Adiposidade como Mediadora da Relação entre Atividade Física Vigorosa e Pressão Arterial em Crianças Brasileiras

Adiposity as a Mediator in the Relationship between Vigorous Physical Activity and Blood Pressure in Brazilian Children

Wendell Arthur Lopes,[1,2] Neiva Leite,[3,4] Maiara Cristina Tadiotto,[3] Ricardo Alexandre Carminato,[1] Ana Catarina Silva Pinto Duarte,[5,6] Beatriz Oliveira Pereira,[4] Rafaela Rosario,[5,6] Caroline Brand,[7] Nathalia Cristine Santos Messias Chiquito,[8] Rogério Toshiro Passos Okawa,[9] Clarice Maria de Lucena Martin,[2] Jorge Mota[2]

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Educação Física,[1] Maringá, PR – Brasil
Universidade do Porto - Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer – CIAFEL,[2] Porto – Portugal
Universidade Federal do Paraná - Núcleo de Pesquisa sobre Qualidade de Vida – NQV,[3] Curitiba, PR – Brasil
Universidade do Minho - Centro de Investigação em Estudos da Criança – CIEC,[4] Braga – Portugal
Universidade do Minho - Escola de Enfermagem,[5] Braga – Portugal
Universidade de Coimbra – Unidade de Investigação em Ciências da Saúde: Enfermagem (UICISA: E),[6] Coimbra – Portugal
Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso,[7] Valparaíso – Chile
Centro de Ensino Superior de Maringá (CESUMAR),[8] Maringá, PR – Brasil
Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Medicina,[9] Maringá, PR – Brasil

Resumo

Fundamento: A pressão arterial (PA) elevada na infância é um forte preditor de hipertensão e doenças cardiovasculares na vida adulta. A atividade física vigorosa (AFV) tem sido inversamente associada à PA; no entanto, o grau em que a adiposidade medeia essa relação – especialmente segundo o sexo – permanece pouco claro.

Objetivos: Examinar a associação entre AFV, índices de adiposidade e PA em crianças brasileiras, além de testar o papel mediador da adiposidade.

Métodos: Este estudo transversal incluiu 246 crianças (125 meninas) de 7 a 10 anos. A AFV foi avaliada por acelerometria triaxial. Os marcadores de adiposidade incluíram índice de massa corporal (IMC), índice triponderal de massa (ITM), circunferência da cintura (CC) e percentual de gordura corporal (%GC). A PA sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foi medida. As associações foram analisadas por modelos de regressão multivariada ajustados por idade. As análises de mediação foram realizadas utilizando o macro PROCESS para SPSS. O nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados: As medidas de adiposidade foram positivamente associadas à PA em ambos os sexos. A AFV foi inversamente associada à PAS apenas em meninas (β = -0.46; IC95%: -0.74 a -0.18). A adiposidade mediou parcialmente a associação AFV-PAS em meninas (IMC: 25%, ITM: 22%, CC: 23%, %GC: 20%) e em meninos (IMC: 12%, ITM: 8%, CC: 9%, %GC: 10%).

Conclusão: A AFV está inversamente associada à PA em meninas, com a adiposidade atuando como mediadora parcial em ambos os sexos. Esses achados reforçam a importância da atividade física de alta intensidade na infância para melhorar a composição corporal e promover a saúde cardiovascular.

Palavras-chave: Adiposidade; Criança; Pressão Arterial; Exercício Físico.

Abstract

Background: *Elevated blood pressure (BP) in childhood is a strong predictor of hypertension and cardiovascular disease in adulthood. Vigorous physical activity (VPA) has been inversely associated with BP; however, the extent to which adiposity mediates this relationship – particularly by sex – remains unclear.*

Objectives: *To examine the association between VPA, adiposity indices, and BP in Brazilian children, and to test the mediating role of adiposity.*

Correspondência: Wendell Arthur Lopes •
Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Educação Física - Av. Colombo, 5790. CEP 87020900, Maringá, PR – Brasil
E-mail: warthurlopes@gmail.com
Artigo recebido em 27/01/2026, revisado em 05/05/2026, aceito em 29/07/2026
Editor responsável pela revisão: Vitor Guerra

DOI: https://doi.org/10.36660/abc.20260059

Methods: *This cross-sectional study included 246 children (125 girls) aged 7-10 years. VPA was assessed using triaxial accelerometers. Adiposity markers included body mass index (BMI), tri-ponderal mass index (TMI), waist circumference (WC), and body fat percentage (%BF). Systolic (SBP) and diastolic BP (DBP) were measured. Associations were analyzed using age-adjusted multivariable regression models. Mediation analyses were performed using the PROCESS macro for SPSS. Statistical significance was set at 5%.*

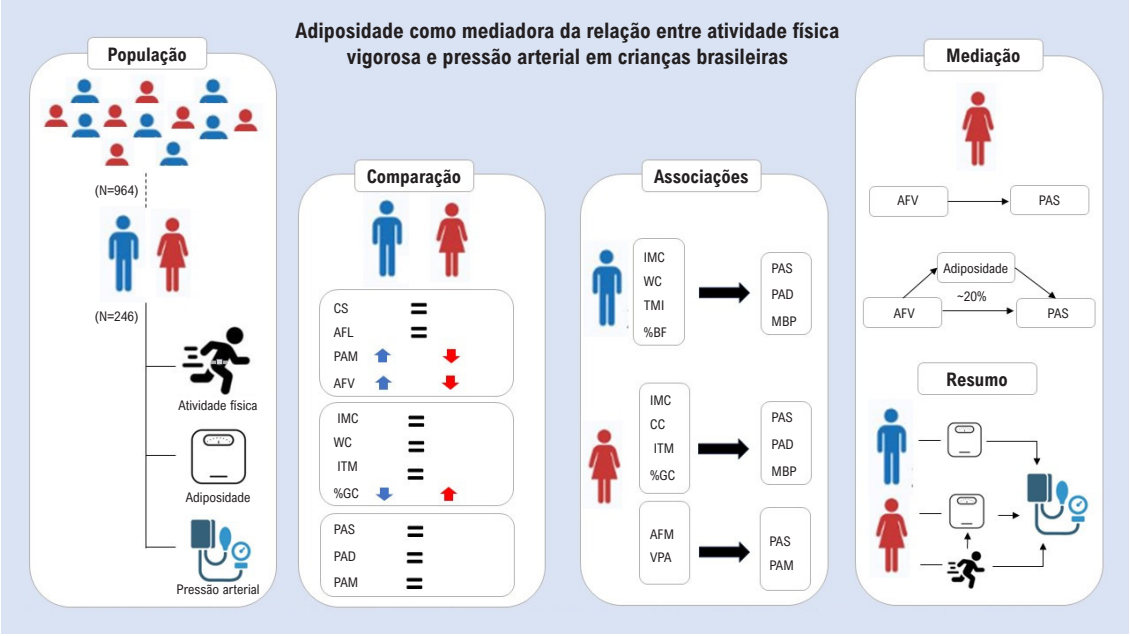
Results: *Adiposity measures were positively associated with BP in both sexes. VPA was inversely associated with SBP only in girls (β = –0.46; 95% CI: –0.74 to –0.18). Adiposity partially mediated the VPA–SBP association in girls (BMI: 25%, TMI: 22%, WC: 23%, %BF: 20%) and in boys (BMI: 12%, TMI: 8%, WC: 9%, %BF: 10%).*

