulina (mcU/mL)	0,358	0,274
Glicemia (mg/dL)	0,032	-0,013

Legenda: PC = Perímetro da cintura; IAV = Índice de adiposidade visceral; HOMA = Modelo homeostático de avaliação da resistência à insulina; PAS = Pressão arterial sistólica; PAD = Pressão arterial diastólica. Significância adotada $p \leq 0,05$.

Foram observados no sexo feminino maiores valores de perímetro da cintura, IMC, insulina, HOMA-IR, HDL, leucócitos, PAD e menores de PAS e de ácido úrico (Tabela 1). O IAV pediátrico apresentou correlação com glicemia, insulina, HOMA-IR, ácido úrico, leucócitos, PAS e PAD para ambos os sexos ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Ainda, os valores do IAV foram significativamente maiores naqueles com maior número de alterações nos componentes da síndrome metabólica em ambos os sexos (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta a análise de regressão linear múltipla para a associação entre o IAV pediátrico e resistência à insulina (HOMA-IR), leucócitos e ácido úrico, segundo sexo. Depois do controle de idade, renda, nível de atividade física e dieta não saudável, o IAV previu a resistência à insulina ($\beta = 0,2060017$; $p < 0,001$) e ácido úrico ($\beta = 0,0959677$; $p = 0,026$) para as meninas e o ácido úrico ($\beta = 0,1006545$; $p < 0,001$) para os meninos.

DISCUSSÃO

O acúmulo de gordura corporal, sobretudo na região abdominal, é um dos principais fatores de risco para doenças cardiometabólicas, o que condiz com o principal achado deste estudo, no qual valores mais elevados do IAV pediátrico se associaram positivamente com fatores de risco cardiometabólicos (obesidade abdominal, LDL elevado, hipertensão arterial, baixo HDL, resistência à insulina e ácido úrico elevado).

A distinção entre a função metabólica da obesidade subcutânea e visceral foi proposta no início da década de 1980³⁴. O tecido adiposo visceral é armazenado ao redor dos órgãos internos na cavidade abdominal e se comunica com outros órgãos por meio da síntese e secreção de moléculas nomeadas adipocinas³⁵. O acúmulo de tecido adiposo visceral e os níveis de adipocina induzem inflamação crônica e distúrbios metabólicos³³. As evidências apontam para o tecido adiposo visceral como sendo metabolicamente mais ativo e capaz de prever a morbimortalidade associada à obesidade^{36,37}. Com a expansão do tecido adiposo, ocorre a lipólise, ademais, os adipócitos tornam-se hipoperfundidos, causando a liberação de mediadores envolvidos na inflamação, bem como infiltração de macrófagos³⁸. Essas células desencadeiam e aumentam o estado de inflamação crônica, sistêmica e de baixo grau. Portanto, a existência de sinais gerados pelo tecido adiposo indica uma disfunção endotelial, que influencia não só a ação da insulina no músculo esquelético, mas também na ativação da fase aguda no fígado. Assim, aumenta o risco de distúrbios metabólicos, reduzindo a produção de óxido nítrico e prejudicando a vasodilatação mediada pelo endotélio^{39,40}.

O IAV tem sido adotado como uma ferramenta importante para a identificação de indivíduos em risco, ao expressar uma possível disfunção do tecido adiposo e distúrbios metabólicos relacionados¹⁸. As evidências disponíveis mostraram resultados interessantes com potencial preditivo para diferentes desfechos, como:

Tabela 3. IAV pediátrico em adolescentes e o acúmulo de componentes das alterações metabólicas, segundo sexo.

<i>Número de Alterações</i>	<i>Meninas (N=353)</i>	<i>Meninos (N=318)</i>	<i>Valor p</i>
Metabólicas	IAV	IAV	
0	0,68 ± 0,40	0,64 ± 0,40	<0,001
1	1,00 ± 0,89	0,95 ± 0,66	<0,001
2 ou mais	1,88 ± 0,80	2,05 ± 1,11	<0,001

Legenda: Significância adotada $p \leq 0,05$.

Os resultados foram apresentados em mediana ± amplitude interquartil. Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 4. Análise da regressão linear múltipla para avaliar a capacidade do IAV pediátrico em prever alterações metabólicas, de acordo com o sexo.

