

学龄儿童中高强度身体活动变化类型与全身性及中心性肥胖 新发风险的关联：2年前瞻性队列研究

王俊宇¹，武胜勇²，梁译心¹，杨永³，吴俊⁴，谢婷⁵，庄洁^{1,6}

(1.上海体育大学，上海 200438；2.海军军医大学，上海 200438；3.巢湖学院，安徽 巢湖 238024；

4.上海市六一小学，上海 200438；5.成都市新桥小学校，四川 成都 610031；

6.上海市学生体质健康研究中心，上海 200438)

摘 要：探讨学龄儿童中高强度身体活动(MVPA)变化类型特征，并分析其与随访末次全身性肥胖及中心性肥胖新发风险的纵向关联。在上海市分层选取3所小学，并在各校随机抽取三年级班级纳入研究对象；经基线筛选，纳入身体质量指数(BMI)与腰围身高比(WHtR)均正常者142名，完成2年随访并获得3个测量时点的有效数据。各测量时点使用ActiGraph GT3X+三轴加速度计连续7天客观监测MVPA，并同步测量身高、体重与腰围，计算BMI与WHtR以判定全身性肥胖与中心性肥胖。基于3次MVPA重复测量结果采用K-means聚类识别MVPA变化类型；以末次测量全身性肥胖与中心性肥胖新发为结局，采用二元Logistic回归估计不同MVPA变化类型的肥胖发生风险，并调整性别、年龄、睡眠状况及父母受教育程度等协变量。结果显示：学龄儿童MVPA变化可识别为渐进下降型(57.0%)、快速下降型(16.9%)与稳定保持型(26.1%)。多因素回归表明，与渐进下降型相比稳定保持型全身性肥胖新发风险显著降低(OR=0.24, 95%CI: 0.06~0.94)，中心性肥胖新发风险也显著降低(OR=0.32, 95%CI: 0.12~0.84)，快速下降型与渐进下降型差异无统计学意义。协变量分析表明，女童与睡眠充足者两类肥胖新发风险均较低，且年龄增加与中心性肥胖新发风险降低相关。研究认为，学龄儿童MVPA变化以下降型为主，维持相对稳定且较高的MVPA水平与较低的全身性肥胖及中心性肥胖新发风险相关，且睡眠充足具有独立保护作用。实践中应将防止MVPA下降与促进活动维持作为干预重点，并同步强化睡眠保障以提升儿童体重管理的综合效能。

关 键 词：体质健康；中高强度身体活动；全身性肥胖；中心性肥胖；前瞻性队列；学龄儿童
中图分类号：G804 **文献标志码：**A **文章编号：**1006-7116(2026)04-0144-07

Association of moderate-to-vigorous physical activity changing patterns with emerging risks on general and central obesity in school-aged children: A 2-year prospective cohort study

WANG Junyu¹, WU Shengyong², LIANG Yixin¹, YANG Yong³, WU Jun⁴, XIE Ting⁵, ZHUANG Jie^{1,6}

(1.Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 2.Naval Medical University, Shanghai 200438, China;

3.Chaohu University, Chaohu 238024, China; 4.Shanghai Liuyi Primary School, Shanghai 200438, China;

5.Chengdu Xinqiao Primary School, Chengdu 610031, China; 6.Shanghai Student Physical Health Research Center,

Shanghai 200438, China)

Abstract: To explore characteristics of changing patterns on moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) in school-aged children, and examine their longitudinal association with emerging risks on general and central obesity

