

基于等时替代模型的幼儿身体活动、久坐与睡眠的关系

胡学文¹, 赵广高¹, 付近梅², 苏利强³, 孙顺利², 陈睿铭¹,
陈德龙¹, 蒋天乐¹, 李雨浓¹, 沈凡超¹

(1.南昌大学 体育学院, 江西 南昌 330031; 2.江西省体育局 体育科学医疗中心, 江西 南昌 330006;
3.江西师范大学 体育学院, 江西 南昌 330022)

摘 要: 探讨采用等时替代模型模拟中高强度身体活动、低强度身体活动、久坐行为相互替代后幼儿睡眠问题的变化特征, 总结不同类型学龄前儿童睡眠问题改善的有效策略。募集9所幼儿园3~6岁幼儿807名, 借助三轴加速度计测量身体活动与久坐行为, 通过儿童睡眠习惯问卷评估幼儿总体及8个维度睡眠问题, 使用63种线性回归模型评估不同强度身体活动、久坐行为与幼儿总体及各维度睡眠问题之间的关系, 在此基础上分别评估达标与未达标幼儿中高强度身体活动等时替代低强度身体活动、久坐行为后幼儿总体及各维度睡眠问题的变化。结果发现, 中高强度身体活动对幼儿总体睡眠问题及睡眠时间、白天嗜睡等维度具有显著负向作用, 同时中高强度身体活动以10 min等时替代低强度身体活动、久坐行为时, 全部与未达标幼儿总体睡眠问题均显著下降且均随替代时间的增加而持续下降。在各维度中, 中高强度身体活动以10 min等时替代低强度身体活动、久坐行为时全部与达标幼儿睡眠时间均显著下降, 未达标幼儿异常睡眠、白天嗜睡均显著下降。此外, 等时替代久坐行为时全部幼儿入睡延迟、白天嗜睡均显著下降。研究认为, 提升中高强度身体活动水平有利于幼儿保持充足睡眠和缓解白天嗜睡, 进而改善幼儿睡眠问题。当幼儿活动时间不变, 增加其中高强度身体活动相对比例并相应地减少低强度身体活动或久坐行为比例, 是解决幼儿尤其是未达标幼儿睡眠问题的有效策略。此外, 以中高强度身体活动等时替代低强度身体活动或久坐行为, 可针对性地改善达标或未达标幼儿某一个或几个维度的睡眠问题。

关键词: 幼儿身体活动; 久坐; 睡眠; 等时替代模型

中图分类号: G807.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2024)05-0143-08

The relationship between physical activity, sedentary behavior and sleep in young children based on the isochronic substitution model

HU Xuewen¹, ZHAO Guanggao¹, FU Jingmei², SU Liqiang³, SUN Shunli², CHEN Ruiming¹,
CHEN Delong¹, JIANG Tianle¹, LI Yunong¹, SHEN Fanchao¹

(1.School of Physical Education, Nanchang University, Nanchang 330031, China;

2.Sports Science and Medical Center, Jiangxi Provincial Sports Bureau, Nanchang 330006, China;

3.School of Physical Education, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract: To explore the changing characteristics of young children's sleep problems after using the isochronic substitution model to simulate the mutual substitution of moderate to vigorous intensity physical activity, light intensity physical activity, and sedentary behavior, and then summarize the effective strategies for improvement of different types of preschool children's sleep problems. 807 children aged 3 ~ 6 years old from 9 kindergartens were recruited, 63 linear regression models were used to evaluate the relationship between different intensity physical

收稿日期: 2024-03-18

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(21BTY088); 江西省社会科学“十四五”(2022)基金一般项目(22TY20D); 江西省研究生创新专项基金项目(YC2022-s031)。

作者简介: 胡学文(1997-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 运动与健康促进。E-mail: ndhuxuewen@outlook.com 通信作者: 赵广高

activity, sedentary behavior and children's overall and various dimensions of sleep problems. On this basis, the changes of children's overall and various dimensions of sleep problems after moderate to vigorous physical activity replaced light physical activity and sedentary behavior were also evaluated, respectively. The results showed that moderate to vigorous intensity physical activity had significant negative effects on sleep problems, sleep duration, daytime sleepiness and other dimensions, and that when moderate to vigorous intensity physical activity replaced light intensity physical activity and sedentary behavior with 10 min isochronous time, the total sleep problems of all and substandard children decreased significantly, and all of them continued to decrease with the increase of replacement time. In each dimension, when moderate to vigorous intensity physical activity replaced light intensity physical activity and sedentary behavior with 10 min isochronous time, sleep duration of all children with the standard was significantly decreased, while parasomnias and daytime sleepiness of children without the standard were significantly decreased. In addition, sleep onset delay and daytime sleepiness of all children were significantly decreased when sedentary behavior was replaced by isochronous. The study concluded that increasing the level of moderate to vigorous intensity physical activity is beneficial for young children to maintain adequate sleep and alleviate daytime sleepiness, which in turn improves young children's sleep problems. Increasing the relative proportion of moderate to vigorous intensity physical activity and decreasing the proportion of light intensity physical activity or sedentary behaviors are effective strategies to address sleep problems in young children, especially those who do not meet the standards. In addition, replacing light intensity physical activity or sedentary behaviors with moderate to vigorous intensity physical activity at equal intervals can be targeted to improve one or more dimensions of sleep problems in young children who meet or do not meet these standards.