	<i>R² ajustado</i>	<i>Coefficiente β</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Valor p</i>
<i>Meninas</i>				
HOMA	0,1725	0,2060017	0,0316373	<0,001
Leucócitos	0,0797	0,0000313	0,0000175	0,074
Ácido úrico	0,0844	0,0959677	0,0429030	0,026
<i>Meninos</i>				
HOMA	0,0885	0,0641824	0,0327782	0,051
Leucócitos	0,0814	0,0000250	0,0000229	0,274
Ácido úrico	0,0384	0,1006545	0,0272225	<0,001

Legenda: Regressão linear múltipla com significância de $p < 0,05$. R^2 = Coeficiente de determinação; β = Valor de β para regressão linear múltipla; Variáveis de ajuste = idade, renda, nível de atividade física e dieta não saudável.

síndrome do ovário policístico, síndrome metabólica e seus componentes²³. Visto isso, ressaltamos que este estudo contribui para um crescente corpo de evidências, considerando o tema recente e a associação de valores elevados do IAV com alterações metabólicas, inflamatórias e hormonais.

Estudo conduzido por Koloverou et al. (2019)²² apontou uma associação do IAV com a hepcidina e, dessa forma, níveis mais altos desse hormônio em adolescentes com obesidade estão associados à gordura visceral, dislipidemia e Síndrome Metabólica (SM). Ainda, estudos permitiram concluir que há uma maior especificidade e sensibilidade do IAV comparado aos parâmetros clássicos, como: perímetro da cintura, IMC e parâmetros bioquímicos. Ademais, o IAV mostrou boa capacidade preditiva em relação ao risco de hipertensão arterial (HA) e SM, de modo que alguns estudos ratificam a validade de sua utilização em outras populações²⁴. Diante disso, a investigação de indivíduos em risco possibilita intervenções precoces, o que reflete diretamente na saúde e, consequentemente, na qualidade de vida desses.

Tendo em vista que o IAV originalmente proposto por Amato (2010)¹⁹ foi elaborado mediante um modelo matemático baseado em população adulta caucasiana saudável, o autor enfatiza que não se deve extrapolá-lo em público pediátrico. Ademais, outro estudo identificou que, em contraste com o observado em populações adultas, para o público pediátrico o IMC apresentou melhor associação com adipocina, parâmetros metabólicos, resistência à insulina e inflamação subclínica em comparação com o IAV, de modo que esse indicador deve ser extrapolado com cautela em populações infantojuvenis³, o que demonstra sua limitação. Entretanto, outros estudos apontaram para resultados favoráveis ao uso do IAV nesse público. Um estudo italiano conduzido com crianças cuja idade média era de 11 anos, identificou o IAV como uma ferramenta promissora de predição de síndrome metabólica em crianças com obesidade, apesar da amostra conter apenas indivíduos caucasianos. Outro estudo realizado no Brasil com população-alvo de 12 a 17 anos demonstrou boa performance do IAV em identificar alterações de pressão sanguínea e resistência à insulina³¹, o que demonstra a possibilidade do IAV performar adequadamente independente da etnia, sexo ou idade.

Tais divergências abriram margem para que se pudesse extrapolar os pontos de corte e as fórmulas do IAV a fim de se possibilitar melhor detectar alterações metabólicas em populações pediátricas. Nesse sentido, determinar valores de *cut-off* desse indicador em crianças e adolescentes se faz de grande importância, visto que ainda não há um valor de referência universalmente aceito para esse público. Dessa forma, estudos recentes vêm buscando solucionar tais lacunas. Em estudo transversal com 3.843 estudantes iranianos de 7 a 18 anos, foram relacionados os seguintes pontos de corte do IAV para predição da Síndrome Metabólica: 1,58 para população total, 1,30 para indivíduos masculinos e 1,78 para feminino. Esses valores foram correlacionados com aumento do risco cardiometabólico. Entretanto, tal estudo não comparou os valores do IAV com outras medidas diretas

e indiretas de gordura visceral, bem como o estágio puberal em que os indivíduos se encontravam e, além disso, tratava-se de um estudo transversal em que nenhuma causalidade pode ser inferida entre o IAV e distúrbios metabólicos. Ademais, devido ao fato de se tratar de um grupo étnico específico, tais valores necessitam ser avaliados em estudos com diferentes populações de modo a determinar valores de *cut-off* mais adequados para essa faixa etária.