Conclusion: *VPA is inversely associated with BP in girls, with adiposity acting as a partial mediator in both sexes. These findings underscore the importance of high-intensity physical activity during childhood for improving body composition and supporting cardiovascular health.*

Keywords: *Adiposity; Child; Arterial Pressure; Exercise.*

Full texts in English - https://abccardiol.org/en/

Figura Central: Adiposidade como Mediadora da Relação entre Atividade Física Vigorosa e Pressão Arterial em Crianças Brasileiras



Arq Bras Cardiol. 2026; 123(10):e20260059

CS: comportamento sedentário, AFL: Atividade física leve; AFM: atividade física moderada a vigorosa; IMC: índice de massa corporal; CC: circunferência da cintura; ITM: índice triponderal de massa; %GC: percentual de gordura corporal; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica

Introdução

A pressão arterial (PA) elevada é um importante fator de risco modificável para doenças cardiovasculares e tem sido cada vez mais reconhecida como uma preocupação de saúde pediátrica.[1,2] Embora a hipertensão clínica seja relativamente incomum na infância, os níveis de PA tendem a se manter desde os primeiros anos de vida até a idade adulta, ressaltando a importância de estratégias de prevenção precoce.[3,4]

A regulação da PA durante a infância é influenciada por múltiplos fatores, incluindo histórico familiar, peso ao nascer, etnia, padrões alimentares e comportamentos de estilo de vida, como atividade física (AF) e tempo sedentário.[5,6] Entre esses fatores, o excesso de adiposidade e a insuficiência de AF estão consistentemente associados a níveis mais elevados de PA. Em particular, o aumento da gordura corporal — especialmente a adiposidade central — é um forte preditor de disfunção vascular precoce e PA elevada em jovens.[7] Por outro lado, a prática regular de AF, especialmente em intensidade moderada a vigorosa (AFMV), tem sido associada à melhora da função vascular, da regulação autonômica e do controle da PA.[8]

A Organização Mundial da Saúde recomenda que crianças acumulem pelo menos 60 minutos diários de AFMV, incluindo atividade de intensidade vigorosa (AFV) pelo

menos três vezes por semana.[9] No entanto, menos de 20% das crianças em idade escolar no mundo atendem a essa recomendação, o que levanta importantes preocupações de saúde pública.[10]

Embora a AFMV esteja geralmente associada a benefícios cardiovasculares em jovens,[11] evidências crescentes sugerem que a AFV pode produzir efeitos mais fortes e consistentes sobre a saúde cardiometabólica.[12] Estudos demonstraram que a AFV melhora a adiposidade, a aptidão cardiorrespiratória e os perfis de risco metabólico em crianças e adolescentes.[13] No entanto, as evidências sobre a associação entre AFV e PA permanecem inconsistentes, com estudos observacionais relatando resultados variados.[11-15] Em contraste, estudos de intervenção — particularmente aqueles envolvendo treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) — demonstraram reduções maiores na PA do que programas de intensidade moderada, especialmente entre meninas e crianças com obesidade.[16]

Essas inconsistências podem ser explicadas por diferenças metodológicas e pela influência de fatores mediadores ou moderadores, como sexo e adiposidade. Sustentando essa hipótese, Lucena et al.[17] demonstraram que a adiposidade mediou a associação entre AFMV e tanto a PA sistólica (PAS) quanto a diastólica (PAD) em crianças pequenas.

Dada a evidência limitada sobre o papel da AFV e da adiposidade na regulação da PA em crianças mais jovens, este estudo teve como objetivo examinar a associação entre AFV, marcadores de adiposidade e PA em crianças brasileiras de 7 a 10 anos, além de investigar se a adiposidade medeia a relação entre AFV e PA, considerando possíveis diferenças entre os sexos.

Métodos

Desenho do estudo e amostra

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos sob o protocolo CAAE nº 40415120.4.0000.0104. Todos os pais ou responsáveis legais foram plenamente informados sobre os procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Da mesma forma, as crianças receberam explicações adequadas à idade e assinaram o termo de assentimento. Além disso, o presente estudo está em conformidade com a Declaração de Helsinque de 1964 e suas revisões posteriores, seguindo rigorosamente os requisitos estabelecidos na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde do Brasil.

Este estudo transversal incluiu uma amostra de 246 crianças de 7 a 10 anos, de ambos os sexos, que participaram do projeto intitulado "Comportamento sedentário e atividade física: padrões e correlações com fatores biológicos, psicossociais e ambientais em crianças de 7 a 10 anos." Os critérios de inclusão foram: (i) matrícula na rede pública municipal de ensino; (ii) idade entre 7 e 10 anos, ambos os sexos; e (iii) apresentação dos termos de consentimento e assentimento devidamente preenchidos e assinados. As crianças foram excluídas caso (i) apresentassem limitações físicas ou deficiências que impedissem a participação nas avaliações; (ii) não completassem os protocolos; ou (iii) estivessem ausentes durante a coleta de dados. O relato do presente estudo baseia-se na declaração AGReMA.[18]

Um total de 946 crianças matriculadas em três escolas públicas de diferentes regiões de Ivaiporã, Paraná, Brasil, foram convidadas a participar. Destas, 246 atenderam a todos os critérios de inclusão e compuseram a amostra analítica final. Detalhes sobre a seleção dos participantes e exclusões são apresentados na Figura 1.

Avaliações antropométricas

A massa corporal foi medida utilizando uma balança digital (Welmy®), registrada com precisão de 0,1 kg, com os participantes descalços e usando roupas leves. A estatura foi avaliada com um estadiômetro portátil (Sanny®), registrada com precisão de 0,1 cm, com os participantes em posição ereta, descalços, com os calcanhares juntos e a cabeça posicionada no plano de Frankfurt. Ambas as medidas seguiram os procedimentos padronizados descritos por Gordon, Chumlea e Roche.[19]

O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo a massa corporal (Kg) pela estatura ao quadrado (m^{-2}).[20] O índice triponderal de massa (ITM) foi calculado dividindo a massa corporal (Kg) pela estatura ao cubo (m^{-3}). A porcentagem de gordura corporal (%GC) foi estimada a partir das dobras cutâneas tricipital e subescapular, medidas no lado direito do corpo utilizando um compasso científico (Cescorf®), com resolução de 0,1 mm. As medidas foram realizadas em duplicata, e uma terceira medida foi feita caso a diferença entre as duas primeiras excedesse 2 mm. A média dos valores mais próximos foi utilizada para análise. As equações propostas por Slaughter et al.[21] foram aplicadas para estimar a %GC.

A circunferência da cintura (CC) foi medida no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca, utilizando uma fita métrica não elástica (Cescorf®), registrada com precisão de 0,1 cm, com os participantes em pé e ao final de uma expiração normal. Todas as medidas foram realizadas por avaliadores treinados.

