

• 运动与儿童体重管理专栏 •

基于数智健康技术的学龄前儿童肥胖综合干预的预实验研究

严诗钰¹, 张莉², 殷春杰¹, 段雪霞², 李燕², 王海俊¹1. 北京大学公共卫生学院妇幼卫生学系, 北京大学医学部-潍坊市妇幼健康联合研究中心,
北京 100191; 2. 山东省妇幼保健院

摘要: **目的** 探讨基于数智健康技术的“幼儿园-家庭-医疗”多方协作模式在学龄前儿童肥胖干预中的效果, 为未来大规模、高质量的随机对照试验提供实践经验与科学依据。 **方法** 2025 年 4 月, 选取山东省济南市 1 所幼儿园的 8 个中班和大班, 共 176 名 4~6 岁儿童, 开展为期 3 个月的健康体重管理干预。研究构建了“幼儿园-家庭-医疗机构”三位一体的干预体系, 依托课题组开发的数智健康平台, 根据儿童基线体重状况及肥胖相关行为风险, 设定三级干预措施: 一级(一般儿童)接受常规健康教育和生长监测; 二级(高风险儿童)在此基础上增加个性化目标设定和健康行为反馈; 三级(超重或肥胖儿童)进一步结合动机访谈和医生指导。通过干预前后评估儿童身体测量指标及肥胖相关行为的变化来评价干预效果。 **结果** 干预后儿童的体质指数(BMI)与 BMI Z 评分下降(分别减少 0.15 kg/m² 和 0.09, $P < 0.01$), 腰围身高比和体脂百分比也降低($P < 0.01$)。超重率和肥胖率分别下降 10.79%、5.69%, 超重和肥胖儿童的身体测量指标改善效果更明显。干预后儿童达成减少油炸食品和不喝含糖饮料的目标人数增加($P < 0.01$), 其中肥胖儿童的日均能量摄入下降 286.44 kCal; 呈身体活动增加、静态时间减少的趋势。儿童家长对干预措施的依从性较好, 数智健康平台使用率约为 80%, 参与项目的满意度较高。 **结论** 基于数智健康平台的肥胖综合干预模式可有效改善学龄前儿童的身体测量指标和肥胖相关行为。未来需开展更长周期及更大样本的随机对照干预试验, 以验证该干预技术的效果。

关键词: 学龄前儿童; 肥胖; 干预; 数智健康

中图分类号: R179

文献标识码: A

文章编号: 1008-6579(2026)01-0010-07

doi: 10.11852/zgetbjzz2025-0995

Pilot study of a comprehensive obesity intervention for preschool children based on digital-intelligence health technology

YAN Shiyu¹, ZHANG Li², YIN Chunjie¹, DUAN Xuexia², LI Yan², WANG Haijun¹

1. Department of Maternal and Child Health, School of Public Health, Peking University, Peking University Health Science Center-Weifang Maternal and Child Health Joint Research Center, Beijing 100191, China;

2. Shandong Maternal and Child Health Hospital

Corresponding authors: WANG Haijun, E-mail: whjun@pku.edu.cn; LI Yan, E-mail: liyanxj@sina.com

Abstract: **Objective** To evaluate the effectiveness of a digital-intelligence health technology-based, multi-sector collaborative model (kindergarten-family-healthcare) for obesity intervention in preschool children, in order to provide practical insights and a scientific basis for future large-scale, high-quality randomized controlled trials (RCTs). **Methods** A total of 176 children aged 4 - 6 years from a kindergarten in Jinan, Shandong Province, participated in a 3-month weight management intervention starting in April 2025. The study established a tripartite intervention system involving kindergartens, families, and healthcare institutions, supported by a digital-intelligence health platform developed by the research team. Based on baseline weight status and obesity-related behavioral risks, three intervention levels were implemented: Level 1 (general children) received routine health education and growth monitoring; Level 2 (high-risk children) additionally received individualized goal setting and behavioral feedback; Level 3 (overweight or obese children) further incorporated motivational interviewing and physician guidance. Changes in anthropometric indicators and obesity-related behaviors were assessed before and after the intervention. **Results** After the intervention, children's BMI and BMI Z-scores significantly decreased (by 0.15 kg/m² and 0.09, respectively, $P < 0.01$), along with significant reductions in waist-to-height ratio and body fat percentage ($P < 0.01$). Rates of overweight and obesity declined by 10.79%, 5.69%, respectively. Improvements in anthropometric measures were more pronounced among overweight and obese children. The

基金项目: 中国学生营养与健康促进会-美赞臣学优营养科研基金(CASNHP-MJN2023-02); 国家自然科学基金面上项目(82473640)**作者简介:** 严诗钰(2000—), 女, 在读博士, 主要研究方向为儿童早期生长发育。**通信作者:** 王海俊, E-mail: whjun@pku.edu.cn; 李燕, E-mail: liyanxj@sina.com

number of children achieving the goals of reducing fried food intake and avoiding sugar-sweetened beverages increased ($P < 0.01$). Among obese children, daily energy intake decreased by 286.44 kCal. There was also a trend toward increased physical activity and reduced sedentary time. Parents showed good compliance to intervention measures, with approximately 80% utilization of the digital-intelligent health platform and high satisfaction with participation. **Conclusions** A comprehensive obesity intervention model supported by a digital-intelligence health platform can effectively improve anthropometric indicators and obesity-related behaviors among preschool children. Larger and longer randomized controlled trials are warranted to further validate its effectiveness.