收稿日期：2026-01-08

基金项目：国家社会科学基金一般项目(18BTY095)；上海市科委重点项目(19080503000)。

作者简介：王俊宇(1993-)，男，讲师，博士研究生，研究方向：运动与健康促进。E-mail: 635006994@qq.com 通信作者：庄洁

at the final follow-up. Three primary schools was stratified chosen in Shanghai and third-grade classes randomly selected within each school. Children with normal body mass index (BMI) and waist-to-height ratio (WHtR) under baseline screening were included ($n=142$), and valid data acquired by following for 2 years with three measurement waves. At each wave, MVPA was objectively assessed using ActiGraph GT3X+ accelerometers worn for 7 consecutive days, and height, weight, and waist circumference were measured to assess BMI and WHtR as well as general and central obesity. MVPA changing patterns were identified using K-means clustering on the three repeated MVPA measurements, and emerging risks on general and central obesity at the final wave were defined using BMI- and WHtR-based criteria, respectively. Binary logistic regression models estimated odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs) for obesity incidence across MVPA change patterns, simultaneously adjusting for related covariates including sex, age, sleep status, and parental education. Results show that three MVPA changing patterns in school-aged children were identified, namely gradual decline (57.0%), rapid decline (16.9%), and stable maintenance (26.1%). Multi-factor regression results presented that compared with the gradual-decline pattern, the stable-maintenance pattern was associated with a lower risk of incident general obesity (adjusted OR=0.24, 95% CI: 0.06~0.94) and incident central obesity (adjusted OR=0.32, 95% CI: 0.12~0.84), whereas the rapid-decline pattern showed no significant difference. Analyses with covariates exhibits that girls and sufficient sleep were independently associated with lower risks of both outcomes, and older age was associated with a lower risk of incident central obesity. The study holds that MVPA changing tended to decline during the school-aged children, and maintaining a relatively stable and higher MVPA level was associated with a lower emerging risk on general and central obesity, and sufficient sleep will presents an independent protective effect. In practice, interventions should prioritize preventing MVPA decline, supporting sustained activity, and also promoting adequate sleep to enhance comprehensive efficacy on childhood weight management.

Keywords: physical health; moderate-to-vigorous physical activity; general obesity; central obesity; prospective cohort study; school-aged children

近年来,儿童青少年超重与肥胖问题在全球范围内快速蔓延,已成为重大公共卫生挑战。据世界卫生组织统计,5~19岁人群的超重肥胖率已从1990年的8%上升至2022年的20%^[1]。我国情况同样不容乐观。《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》显示,中国6~17岁儿童青少年超重肥胖率达到19%，“小胖墩”人数超过1500万^[2]。儿童期肥胖不仅影响体格与运动功能,还可能延续至成年并增加心血管疾病、2型糖尿病等慢性病风险^[3-4]。在众多影响因素中,身体活动尤其是中高强度身体活动(MVPA)被认为是预防儿童肥胖的关键环节之一^[5],MVPA可通过增加能量消耗并改善代谢状态,对体脂累积具有抑制作用。基于此,世界卫生组织建议儿童青少年每天应累计至少60 min的MVPA,我国《中国学龄儿童膳食指南(2022)》也倡导“每天 ≥ 60 min MVPA,每周至少3次高强度活动与3次抗阻力锻炼”^[6]。然而,儿童达到身体活动指南的比例仍偏低,全球超过80%的青少年达不到推荐水平^[7];中国6~17岁人群身体活动不足率达86.0%^[8]。因此,厘清MVPA与儿童肥胖发生的关联,对揭示肥胖行为学机制与制定防控策略具有重要意义。与此同时,身体质量指数(BMI)反映总体体重状态,腰围身高比

(WHtR)表征腹部脂肪分布并与代谢风险密切相关,将全身性肥胖与中心性肥胖并列作为结局,有助于提高风险识别的全面性与干预指向性。

实践表明既往研究多为横断面设计,虽提示二者存在负相关关系^[9],但难以厘清因果方向,也无法揭示随时间推移的动态变化。纵向研究能够持续跟踪同一群体的行为与健康变化,在一定程度上增强时间序列解释力^[10],但目前多以单次测量或随访期MVPA平均值,难以反映学龄儿童MVPA变化类型及其异质性,从而限制风险分层与关键干预窗口的识别。本研究MVPA变化类型是基于基线及两次随访测量的日均MVPA序列归纳的典型变化特征,也指儿童在基线及随访测量时点的日均MVPA随时间变化所归纳的典型变化特征。依据3次加速度计客观监测结果识别学龄儿童的MVPA变化类型,并以随访末次全身性肥胖与中心性肥胖新发为结局开展纵向关联分析,旨在为学龄儿童肥胖防控提供更具针对性的证据支持。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象与流程

采用多阶段整群随机抽样,首先按行政区分层随

机抽取学校,随后在各校随机抽取班级作为整群单位并纳入整班学生。基线年级的确定主要基于小学学段安排与随访可行性,同时考虑三年级儿童已具备较稳定的理解与配合能力,可较高质量完成客观监测与现场测量。研究按每校 60 名的计划共招募 180 名儿童;在家长签署知情同意后,171 名儿童参加基线测量。基线仅纳入 BMI 与 WHtR 均处于正常范围者,排除随访失访及无效样本后最终纳入 142 名儿童。