Medida da pressão arterial

A PAS e a PAD foram avaliadas utilizando um monitor digital automático (HBP-1120, Omron®) com manguito pediátrico apropriado. Antes da mensuração, as crianças permaneceram sentadas em uma sala tranquila e privativa por 5 minutos. Três medidas de PA foram realizadas no braço direito, com intervalos de um minuto, e a média das duas últimas foi utilizada para análise. A pressão arterial média (PAM) foi calculada como um terço da PAS mais dois terços da PAD.

Comportamento sedentário e atividade física

O comportamento sedentário (CS) e a AF foram avaliados utilizando um acelerômetro triaxial (ActiGraph GT9X). As crianças foram instruídas a usar o dispositivo no quadril direito, acima da crista ilíaca, durante todas as horas de vigília por sete dias consecutivos, excluindo atividades aquáticas (por exemplo, banho, natação), esportes de contato (por

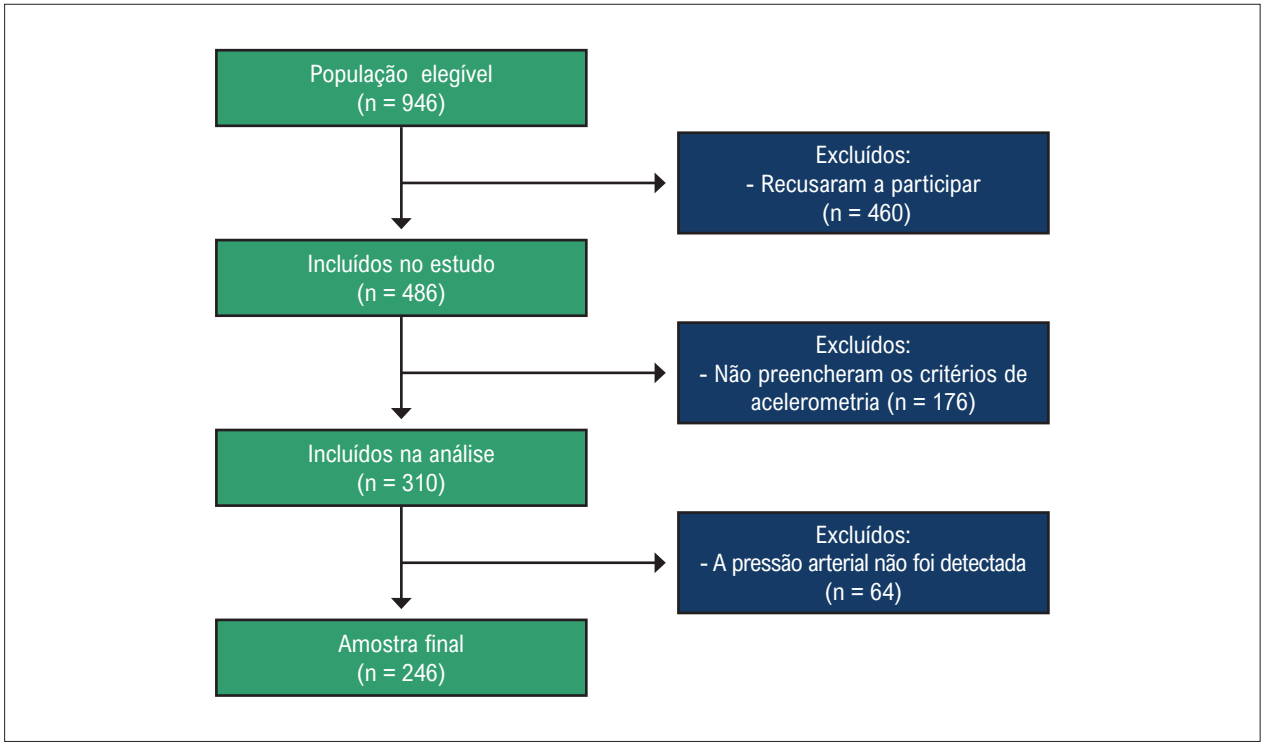


Figura 1 – *Fluxograma da seleção dos participantes em um estudo transversal com crianças brasileiras de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil.*

exemplo, luta, judô) e períodos de sono. Lembretes diários e acompanhamentos com as crianças e responsáveis foram realizados para garantir o uso adequado do dispositivo.

Os dados foram incluídos se o dispositivo tivesse sido usado por pelo menos quatro dias válidos (incluindo ao menos um dia de fim de semana), com tempo mínimo de uso de oito horas por dia. Após o período de monitoramento, os dados foram baixados e processados utilizando o software ActiLife (versão 6.13.4). Um filtro normal e uma frequência de amostragem de 90 Hz foram aplicados,[22] com épocas de 15 segundos. O tempo sem uso foi definido como ≥30 minutos consecutivos de contagem zero. As intensidades de CS e AF foram classificadas utilizando pontos de corte empiricamente estabelecidos com base nas contagens por minuto.[23]

Análise estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, e a suposição de homogeneidade de variâncias foi verificada pelo teste de Levene. Estatísticas descritivas (mediana e intervalo interquartílico) foram utilizadas para caracterizar a amostra. Para comparar marcadores de adiposidade, PA e AF entre meninos e meninas, aplicou-se o teste de Mann-Whitney. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para examinar as associações entre indicadores de adiposidade, AF e PA. Análises de regressão linear múltipla foram conduzidas para avaliar as relações entre indicadores de adiposidade, AF e medidas de PA. As suposições da regressão – incluindo linearidade, normalidade dos resíduos, homocedasticidade e ausência de multicolinearidade – foram verificadas, e nenhuma violação relevante foi identificada.

A análise de mediação foi realizada utilizando modelos de regressão linear com procedimentos de *bootstrapping* (5000 reamostragens) para estimar intervalos de confiança (IC) de 95% pelo método com correção e aceleração de viés (*bias-corrected and accelerated*). Essa abordagem considerou preditores (AF), mediadores (marcadores de adiposidade) e desfechos (PA). A análise de mediação seguiu uma estrutura composta por quatro equações: (a) a associação entre o preditor (AFV, AFMV) e o mediador (IMC, ITM, CC, %GC); (b) a associação entre o mediador e o desfecho (PAS, PAD, PAM); (c) o efeito total do preditor sobre o desfecho, sem incluir o mediador; e (c′) o efeito direto do preditor sobre o desfecho, ajustado pelo mediador. Um efeito indireto foi considerado estatisticamente significativo quando o IC de 95% não incluía zero. A porcentagem de mediação foi calculada como 1 − (c′/c). As análises foram ajustadas por idade e estratificadas por sexo. A análise dos dados foi realizada no IBM SPSS Statistics (versão 24.0; IBM Corp., Armonk, NY, EUA), e as análises de mediação foram conduzidas utilizando o macro PROCESS para SPSS.[24] A significância estatística foi definida como $p \leq 0.05$.

Resultados

Um total de 246 crianças brasileiras de 7 a 10 anos, incluindo 125 meninas (50,8%), participou do estudo. As características descritivas dos indicadores de adiposidade

corporal, PA e AF por sexo são apresentadas na Tabela 1. Meninos e meninas apresentaram idade mediana e características antropométricas gerais semelhantes. No entanto, as meninas exibiram %GC significativamente maior em comparação aos meninos. Em relação aos níveis de AF, as meninas realizaram significativamente menos AFM, AFV, AFMV e AF total do que os meninos (Figura Central).