Keywords: preschool children; obesity; intervention; digital-intelligence health

近年来,全球范围内儿童肥胖问题日益严重^[1-2]。我国 6 岁以下儿童的超重肥胖率已在 2019 年达到 10.4%^[3]。儿童期肥胖不仅危害当前的健康状态,如导致代谢紊乱、高血压、心理疾病等问题,还会显著增加未来罹患心血管疾病、2 型糖尿病的风险^[4-5]。学龄前期是肥胖干预的“黄金窗口”,其营养状况高度预测后期的体重结局,研究表明约 90% 在 3 岁时肥胖的儿童在青春期仍为超重或肥胖^[6]。因此,针对学龄前儿童开展早期、科学、系统的肥胖预防干预具有重要意义。

目前国内外针对学龄前儿童的预防性肥胖干预研究有效证据不足。首先是高质量研究数量有限,且约 90% 的研究来自高等收入国家,在中等或低收入国家中,缺乏大样本、长期随访的随机对照试验^[7],在中国目前仅有一项在广州 6 所幼儿园 984 名儿童中开展的非随机对照试验,发现干预组儿童的 BMI Z 评分增幅小于对照组^[8],另外发表的研究为超重肥胖儿童的管理性研究^[9-10]。其次,我国幼托制度存在特色,例如普遍实行“五天制”和“三餐两点”(早中晚三餐和两次点心)集中供餐,干预模式需结合中国特色,尚缺乏系统的可操作的“幼儿园-家庭-医疗”协同机制。另外,尽管数智健康技术在成人与青少年体重管理中表现出一定优势,但其在学龄前儿童中的有效性和操作性尚未得到充分验证^[11-13]。鉴于此,本研究总结国内外相关经验,基于课题组针对学龄儿童的干预技术^[14],结合幼儿园实地调研及访谈,完善适用于学龄前儿童的干预方案,并开发数智健康平台。本研究在山东省济南市 1 所幼儿园 4 个中班和 4 个大班的儿童进行了 3 个月的干预,评估其效果,为后续大规模儿童肥胖干预提供科学依据。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究经山东省妇幼保健院伦理委员会审查批准(N0. 2025-042)),由该院健康教育科在山东省济南市协助联系一所配合度较高的幼儿园,作为干预实施单位。2025 年 4 月,选取该园所有中

班和大班全体儿童作为干预对象。纳入标准:儿童的主要照料者愿意配合并签署书面知情同意书,儿童具备参与集体活动的基本能力。排除标准:1)儿童主要照料者无法熟练使用手机,无法通过数智健康平台接受干预信息;2)儿童存在严重心、肺、肝、肾等重要器官疾病史(如先天性心脏病、高血压、哮喘等);3)特殊饮食习惯(如严格素食者);4)儿童存在病理性进食障碍或影响身体活动的疾病。研究在 8 个班级招募(共 224 人),最终共纳入 176 名儿童,其中男生 90 名,女生 86 名,平均年龄为 (5.58 ± 0.60) 岁。

1.2 方法

1.2.1 干预内容 本研究干预周期为 3 个月(2025 年 4—6 月),构建了“幼儿园-家庭-医疗机构”三位一体的综合干预模式,依托课题组开发的数智健康平台,实施儿童体重管理分层干预。干预内容聚焦核心健康信息,包括“三少二不一多”行为建议(即减少零食、油炸食品和外出就餐,避免暴饮暴食和饮用含糖饮料,增加膳食纤维摄入)以及“3-2-1 活动法则”(每日总体身体活动时间不少于 3h,其中户外活动不少于 2h,屏幕时间不超过 1h)。根据儿童基线体重状况及肥胖相关行为风险,设定三级干预强度:1)一级(一般儿童):体重正常、无明显高风险行为,接受常规健康教育和生长监测;2)二级(高风险儿童):体重正常但存在一个及以上不良生活行为,除接受一级干预外,增加个性化目标设定与健康行为反馈;3)三级(超重或肥胖儿童):依据中国(WS/T 423-2022)^[15]及 WHO 标准^[16]判断儿童超重肥胖状态,除接受一级和二级内容外,进一步提供动机访谈与医生指导。

干预措施由三方协同实施。1)幼儿园:经培训的教师向所有儿童开展 6 次标准化健康教育课程;在日常活动中,针对二级和三级儿童加强饮食与身体活动行为的监督;2)家庭:组织家长会,介绍干预要点及平台使用方式,并提供多形式健康教育材料(纸质及平台推送);二级儿童家长完成行为目标设定并每周进行行为监督和查看健康反馈;三级儿童

家庭接受每月一次的面对面或电话动机访谈;3)医疗机构提供健康咨询和必要的专业指导,尤其对高干预等级儿童提供指导与支持;4)数智健康平台:包括家长端、教师端、医疗端与项目管理端,进行定期的健康教育材料推送,实现儿童生长发育数据可视化、行为动态监测和个性化建议推送,每周生成健康评估报告,并加强多方联动与数据共享。

1.2.2 体检项目 体检由经过统一培训的专业人员在幼儿园内按标准流程进行,所有测量工具在使用前均进行校准和调试。除体脂百分比的测量仅进行 1 次外,所有体检指标均测量 2 次并取平均值进行分析。所有体检项目在干预前(基线)和干预结束后(3 个月末)进行测量。1)身高与体重:要求儿童脱鞋,穿轻薄的衣物,分别采用校准后的机械式身高测量仪及电子体重秤测量身高及体重。2)腰围:儿童在自然站立位下测量,测量时要求呼气末屏气,在肋骨下缘与髂前上棘连线中点水平位置进行测量,使用非弹性软尺。3)体脂百分比:采用多频生物电阻抗分析仪(Tanita MC-780 MA, Japan)测定,测量前要求儿童空腹或饭后至少 2 h,排空小便,赤足站立于仪器电极板上,保持静止姿势,由仪器自动读取体脂百分比指标。