Keywords: physical activity of young children; sedentary behavior; sleep; isochronic substitution model

当前, 幼儿睡眠障碍、睡眠不足等问题已成为全球共同面临的重大公共卫生问题^[1]。幼儿睡眠问题流行率高达 37.6%^[2], 严重影响着幼儿生长发育、注意力保持能力、认知功能、情绪障碍、行为问题、抵抗力等^[3]。近年来, 世界卫生组织(WHO)以及包括我国在内的许多国家高度重视幼儿睡眠问题^[4-5], 学者们也围绕该问题开展涵盖多个学科领域的研究工作^[6-8]。可见探索幼儿睡眠问题的解决途径, 已成为政府、组织、学界广泛关注的热点问题。

身体活动(physical activity, PA)作为促进幼儿身心健康^[9-10]的非药物干预方式, 当前已广泛应用于儿童睡眠问题的治疗方案中^[11]。诸多研究发现, 不同强度 PA 如中高强度身体活动(moderate to vigorous physical activity, MVPA)、低强度身体活动(light physical activity, LPA)、以及久坐行为(sedentary behavior, SB)等均与幼儿睡眠问题密切相关^[12-13]。但相关研究主要基于单一因素与幼儿睡眠问题关系, 而研究同一时间维度中 MVPA、LPA、SB 影响幼儿睡眠问题的综合效应研究, 对于制定与完善幼儿睡眠问题的解决方案无疑更具实践价值。当前, 已有国外学者尝试采用等时替代方法探讨不同活动行为时间相对分布与幼儿睡眠问题的综合关联^[14], 然而由于该研究样本量流失率过大(68%), 幼儿 MVPA(113.1 min)远高于指南推荐量标准(60 min)且缺乏多维度睡眠问题指标的等时替代^[14], 其学术价

值的深度和应用价值的广度仍需要进一步拓展。

本研究作为目前国内首个探讨幼儿 MVPA、LPA、SB 与睡眠问题关系的等时替代研究, 聚焦幼儿总体睡眠问题及其 8 个维度变化, 通过开展大样本研究工作探讨不同强度 PA 与 SB 不同组合之间的时间重新分配对幼儿睡眠问题变化的“剂量-效应”, 在此基础上分别以达到和未达 MVPA 推荐量标准的幼儿为评估样本, 进一步探索 MVPA 等时替代 LPA、SB 后幼儿总体及各维度睡眠问题的变化特征。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

采用分层整群抽样法, 根据江西省各市人均 GDP 排行分为 3 层, 每层随机抽取 1 市, 共计 3 市(鹰潭市、萍乡市、赣州市), 每市抽取 3 所幼儿园, 共计 9 所幼儿园。共募集 1 090 名幼儿作为受试对象, 剔除身体活动数据无效、量表未填写或填写不完整样本后, 最后得到有效样本 807 个, 其中男童 424 名、女童 383 名; MVPA 达到“60 min”推荐量(达标)幼儿 311 名, 未达推荐量(未达标)496 名。受试幼儿年龄为 3~6 岁, 无运动性障碍。所有受试幼儿经家长同意参与本研究并签署知情同意书, 受试幼儿在测试期间保持常规身体活动、睡眠等生活习惯。研究方案经南昌大学第二附属医院医学研究伦理委员会批准。

1.2 研究方法

1) 身体活动测量。

借助三轴加速度传感器(ActiGraph GT3X-BT, Pensacola, FL, USA)测量幼儿 PA 与 SB 水平,测量时间为连续完整的 7 d(5 个上学日+2 个休息日)。为保证数据准确性,测试开始前以家长会形式向受试幼儿家长详细讲解测试内容与注意事项,告知仪器应连续佩戴(除洗澡、游泳时间)直到测试结束。建立包含所有受试幼儿家长与研究人员的微信群,每日提醒家长佩戴事宜并解答相关问题。测试过程中仪器的佩戴与去除工作由家长协助完成,上学日期间研究人员每日早晚各检查 1 次幼儿仪器佩戴情况进行调整。测试结束后回收仪器,使用 ActiLife(Version 6.13.4)对所获数据进行下载与处理。

参考相关文献对 ActiGraph GT3X-BT 测量参数进行设定^[15]。参数设置主要包括身体活动强度界定(Bute 切点)^[16]、采样间隔(15 s)、佩戴时间定义(Choi 算法+)^[17]、每天佩戴多长时间当天数据有效(≥ 480 min)、有效数据纳入条件($\geq 3d$,包括 2 个上学日和 1 个休息日)^[17]等。不同强度身体活动与静坐行为为界值参数设定为:中高强度身体活动($\text{Counts} \geq 2120/60$ s)、低强度身体活动($240/60 \text{ s} \leq \text{Counts} \leq 2119/60$ s)、久坐行为($\text{Counts} \leq 239/60$ s)。幼儿 MVPA 的推荐量标准设定为 60 min^[18]。