A Tabela 2 apresenta as correlações entre marcadores de adiposidade, AF e medidas de PA (PAS, PAD, PAM) em crianças estratificadas por sexo. Entre os meninos, foram observadas correlações inversas entre PAS e atividade física leve (AFL) e AF total. A PAD apresentou correlações negativas com AFV e AFMV. A PAM foi positivamente associada a todas as variáveis antropométricas e negativamente associada a todas as variáveis de AF. Entre as meninas, a PAS foi inversamente associada ao CS e a todas as variáveis de AF, exceto AFL. A PAD foi positivamente associada ao IMC e à CC, e inversamente associada à AFM, AFV e AFMV. De forma semelhante, a PAM foi positivamente associada a todas as variáveis antropométricas e negativamente associada a todas as variáveis de AF, exceto AFL.

A Tabela 3 apresenta as associações entre variáveis antropométricas, composição corporal, AF e medidas de PA em crianças, estratificadas por sexo. Entre os meninos, foram observadas associações positivas entre todos os marcadores de adiposidade (IMC, ITM, CC, %GC) e as variáveis de PA (PAS, PAD, PAM). Entre as meninas, associações positivas semelhantes foram encontradas entre todos os marcadores de adiposidade e tanto a PAS quanto a PAM, além de associações negativas entre AFM e AFV com PAS e PAM. No entanto, a PAD não apresentou associações significativas com as variáveis de adiposidade nesse grupo.

O efeito indireto foi significativo, indicando que os marcadores de adiposidade mediaram a associação entre AFV e PA nos meninos (Figura 2). IMC, ITM e CC mediaram entre 8% e 12% da associação entre AFV e PA (PAS, PAD e PAM) (Ilustração Central).

Nas meninas, os marcadores de adiposidade (IMC, ITM, CC e %GC) mediaram entre 20% e 25% da associação entre AFV e PAS e PAM (Figura 3). Nenhum efeito indireto significativo foi observado para a PAD (Figura Central).

Discussão

Este estudo examinou a associação entre AFV e PA em crianças, bem como o papel mediador da adiposidade. Nossos resultados revelaram uma associação significativa entre AFV e PAS apenas entre meninas, enquanto a adiposidade mediou essa associação em ambos os sexos. Esses achados destacam

Tabela 1 – Características descritivas de adiposidade, pressão arterial e atividade física em crianças brasileiras de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil, de acordo com o sexo

Variáveis	Total (n=246) Mediana (IIQ)	Meninos (n=121) Mediana (IIQ)	Meninas (n=125) Mediana (IIQ)	U	p
Idade (anos)	9,2 (1,9)	9,1 (1,8)	9,2 (2,0)	7,805	0,664
Altura (cm)	137,5 (12,6)	137,2 (11,5)	138,0 (15,5)	7,851	0,605
Massa corporal (kg)	36,0 (13,1)	36,4 (12,1)	36,0 (13,4)	7,644	0,884
IMC ($kg \cdot m^{-2}$)	18,7 (5,1)	18,9 (5,4)	18,6 (4,5)	7,579	0,976
ITM ($kg \cdot m^{-3}$)	13,5 (3,2)	13,8 (3,6)	13,3 (2,9)	7,465	0,861
CC (cm)	61,5 (10,6)	63,0 (12,0)	61,0 (10,6)	6,987	0,302
%GC	27,7 (10,1)	25,1 (14,2)	29,0 (7,9)	9,536	**<0,001**
PAS (mmHg)	108,0 (12,0)	108,0 (12,0)	109,0 (12,0)	7,500	0,911
PAD (mmHg)	62,0 (10,0)	62,0 (9,0)	62,0 (12,0)	7,616	0,924
PAM (mmHg)	77,5 (11,0)	77,3 (10,2)	77,6 (11,2)	7,530	0,954
CS (h/dia)	8,1 (1,9)	8,1 (2,0)	8,2 (1,8)	8,000	0,433
AFL (min/dia)	251,3 (67,0)	253,3 (63,3)	248,3 (69,0)	6,836	0,193
AFM (min/dia)	25,7 (17,0)	29,2 (17,8)	22,3 (14,4)	5,661	**0,001**
AFV (min/dia)	8,5 (8,3)	9,6 (10,2)	7,2 (6,8)	6,082	**0,008**
MVPA (min/dia)	35,1 (25,9)	38,3 (28,9)	30,6 (22,8)	5,695	**0,001**
Total PA (min/dia)	291,2 (78,6)	298,1 (79,8)	287,0 (79,4)	6,446	**0,045**

IMC: índice de massa corporal; ITM: índice triponderal de massa; CC: circunferência da cintura; %GC: percentual de gordura corporal; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFM: atividade física moderada; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física moderada a vigorosa; IIQ: intervalo interquartílico; AF total: atividade física total; U: estatística U de Mann-Whitney; P: valor de p ($p \leq 0,05$); Valores em negrito indicam significância estatística.

Tabela 2 – Correlações entre marcadores de adiposidade, atividade física e pressão arterial de acordo com o sexo em crianças brasileiras de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil

Variáveis	PAS (mmHg)		PAD (mmHg)		PAM (mmHg)	
	rho	p	rho	p	rho	p
Meninos (n=121)						
IMC (kg·m^{-2})	0,325	**<0,001**	0,306	**0,001**	0,343	**<0,001**
ITM (kg·m^{-3})	0,233	**0,010**	0,266	**0,003**	0,274	**0,002**
CC (cm)	0,331	**<0,001**	0,300	**0,001**	0,346	**<0,001**
%GC	0,368	**<0,001**	0,285	**0,002**	0,349	**<0,001**
CS (h/dia)	0,120	0,188	0,094	0,307	0,113	0,216
LPA (min/dia)	-0,209	**0,022**	-0,096	0,293	-0,165	0,071
MPA (min/dia)	-0,161	0,078	-0,178	**0,050**	-0,197	**0,031**
VPA (min/dia)	-0,151	0,098	-0,204	**0,025**	-0,206	**0,023**
MVPA (min/dia)	-0,168	0,066	-0,208	**0,022**	-0,219	**0,016**
Total PA (min/dia)	-0,240	**0,008**	-0,154	0,091	-0,217	**0,017**
Meninas (n=125)						
IMC (kg·m^{-2})	0,433	**<0,001**	0,207	**0,020**	0,329	**<0,001**
ITM (kg·m^{-3})	0,323	**<0,001**	0,112	0,214	0,216	**0,015**
CC (cm)	0,405	**<0,001**	0,199	**0,026**	0,315	**<0,001**
%GC	0,300	**0,001**	0,140	0,120	0,225	**0,012**
CS (h/dia)	0,175	0,051	0,121	0,179	0,156	0,082
AFL (min/dia)	-0,129	0,152	-0,137	0,127	-0,150	0,094
AFM (min/dia)	-0,314	**<0,001**	-0,196	**0,029**	-0,254	**0,004**
AFV (min/dia)	-0,349	**<0,001**	-0,225	**0,012**	-0,291	**0,001**
AFMV (min/dia)	-0,346	**<0,001**	-0,213	**0,017**	-0,279	**0,002**
AF total (min/dia)	-0,178	**0,047**	-0,159	0,076	-0,182	**0,043**

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; IMC: índice de massa corporal; ITM: índice triponderal de massa; CC: circunferência da cintura; %GC: percentual de gordura corporal; CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFM: atividade física moderada; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física moderada a vigorosa; AF total: atividade física total; rho: coeficiente de correlação do teste de Spearman; P: valor de p para significância estatística (p ≤ 0,05); Valores em negrito indicam significância estatística.

a adiposidade como um possível caminho por meio do qual a AFV exerce efeitos benéficos sobre a saúde cardiovascular durante a infância.