1.2.3 问卷调查 本研究收集多维度的肥胖相关生活行为信息,包括:1)膳食摄入情况:采用经验证的学龄前儿童食物频率问卷(Food Frequency Questionnaire, FFQ)^[17]评估儿童过去一个月内在谷类、果蔬、肉类、奶制品、饮料及加工食品等 38 类食物的摄入频率(六级评分,0~5 分)。该量表的内部一致性较高(Cronbach's α 系数为 0.861)。2)儿童饮食行为:使用儿童饮食行为问卷(Children's Eating Behavior Questionnaire, CEBQ)^[17]进行评估,主要包含食物反应性与偏好等维度。中文版 CEBQ 的 Cronbach's α 系数为 0.571~0.822,显示中等至良好的信度。3)父母喂养行为:采用中国学龄前儿童主要照料者喂养行为量表(Chinese Preschooler's Caregivers Feeding Behavior Scale, CPCFBS)评估父母喂养行为^[18],涵盖七个维度。该量表显示良好的信度与稳定性(Cronbach's α 系数为 0.91,分半信度为 0.89,重测信度为 0.80)。4)身体活动与久坐行为:参考 WHO《全球学校学生健康调查》(Global School-based Student Health Survey, GSHS)^[19]以及国际上经过验证的单项身体活动测量问题^[20-21]。该方法具有较高的重测信度(Spearman 相关系数为 0.72~0.82),并且在判断受试者是否达到当前身体活动推荐量的分类中显示出

良好的一致性(Kappa = 0.63, 95% CI: 0.54 ~ 0.72)。

1.2.4 针对肥胖儿童的额外调查项目 为进一步评估强化干预对肥胖儿童饮食摄入和身体活动的影响,本研究对肥胖儿童(19 人)开展了额外的测量。1)饮食评估:采用 3 天 24 小时膳食调查法,覆盖 2 个工作日与 1 个周末。研究团队为所有参与班级及家庭配备电子厨房秤。在 2 个工作日内,由经过培训的幼儿园教师负责称量和记录儿童在园期间所有饮食摄入情况,额外摄入及剩余食物亦需称量记录,并拍照以便质量控制。家庭部分的记录覆盖两个工作日晚间及一个周末全天,由家长在研究人员指导下,使用电子秤称量儿童的所有进食,并通过“薄荷健康”微信小程序录入相关数据并提供照片。研究人员通过管理后台实时监控数据质量,并结合照片进行核查。最终将三天的饮食数据整合,并进一步将膳食调查数据分类为谷类食物、蔬菜、水果、奶类、豆类、动物性食物,计算各食物类别的中国学龄前儿童平衡膳食指数(Chinese Diet Balance Index for Preschool Children, DBI_C)^[22]。2)身体活动与久坐行为监测:肥胖儿童需佩戴 ActiGraph GT3XP 三轴加速度计进行为期 7 天的客观身体活动监测。设备佩戴位置为右腰部,仅在洗澡或游泳时脱下。研究人员将对家长和教师进行佩戴规范及记录要求的培训。家长需在每日晚间填写佩戴日志。有效数据的标准为:每天佩戴时间不少于 480min,且至少满足 2 个工作日与 1 个周末日的监测数据。连续 20 分钟记录为“0”计数将被视为非佩戴时间。数据将根据 Evenson(2008)^[23]标准进行分类:静坐行为(0~100 counts/min)、轻度活动(101~2 295 counts/min)、中度活动(2 296~4 011 counts/min)和剧烈活动(> 4 011 counts/min),以量化儿童在不同活动强度下的时间分布。

1.2.5 干预结局指标 主要结局指标为体质量指数(body mass index, BMI)Z 评分,根据儿童的身高和体重计算 BMI 后,采用 WHO 学龄前儿童生长标准曲线,校正年龄和性别,得出 BMI Z 评分。次要结局指标包括其他身体测量指标,如 BMI、腰围、腰高比、体脂百分比,以及超重率、肥胖率和超重肥胖总率等。同时还评估多项行为结局指标,包括食物摄入频率与膳食摄入量、儿童饮食行为、父母喂养行为、身体活动与久坐行为。

1.2.6 质量控制 所有项目人员及参与教师均接受统一培训,确保数据采集的可靠性。通过数智平台后台监测干预内容的完成情况,与教师及时沟通,

保障干预方案的一致执行。采用双人独立录入、逻辑校验与异常值复核,确保数据的准确性与完整性。

1.3 统计学方法 统计分析采用 R 4.4.2 软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数(%)表示。BMI Z 评分因已校正性别和年龄,故采用配对 t 检验分析干预前后差异;其他连续变量则采用混合效应模型的重复测量分析,进一步校正性别和年龄,评估干预效果;分类变量(如超重率、肥胖率)采用 McNemar 检验比较干预前后差异。统计检验均为双侧, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 干预前后身体测量指标的变化 本研究共纳入 176 例儿童。干预前共有超重儿童 38 例(21.59%)、肥胖儿童 19 例(10.80%);干预后,超重