2) 睡眠测量。

幼儿睡眠问题采用美国 Brown 大学儿科学教授 Judith 编制的《儿童睡眠习惯问卷》中文版进行测试^[19]。PA 测试结束后向受试幼儿家长发放问卷,要求家长根据幼儿 PA 测试期间的睡眠习惯表现作答。问卷共含 33 个条目,用以评估 8 个睡眠问题维度,包括睡前抵触、入睡延迟、睡眠时间、睡眠焦虑、夜醒、异态睡眠、睡眠呼吸障碍、白天嗜睡。各维度使用三级评分:“1”表示通常(5~7 次/周),“2”表示有时(2~4 次/周),“3”表示偶尔(0~1 次/周),按照各维度不同赋值方法计算分值并对总体睡眠问题进行评估。本研究采用克隆巴赫 α 系数对问卷进行内部一致性信度评定,结果显示问卷中的克隆巴赫 α 系数为 0.7,表明其内部一致性较好。KMO 系数为 0.799,巴特利特球形度检验结果显著($P < 0.001$),可见问卷具有良好的结构效度。

3) 基本信息采集。

参考相关研究设定调整模型的协变量^[20-21]并进行信息采集。问卷调查幼儿性别、年龄、城乡种类及父母经济状况,测量幼儿身高、体质量并计算身体质量指数(BMI)。

4) 数理统计。

使用 IBM SPSS 28.0 软件进行统计分析,将

$P < 0.05$ (双尾)设定为具有统计学上显著性。对纳入对象的基本信息与 PA、SB、睡眠问题进行描述性分析,对符合正态分布的数据采用均数 \pm 标准差($M \pm SD$)进行描述,对不符合正态分布的数据采用中位数(四分位间距)进行描述,并采用独立样本 T 检验和曼惠特尼 U 检验分析 PA、SB 和总体睡眠问题及各维度得分的性别差异。共建立 63 种线性回归模型,其中单因素模型(27 种)、分配模型(9 种),用以评估 MVPA、LPA、SB 与睡眠问题之间的关联,等时替代模型(27 种)用以分析全部及达标、未达标幼儿 MVPA、LPA、SB 相互替代对睡眠问题的影响。

参考前人研究,选择 10 min 为初始替代单位^[22-23]。在运行模型之前,将所有活动类型(MVPA、LPA 和 SB)时间除以常数 10 作为 10 min 的时间单位,即每增加 1 个单位代表每天增加 10 min。通过将 MVPA、LPA 和 SB 时间相加,建立 1 个表示加速度计总佩戴时长的变量进行等时替代。单因素模型分别评估每个活动成分,调整协变量因素,模型(就 SB 而言)表示:睡眠变量 = $(\beta_1)SB + (\beta_5)$ 协变量。分配模型同时检查所有的行为,将总活动时间划分为不同的活动中,表示为睡眠变量 = $(\beta_1)SB + (\beta_2)LPA + (\beta_3)MVPA + (\beta_5)$ 协变量,等时替代模型为睡眠变量 = $(\beta_2)LPA + (\beta_3)MVPA + (\beta_4)$ 总活动时间 + (β_5) 协变量。该模型中的系数 β_2 和 β_3 代表用 1 种活动类型(MVPA 或 LPA)替代 SB 10 min,同时保持其他活动类型和总佩戴时间常数的效果。如 β_2 可以解释为在保持 MVPA 和总佩戴时间不变的情况下,用 LPA 替换 SB 10 min 的效果,其中 $\beta_1 \sim \beta_5$ 为各自活动的系数或协变量。

2 结果与分析

2.1 幼儿基本情况

身体活动方面,男童 MVPA、LPA 显著高于女童($P < 0.05$),而 SB 显著低于女童($P < 0.05$);睡眠问题方面,男童白天嗜睡得分显著低于女童($P < 0.05$);其他结果无显著性差异(见表 1)。不同活动行为的方差膨胀因子均小于 4,最大值为 1.879,各活动行为之间不存在共线性,可进行下一步分析。

2.2 幼儿 MVPA、LPA、SB 与睡眠问题的关联

单因素模型结果发现, MVPA 对幼儿总体睡眠问题($\beta = -0.288$, 95%CI: $-0.51 \sim -0.066$, $P < 0.05$)、睡眠时间($\beta = -0.082$, 95%CI: $-0.140 \sim -0.024$, $P < 0.05$)、白天嗜睡($\beta = -0.125$, 95%CI: $-0.222 \sim -0.028$, $P < 0.05$)均有显著负向作用,SB 对幼儿睡眠焦虑($\beta = -0.020$, 95%CI: $-0.036 \sim -0.004$, $P < 0.05$)有显著负向作用。分配模型结果可知, MVPA 对幼儿总体睡眠问题

($\beta=-0.378$, 95%CI: $-0.66\sim-0.095$, $P<0.05$)、入睡延迟($\beta=-0.036$, 95%CI: $-0.072\sim-0.001$, $P<0.05$)、睡眠时间($\beta=-0.122$, 95%CI: $-0.196\sim-0.048$, $P<0.05$)、白天嗜睡($\beta=-0.143$, 95%CI: $-0.267\sim-0.019$, $P<0.05$)均