Consistente com a literatura prévia, nossos resultados reforçam a adiposidade como um determinante-chave da PA elevada em populações pediátricas.[25] A plausibilidade biológica dessa mediação é sustentada por mecanismos que sugerem que o excesso de gordura corporal – particularmente a adiposidade visceral – aumenta a atividade simpática, a resistência à insulina e a inflamação sistêmica, levando, em última instância, ao aumento da resistência vascular e da PA.[26] Nossos achados estão alinhados com os de Lucena et al.,[17] que relataram um papel mediador semelhante da adiposidade na associação entre AFMV e PA em crianças de 5 a 7 anos.

Embora a AFMV seja amplamente recomendada, evidências crescentes sugerem que a AFV pode conferir benefícios vasculares superiores.[27] Metanálises e estudos de coorte combinados demonstraram que a AFV promove melhorias mais acentuadas na aptidão cardiorrespiratória e no risco cardiometabólico.[14] Além disso, a AFV tem sido associada a reduções mais pronunciadas na adiposidade,[15] um depósito de gordura particularmente prejudicial e ligado à disfunção vascular precoce.[28] Nossos achados sugerem que a redução da adiposidade pode ser um mecanismo central por meio do qual a AFV contribui para menores níveis de PAS em ambos os sexos e, em menor grau, para menores níveis de PAD em meninos.

Importante destacar que o efeito de mediação foi apenas parcial, indicando que vias fisiológicas adicionais

Tabela 3 – Associação entre marcadores de adiposidade, atividade física e pressão arterial de acordo com o sexo em crianças brasileiras de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil

Variáveis	PAS (mmHg)			PAD (mmHg)			PAM (mmHg)		
	β	(CI)	p	β	(CI)	p	β	(CI)	p
Meninos (n=121)									
IMC (kg·m^{-2})	0,925	0,46 a 1,39	**<0,001**	0,514	0,16 a 0,87	**0,005**	0,651	0,30 a 1,00	**<0,001**
ITM (kg·m^{-3})	1,035	0,36 a 1,71	**0,003**	0,638	0,13 a 1,14	**0,014**	0,770	0,27 a 1,27	**0,003**
CC (cm)	0,355	0,15 a 0,56	**0,001**	0,211	0,06 a 0,36	**0,007**	0,259	0,11 a 0,41	**0,001**
%GC	0,267	0,12 a 0,41	**<0,001**	0,118	0,01 a 0,23	**0,037**	0,168	0,16 a 0,28	**0,003**
CS (h/dia)	0,014	-0,01 a 0,03	0,166	0,007	-0,01 a 0,02	0,378	0,009	-0,01 a 0,02	0,230
LPA (min/dia)	-0,033	-0,07 a 0,01	0,064	-0,011	-0,04 a 0,01	0,395	-0,018	-0,04 a 0,01	0,166
MPA (min/dia)	-0,103	-0,23 a 0,03	0,131	-0,073	-0,17 a 0,02	0,152	-0,083	-0,18 a 0,02	0,105
VPA (min/dia)	-0,122	-0,33 a 0,09	0,254	-0,152	-0,31 a 0,00	0,054	-0,142	-0,30 a 0,01	0,074
MVPA (min/dia)	-0,064	-0,15 a 0,02	0,146	-0,057	-0,12 a 0,01	0,084	-0,059	-0,12 a 0,01	0,073
AF total (min/dia)	-0,029	-0,06 a 0,00	**0,046**	-0,013	-0,03 a 0,01	0,208	-0,019	-0,04 a 0,00	0,086
Meninas (n=125)									
IMC (kg·m^{-2})	1,311	0,87 a 1,75	**<0,001**	0,432	0,04 a 0,82	**0,029**	0,725	0,36 a 1,09	**<0,001**
ITM (kg·m^{-3})	1,714	0,98 a 2,44	**<0,001**	0,481	-0,14 a 1,10	0,128	0,892	0,29 a 1,49	**0,004**
CC (cm)	0,594	0,38 a 0,80	**<0,001**	0,185	0,01 a 0,37	**0,048**	0,321	0,15 a 0,50	**<0,001**
%GC	0,628	0,35 a 0,91	**<0,001**	0,193	-0,04 a 0,43	0,108	0,338	0,11 a 0,56	**0,004**
CS (h/dia)	0,012	-0,01 a 0,04	0,340	0,001	-0,02 a 0,02	0,956	0,004	-0,01 a 0,02	0,658
AFL(min/dia)	-0,021	-0,06 a 0,01	0,233	-0,015	-0,04 a 0,01	0,287	-0,017	-0,04 a 0,01	0,219
AFM (min/dia)	-0,257	-0,42 a -0,09	**0,003**	-0,079	-0,21 a 0,05	0,249	-0,139	-0,27 a -0,01	**0,040**
AFV(min/dia)	-0,457	-0,74 a -0,18	**0,002**	-0,150	-0,38 a 0,08	0,197	-0,253	-0,48 a -0,03	**0,027**
AFMV (min/dia)	-0,198	-0,31 a -0,08	**0,001**	-0,063	-0,15 a 0,03	0,186	-0,108	-0,20 a -0,02	**0,020**
AF total (min/dia)	-0,028	-0,06 a 0,00	0,061	-0,015	-0,04 a 0,01	0,210	-0,020	-0,04 a 0,00	0,100

PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; IMC: índice de massa corporal; ITM: índice triponderal de massa; CC: circunferência da cintura; %GC: percentual de gordura corporal; CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFM: atividade física moderada; AFV: atividade física vigorosa; AFMV: atividade física moderada a vigorosa; AF total: atividade física total; β: valor do coeficiente beta; IC: intervalo de confiança; P: valor de p para significância estatística.

provavelmente estão envolvidas. A AFV pode melhorar a PA independentemente da adiposidade ao aumentar o tônus parassimpático, melhorar a complacência vascular, reduzir a rigidez arterial e diminuir marcadores inflamatórios e de estresse oxidativo.[29,30] Além disso, a prática regular de AFV pode promover remodelamento vascular e melhorar a sensibilidade à insulina, contribuindo ainda mais para a regulação hemodinâmica.[31-33] Esses mecanismos merecem investigação adicional em pesquisas longitudinais e intervencionistas.