儿童减少至 19 例(10.80%),肥胖儿童减少至 9 例(5.11%),整体超重肥胖率下降 16.48% ($P < 0.01$)。总体分析显示,干预后所有儿童的平均身高增加 2.39 cm ($t = 33.59, P < 0.01$);体重增加 0.66kg,但 BMI 及 BMI Z 评分分别下降 0.15kg/m² 和 0.09,差异有统计学意义($P < 0.01$),说明在保证儿童正常生长发育的同时有效控制了体重。其中,正常儿童的 BMI 平均下降 0.06 kg/m²,BMI Z 评分下降 0.03,且无消瘦情况出现。腰围略有增加,但腰高比和体脂百分比均呈下降趋势($P < 0.01$)。分层分析发现,在超重肥胖儿童中,身高同样呈增长趋势(2.05cm, $P < 0.01$),体重只增加了 0.05kg。BMI 和 BMI Z 评分分别下降 0.57kg/m² 和 0.33,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。腰围变化不明显,但腰高比和体脂百分比下降($P < 0.01$)。见表 1。

表 1 干预前后所有儿童和超重肥胖儿童身体测量指标的变化($\bar{x} \pm s$)
Tab. 1 Changes in body measurement indicators for all children and for overweight/obese children before and after the intervention($\bar{x} \pm s$)

指标	干预前	干预后	差值	t/χ^2 值	P 值
所有儿童($n=176$)					
身高(cm)	115.07±6.00	117.46±6.28	2.39	33.59 ^a	<0.01
体重(kg)	20.84±3.91	21.50±3.95	0.66	13.80 ^a	<0.01
BMI(kg/m ²)	15.63±1.85	15.49±1.73	-0.15	-3.93 ^a	<0.01
BMI Z 评分	0.13±1.09	0.03±1.03	-0.09	-3.83 ^a	<0.01
腰围(cm)	53.40±4.59	53.71±4.67	0.31	1.94 ^a	0.06
腰高比	0.46±0.03	0.46±0.03	-0.01	-5.91 ^a	<0.01
体脂百分比(%)	12.20±4.78	10.30±5.02	-1.90	-13.06 ^a	<0.01
超重(例,%)	38 (21.59)	19 (10.80)	-10.79	12.45 ^b	<0.01
肥胖(例,%)	19 (10.80)	9 (5.11)	-5.69	8.33 ^b	<0.01
超重肥胖(例,%)	57 (32.39)	28 (15.91)	-16.48	27.13 ^b	<0.01
超重肥胖儿童($n=57$)					
身高(cm)	117.13±6.36	119.18±6.55	2.05	20.47 ^a	<0.01
体重(kg)	24.92±4.60	24.97±4.60	0.05	4.02 ^a	<0.01
BMI(kg/m ²)	18.02±1.83	17.45±1.81	-0.57	-5.34 ^a	<0.01
BMI Z 评分	1.57±0.78	1.24±0.80	-0.33	-5.39 ^a	<0.01
腰围(cm)	58.49±5.14	58.38±5.26	-0.12	0.33 ^a	0.75
腰高比	0.50±0.03	0.49±0.03	-0.01	-4.53 ^a	<0.01
体脂百分比(%)	18.29±4.59	16.04±5.60	-2.24	-7.79 ^a	<0.01
超重(例,%)	38 (66.67)	19 (33.33)	-33.34	12.45 ^b	<0.01
肥胖(例,%)	19 (33.33)	8 (14.04)	-19.29	8.33 ^b	<0.01
超重肥胖(例,%)	57 (100.00)	27 (47.37)	-52.63	27.13 ^b	<0.01

注:^a t 值,^b χ^2 值。

2.2 干预前后所有儿童及家长饮食相关行为指标的变化 干预前后,儿童各类食物摄入频率变化均无统计学意义($P > 0.05$)。健康行为目标方面,减少油炸食品(≤ 1 次/周)的儿童比例由 28.41%增加为 72.73%,不喝含糖饮料(0次/周)的儿童比例由 34.66%增至 77.27%,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。儿童饮食行为和家长喂养行为各维度的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 干预前后肥胖儿童膳食摄入情况 干预后能

量摄入呈下降趋势(减少了 286.44kCal),但未达到统计学意义;蛋白质摄入增加,脂肪和碳水化合物摄入有所减少,但变化均无统计学意义。甜食和油炸食品的摄入量干预后已降至 0。在膳食质量评价指标 DBI_C 评分方面,各类食物的评分变化均无统计学意义。但从评分数值上看,肥胖儿童仍然存在谷类、动物性食物摄入过多(DBI_C 评分 > 0),奶类摄入不足的问题(DBI_C 评分 < 0)。见表 3。

表 2 干预前后所有儿童饮食行为、食物频率以及家庭喂养行为的变化($\bar{x} \pm s$)

Tab. 2 Changes in dietary behaviors, food frequency, and family feeding practices for all children before and after the intervention($\bar{x} \pm s$)

指标	干预前	干预后	差值	t/χ^2 值	P 值
食物摄入频率(次/周)					
主食	3.16±1.22	3.08±1.02	-0.08	-0.52 ^a	0.61
肉蛋类	2.58±1.05	2.47±0.87	-0.11	-0.73 ^a	0.47
油炸食物	1.22±1.31	1.00±0.75	-0.23	-1.39 ^a	0.17
蔬菜水果	3.84±1.83	3.48±1.72	-0.36	-1.48 ^a	0.15
豆奶类	2.89±1.29	2.99±1.48	0.10	0.60 ^a	0.55
零食	1.67±1.31	1.58±1.04	-0.09	-0.65 ^a	0.52
含糖饮料	0.75±1.41	0.69±0.90	-0.06	-0.34 ^a	0.74
腌制食物	0.44±1.45	0.18±0.71	-0.26	-1.28 ^a	0.21
健康行为目标实现情况					
减少油炸食物(≤1 次/周)(例,%)	50 (28.41)	128 (72.73)	44.32	72.31 ^b	<0.01
减少零食(≤1 次/周)(例,%)	25 (14.20)	31 (17.61)	3.41	2.12 ^b	0.44
不喝含糖饮料(0 次/周)(例,%)	61 (34.66)	136 (77.27)	42.61	73.01 ^b	<0.01
儿童饮食行为					
饱腹反应	2.64±0.54	2.52±0.59	-0.12	1.03 ^a	0.29
进食缓慢	2.38±0.72	2.23±0.62	-0.14	1.52 ^a	0.13
挑食行为	2.56±0.42	2.53±0.41	-0.02	0.33 ^a	0.75
食物反应性	2.27±0.78	2.22±0.87	-0.05	0.61 ^a	0.54
食物偏好	3.47±0.84	3.58±0.97	0.11	-0.94 ^a	0.35
对饮料的渴望	1.95±0.93	1.90±0.85	-0.05	0.44 ^a	0.66
情绪性进食不足	2.32±0.88	2.18±0.79	-0.14	1.23 ^a	0.22
情绪性过量饮食	1.88±0.50	1.94±0.58	0.06	-0.70 ^a	0.49
家长喂养行为					
喂养责任	3.82±0.64	3.91±0.74	0.10	-1.19 ^a	0.24
体重关注	2.02±1.12	2.01±1.02	-0.02	0.14 ^a	0.89
鼓励健康饮食	3.93±0.58	3.96±0.67	0.03	-0.38 ^a	0.70
限制性喂养	3.81±0.77	3.78±0.80	-0.04	0.30 ^a	0.76
行为限制性喂养	3.95±0.70	3.96±0.81	0.01	-0.10 ^a	0.92
强迫进食	2.88±0.81	3.05±0.94	0.17	-1.38 ^a	0.17
喂养监督	3.95±0.84	3.90±1.00	-0.05	0.45 ^a	0.66

注:^a t 值,^b χ^2 值。

表 3 干预前后肥胖儿童膳食摄入情况($\bar{x} \pm s$)

Tab. 3 Changes in dietary intake for obese children before and after the intervention($\bar{x} \pm s$)

指标	干预前	干预后	差值	t 值	P 值
膳食摄入情况					
能量(kCal)	1 440.30±179.65	1 153.86±111.61	-286.44	-2.35	0.08
蛋白质(g)	60.83±9.33	77.84±57.31	17.02	0.68	0.53
脂肪(g)	60.87±9.67	50.13±5.98	-10.74	-1.61	0.18
碳水化合物(g)	167.76±30.57	111.41±47.28	-56.35	-1.95	0.12
谷物类(g)	436.19±241.10	445.30±229.81	9.11	0.29	0.79
动物性食物(g)	160.98±44.48	139.42±14.05	-21.56	-1.01	0.37
奶制品(g)	231.34±86.17	183.70±119.80	-47.65	-0.97	0.39
蔬菜(g)	201.41±37.96	181.27±93.91	-20.14	-0.37	0.73
水果(g)	125.03±59.41	113.39±30.90	-11.64	-0.32	0.77
甜食(g)	3.14±7.03	0.00±0.00	-3.14	-1.00	0.37
油炸食品(g)	2.29±3.73	0.00±0.00	-2.29	-1.37	0.24
DBI_C 评分情况					
谷类 DBI_C 评分	4.80±5.76	5.20±4.82	0.40	0.34	0.75
动物性食物 DBI_C 评分	3.20±4.15	2.40±5.37	-0.80	-0.28	0.79
蔬菜 DBI_C 评分	-0.20±0.45	-0.60±1.34	-0.40	-0.59	0.59
水果 DBI_C 评分	-1.80±1.10	-1.80±1.30	0.00	0.00	1.00
奶类 DBI_C 评分	-2.00±1.22	-2.80±2.05	-0.80	-0.93	0.41

2.4 干预前后儿童身体活动与静态行为的变化
所有儿童中高等强度身体活动进行的天数和总时长

均呈小幅增加,久坐时间略有减少,但差异均未达统计学意义($P>0.05$)。儿童进行中高等强度活动的

天数由 3.68d 增至 3.95d,总时长增加约 53min,每日久坐时间减少 10min。在肥胖儿童中,加速度计测量结果显示,周平均久坐时间由 403.97min 降至 377.27min,中高等强度身体活动时间略有增加(175.68min 至 185.49min),一周达到中高等强度目标的天数从 5.33d 增加至 6.00d。干预可能对增加活动量、减少久坐行为有一定积极作用。

2.5 干预的依从性 在纳入的 176 名儿童中,所有家庭均注册并参与了数智健康平台的干预管理。其中,共有 121 名家长完成了干预期间的行为记录,占总样本的 68.8%。此外,有 156 名家长阅读了平台推送的健康科普材料,占比 88.6%。在幼儿园层面,教师共计组织了 41 次健康教育课程,占计划总次数(48 次)的 85.4%。为进一步评估干预的接受度与执行情况,研究团队还开展了与家长和教师的半结构化定性访谈。访谈内容包括对干预内容的理解、可接受性、平台使用便利性、儿童行为变化的观察,以及对未来干预持续性和优化的建议。多数家长 and 教师反馈干预内容实用、平台操作便捷、儿童有积极变化,对干预项目整体表示较高满意度。