有显著负向作用, SB 对幼儿睡眠焦虑($\beta=-0.020$, 95%CI: $-0.036\sim-0.003$, $P<0.05$)有显著负向作用; 其他结果无显著性差异(见表 2)。

表 1 受试幼儿基本信息

变量	男(n=424)	女(n=383)	合计(n=807)	
身体形态	年龄/岁	4.7±0.9	4.5±0.9	4.6±0.9
	身高/m	1.1±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1
	体质量/kg	19.3±3.7	18.2±3.2	18.8±3.5
	BMI/(kg·m ⁻²)	15.6±1.8	15.2±1.5	15.4±1.7
身体活动	中高强度身体活动/(min·d ⁻¹)	61.4±20.3	51.9±18.1 ¹⁾	56.9±19.9
	低强度身体活动/(min·d ⁻¹)	226.1±38.8	212.2±40.5 ¹⁾	219.5±40.2
	久坐行为/(min·d ⁻¹)	481.4±84.5	495.4±78.5 ¹⁾	488.1±82.0
睡眠问题	睡前抵触	11.2±2.5	11.1±2.4	11.1±2.5
	入睡延迟	1.8±0.8	1.8±0.7	1.8±0.8
	睡眠时间	4.9±1.6	5.0±1.6	5.0±1.6
	睡眠焦虑	7.1±2.0	7.0±2.1	7.0±2.0
	夜醒	3.3±0.8	3.4±0.9	3.4±0.8
	异态睡眠	8.3±1.6	8.4±1.7	8.3±1.6
	睡眠呼吸障碍	3.3±0.7	3.2±0.6	3.2±0.6
	白天嗜睡	11.9±2.5	12.4±2.8 ¹⁾	12.2±2.7
	总体睡眠问题	47.4±5.8	47.9±6.3	47.6±6.0

1) $P<0.05$

表 2 中高强度身体活动、低强度身体活动、久坐行为与幼儿睡眠问题的关系¹⁾

类别	中高强度身体活动		低强度身体活动		久坐行为	
	β	95% CI	β	95% CI	β	95% CI
睡前抵触						
模型 1	-0.030	(-0.121, 0.060)	-0.019	(-0.060, 0.021)	-0.016	(-0.036, 0.003)
模型 2	-0.030	(-0.145, 0.084)	-0.008	(-0.059, 0.044)	-0.017	(-0.037, 0.004)
入睡延迟						
模型 1	-0.024	(-0.052, 0.004)	0	(-0.013, 0.013)	0.001	(-0.005, 0.007)
模型 2	-0.036 ²⁾	(-0.072, -0.001)	0.010	(-0.006, 0.026)	0	(-0.006, 0.006)
睡眠时间						
模型 1	-0.082 ²⁾	(-0.140, -0.024)	-0.001	(-0.027, 0.026)	0.007	(-0.006, 0.020)
模型 2	-0.122 ²⁾	(-0.196, -0.048)	0.031	(-0.002, 0.065)	0.002	(-0.011, 0.015)
睡眠焦虑						
模型 1	-0.042	(-0.117, 0.032)	-0.029	(-0.062, 0.005)	-0.020 ²⁾	(-0.036, -0.004)
模型 2	-0.034	(-0.129, 0.060)	-0.015	(-0.058, 0.027)	-0.020 ²⁾	(-0.036, -0.003)
夜醒						
模型 1	0.011	(-0.019, 0.040)	-0.002	(-0.015, 0.012)	-0.003	(-0.010, 0.003)
模型 2	0.016	(-0.022, 0.054)	-0.006	(-0.023, 0.012)	-0.003	(-0.009, 0.004)
异态睡眠						
模型 1	-0.020	(-0.080, 0.040)	0.003	(-0.024, 0.030)	-0.006	(-0.018, 0.007)
模型 2	-0.047	(-0.123, 0.029)	0.017	(-0.017, 0.052)	-0.008	(-0.021, 0.006)
睡眠呼吸障碍						
模型 1	-0.011	(-0.034, 0.013)	-0.003	(-0.014, 0.008)	0	(-0.005, 0.005)
模型 2	-0.011	(-0.041, 0.019)	0	(-0.013, 0.014)	-0.001	(-0.006, 0.005)
白天嗜睡						
模型 1	-0.125 ²⁾	(-0.222, -0.028)	-0.029	(-0.072, 0.015)	-0.002	(-0.023, 0.019)
模型 2	-0.143 ²⁾	(-0.267, -0.019)	0.011	(-0.045, 0.067)	-0.007	(-0.028, 0.015)
总体睡眠问题						
模型 1	-0.288 ²⁾	(-0.510, -0.066)	-0.059	(-0.160, 0.041)	-0.027	(-0.075, 0.021)
模型 2	-0.378 ²⁾	(-0.660, -0.095)	0.050	(-0.077, 0.177)	-0.041	(-0.090, 0.009)

1)模型 1(单因素模型)调整性别、年龄、BMI、城乡种类、父母月收入; 模型 2(分配模型)=(β_1)SB+(β_2)LPA+(β_3)MVPA+(β_5)协变量, 在模型 1 的基础上调整性别、年龄、BMI、城乡种类、父母月收入和其他活动行为, 回归系数对应于每个活动增加 10 min 后的效应; 2) $P<0.05$