Fatores específicos do sexo também podem influenciar a relação entre AFV e PA. As meninas geralmente apresentam maior %GC e entram na puberdade mais cedo do que os meninos, o que pode afetar o equilíbrio hormonal e a distribuição de gordura.[34] Além disso, as meninas normalmente passam menos tempo envolvidas em atividades de maior intensidade, como AFM e AFV, em comparação aos meninos.[8] Em nosso estudo, a AFV foi significativamente associada à PAS apenas entre as meninas. Esses achados contribuem para o crescente corpo de evidências que sugere que intervenções voltadas para aumentar a AFV nesse subgrupo podem ser particularmente importantes para a prevenção precoce de doenças cardiovasculares.[15]

Do ponto de vista da saúde pública, nossos resultados destacam a necessidade de ir além da promoção geral de AF

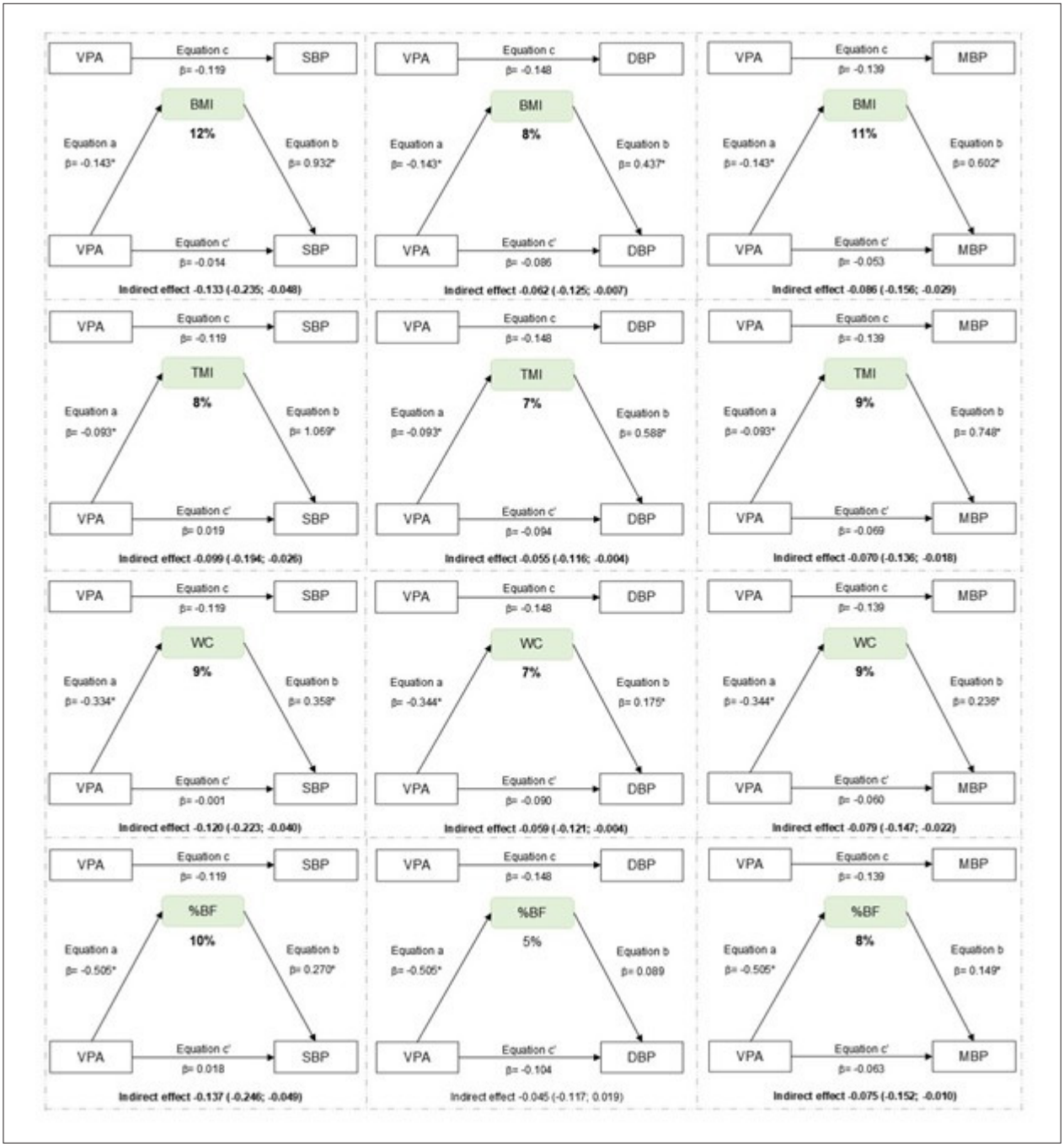


Figura 2 – *Mediação dos marcadores de adiposidade (IMC, ITM, CC, %GC) na associação entre AFV e PA (PAS, PAD, PAM) em meninos de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil. Todas as análises foram ajustadas por idade; *AFMV: atividade física moderada a vigorosa; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; IMC: índice de massa corporal; ITM: Índice triponderal de massa; CC: circunferência da cintura; %GC: percentual de gordura corporal; significância p ≤ 0,05; Valores em negrito indicam significância estatística.*

e incentivar ativamente atividades físicas de maior intensidade em crianças em idade escolar. Estratégias que integrem AFV na rotina escolar, no brincar recreativo e em esportes organizados podem ser especialmente benéficas. Isso é particularmente urgente, dado que menos de 10% das meninas no mundo atendem às diretrizes atuais de AFMV,[10] e ainda menos realizam AFV suficiente.

Nosso estudo tem pontos fortes, incluindo o uso de medidas objetivas de AF, o foco em um grupo etário específico e relevante do ponto de vista do desenvolvimento, e a