测量采用“基线-年度随访”的重复测量框架:完成基线测量(T0)后,于第 1 年(T1)和第 2 年(T2)分别实施随访,构建 MVPA 变化类型并评估随访期间肥胖的发生情况。各测量时点均采用 ActiGraph GT3X+三轴加速度计对儿童日常身体活动进行连续监测,并同步开展身高、体质量与腰围等身体形态测量,结合结构化问卷收集基本人口学信息。本研究通过伦理委员会审批,研究过程遵循伦理学规范。

1.2 测试指标与方法

(1)MVPA。采用 ActiGraph GT3X+ 三轴加速度计对儿童日常身体活动进行客观监测。基线测量后开展 2 次年度随访,随访测量与基线安排在同一月份,且各测量时点均执行一致的佩戴与数据处理方案。每次监测要求受试者连续佩戴 7 天(含 5 个上学日与 2 个周末日),洗浴、游泳等涉水活动时暂时取下^[11]。加速度计佩戴于腰部右侧髂嵴处,研究人员在测量前统一培训并实施现场示范与个体化指导,以提高依从性与可比性。

数据处理使用 ActiLife 6.5 软件,时间窗设定为 30 s^[12]。依据适用于中国儿童青少年的加速度计强度分级切点(100、2 800、4 000 次/min),将身体活动划分为低强度、中等强度与高强度,并以中等强度与高强度之和作为 MVPA^[13]。有效数据判定标准为:至少 3 个有效佩戴日(其中包含 ≥ 2 个上学日与 ≥ 1 个周末日)且每日有效佩戴时间不少于 10 h,最终以“平均每日 MVPA 时长”作为主要暴露指标用于轨迹构建与后续分析。

(2)全身性肥胖。以 BMI 评估全身性肥胖。身高与体重由经统一培训的测量人员按标准化流程实施:身高测量要求赤足、标准立位,读数精确至 0.1 cm;体重测量要求着轻薄衣物,读数精确至 0.1 kg。超重与肥胖判定依据《中国儿童青少年超重、肥胖 BMI 筛查分类标准》^[14]。鉴于研究对象在基线阶段已排除超重或肥胖儿童,随访期间达到超重或肥胖判定标准者界定为全身性肥胖新发事件,统计分析中以二分类结局(正常或全身性肥胖)表征。

(3)中心性肥胖。以 WHtR 评估中心性肥胖。腰围测量在受试者自然站立、呼吸平稳条件下进行,软尺置于脐上约 1 cm 水平位,沿躯干水平环绕读取,读数

精确至 0.1 cm。中心性肥胖判定采用中国儿童青少年参考界值:男童 WHtR ≥ 0.48 、女童 WHtR ≥ 0.46 ^[15]。由于基线仅纳入 WHtR 正常者,随访期间达到上述界值者界定为中心性肥胖新发事件;分析中以二分类结局(正常/中心性肥胖)表征,并与全身性肥胖分别作为独立结局变量纳入模型。

(4)协变量。协变量均在基线阶段获取并用于调整潜在混杂因素,包括性别、年龄、家庭教育因素(父亲与母亲受教育程度)、睡眠状况。睡眠由加速度计数据结合 Sadeh 算法识别,按 60 s 时间窗计算平均每日总睡眠时长^[16];有效睡眠数据需满足至少 4 晚记录且包含 ≥ 1 个周末夜,睡眠充足与否参照加拿大儿童青少年 24 h 运动指南界定(≥ 9 h 为充足, < 9 h 为不足)^[17]。

1.3 统计学分析

对加速度计数据按预设有效性标准进行筛查,并在 3 个测量时点分别计算儿童平均每日 MVPA 时长(min/d)。基于个体 3 次 MVPA 重复测量序列,采用 K-means 聚类识别 MVPA 变化类型特征:聚类前对各时点 MVPA 进行标准化处理,以欧氏距离作为相似性度量。在不同聚类数方案下综合考察组内离差平方和、聚类分离度及轨迹解释合理性,确定最优分组数并据“最小距离-最近中心”原则完成个体归类。为降低初始中心点设定对聚类结果的影响,K-means 聚类采用多初值重复迭代,并以组内离差平方和收敛与分组稳定性作为辅助判断依据。描述性统计方面,连续变量根据分布特征以均值 $\pm$ 标准差或中位数(四分位数)表示,分类变量以例数(百分比)表示;不同 MVPA 类型组间基线特征差异分别采用方差分析、秩和检验及 χ^2 检验进行比较。鉴于研究对象基线仅纳入 BMI 与 WHtR 正常的儿童,结局变量取末次测量时是否发生肥胖构建二分类结局。关联分析采用二元 Logistic 回归模型,估计不同 MVPA 变化类型与末次测量肥胖结局之间的关联强度,分别报告未调整模型与多因素调整模型的比值比(OR)及 95%置信区间(95% CI)。多因素模型纳入协变量进行控制,包括性别、年龄、父母受教育程度、睡眠状况。缺失数据处理采用完全案例分析策略,仅对 MVPA 三时点数据与末次结局信息完整者纳入模型。数据清理与常规统计使用 SPSS 26.0,轨迹建模与二元 Logistic 回归模型分析采用 SAS 9.4,所有检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 为存在统计学意义。

2 结果与分析

2.1 受试儿童基线特征

本研究最终纳入有效样本 142 名,其中男童 67 名(47.18%),女童 75 名(52.82%)。基线(T0)时,受试儿

童的平均年龄为(9.38 ± 0.99)岁,基线平均BMI为(16.71 ± 1.24) kg/m², 平均每日 MVPA 时间为(51.55 ± 14.74) min, 共有 86 名儿童(60.56%)平均每晚睡眠时间达到 9 h 及以上。父亲和母亲受教育程度本科及以上学历的比例分别为 82.39%和 76.06%。受试者基线特征与按 MVPA 变化类型分组后的特征(见表 1)。

表 1 根据 MVPA 变化类型划分的受试儿童基本信息

指标	全队列	渐进下降型	快速下降型	稳定保持型	F/χ^2	P
基线年龄/岁	9.38±0.99	9.35±1.03	9.31±0.97	9.67±0.96	1.24	0.292
性别/ $n(\%)$	142(100.00)	81(100.00)	24(100.00)	37(100.00)		
男	67(47.18)	34(41.98)	14(58.33)	19(51.35)	0.74	0.313
女	75(52.82)	47(58.02)	10(41.67)	18(48.65)		
基线 BMI/(kg/m ²)	16.71±1.24	16.72±1.18	16.02±1.44	16.47±1.22	1.43	0.242
每日 MVPA/min						
T0	51.55±14.74	43.37±9.03	72.39±11.19	55.94±11.41	81.64	<0.000 1
T1	45.47±12.04	40.85±9.63	42.04±9.80	57.80±9.38	41.49	<0.000 1
T2	40.91±13.15	35.66±8.21	35.06±10.60	56.18±11.45	63.98	<0.000 1
基线睡眠时间	552.92±28.41	554.29±24.92	553.76±37.59	549.36±29.36	0.39	0.676
睡眠是否充足/ $n(\%)$	142(100.00)	81(100.00)	24(100.00)	37(100.00)		
充足	86(60.56)	48(59.26)	14(58.33)	24(64.86)	0.39	0.822
不充足	56(39.44)	33(40.74)	10(41.67)	13(35.14)		
父亲学历/ $n(\%)$	142(100.00)	37(100.00)	81(100.00)	24(100.00)		
本科以下	25(17.61)	8(21.62)	11(13.58)	6(25.00)	2.21	0.332
本科及以上	117(82.39)	29(78.38)	70(86.42)	18(75.00)		
母亲学历/ $n(\%)$	142(100.00)	37(100.00)	81(100.00)	24(100.00)		
本科以下	34(23.94)	8(21.62)	18(22.22)	8(33.33)	1.39	0.498
本科及以上	108(76.06)	29(78.38)	63(77.78)	16(66.67)		

2.2 受试儿童 MVPA 变化类型特征

本研究基于 T0、T1、T2, 3 次测量的 MVPA 数据, 采用 K-means 聚类分析对 142 名儿童进行 MVPA 变化类型分类。最终, 将 MVPA 变化类型分为 3 类, 分别为渐进下降型、快速下降型和稳定保持型(见图 1)。

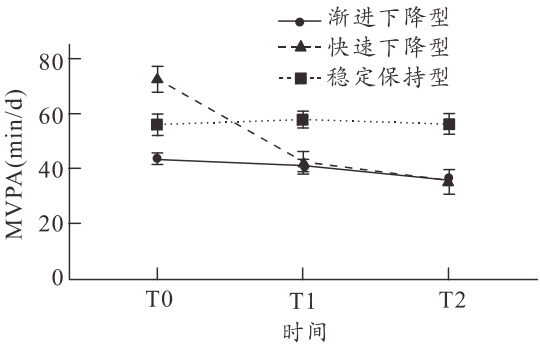


图 1 受试儿童不同 MVPA 变化类型

在渐进下降型组(占 57.0%, $n=81$), 儿童在两年随访期间日均 MVPA 呈现逐年下降趋势。具体而言, T0

时(43.37 ± 9.03) min, T1 时(40.85 ± 9.63) min, T2 时(35.66 ± 8.21) min, 变化斜率为-3.86 min/年。

在快速下降型组(占 16.9%, $n=24$), 儿童基线时 MVPA 水平较高, T0 时(72.39 ± 11.19) min, 但随访期内急剧下降, T1 时(42.04 ± 9.80) min, T2 时(35.06 ± 10.60) min, 变化斜率为-18.67 min/年。

在稳定保持型组(占 26.1%, $n=37$), 儿童的 MVPA 水平在两年随访期间保持稳定水平, 具体为 T0 时(55.94 ± 11.41) min, T1 时(57.80 ± 9.38) min, T2 时(56.18 ± 11.45) min, 变化斜率为+0.12 min/年。

2.3 MVPA 变化类型对肥胖发生的影响

在控制性别、年龄、睡眠状况及父母受教育程度等潜在混杂因素的基础上, 采用二元 Logistic 回归模型检验 MVPA 变化类型与随访末次测量时全身性肥胖与中心性肥胖新发风险的关联。模型 1 为单因素模型, 仅纳入 MVPA 变化类型(以“渐进下降型”为参照)进行估计; 模型 2 为多因素模型, 在模型 1 基础上进一步纳入性别、年龄、睡眠充足与否及父母受教育程度进行调整(见表 2)。

表 2 MVPA 变化类型与儿童全身性和中心性肥胖发生风险的回归模型分析结果

变量名	全身性肥胖		中心性肥胖	
	单因素 OR 值	多因素 OR 值	单因素 OR 值	多因素 OR 值
稳定保持型 vs 渐进下降型	0.24(0.07~0.85) ¹⁾	0.24(0.06~0.94) ¹⁾	0.33(0.13~0.80) ¹⁾	0.32(0.12~0.84) ¹⁾
快速下降型 vs 渐进下降型	1.10(0.40~3.02)	0.98(0.30~3.22)	0.71(0.28~1.82)	0.77(0.27~2.22)
女童 vs 男童	0.23(0.10~0.56) ²⁾	0.30(0.11~0.79) ¹⁾	0.34(0.17~0.69) ²⁾	0.46(0.21~0.99) ¹⁾
年龄	0.88(0.59~1.31)	0.82(0.49~1.35)	0.57(0.39~0.82) ²⁾	0.52(0.34~0.80) ²⁾
睡眠充足 vs 睡眠不足	0.17(0.07~0.40) ²⁾	0.17(0.07~0.45) ²⁾	0.38(0.19~0.77) ²⁾	0.35(0.16~0.79) ¹⁾
父亲学历本科以上	1.20(0.41~3.50)	1.09(0.30~3.93)	1.38(0.55~3.45)	1.07(0.36~3.17)
母亲学历本科以上	0.75(0.31~1.83)	0.51(0.17~1.58)	1.38(0.61~3.13)	1.04(0.40~2.73)

1) $P < 0.05$; 2) $P < 0.01$

回归结果显示,在全身性肥胖新发风险方面与渐进下降型相比,稳定保持型的全身性肥胖新发风险显著降低(单因素 $OR=0.24$, 95% CI : 0.07~0.85, $P < 0.05$; 多因素 $OR=0.24$, 95% CI : 0.06~0.94, $P < 0.05$),而快速下降型与渐进下降型之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。协变量分析结果提示,女童发生全身性肥胖的新发风险显著低于男童(多因素 $OR=0.30$, 95% CI : 0.11~0.79, $P < 0.05$);睡眠充足者的全身性肥胖新发风险显著低于睡眠不足者(多因素 $OR=0.17$, 95% CI : 0.07~0.45, $P < 0.01$)。年龄及父母受教育程度与全身性肥胖新发风险的关联均未达到统计学显著水平($P > 0.05$)。

在中心性肥胖新发风险方面与渐进下降型相比,稳定保持型同样表现为更低的中心性肥胖新发风险(单因素 $OR=0.33$, 95% CI : 0.13~0.80, $P < 0.05$; 多因素 $OR=0.32$, 95% CI : 0.12~0.84, $P < 0.05$),快速下降型与渐进下降型之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。在协变量中,女童中心性肥胖新发风险低于男童(多因素 $OR=0.46$, 95% CI : 0.21~0.99, $P < 0.05$),年龄增加中心性肥胖新发风险降低(多因素 $OR=0.52$, 95% CI : 0.34~0.80, $P < 0.01$),睡眠充足与中心性肥胖新发风险降低相关(多因素 $OR=0.35$, 95% CI : 0.16~0.79, $P < 0.01$),父母受教育程度与中心性肥胖新发风险未见显著关联($P > 0.05$)。

3 讨论

基于前瞻性队列数据,本研究在 3 个测量时点采用加速度计客观监测学龄儿童 MVPA,运用聚类方法识别其变化类型,并检验不同类型与两年内全身性及中心性肥胖新发风险的关联。研究发现,在学龄阶段 MVPA 的“维持”相较于“下降”更可能对应较低的肥胖新发风险,为阐释其作用路径与干预着力点提供纵向证据。

3.1 学龄儿童 MVPA 变化类型特征

本研究基于 K-means 聚类识别出学龄儿童 MVPA

的 3 类变化类型,即以随时间逐步下滑为特征的“渐进下降型”、以基线较高但随访期内明显回落为特征的“快速下降型”,以及在随访期内维持相对稳定水平的“稳定保持型”;其中以渐进下降型占比最高,表明进入小学学龄中段后 MVPA 随年级推进而递减具有一定普遍性。Mathisen 等^[18]长期队列研究显示,超过半数个体长期处于低水平身体活动;Howie 等^[19]识别出儿童至青少年期存在低、中、高不同身体活动类型;国内队列研究提示小学生 MVPA 达标水平仍有提升空间^[20]。学龄儿童的低 MVPA 水平可能与学业负担加重、身体活动习惯尚未稳固以及家庭与社会支持不足等因素相关,上述因素被认为是儿童青少年身体活动不足的重要解释路径。值得关注的是,“快速下降型”部分儿童虽在基线具有较高活动水平,但随访期内出现显著回落,提示较高的初始 MVPA 水平并不必然转化为可持续的日常行为模式;当课余时间结构、课外培训安排、同伴互动与可及运动机会发生变化时,原有参与条件与动机可能被削弱,从而出现 MVPA 的快速回落现象^[21]。快速下降型中男童比例相对较高,但组间性别构成差异未达到统计学显著水平,这提示 MVPA 回落的解释不应直接归因于性别差异。相较之下,“稳定保持型”的存在表明仍有部分儿童能够在同一学段进程中维持相对稳定的 MVPA 水平,其形成可能与较为稳定的运动情境支持相关,但仍需在后续研究中结合学校与家庭层面变量进一步验证^[22]。此外,本研究不同变化类型在基线主要人口学与家庭教育指标上未见显著差异,提示 MVPA 类型的分化更可能与学校体育供给、课外运动参与、久坐与屏幕行为、运动技能与动机维持及家庭支持方式等因素有关,相关机制仍需进一步量化研究。

3.2 MVPA 变化类型与肥胖新发风险的关系

长期随访研究能够直观呈现儿童肥胖发展的动态趋势,为制定干预策略提供重要参考。基于基线 BMI 与 WHtR 均正常的队列,本研究在两年随访后仍观察

到全身性肥胖与中心性肥胖的新发,提示小学学龄中段阶段体重健康风险具有持续累积性。既有证据表明,小学生随访期内全身性与中心性肥胖负担均呈上升趋势,而MVPA达标与肥胖进展抑制相关^[20]。同时,WHtR作为反映腹部脂肪聚集与代谢风险的敏感指标^[23],与BMI共同用于评估肥胖结局,有助于从总体体重状态与脂肪分布风险两个层面理解学龄儿童肥胖发生的进展特征。Logistic回归结果显示与渐进下降型相比,稳定保持型儿童全身性肥胖与中心性肥胖的新发风险均显著降低,而快速下降型与渐进下降型差异不显著。MVPA的“稳定维持”相较于“下降”更可能对应较低的肥胖新发风险,且该关联在控制人口学与家庭教育因素后仍保持稳健。学龄儿童阶段,持续较高MVPA有助于维持稳定的能量消耗并改善身体成分与代谢状态,从而抑制脂肪累积与体重增长^[24];相反,MVPA持续下降可能通过能量消耗减少与正能量平衡形成增加新发风险。快速下降型未呈显著差异,可能与样本量相对有限及组内异质性较大有关,也可能存在早期较高MVPA的滞后效应,仍需在更大样本与更充分混杂控制条件下进一步验证。

女童与睡眠充足在两类肥胖结局中均表现为独立的保护因素,且年龄增加与中心性肥胖新发风险降低相关。关于睡眠因素,既往研究提示睡眠不足可能通过食欲调节紊乱、能量摄入增加与日间活动减少等路径提高肥胖风险^[25],本研究结果与之相符。性别差异可能与生长发育节律、脂肪分布特征及生活方式行为模式的系统差异有关,提示肥胖防控应关注不同性别的行为特征与资源可及性^[26]。年龄对中心性肥胖的影响,可能与身高增长对WHtR的结构影响相关,解释中心性肥胖新发时宜结合生长发育过程综合考量。父母受教育程度未呈显著关联,可能与样本社会经济背景相对同质、指标变异度有限,或家庭饮食结构、屏幕行为与课外活动资源等更直接的家庭环境变量未被纳入有关。本研究提示儿童肥胖发生受到MVPA维持、睡眠状况与个体发育特征等多因素共同影响,实践上应将“维持较高且稳定的MVPA水平”与“睡眠保障”作为协同干预的核心着力点。

3.3 实践启示与研究局限

本研究揭示学龄儿童MVPA变化类型特征及其与全身性肥胖、中心性肥胖新发风险的关联,为儿童体重管理与健康促进提供纵向证据支撑。结果显示,学龄阶段MVPA以下降型变化为主,而维持相对稳定且较高MVPA水平者两类肥胖新发风险均更低,提示政策与实践层面的着力点应从单纯“提升活动量”延伸至“防止活动下降并促进持续维持”。学校层面可通过

提高体育课有效运动时间、完善课间活动制度与扩展课外运动供给,增强MVPA持续参与的情境支持。鉴于不同MVPA变化类型对应的肥胖风险存在差异,干预宜突出重点人群,优先关注下降型与快速回落倾向者的行为维持支持。同时,本研究显示睡眠充足与较低肥胖新发风险具有独立关联,提示干预不宜局限于运动促进单一维度,而应将规律作息与睡眠保障纳入学校与家庭共同管理框架,推动运动促进与睡眠保障的综合策略,以提高体重管理的整体效能与可持续性。

本研究具有以下优势:其一,采用前瞻性队列设计,并以随访末次测量判定全身性与中心性肥胖新发,有助于明确暴露与结局的时间顺序;其二,使用加速度计对MVPA进行客观监测,降低自陈数据可能产生的回忆与报告偏倚;其三,基于3次MVPA重复测量识别变化类型并同时分析两类肥胖结局,提高对行为变化与肥胖进展关系的理解。本研究也存在局限:其一,有效样本量相对有限且快速下降型样本数较少,可能影响估计精度与统计效能,并限制进一步开展性别分层或交互效应检验;其二,K-means分型对参数设定与初值敏感,分型不确定性难以量化,结论需结合稳健性检验审慎解释;其三,随访期为2年且测量时间点有限,尚不足以覆盖肥胖的长期发展过程;其四,饮食摄入、久坐与屏幕行为、学业负担、课外培训以及性成熟水平等潜在混杂与情境变量未能充分纳入,仍可能存在残余混杂。后续研究宜扩大样本、延长追踪并补充关键行为、情境与发育变量,以进一步验证本研究所得结论。

参考文献:

- [1] Obesity and overweight fact sheet[EB/OL]. (2022-03-28) [2025-12-26]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- [2] 中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)[J]. 营养学报, 2020, 42(6): 521.
- [3] O'MALLEY G C, SHULTZ S P, THIVEL D, et al. Neuromusculoskeletal health in pediatric obesity: Incorporating evidence into clinical examination[J]. Curr Obes Rep, 2021, 10(4): 467-477.
- [4] BLOND K, VISTISEN D, AARESTRUP J, et al. Body mass index trajectories in childhood and incidence rates of type 2 diabetes and coronary heart disease in adulthood: A cohort study[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2022, 191: 110055.
- [5] CHEN P, WANG D, SHEN H, et al. Physical activity and health in Chinese children and adolescents: Expert

- consensus statement(2020)[J]. *Br J Sports Med*, 2020, 54(22): 1321-1331.
- [6] 张娜, 朱文丽, 张曼, 等. 《中国学龄儿童膳食指南(2022)》解读[J]. *中国学校卫生*, 2022, 43(6): 805-808.
- [7] BULL FC, AL-ANSARI SS, BIDDLE S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour[J]. *Br J Sports Med*, 2020, 54(24): 1451-1462.
- [8] XUE T T, GAO X X, WANG L M, et al. Insufficient physical activity among students aged 6~17 years in China, 2016-2017[J]. *Biomed Environ Sci*, 2024, 37(5): 531-536.
- [9] 谢吉春, 赵阳, 徐瑞霖. 儿童青少年 24 h 活动行为构成与肥胖指标的关系[J]. *中国学校卫生*, 2025, 46(8): 1093-1097.
- [10] 李丹, 郑华涛, 马仁涛, 等. 中国老年人身体活动变化轨迹与慢性病共病的关联: 基于 CHARLS 数据的实证研究[J]. *体育学刊*, 2025, 32(5): 144-152.
- [11] 王超, 陈佩杰, 庄洁, 等. 加速度计以不同采样间隔测量儿童青少年日常体力活动时间的一致性研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2012, 31(9): 759-765+771.
- [12] ANDERSON CB, HAGSTRÖMER M, YNGVE A. Validation of the PDPAR as an adolescent diary: Effect of accelerometer cut points[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2005, 37(7): 1224-1230.
- [13] ZHU Z, CHEN P, ZHUANG J. Intensity classification accuracy of accelerometer-measured physical activities in Chinese children and youth[J]. *Res Q Exerc Sport*, 2013, 84(Suppl 2): S4-S11.
- [14] 中国肥胖问题工作组. 中国学龄儿童青少年超重、肥胖筛查体重指数值分类标准[J]. *中华流行病学杂志*, 2004(2): 10-15.
- [15] 刘冰阳, 姜冉华, 厉平, 等. 应用腰围身高比、腰臀比预测儿童青少年代谢综合征的最佳切点值的研究[J]. *中国医科大学学报*, 2017, 46(5): 434-438+443.
- [16] SADEH A, SHARKEY K M, CARSKADON M A. Activity-based sleep-wake identification: An empirical test of methodological issues[J]. *Sleep*, 1994, 17(3): 201-207.
- [17] TREMBLAY M S, CARSON V, CHAPUT J P, et al. Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2016, 41(6 Suppl 3): S311-S327.
- [18] MATHISEN F K S, TORSHEIM T, FALCO C, et al. Leisure-time physical activity trajectories from adolescence to adulthood in relation to several activity domains: A 27-year longitudinal study[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2023, 20(1): 27.
- [19] HOWIE E K, MCVEIGH J A, SMITH A J, et al. Physical activity trajectories from childhood to late adolescence and their implications for health in young adulthood[J]. *Prev Med*, 2020, 139: 106224.
- [20] 陈元, 王丽娟, 梁果, 等. 儿童青少年 24 h 活动与肥胖进展的关系——基于上海市 318 名小学生 2 年的前瞻性队列研究[J]. *上海体育学院学报*, 2022, 46(6): 41-51.
- [21] TELAMA R, YANG X, LESKINEN E, et al. Tracking of physical activity from early childhood through youth into adulthood[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2014, 46(5): 955-962.
- [22] 辛飞, 唐炎. 儿童青少年身体活动水平的代际影响与促进策略[J]. *体育科学*, 2025, 45(3): 26-33.
- [23] AGBAJE A O. Waist-circumference-to-height-ratio had better longitudinal agreement with DEXA-measured fat mass than BMI in 7237 children[J]. *Pediatr Res*, 2024, 96(5): 1369-1380.
- [24] 李抒, 曹蕊, 邹昱, 等. 高强度间歇训练对肥胖儿童内脏脂肪和心肺适能的影响[J]. *体育学刊*, 2023, 30(4): 138-144.
- [25] CHEN H, WANG L J, XIN F, et al. Associations between sleep duration, sleep quality, and weight status in Chinese children and adolescents[J]. *BMC Public Health*, 2022, 22(1): 1136.
- [26] 张鑫星, 刘清, 吴英, 等. 2023 年上海市奉贤区某社区小学生超重肥胖现状及影响因素[J]. *上海预防医学*, 2025, 37(8): 687-691+696.