2.3 幼儿活动行为 10 min 相互等时替代对睡眠问题的变化情况

1) 幼儿总体变化情况。

等时替代模型结果发现, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA、SB 时幼儿总体睡眠问题显著下降($P<0.05$), 其效应量分别为-0.43 分与-0.34 分, 反之显著上升。在各维度中, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA 时睡眠时间($\beta=-0.153$, 95%CI: $-0.252\sim-0.055$, $P<0.05$)显著下降, 反之显著上升; 以 10 min 等时替代 SB 时, 入睡

延迟($\beta=-0.036$, 95%CI: $-0.071\sim-0.002$, $P<0.05$)、睡眠时间($\beta=-0.124$, 95%CI: $-0.196\sim-0.051$, $P<0.05$)、白天嗜睡($\beta=-0.137$, 95%CI: $-0.257\sim-0.016$, $P<0.05$)均显著下降, 反之显著上升。其余替代无显著性差异(见表 3)。

以时间顺序来看, 各种显著替代维度均呈现出明显对称性。随着 MVPA 等时替代 LPA、SB 时间的增加, 幼儿总体睡眠问题持续下降。反向替代时, 幼儿睡眠问题总分持续上升, 下降幅度等于上升幅度。

表 3 10 min 中高强度身体活动、低强度身体活动、久坐行为等时替代对总体幼儿睡眠问题的影响¹⁾

类别	10 min 中高强度身体活动		10 min 低强度身体活动		10 min 久坐行为	
	β	95% CI	β	95% CI	β	95% CI
睡前抵触						
①	-0.014	(-0.125, 0.098)	0.009	(-0.051, 0.068)		
②	-0.023	(-0.175, 0.129)			-0.009	(-0.068, 0.051)
③			0.023	(-0.129, 0.175)	0.014	(-0.098, 0.125)
入睡延迟						
①	-0.036 ²⁾	(-0.071, -0.002)	0.010	(-0.009, 0.028)		
②	-0.046	(-0.093, 0.001)			-0.010	(-0.028, 0.009)
③			0.046	(-0.001, 0.093)	0.036 ²⁾	(0.002, 0.071)
睡眠时间						
①	-0.124 ²⁾	(-0.196, -0.051)	0.030	(-0.009, 0.068)		
②	-0.153 ²⁾	(-0.252, -0.055)			-0.030	(-0.068, 0.009)
③			0.153 ²⁾	(0.055, 0.252)	0.124 ²⁾	(0.051, 0.196)
睡眠焦虑						
①	-0.015	(-0.107, 0.077)	0.005	(-0.044, 0.054)		
②	-0.019	(-0.145, 0.106)			-0.005	(-0.054, 0.044)
③			0.019	(-0.106, 0.145)	0.015	(-0.077, 0.107)
夜醒						
①	0.019	(-0.018, 0.056)	-0.003	(-0.023, 0.017)		
②	0.022	(-0.029, 0.072)			0.003	(-0.017, 0.023)
③			-0.022	(-0.072, 0.029)	-0.019	(-0.056, 0.018)
异态睡眠						
①	-0.040	(-0.114, 0.034)	0.025	(-0.014, 0.065)		
②	-0.065	(-0.165, 0.036)			-0.025	(-0.065, 0.014)
③			0.065	(-0.036, 0.165)	0.040	(-0.034, 0.114)
睡眠呼吸障碍						
①	-0.011	(-0.040, 0.019)	0.001	(-0.015, 0.016)		
②	-0.011	(-0.051, 0.028)			-0.001	(-0.016, 0.015)
③			0.011	(-0.028, 0.051)	0.011	(-0.019, 0.04)
白天嗜睡						
①	-0.137 ²⁾	(-0.257, -0.016)	0.018	(-0.047, 0.082)		
②	-0.154	(-0.318, 0.010)			-0.018	(-0.082, 0.047)
③			0.154	(-0.010, 0.318)	0.137 ²⁾	(0.016, 0.257)
总体睡眠问题						
①	-0.337 ²⁾	(-0.612, -0.062)	0.090	(-0.056, 0.237)		
②	-0.427 ²⁾	(-0.802, -0.053)			-0.090	(-0.237, 0.056)
③			0.427 ²⁾	(0.053, 0.802)	0.337 ²⁾	(0.062, 0.612)

1)①替代久坐行为, ②替代低强度身体活动, ③替代中高强度身体活动; 模型调整性别、年龄、BMI、城乡种类、父母月收入以及加速度计穿戴时长; 回归系数是 10 min 不同类型活动相互替代的效果; 2) $P<0.05$

2)达标与未达标幼儿变化情况。

等时替代模型结果发现, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA、SB 时, 未达标幼儿总体睡眠问题显著下降 ($P<0.05$), 其效应量分别为-0.85 分与-0.74 分。在各维度中, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA、SB 时, 达标幼儿睡眠时间($P<0.05$)均显著下降, 未达标幼儿异态睡

眠、白天嗜睡($P<0.05$)均显著下降。其余替代无显著性差异(见表 4)。

以时间顺序来看, 各种显著替代维度均呈现出明显对称性。随着 MVPA 等时替代 LPA、SB 时间的增加, 未达标幼儿总体睡眠问题持续下降。反向替代时, 幼儿睡眠问题总分持续上升, 下降幅度等于上升幅度。

表 4 10 min 中高强度身体活动、低强度身体活动、久坐行为等时替代对达标与未达标幼儿睡眠问题的影响¹⁾

类别	10 min 中高强度身体活动(达标)		10 min 中高强度身体活动(未达标)	
	β	95% CI	β	95% CI
睡前抵触				
(替代久坐行为)	0.074	(-0.139, 0.287)	0.028	(-0.219, 0.275)
(替代低强度身体活动)	0.050	(-0.209, 0.308)	0.029	(-0.264, 0.321)
入睡延迟				
(替代久坐行为)	-0.061	(-0.124, 0.003)	-0.003	(-0.081, 0.075)
(替代低强度身体活动)	-0.066	(-0.143, 0.011)	-0.014	(-0.106, 0.079)
睡眠时间				
(替代久坐行为)	-0.153 ²⁾	(-0.289, -0.017)	-0.150	(-0.312, 0.012)
(替代低强度身体活动)	-0.177 ²⁾	(-0.342, -0.013)	-0.189	(-0.381, 0.003)
睡眠焦虑				
(替代久坐行为)	0.002	(-0.167, 0.171)	0.011	(-0.197, 0.218)
(替代低强度身体活动)	-0.035	(-0.240, 0.170)	0.028	(-0.217, 0.274)
夜醒				
(替代久坐行为)	-0.020	(-0.091, 0.051)	-0.045	(-0.126, 0.036)
(替代低强度身体活动)	-0.018	(-0.105, 0.068)	-0.043	(-0.139, 0.053)
异态睡眠				
(替代久坐行为)	-0.036	(-0.169, 0.098)	-0.200 ²⁾	(-0.368, -0.031)
(替代低强度身体活动)	-0.073	(-0.235, 0.088)	-0.223 ²⁾	(-0.423, -0.024)
睡眠呼吸障碍				
(替代久坐行为)	-0.036	(-0.091, 0.018)	-0.032	(-0.097, 0.033)
(替代低强度身体活动)	-0.034	(-0.100, 0.032)	-0.037	(-0.114, 0.040)
白天嗜睡				
(替代久坐行为)	-0.023	(-0.236, 0.190)	-0.307 ²⁾	(-0.585, -0.028)
(替代低强度身体活动)	-0.013	(-0.271, 0.245)	-0.361 ²⁾	(-0.690, -0.032)
总体睡眠问题				
(替代久坐行为)	-0.240	(-0.751, 0.272)	-0.740 ²⁾	(-1.359, -0.121)
(替代低强度身体活动)	-0.345	(-0.965, 0.275)	-0.851 ²⁾	(-1.584, -0.119)

1)模型调整性别、年龄、BMI、城乡种类、父母月收入以及加速度计穿戴时长; 回归系数是 10 min 不同类型活动相互替代的效果; 2) $P<0.05$

3 讨论

本研究突破传统研究孤立分析的局限并克服传统线性回归模型的局限性, 采用等时替代模型方法, 不仅揭示幼儿 MVPA、LPA、SB 与睡眠问题关联性, 还有效探究 MVPA、LPA、SB 活动行为相互替代对睡眠问题的影响关系。研究发现 MVPA 对幼儿总体睡眠问题具有显著负向作用, 该结果提示 MVPA 可能是改善幼儿睡眠问题的有效方式, 其影响机制可能与昼夜节率、体温、心率、中枢神经系统、生长激素分泌、新陈代谢、免疫系统、情绪、身体成分变化有关^[24-25], 该结果与国内外幼儿相关研究结果相一致^[26-27]。本研究还发现, MVPA 对幼儿入睡延迟、睡眠时间、白天嗜睡

均具有显著负向作用, 提示 MVPA 在改善幼儿入睡延迟、睡眠时间、白天嗜睡问题方面均具有健康效益。

如前所述, 已有国外学者尝试采用等时替代方法探讨不同活动行为时间相对分布与幼儿睡眠问题的综合关联^[4]。结果发现, 以 MVPA 等时替代 LPA 时幼儿总体睡眠问题并无显著变化, 而以 MVPA 等时替代 SB 时与幼儿总体睡眠问题却显著上升^[4]。从研究对象来看, 该研究除存在样本量流失率过大(68%)、有效样本量较少(288 个)之外, 受试幼儿 MVPA 高达 113.1 min, 超出指南推荐量标准达 88.5%之多, 其结果可能无法广泛适用于普通健康幼儿。相比之下, 本研究受试幼儿 MVPA 水平不高(56.9 min)、样本量流失率较低(26%)

而有效样本量远高于该研究。本研究结果显示, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA、SB 时幼儿总体睡眠问题显著下降, 其效应量分别为-0.43 分与-0.34 分, 反之明显增加, 该结果可能与活动行为之间的协同作用有关。有研究发现 MVPA、LPA 能改善睡眠问题^[28-29], SB 会增加睡眠问题机率^[30], 通过增加 MVPA 比例相应减少 LPA、SB 比例可能会达到协同作用效应。与本研究结果类似, WHO 等颁布的身体活动指南建议, 幼儿应在增加 PA 时间的同时减少 SB 时间^[18]。但指南未涉及不同强度 PA 的等时替代效应, 而本研究可为指南提供有益补充。

然而, 本研究与前人研究结果并不一致^[14]。为进一步探究导致该差异的原因, 本研究以达标和未达标幼儿为评估样本又分别进行等时替代分析, 结果发现, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA、SB 时未达标幼儿总体睡眠问题均显著下降, 其效应量分别达-0.85 分与-0.74 分, 而达标幼儿总体睡眠问题无显著变化。该结果提示, 对于未达 MVPA 推荐量标准的幼儿而言, 在增加 MVPA 时间的同时相应减少 LPA、SB 时间可获得明显的睡眠健康效应, 但对于已达 MVPA 推荐量标准的幼儿该效应并不显著, 这也在一定程度上佐证 MVPA 推荐量标准的科学性。对照前人研究来看, 本研究未达标、达标幼儿和前人受试幼儿 MVPA 测量结果的关系为 $44.3 < 76.9 < 113.1$ min, MVPA 等时替代 LPA 的效应量关系为 $-0.85 < -0.35 < 0.68$ 分, 而替代 SB 的效应量关系为 $-0.74 < 0.24 < 0.92$ 分。综合两项研究发现, 幼儿 MVPA 水平越低, MVPA 等时替代 LPA、SB 对于幼儿睡眠的健康效应越明显; 相反, 对于本身已具备高水平 MVPA 的幼儿来说, 该替代并不能为其带来睡眠健康的受益, 有时甚至可能会出现损害睡眠健康的不良影响。那么, 基于幼儿群体的睡眠健康问题, 是否存在最佳的 MVPA 区间或存在适宜的 MVPA、LPA、SB 分布范围, 值得学者们进一步研究。

各维度研究结果发现, MVPA 以 10 min 等时替代 LPA 时受试幼儿睡眠时间显著下降, 等时替代 SB 时入睡延迟、睡眠时间、白天嗜睡均显著下降。进一步研究发现, MVPA 等时替代 LPA、SB 时达标幼儿睡眠时间均显著下降, 未达标幼儿异态睡眠、白天嗜睡均显著下降。该结果提示以 MVPA 等时替代 LPA 或 SB, 可针对性地改善幼儿某一个或几个维度的睡眠问题。其中, 达标幼儿表现为睡眠时间问题的缓解, 而未达标幼儿表现为异态睡眠、白天嗜睡状况的改善, 该结果可为不同幼儿群体相关维度睡眠问题的应对提供参考依据。

本研究揭示幼儿活动行为两两替代对于睡眠问题

的等时替代效应, 但各活动行为间多重等时替代的健康效应如何仍需进一步探索。有研究发现, 在幼儿 PA 行为中, 有特定目的、明确规则的结构化 PA 与没有特定目的、形式和规则多样化的非结构化 PA, 两者所产生的健康效应并不相同^[31]。因此探索两者影响幼儿睡眠问题的等时替代效应, 对于丰富和完善幼儿园所、家庭和社会的教育实践具有深远意义。同时相比健康幼儿群体, 罹患自闭症谱系障碍^[32]、多动症^[33]、睡眠呼吸障碍^[34]的其他特殊儿童群体, 其睡眠问题更为突出, 活动行为及其他变量更为复杂, 而围绕这些群体开展等时替代效应研究的意义也更为重大。本研究虽严格按照方案进行测量, 尽可能科学精细地统计分析和创建模型, 但仍存在一定的局限性。一方面, 受试样本虽采用分层整群抽样法, 但均局限于同一省份; 另一方面, 受大样本测量的限制, 睡眠问题质量均采用主观问卷进行测量。

参考文献:

- [1] 刘颖, 周洁, 陈百荣, 等. 屏幕暴露对海口市学龄前儿童睡眠的影响 [J]. 中国学校卫生, 2023, 44(6): 836-839.
- [2] CHEN X, KE Z L, CHEN Y, et al. The prevalence of sleep problems among children in mainland China: A meta-analysis and systemic-analysis[J]. Sleep Med, 2021, 83: 248-255.
- [3] 江帆. 儿科医生应重视睡眠对儿童身心健康的影响 [J]. 中国儿童保健杂志, 2012, 20(9): 776-778.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于发布《0 岁~5 岁儿童睡眠卫生指南》等两项推荐性卫生行业标准的通告 [EB/OL]. (2017-11-06)[2024-02-20]. <http://www.nhc.gov.cn/fzs/s/7852d/201711/89ddd749c7f3492cbfed6106c0d58e65.shtml>
- [5] SERVICES U S D O H H. Children (4 months to 14 years) Sleep Data [EB/OL]. (2022-09-19)[2024-02-20]. <https://www.cdc.gov/sleep/data-and-statistics/children.html>
- [6] WHITNEY K, FELT B, COLLINS-ANDERSON A, et al. The feasibility of screening for sleep problems in early childhood education programs[J]. Behav Sleep Med, 2024, 22(1): 28-38.
- [7] 余佳鑫, 官计, 颜敏, 等. 肥胖儿童睡眠质量的研究进展及护理启示[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(10): 1269-1274.
- [8] 程进, 魏锁, 潘淳, 等. 安徽省池州市学龄前儿童睡眠质量不良情况及其影响因素分析[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(11): 1417-1422.

- [9] 赵广高, 王茹, 全明辉, 等. 体力活动对学龄前儿童身体生长的影响[J]. 上海体育学院学报, 2017, 41(4): 65-69.
- [10] 赵广高, 吕文娣, 付近梅, 等. 幼儿体质影响因素的决策树研究[J]. 体育科学, 2020, 40(2): 32-39.
- [11] 周紫微, 刘芳, 孙莉, 等. 身体活动对注意缺陷多动障碍儿童睡眠质量的影响[J]. 中国体育科技, 2023, 59(9): 26-32.
- [12] 刘美燕, 郭倩雯, 吴丹, 等. 学龄前儿童运动与睡眠质量的关联研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2020, 28(10): 1097-1100+1117.
- [13] ZHAO H, LU C, YI C. Physical activity and sleep quality association in different populations: A meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(3): 1864.
- [14] ST LAURENT C W, BURKART S, RODHEIM K, et al. Cross-sectional associations of 24-hour sedentary time, physical activity, and sleep duration compositions with sleep quality and habits in preschoolers[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(19): 7148.
- [15] CAIN K L, SALLIS J F, CONWAY T L, et al. Using accelerometers in youth physical activity studies: A review of methods[J]. *J Phys Act Health*, 2013, 10(3): 437-450.
- [16] BUTTE N F, WONG W W, LEE J S, et al. Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2014, 46(6): 1216-1226.
- [17] CHOI L, LIU Z, MATTHEWS C E, et al. Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(2): 357-364.
- [18] CHEN S, HONG J, WANG G, et al. Move more, sit less and sleep well: An analysis of WHO movement guidelines for children under 5 years of age[J]. *Sports Med Health Sci*, 2021, 3(1): 54-57.
- [19] 李生慧, 金星明, 沈晓明, 等. 儿童睡眠习惯问卷中文版制定及测量性能考核 [J]. 中华儿科杂志, 2007, 45(3): 176-180.
- [20] 王欢, 张彦峰, 武东明, 等. 中国3~6岁幼儿中大强度身体活动、屏幕时间和睡眠时间达标率的空间分布特征和相关因素分析[J]. 体育科学, 2023, 43(1): 26-33.
- [21] 吕雅杰, 蔡莉, 曾霞, 等. 中国6~13岁儿童24小时活动水平和相关因素分析[J]. 中国学校卫生, 2019, 40(12): 1791-1795.
- [22] 蔡瑞金, 薛小安, 季浏, 等. MPA 或 VPA 等时替代课堂10分钟LPA对高中生体质健康的影响 [J]. 武汉体育学院学报, 2021, 55(3): 82-91.
- [23] 张婷, 李红娟, 李超, 等. 基于成分数据分析的青少年24h活动行为与体质关联的研究[J]. 中国体育科技, 2022, 58(12): 91-97.
- [24] ROSA J P P, RODRIGUES D F, VIANA R B, et al. Are exergames an option to cope with sleep disorders during the COVID-19 outbreak?[J]. *Sleep Sci*, 2022, 15(Spec 2): 393-397.
- [25] CHENNAOUI M, ARNAL P J, SAUVET F, et al. Sleep and exercise: A reciprocal issue?[J]. *Sleep Med Rev*, 2015, 20: 59-72.
- [26] 赵修发, 刘洋, 李超, 等. 学龄前儿童体力活动、久坐行为与睡眠问题的相关性[J]. 现代预防医学, 2022, 49(19): 3517-3523.
- [27] XU H, WEN L M, HARDY L L, et al. Associations of outdoor play and screen time with nocturnal sleep duration and pattern among young children[J]. *Acta Paediatr*, 2016, 105(3): 297-303.
- [28] 焦阳, 刘洲, 张晓丹. 大学生日常体力活动与睡眠质量的关系[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(7): 1047-1051.
- [29] GREEVER C J, AHMADI M, SIRARD J, et al. Associations among physical activity, screen time, and sleep in low socioeconomic status urban girls[J]. *Prev Med Rep*, 2017, 5: 275-278.
- [30] 苗婧, 车玉三, 方叠, 等. 中小學生久坐行为与睡眠质量的相关性[J]. 中国心理卫生杂志, 2023, 37(9): 780-786.
- [31] WASENIUS N S, GRATTAN K P, HARVEY A L J, et al. The effect of a physical activity intervention on preschoolers' fundamental motor skills - A cluster RCT[J]. *J Sci Med Sport*, 2018, 21(7): 714-719.
- [32] 李圆圆, 文静, 杨亭, 等. 孤独症谱系障碍患儿睡眠问题与行为表现的关系[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2019, 39(5): 505-509.
- [33] GOMES R, SOUSA B, GONZAGAD, et al. Association between attention-deficit/hyperactivity symptoms and sleep in preschoolers[J]. *An Pediatr (Engl Ed)*, 2023, 98(4): 283-290.
- [34] 吴云肖, 周喆, 郑莉, 等. 轻中度睡眠呼吸障碍儿童疾病进展的风险因素分析[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2023, 30(10): 656-661.