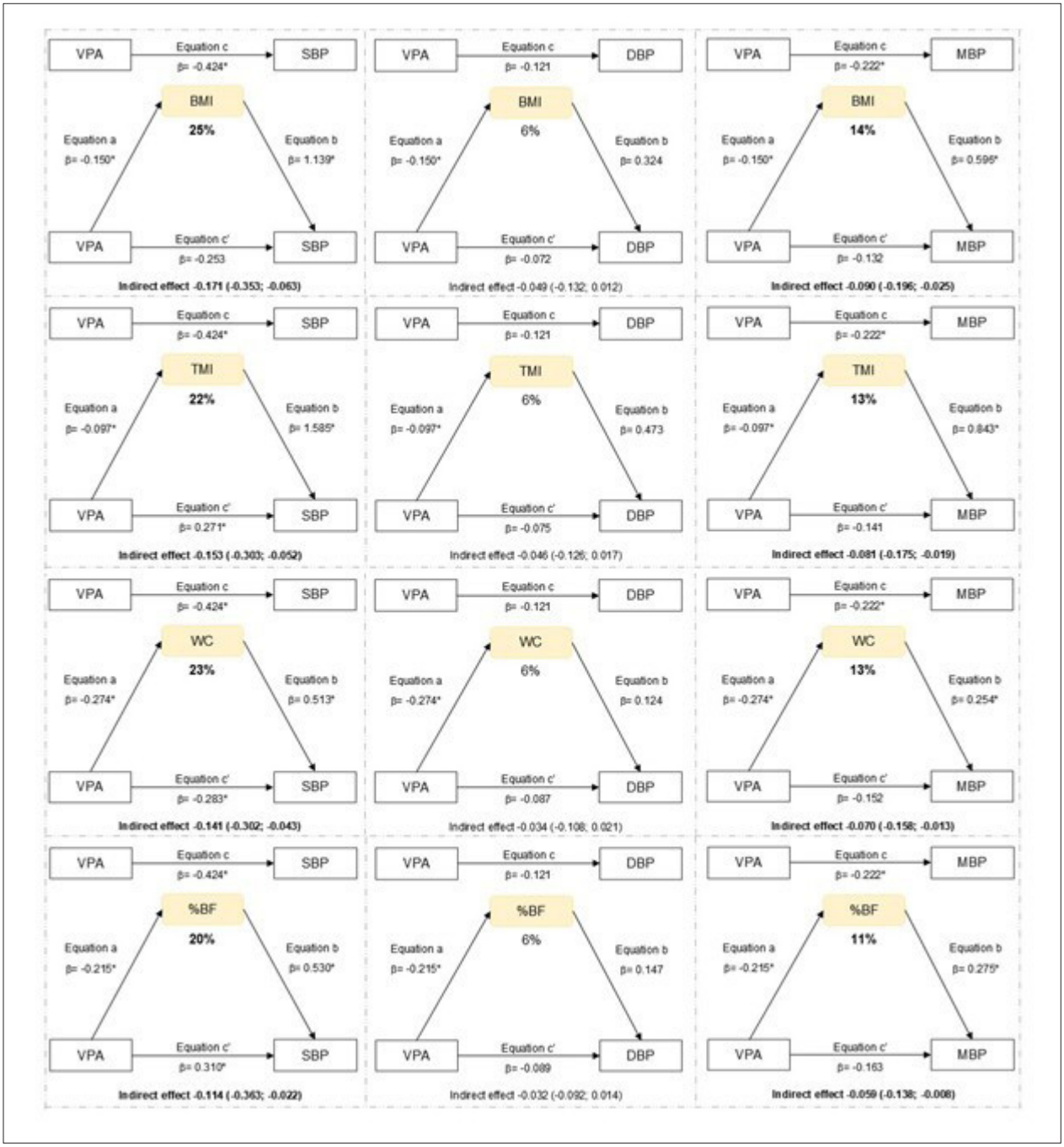


Figura 3 – *Mediação dos marcadores de adiposidade (IMC, ITM, CC, %GC) na associação entre AFV e PA (PAS, PAD, PAM) em meninas de 7 a 10 anos de Ivaiporã, Paraná, Brasil. Todas as análises foram ajustadas por idade; AFV: atividade física vigorosa; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; IMC: índice de massa corporal; ITM: índice triponderal de massa; CC: circunferência da cintura; %GC: percentual de gordura corporal; p ≤ 0,05 indica significância estatística; valores em negrito indicam resultados estatisticamente significativos.*

aplicação de análise de mediação para explorar mecanismos subjacentes. Apesar das fortalezas, algumas limitações devem ser consideradas ao interpretar os achados. O delineamento transversal impede inferências causais, e a sequência temporal entre exposição, mediador e desfecho não pode ser estabelecida. Além disso, embora as análises tenham sido ajustadas por idade, confundimento residual por variáveis não mensuradas – como padrões alimentares, sono, fatores psicossociais e estado maturacional – pode ter influenciado as associações observadas. A avaliação simultânea de adiposidade e PA também levanta a possibilidade de causalidade reversa. Ainda assim, a identificação da adiposidade como um

potencial mediador na relação entre AFV e PA fornece *insights* relevantes sobre mecanismos subjacentes e pode contribuir para o desenvolvimento de intervenções direcionadas para melhorar a saúde cardiovascular em crianças.

Conclusão

Nossos achados sugerem que a adiposidade medeia parcialmente a associação inversa entre AFV e PA em crianças de 7 a 10 anos. Esses resultados reforçam a importância da AFV durante a infância para a saúde cardiovascular e destacam a redução da adiposidade como um mecanismo central nessa relação. Futuramente, estudos longitudinais e de intervenção serão necessários para estabelecer causalidade e orientar diretrizes de AF específicas por idade e sexo para a população pediátrica.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e Obtenção de dados: Lopes WA, Carminato RA; Análise e interpretação dos dados: Lopes WA, Leite N, Tadiotto MC, Carminato RA, Duarte A, Brand C, Chiquito NCSM, Martins C; Análise estatística: Leite N, Tadiotto MC, Carminato RA; Obtenção de financiamento: Lopes WA; Redação do manuscrito: Lopes WA, Leite N, Tadiotto MC, Carminato RA, Duarte A, Pereira BO, Rosario R, Brand C, Chiquito NCSM, Okawa RTP, Martins C, Mota J; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Lopes WA, Leite N, Duarte A, Pereira BO, Rosario R, Brand C, Chiquito NCSM, Okawa RTP, Martins C, Mota J.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado pela Fundação Araucária.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Ricardo Alexandre Carminato pela Universidade Estadual de Maringá.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do(a) Nome da Instituição sob o número de protocolo CAAE 40415120.4.0000.0104. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

Referências

1. Fuchs FD, Whelton PK. High Blood Pressure and Cardiovascular Disease. Hypertension. 2020;75(2):285-92. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.14240.
2. Thomas J, Stonebrook E, Kallash M. Pediatric Hypertension: Review of the Definition, Diagnosis, and Initial Management. Int J Pediatr Adolesc Med. 2022;9(1):1-6. doi: 10.1016/j.ijpam.2020.09.005.
3. Riley M, Hernandez AK, Kuznia AL. High Blood Pressure in Children and Adolescents. Am Fam Physician. 2018;98(8):486-94.
4. Bao W, Threefoot SA, Srinivasan SR, Berenson GS. Essential Hypertension Predicted by Tracking of Elevated Blood Pressure from Childhood to Adulthood: The Bogalusa Heart Study. Am J Hypertens. 1995;8(7):657-65. doi: 10.1016/0895-7061(95)00116-7.
5. Lurbe E, Agabiti-Rosei E, Cruickshank JK, Dominiczak A, Erdine S, Hirth A, et al. 2016 European Society of Hypertension Guidelines for the Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. J Hypertens. 2016;34(10):1887-920. doi: 10.1097/HJH.0000000000001039.
6. Falkner B, Gidding SS, Baker-Smith CM, Brady TM, Flynn JT, Malle LM, et al. Pediatric Primary Hypertension: An Underrecognized Condition: A Scientific Statement from the American Heart Association. Hypertension. 2023;80(6):e101-11. doi: 10.1161/HYP.0000000000000228.
7. Litwin M, Feber J. Origins of Primary Hypertension in Children: Early Vascular or Biological Aging? Hypertension. 2020;76(5):1400-9. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.14586.
8. Ekelund U, Luan J, Sherar LB, Esliger DW, Griew P, Cooper A, et al. Moderate to Vigorous Physical Activity and Sedentary Time and Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents. JAMA. 2012;307(7):704-12. doi: 10.1001/jama.2012.156.
9. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. Br J Sports Med. 2020;54(24):1451-62. doi: 10.1136/bjsports-2020-102955.
10. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global Trends in Insufficient Physical Activity among Adolescents: A Pooled Analysis of 298 Population-Based Surveys with 1·6 Million Participants. Lancet Child Adolesc Health. 2020;4(1):23-35. doi: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2.
11. Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, Carson V, Chaput JP, Janssen I, et al. Systematic Review of the Relationships between Objectively Measured Physical Activity and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. Appl Physiol Nutr Metab. 2016;41(6 Suppl 3):S197-239. doi: 10.1139/apnm-2015-0663.
12. Skrede T, Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Resaland GK, Ekelund U. The Prospective Association between Objectively Measured Sedentary Time, Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Cardiometabolic Risk Factors in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. Obes Rev. 2019;20(1):55-74. doi: 10.1111/obr.12758.
13. Delisle Nyström C, Migueles JH, Henriksson P, Löf M. Physical Activity and Cardiovascular Risk Factors in Children from 4 to 9 Years of Age. Sports Med Open. 2023;9(1):99. doi: 10.1186/s40798-023-00647-8.