3 讨论

3.1 干预措施的有效性 本研究在课题组前期针对学龄儿童肥胖干预经验的基础上^[14],针对学龄前阶段的特点进行了优化和改进,开发了更适配低龄儿童的健康教育材料和数智健康平台,构建“幼儿园-家庭-医疗机构”三方联动干预体系,应用于济南市 1 所幼儿园中、大班的 176 名儿童。为期 3 个月的干预显示,儿童的 BMI、BMI Z 评分、体脂百分比等关键身体指标的改善具有统计学意义,超重率和肥胖率明显下降,特别是在超重肥胖儿童中,干预效果更加突出。

尽管本研究未设对照组,存在一定局限性,为更客观评估干预效果,参照了标准生长曲线^[15-16]和济南市其他三个幼儿园 683 名 5~7 岁儿童(中班和大班)BMI 自然变化数据(2022—2023 年度)。据后者显示,在无干预情况下,3 个月内正常体重儿童的 BMI 平均上升 0.02kg/m²,而超重肥胖儿童 BMI 平均下降 0.05kg/m²。而本干预使正常儿童的 BMI 平均下降 0.06kg/m²,且无消瘦情况出现,超重肥胖儿童 BMI 平均下降 0.57kg/m²,支持干预措施的有效性,为后续大规模、随机对照试验提供了重要的可行性依据。

3.2 健康行为改变的成效与挑战 在健康行为方面,本研究虽未观察到儿童不健康食物(如甜食、油

炸食品)摄入频率在干预前后出现统计学意义上的显著改变,但在具体行为目标达成方面呈现出差异。具体而言,减少油炸食物和不喝含糖饮料的目标达成率均有所提升,尤其在肥胖儿童中,甜食和油炸食品的摄入量干预后已降至零。相较之下,减少零食摄入的目标达成率提升有限,提示该方面的干预力度仍需加强。在肥胖儿童中,膳食调查结果显示,干预后总能量摄入虽略有下降,但差异未达统计学意义,可能与样本量较小有关;其膳食结构仍有优化空间,未来干预需合理控制谷类和动物性食物的摄入量;鼓励学龄前儿童足量饮奶。在总体人群中,儿童饮食行为和喂养行为均无显著改善,可能因饮食与喂养习惯较为稳定,短期干预难以改变,加之干预内容偏重知识传递、缺乏实践环节。未来将延长干预与随访周期,强化家长参与和情境化实践。干预措施可能在促进身体活动方面已产生初步积极效果,可以保持该干预措施,观察长期效果。

3.3 本研究干预模式的创新与优势 相较于前期干预研究,本研究的优势体现在以下三方面。1)多部门协同的干预网络:已有研究指出,多层次协同机制是提高早期儿童肥胖干预效果的关键^[24-25]。本研究借助我国托幼机构集中管理的优势,构建“幼儿园-家庭-医疗”三位一体干预模式,强化多方协作机制,共同营造支持学龄前儿童健康体重管理的综合环境。2)智能化健康平台支持:基于行为改变理论(目标设定理论^[24]、计划行为理论^[26]),平台具备生长监测、智能目标设定、动态反馈、多方沟通等功能,降低传统线下干预的参与成本,增强行为改变动力。3)分层干预机制:根据儿童体重状况及肥胖相关行为,设定不同干预强度,实现资源的优化配置和干预成本的控制。

3.4 数智健康技术的应用 当前,数智健康技术在儿童肥胖干预中的应用日益广泛,具有打破时间与空间限制、提高干预效率的优势。然而,依从性低仍是其面临的主要挑战。既往研究显示,面向家长的 APP 干预中脱落率普遍在 12%~29%之间,参与依从性随时间递减^[27]。此外,已有针对学龄前儿童的数智健康干预研究结果也不尽理想,普遍未能观察到显著的干预效果^[28-29]。本研究通过后台数据监测、系统推送提醒、教师定期督促等多策略,保证了平台使用率(约 80%),并且未有家长退出研究,说明平台具备一定的可持续性与操作性。然而,要实现更大范围推广,仍需强化项目管理人员、教师和家长之间的反馈通道,将平台功能更好地融入幼儿园日常管理系统中,以提升监督效率和干预依从性。

3.5 综合评价和未来优化方向 本次预实验结果表明,干预在多方面都达到了项目的预期效果:1)身体指标改善:干预后儿童 BMI、BMI Z 评分、体脂百分比均下降,超重和肥胖率显著降低,尤其在超重肥胖儿童中效果更突出,但并没有增加消瘦率,说明干预方案能够在保证正常生长发育的同时控制体重。2)饮食行为改善:减少油炸食品和含糖饮料摄入的目标基本实现,在肥胖儿童中这两类食物的摄入量降至零,提示饮食指导和平台监督在特定行为改变上具有良好可行性。3)干预依从性好:绝大多数家长 and 教师完成了平台使用、健康教育和课程执行任务,显示该干预模式具有较好接受度和可操作性。同时,预实验结果也提示干预项目有进一步优化的空间:1)膳食结构改善有限:总体饮食结构变化不大,肥胖儿童虽显示总能量摄入下降,但谷类和动物性食物摄入仍偏高,提示未来需在饮食指导中更加强调食物种类与结构的合理搭配。2)行为指标改变不足:儿童饮食行为和家長喂养方式未见明显改善,说明单纯知识传递难以带来实质性改变,后续干预应更多结合家庭养育技能培训,营造支持性的家庭健康氛围,从而逐步促进儿童养成健康行为。3)身体活动效果有限:结合前期病例对照研究结果,身体活动可能并非学龄前儿童肥胖的主要决定因素。本研究中相关指标亦未见显著改善,提示在未来大规模干预中可适当简化身体活动相关环节,避免干预内容过于复杂,从而影响整体依从性。

综上,本研究开发并验证了一套可行、可推广、具有初步干预效果的学龄前儿童肥胖综合干预技术。其优势在于整合多部门资源、借助数智健康平台提升效率以及分层干预促进卫生经济效益。未来研究可在本模式基础上,进一步扩大样本量、延长干预周期,并采用随机对照设计,探索其在更大人群中长期效果与推广路径。

参考文献

- [1] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-Risc). Worldwide trends in body mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults[J]. *Lancet*, 2017, 390(10113): 2627-2642.
- [2] Zhang X, Liu J, Ni Y, et al. Global prevalence of overweight and obesity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA Pediatr*, 2024, 178(8): 800-813.
- [3] 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. Report on nutrition and chronic disease status of chinese resi-

- dents (2020)[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2020, 42(6): 521. (in Chinese)
- [4] Di Cesare M, Sorić M, Bovet P, et al. The epidemiological burden of obesity in childhood: A worldwide epidemic requiring urgent action[J]. *BMC Med*, 2019, 17(1): 212.
- [5] Lindberg L, Danielsson P, Persson M, et al. Association of childhood obesity with risk of early all-cause and cause-specific mortality: A Swedish prospective cohort study[J]. *PLoS Med*, 2020, 17(3): e1003078.
- [6] Geserick M, Vogel M, Gausche R, et al. Acceleration of BMI in early childhood and risk of sustained obesity[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(14): 1303-1312.
- [7] Brown T, Moore TH, Hooper L, et al. Interventions for preventing obesity in children[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 7(7): Cd001871.
- [8] Hu Y, He JR, Liu FH, et al. Effectiveness of a kindergarten-based intervention for preventing childhood obesity[J]. *Pediatrics*, 2017, 140(6): e20171221.
- [9] 付爽, 严永军. 以家庭为基础的饮食+运动干预预防学龄前儿童超重肥胖的效果研究[J]. *河北体育学院学报*, 2024, 38(3): 70-75. Fu S, Yan YJ. Effect of a home-based diet and exercise intervention on preventing overweight and obesity in preschool children[J]. *J Hebei Sport Univ*, 2024, 38(3): 70-75. (in Chinese)
- [10] 程真华, 赵晨, 吴根秀. 食品交换份平衡膳食跟踪指导在超重肥胖学龄前儿童体重管理中的应用效果[J]. *中国当代医药*, 2025, 32(7): 92-96. Cheng ZH, Zhao C, Wu GX. Application effect of balanced diet tracking guidance with food exchange portions in weight management of overweight and obese preschool children[J]. *China Mod Med*, 2025, 32(7): 92-96. (in Chinese)
- [11] World Health Organization. mHealth: use of appropriate digital technologies for public health: report by the Director-General[Z/OL]. [2025-08-04]. <https://iris.who.int/handle/10665/274134>
- [12] Dounavi K, Tsoumani O. Mobile health applications in weight management: A systematic literature review[J]. *Am J Prev Med*, 2019, 56(6): 894-903.
- [13] Baumann H, Fiedler J, Wunsch K, et al. mHealth interventions to reduce physical inactivity and sedentary behavior in children and adolescents: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2022, 10(5): e35920.
- [14] Liu Z, Gao P, Gao AY, et al. Effectiveness of a multifaceted intervention for prevention of obesity in primary school children in China: A cluster randomized clinical trial[J]. *JAMA Pediatr*, 2022, 176(1): e214375.
- [15] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WST 423—2022 7 岁以下儿童生长标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [16] WHO. Obesity and overweight[Z/OL]. (2025-05-07)[2025-08-04]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

(下转第 22 页)

- Gastroenterol Hepatol, 2015, 9(8): 1055-1067.
- [4] Sarikaya I, Schierz JH, Sarikaya A. Liver: Glucose metabolism and 18F-fluorodeoxyglucose PET findings in normal parenchyma and diseases[J]. Am J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 11(4): 233-249.
 - [5] Hutchison AL, Tavaglione F, Romeo S, et al. Endocrine aspects of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD): Beyond insulin resistance[J]. J Hepatol, 2023, 79(6): 1524-1541.
 - [6] Fabbrini E, Magkos F, Mohammed BS, et al. Intrahepatic fat, not visceral fat, is linked with metabolic complications of obesity[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106(36): 15430-15435.
 - [7] Mucinski JM, Salvador AF, Moore MP, et al. Histological improvements following energy restriction and exercise: The role of insulin resistance in resolution of MASH[J]. J Hepatol, 2024, 81(5): 781-793.
 - [8] Guo R, Liong EC, So KF, et al. Beneficial mechanisms of aerobic exercise on hepatic lipid metabolism in non-alcoholic fatty liver disease[J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2015, 14(2): 139-144.
 - [9] Poorolajal J, Sahraei F, Mohamdadi Y, et al. Behavioral factors influencing childhood obesity: A systematic review and meta-analysis[J]. Obes Res Clin Pract, 2020, 14(2): 109-118.
 - [10] Salam RA, Padhani ZA, Das JK, et al. Effects of lifestyle modification interventions to prevent and manage child and adolescent obesity: A systematic review and Meta-analysis[J]. Nutrients, 2020, 12(8):2208.
 - [11] Xiang MQ, Liao JW, Huang JH, et al. Effect of a combined exercise and dietary intervention on self-control in obese adolescents[J]. Front Psychol, 2019, 10:1385.
 - [12] Mercer KE, Maurer A, Pack LM, et al. Exercise training and diet-induced weight loss increase markers of hepatic bile acid (BA) synthesis and reduce serum total BA concentrations in obese women[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2021, 320(5): E864-E873.
 - [13] Cai J, Rimal B, Jiang C, et al. Bile acid metabolism and signaling, the microbiota, and metabolic disease[J]. Pharmacol Ther, 2022, 237:108238.
 - [14] Guo Q, Hou X, Cui Q, et al. Pectin mediates the mechanism of host blood glucose regulation through intestinal flora[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2024, 64(19): 6714-6736.
 - [15] 周明曦, 程诚, 韩延忠, 等. 自身免疫性肝炎、原发性胆汁性胆管炎及其重叠综合征的临床代谢组学表征及区分[J]. 科学通报, 2022, 67(21): 2553-2564.
Zhou MX, Cheng C, Han YZ, et al. Metabolomic profiling and discrimination of autoimmune hepatitis, primary biliary cholangitis, and overlap syndrome[J]. Chinese Science Bulletin, 2022, 67(21):2553-2564. (in Chinese)
 - [16] Szlachta B, Birková A, Čizmarová B, et al. Erythrocyte oxidative status in people with obesity: Relation to tissue losses, glucose levels, and weight reduction[J]. Antioxidants (Basel, Switzerland), 2024, 13(8):960.
 - [17] Ghorbanian B, Wong A, Iranpour A. The effect of dietary carbohydrate restriction and aerobic exercise on retinol binding protein 4 (RBP4) and fatty acid binding protein 5 (FABP5) in middle-aged men with metabolic syndrome[J]. Br J Nutr, 2023, 130(4): 553-563.
 - [18] Steinhoff JS, Lass A, Schupp M. Retinoid homeostasis and beyond: How retinol binding protein 4 contributes to health and disease[J]. Nutrients, 2022, 14(6):1236.
- 收稿日期:2025-07-07 修回日期:2025-10-14 本文编辑:王悦
-
- (上接第 16 页)
- [17] Weng TT, Hao JH, Qian QW, et al. Is there any relationship between dietary patterns and depression and anxiety in Chinese adolescents? [J]. Public Health Nutr, 2012, 15(4): 673-682.
 - [18] 袁静, 张昊, 徐通, 等. 学龄前儿童父母喂养行为量表的编制与评价[J]. 中国儿童保健杂志, 2018, 26(5): 483-487.
Yuan J, Zhang H, Xu T, et al. Development and evaluation of the Preschooler's Parents Feeding Behavior Scale [J]. Chin J Child Health Care, 2018, 26(5): 483-487. (in Chinese)
 - [19] World Health Organization. Global school-based student health survey [Z/OL]. (2025-06-01)[2025-08-02]. <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/surveillance/systems-tools/global-school-based-student-health-survey>
 - [20] Milton K, Bull FC, Bauman A. Reliability and validity testing of a single-item physical activity measure[J]. Br J Sports Med, 2011, 45(3): 203-208.
 - [21] Bauman AE, Richards JA. Understanding of the single-item physical activity question for population surveillance[J]. J Phys Act Health, 2022, 19(10): 681-686.
 - [22] 房玥晖, 何宇纳, 李春丽. 基于中国学龄前儿童平衡膳食指数的 2010—2012 年中国学龄前儿童膳食质量评价[J]. 中华预防医学杂志, 2020, 54(6): 662-667.
Fang YH, He YN, Li CL. Evaluation of dietary quality of Chinese preschool children in 2010-2012 based on Chinese preschoolers' balanced diet index[J]. Chin J Prev Med, 2020, 54(6): 662-667. (in Chinese)
 - [23] Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children[J]. J Sports Sci, 2008, 26(14): 1557-1565.
 - [24] Matwiejczyk L, Mehta K, Scott J, et al. Characteristics of effective interventions promoting healthy eating for pre-schoolers in childcare settings: An umbrella review[J]. Nutrients, 2018, 10(3):293.
 - [25] Ward DS, Welker E, Choate A, et al. Strength of obesity prevention interventions in early care and education settings: A systematic review[J]. Prev Med, 2017, 95(Suppl):37-52.
 - [26] Baranowski T, Cullen KW, Nicklas T, et al. Are current health behavioral change models helpful in guiding prevention of weight gain efforts? [J]. Obes Res, 2003, 11(Suppl): 23-43.
 - [27] Hammersley ML, Jones RA, Okely AD. Parent-focused childhood and adolescent overweight and obesity ehealth interventions: A systematic review and meta-analysis[J]. J Med Internet Res, 2016, 18(7): e203.
 - [28] Nyström CD, Sandin S, Henriksson P, et al. Mobile-based intervention intended to stop obesity in preschool-aged children: the MINISTOP randomized controlled trial[J]. Am J Clin Nutr, 2017, 105(6): 1327-1335.
 - [29] Wald ER, Ewing LJ, Moyer SCL, et al. An interactive web-based intervention to achieve healthy weight in young children[J]. Clin Pediatr (Phila), 2018, 57(5): 547-557.
- 收稿日期:2025-09-03 修回日期:2025-10-11 本文编辑:王悦