Outra possibilidade é a introdução de modificações no modelo matemático proposto, tal qual adotado no presente artigo. Dessa forma, foi considerado um amplo espectro das categorias de IMC para calcular o primeiro componente da fórmula ajustada e, ao contrário da correlação linear utilizada para o cálculo do IAV em população adulta, o autor utilizou um modelo de regressão quadrática não linear que explicou com precisão a relação entre o perímetro de cintura e o IMC em população pediátrica masculina e feminina³⁰. Outro estudo adaptou o IAV seguindo os passos da fórmula proposta originalmente. Aplicaram-se testes de hipóteses, conforme a distribuição de variáveis e realizaram-se análises de regressão brutas e ajustadas por potenciais confundidores, de modo que foi observado que o modelo de regressão linear apresentou boa capacidade explicativa entre os marcadores antropométricos que compõem a equação. Além disso, foram inseridas medianas dos valores de triglicerídeos e colesterol HDL para meninos e meninas a fim de compor o novo modelo matemático ajustado para o público adolescente.

Ademais, um fator importante a ser destacado é a correlação dos leucócitos com o IAV pediátrico, visto que o excesso de gordura está relacionado a uma disfunção imune e essa é acompanhada de uma mudança na contagem de leucócitos. Nesse sentido, adolescentes obesos apresentam maior contagem de leucócitos quando comparados aos eutróficos, o que sugere um estado pró-inflamatório crônico que pode estar associado a uma adiposidade excessiva e à aptidão cardiorrespiratória diminuída. Dessa forma, o IAV pediátrico se mostrou um bom preditor do estado inflamatório em adolescentes acima do peso.

Assim, apesar do início prematuro de distúrbios metabólicos, sabe-se que as manifestações clínicas dos diferentes desfechos em saúde são normalmente observadas e acentuadas na fase adulta da vida. Aliado ao fato de que os hábitos em saúde são formados na infância e na adolescência, é evidente que as alterações no início da vida podem ser consideradas fortes preditoras de doenças cardiometabólicas na maioridade. Nossas análises revelaram que o IAV pediátrico se correlacionou com variáveis relacionadas ao risco cardiometabólico. Além disso, outro estudo realizado com indivíduos de 10 a 18 anos de ambos os sexos demonstrou haver diferenças significativas entre os sexos para a idade²⁰, HDL-c e IAV, o que se contrapôs ao nosso estudo, visto que não houve diferença do IAV pediátrico entre os sexos. Verificou-se também uma piora das variáveis utilizadas para o cálculo do IAV para os adolescentes com classificação do estado nutricional alterado (não eutróficos), indicando, portanto, maior risco cardiometabólico associado ao excesso de peso, visto também na correlação

entre o número de alterações metabólicas e o IAV pediátrico demonstrado nesse estudo.

Este estudo apresenta limitações. Devido ao delineamento transversal, não podemos assegurar a temporalidade das associações entre o IAV pediátrico e os fatores de risco cardiometabólicos. Entretanto, foi possível observar uma importante relação dose-resposta, com aumento nas chances de alterações metabólicas para os valores mais elevados de IAV pediátrico. Dessa forma, ressalta-se que é um estudo de base populacional e houve um grande rigor metodológico na coleta de dados e utilização de métodos validados.

CONCLUSÃO

O IAV pediátrico foi associado com marcadores cardiometabólicos e inflamatórios em adolescentes de ambos os sexos. Este índice pode ser uma estratégia eficiente na identificação da disfunção do tecido adiposo, refletindo indiretamente risco de doenças metabólicas de forma precoce. Mais estudos deveriam ser realizados a fim de elucidar sua utilidade na prática clínica pediátrica.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

As contribuições dos autores estão estruturadas de acordo com a taxonomia (CRediT) descrita abaixo:

Concepção, análise e interpretação dos dados: PR de Souza; NN Leite. *Análise dos dados:* JVM Pereira. *Concepção, coleta e análise dos dados, além da supervisão do estudo:* PF Pereira. Todos os autores escreveram, leram e aprovaram o manuscrito final.

COPYRIGHT

Copyright© 2020 Souza et al. Este é um artigo em acesso aberto distribuído nos termos da Licença *Creative Commons* Atribuição 4.0 Licença Internacional que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.

REFERÊNCIAS

1. Organização das Nações Unidas (ONU). *OMS revela principais causas de morte e incapacidade em todo o mundo entre 2000 e 2019*. Brasília, DF: ONU; 2020; [acesso em 2021 Maio 25]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/104646-oms-revela-principais-causas-de-morte-e-incapacidade-em-todo-o-mundo-entre-2000-e-2019>.
2. Organização das Nações Unidas (ONU); Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). *Representante da OPAS/OMS no Brasil faz chamado à ação para acabar com estigma, prevenir e controlar a obesidade*. Brasília, DF: ONU; OPAS; 2021; [acesso em 2021 Maio 25]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/5-3-2021-representante-da-opasoms-no-brasil-faz-chamado-acao-para-acabar-com-estigma>.
3. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation of overweight to cardiovascular risk factors among children and adolescents: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*. 1999;103(6 Pt 1):1175-82.
4. Srinivasan SR, Myers L, Berenson GS. Adolescent overweight is associated with adult overweight and related multiple cardiovascular risk factors: The Bogalusa Heart Study. *Metabolism*. 1996;45(2):235-40.
5. Carmienke S, Freitag MH, Pischon T, Schlattmann P, Fankhaenel T, Goebel H, et al. General and abdominal obesity parameters and their combination in relation to mortality: A systematic review and meta-regression analysis. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67(6):573-85.
6. Oliveira CL, Mello MT, Cintra IP, Fisberg M. Obesity and metabolic syndrome in infancy and adolescence. *Rev Nutr*. 2004;17(2):237-45.
7. Mathieu P, Poirier P, Pibarot P, Lemieux I, Després JP. Visceral obesity: The link among inflammation, hypertension, and cardiovascular disease. *Hypertension*. 2009;53(4):577-84.
8. Ribeiro Filho FF, Mariosa LS, Ferreira SRG, Zanella MT. Visceral fat and metabolic syndrome: More than a simple association. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2006;50(2):230-8.
9. Tchernof A, Després JP. Pathophysiology of human visceral obesity: An update. *Physiol Rev*. 2013;93(1):359-404.
10. Trandafir LM, Russu G, Moscalu M, Miron I, Lupu VV, Constantin MML, et al. Waist circumference: A clinical criterion for prediction of cardiovascular complications in children and adolescents with overweight and obesity. *Medicine*. 2020;99(30):e20923.
11. Barbalho SM, Bechara MD, Quesada K, Gabaldi MR, Goulart RA, Tofano RJ, et al. Metabolic syndrome, atherosclerosis, and inflammation: An inseparable triad? *J Vasc Bras*. 2015;14(4):319-27.
12. Berenson GS, Srinivasan SR, Bao W, et al. Cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. *Eur J Pediatr*. 1998;157(11):947-48.
13. McGill HC Jr, McMahan CA, Zieske AW, et al. Association of coronary heart disease risk factors with the progression of coronary atherosclerosis in children and young adults. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000;72(April):[Page numbers not provided].
14. World Health Organization (WHO). Obesity and overweight. Geneva: WHO; 2025. [acesso em 2025 Abr 27]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
15. Calabro P, Yeh ETH. Intra-abdominal adiposity, inflammation, and cardiovascular risk: New insight into global cardiometabolic risk. *Curr Hypertens Rep*. 2008;10(1):32-8.
16. Hotamisligil GS. Inflammation and metabolic disorders. *Nature*. 2006;444(7121):860-7.
17. Funder JW, Reincke M. Aldosterone: A cardiovascular risk factor? *Biochim Biophys Acta*. 2010;1802(12):1188-92.
18. Aubert J, Darimont C, Safonova I, Ailhaud G, Negrel R. Regulation by glucocorticoids of angiotensinogen gene expression and secretion in adipose cells. *Biochem J*. 1997;328(Pt 2):701-6.
19. Amato MC, Giordano C, Galia M, Criscimnna A, Vitabile S, Midiri M, et al. Visceral adiposity index: A reliable indicator of visceral fat function associated with cardiometabolic risk. *Diabetes Care*. 2010;33(4):920-2.

20. Al-Daghri NM, Al-Attas OS, Wani K, Alnaami AM, Sabico S, Al-Ajlan A, et al. Sensitivity of various adiposity indices in identifying cardiometabolic diseases in Arab adults. *Cardiovasc Diabetol*. 2015;14(1):101.
21. Oliveira CM de, Ulbrich AZ, Neves FS, Dias FAL, Horimoto ARVR, Krieger JE, et al. Association between anthropometric indicators of adiposity and hypertension in a Brazilian population: Baependi Heart Study. *PLoS One*. 2017;12(10):1-10.
22. Koloverou E, Panagiotakos DB, Kyrou I, Stefanadis C, Chrysoshoou C, Georgousopoulou EN, et al. Visceral adiposity index outperforms common anthropometric indices in predicting 10-year diabetes risk: Results from the ATTICA study. *Diabetes Metab Res Rev*. 2019;35(6):1-9.
23. Yang J, Li H, Han L, Zhang L, Zhou Y. Association between Visceral Adiposity Index and hypertension among Chinese Adults: A nationwide cross-sectional study in the China Health and Nutrition Survey. *Blood Press Monit*. 2020;25(5):271-7.
24. Zheng SH, Li XL. Visceral adiposity index as a predictor of clinical severity and therapeutic outcome of PCOS. *Gynecol Endocrinol*. 2016;32(3):177-83.
25. Amato MC, Giordano C. Visceral adiposity index: An indicator of adipose tissue dysfunction. *Int J Endocrinol*. 2014;2014:730423.
26. Schuster J, Vogel P, Eckhardt C, Morelo SDB. Applicability of the visceral adiposity index (VAI) in predicting components of metabolic syndrome in young adults. *Nutr Hosp*. 2014;30(4):806-12.
27. Thivel D, O'Malley G, Pereira B, Duché P, Aucouturier J. Comparison of total body and abdominal adiposity indexes to dual x-ray absorptiometry scan in obese adolescents. *Am J Hum Biol*. 2015;27(3):334-8.
28. Klisic A, Kavacic N, Bjelakovic B, Zvrko E, Soldatovic I. Visceral adiposity index is not superior over anthropometric parameters with regards to inflammation in healthy adolescent girls. *P R Health Sci J*. 2018;37(4):195-9.
29. Ejtahed H-S, Kelishadi R, Hasani-Ranjbar S, Angoorani P, Motlagh ME, Shafiee G, et al. Discriminatory ability of visceral adiposity index as an indicator for modeling cardio-metabolic risk factors in pediatric population: the CASPIAN-V study. *J Cardiovasc Thorac Res*. 2019;11(4):280-6.
30. Ismail NA, Ragab SH, El Baky AMNEDA, Ibrahim MH. Potential role of new anthropometric parameters in childhood obesity with or without metabolic syndrome. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(23):3930-6.
31. Villanueva-Ortega E, Garcés-Hernández MJ, Herrera-Rosas A, López-Alvarenga JC, Laresgoiti-Servitje E, Escobedo G, et al. Gender-specific differences in clinical and metabolic variables associated with NAFLD in a Mexican pediatric population. *Ann Hepatol*. 2019;18(5):693-700.
32. Cota BC, Ribeiro SAV, Priore SE, Juvanhol LL, Faria ER, Faria FR, et al. Anthropometric and body composition parameters in adolescents with the metabolically obese normal-weight phenotype. *Br J Nutr*. 2022;127(10):1458-66.
33. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Demográfico 2010. Minas Gerais: IBGE; 2010; [acesso em 2025 Abr 27]. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=317130&idtema=67&search=minas-gerais%7Cviciosa%7Ccenso-demografico-2010:-resultados-do-universo-caracteristicas-da-populacao-e-dos-domicilios>.
34. Saliba S, Batista MC, Martino H, et al. Importance of abdominal fat parameters for the prediction of arterial stiffness in adolescents. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(9):1-7.
35. Fischer A, Souza R, Camargo M, et al. Visceral fat and its anthropometric measurements: Analysis of new criteria in obesity. *Rev Bras Obesidade Nutr Emagrecimento*. 2018;12(4):226-31.
36. Fonseca-Alaniz MH, Takada J, Andreoli MF, et al. Adipose tissue as a central regulator of metabolism. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2006;50(2):216-29.
37. Girard J, Lafontan M. Impact of visceral adipose tissue on liver metabolism and insulin resistance. Part II: Visceral adipose tissue production and liver metabolism. *Diabetes Metab*. 2008;34(5):439-45.
38. Capurso C, Capurso A. From excess adiposity to insulin resistance: The role of free fatty acids. *Vasc Pharmacol*. 2012;57(2-4):91-7.
39. Yudkin JS. Adipose tissue, insulin action, and vascular disease: inflammatory signals. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003;27(Supl 3):S25-8.
40. Seravalle G, Grassi G. Obesity and hypertension. *Pharmacol Res*. 2017;122:1-7.