14. García-Hermoso A, Ezzatvar Y, Ramírez-Vélez R, Olloquequi J, Izquierdo M. Is Device-Measured Vigorous Physical Activity Associated with Health-Related Outcomes in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. J Sport Health Sci. 2021;10(3):296-307. doi: 10.1016/j.jshs.2020.12.001.

15. Marshall ZA, Runacres A, Hallal PC, Jago R, Kwon S, Northstone K, et al. Associations between 24-Hour Movement Compositions and Cardiometabolic Health in Children and Adolescents: A Five-Part Compositional Analysis Using Data from the International Children's Accelerometery Database (ICAD). BMJ Open Sport Exerc Med. 2025;11(2):e002568. doi: 10.1136/bmjsem-2025-002568.

16. Zhou J, Sun W, Tang S, Jiang D, Tan B, Li S, et al. Effects of Exercise Interventions on Blood Pressure in Children and Adolescents with Overweight or Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. J Adolesc Health. 2025;76(3):361-9. doi: 10.1016/j.jadohealth.2024.09.017.

17. Lucena A Filho, Lima RA, Soares FC, Bezerra J, Barros MVG. The Role of Adiposity in the Association between Physical Activity and Blood Pressure in Children. Res Q Exerc Sport. 2022;93(3):578-84. doi: 10.1080/02701367.2021.1878089.

18. Lee H, Cashin AG, Lamb SE, Hopewell S, Vansteelandt S, VanderWeele TJ, et al. A Guideline for Reporting Mediation Analyses of Randomized Trials and Observational Studies: The AGReMA Statement. JAMA. 2021;326(11):1045-56. doi: 10.1001/jama.2021.14075.

19. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, Recumbent Length, and Weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign: Human Kinetics Books; 1988. p. 3-8.

20. Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, Chen W, Malina RM, Bouchard C, Berenson GS. Body Mass Index, Waist Circumference, and Clustering of Cardiovascular Disease Risk Factors in a Biracial Sample of Children and Adolescents. Pediatrics. 2004;114(2):e198-205. doi: 10.1542/peds.114.2.e198.

21. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, van Loan MD, et al. Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. Hum Biol. 1988;60(5):709-23.

22. Sasaki JE, Coutinho APP, Santos CES, Bertuol C, Minatto G, Berria J, et al. Instructions for Accelerometer use in Brazil. Rev Bras Ativ Fís Saúde. 2017;22(2):110-26. doi: 10.12820/rbafs.v.22n2p110-126.

23. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Nyström CD, Mora-Gonzalez J, Löf M, et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. Sports Med. 2017;47(9):1821-45. doi: 10.1007/s40279-017-0716-0.

24. Hayes AF. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. 3rd ed. New York: Guilford Press; 2022.

25. Tebar WR, Ritti-Dias RM, Farah BQ, Zanuto EF, Vanderlei LCM, Christofaro DGD. High Blood Pressure and Its Relationship to Adiposity in a School-Aged Population: Body Mass Index vs Waist Circumference. Hypertens Res. 2018;41(2):135-40. doi: 10.1038/hr.2017.93.

26. Bruyndonckx L, Hoymans VY, Lemmens K, Ramet J, Vrints CJ. Childhood Obesity-Related Endothelial Dysfunction: An Update on Pathophysiological Mechanisms and Diagnostic Advancements. Pediatr Res. 2016;79(6):831-7. doi: 10.1038/pr.2016.22.

27. Huynh QL, Blizzard CL, Raitakari O, Sharman JE, Magnussen CG, Dwyer T, et al. Vigorous Physical Activity and Carotid Distensibility in Young and Mid-Aged Adults. Hypertens Res. 2015;38(5):355-60. doi: 10.1038/hr.2015.9.

28. Marketou ME, Buechler NS, Fragkiadakis K, Plevritaki A, Zervakis S, Maragkoudakis S, et al. Visceral Fat and Cardiometabolic Future in Children and Adolescents: A Critical Update. Pediatr Res. 2023;94(5):1639-47. doi: 10.1038/s41390-023-02709-9.

29. Cheng Y, Sun Z, Ya X, Zhou L, Wang M, Wang X, et al. Effect of Exercise Training on Arterial Stiffness in Obese and Overweight Children: A Meta-Analysis. Eur J Pediatr. 2022;181(7):2633-42. doi: 10.1007/s00431-022-04489-6.

30. Sequi-Dominguez I, Mavridis D, Cavero-Redondo I, Saz-Lara A, Martinez-Vizcaino V, Arenas-Arroyo SN. Comparative Effectiveness of Different Types of Exercise in Reducing Arterial Stiffness in Children and Adolescents: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Br J Sports Med. 2023;57(15):997-1002. doi: 10.1136/bjsports-2022-106285.

31. García-Hermoso A, López-Gil JF, Izquierdo M, Ramírez-Vélez R, Ezzatvar Y. Exercise and Insulin Resistance Markers in Children and Adolescents with Excess Weight: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. JAMA Pediatr. 2023;177(12):1276-84. doi: 10.1001/jamapediatrics.2023.4038.

32. Wellman RJ, Sylvestre MP, Abi Nader P, Chiolero A, Mesidor M, Dugas EN, et al. Intensity and Frequency of Physical Activity and High Blood Pressure in Adolescents: A Longitudinal Study. J Clin Hypertens. 2020;22(2):283-90. doi: 10.1111/jch.13806.

33. Gralla MH, McDonald SM, Breneman C, Beets MW, Moore JB. Associations of Objectively Measured Vigorous Physical Activity with Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Cardiometabolic Health in Youth: A Review. Am J Lifestyle Med. 2016;13(1):61-97. doi: 10.1177/1559827615624417.

34. O'Keeffe LM, Simpkin AJ, Tilling K, Anderson EL, Hughes AD, Lawlor DA, et al. Sex-Specific Trajectories of Measures of Cardiovascular Health during Childhood and Adolescence: A Prospective Cohort Study. Atherosclerosis. 2018;278:190-6. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.09.030.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons