

学龄儿童 24 h 活动时间分配和替代与操作智商的关系

郭梁¹, 李天庚^{1, 2}, 曾赛^{1, 3}, 邓星华¹

(1.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006; 2.双流区双华小学, 四川 成都 610207;
3.陈村镇中心小学, 广东 佛山 528313)

摘 要: 在广州市某小学招募学龄儿童 221 名, 采用问卷调查法和人体测量法调查学龄儿童低强度身体活动(LPA)、中高强度身体活动(MVPA)、静态行为(SB)和睡眠(SLP), 采用《中国-韦氏儿童智力量表手册》测量学龄儿童填图、积木和图形拼凑三项操作智商, 并对相关数据进行分配模型和等时替代模型分析, 旨在探究学龄儿童 24 h 活动行为与操作智商的关系。结果显示: (1)MVPA 时间占比与学龄儿童填图、积木、图形拼凑及操作智商总分显著相关, LPA 时间占比与填图、操作智商总分显著负相关, SB 时间占比与填图、积木、图形拼凑及操作智商总分显著负相关, SLP 时间占比与填图、图形拼凑及操作智商总分显著相关。(2)各行为间 15 min 的等时替代后操作智商总分预测值都产生显著变化, 而 MVPA 和 SLP 间 15 min 的等时替代后填图和图形拼凑预测值无显著变化, 且 MVPA 替代其他行为的效应具有明显的不对称性, 25 min 后操作智商总分预测值急剧下降。研究认为, 提升学龄儿童操作智商应着眼于 24 h 活动行为整体, 有效保障已有 MVPA 时间, 积极利用 SB、LPA 时间向 MVPA、SLP 转化。

关 键 词: 学龄儿童; 身体活动; 静态行为; 睡眠; 操作智商

中图分类号: G807.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2025)04-0144-07

The relationship between 24-hour movement time allocation and substitution and Performance IQ among school-age children

GUO Liang¹, LI Tiangeng^{1, 2}, ZENG Sai^{1, 3}, DENG Xinghua¹

(1.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;
2.Shuanghua Primary School in Shuangliu District, Chengdu 610207, China;
3.Chencun Town Central Primary School, Foshan 528313, China)

Abstract: A total of 221 children were recruited from a primary school in Guangzhou. Using the methods of questionnaire survey and anthropometric measurement, data were collected on low-intensity physical activity (LPA), moderate-to-vigorous physical activity (MVPA), sedentary behavior (SB), and sleep (SLP) of school-age children. Performance IQ was assessed through three aspects such as picture completion, block design, and object assembly from the Chinese Wechsler Intelligence Scale for Children, while related data were analyzed using compositional and isotemporal substitution models, so as to explore the relationship between 24-hour movement behaviors and Performance IQ in school-age children. The results showed that: (1) The proportion of time spent in MVPA was significantly positively associated with picture completion, block design, object assembly, and the overall Performance IQ score; the proportion of LPA time was significantly negatively associated with picture completion and the overall Performance IQ score; the proportion of SB time was significantly negatively associated with all three sub tests and the overall Performance IQ score; and the proportion of SLP time was significantly positively associated with picture completion, object assembly, and the overall Performance IQ score. (2) Isotemporal

收稿日期: 2025-01-22

基金项目: 广州市科技局体育科技协同创新中心建设项目(2025B04J0034), 广东省哲学社会科学“十四五”规划项目(GD21CTY07)。

作者简介: 郭梁(1983-), 男, 副教授, 博士, 博士后, 硕士生导师, 研究方向: 运动促进儿童青少年身心健康。E-mail: guoliang0330@163.com

substitution of 15 minutes among various behaviors resulted in significant changes in predicted Performance IQ scores. However, substituting 15 minutes between MVPA and SLP did not significantly affect picture completion or object assembly scores. The effects of MVPA substitutions were clearly asymmetric, with Performance IQ scores dropping sharply when MVPA time was reduced by more than 25 minutes. The study suggests that the effective strategies of improving Performance IQ in school-age children should take a holistic view of 24-hour movement behaviors, and preserving existing MVPA time and actively converting SB and LPA time into MVPA or SLP.

Keywords: school-age children; physical activity; sedentary behavior; sleep; Performance IQ

操作智商(Performance IQ)作为韦氏儿童智力量表(WISC)的核心维度之一,反映儿童在空间认知、视觉记忆和流体推理的基础上,通过手眼协调解决实际问题的综合能力^[1-2]。大量研究表明,这一基础认知能力不仅与学龄儿童的学业表现显著相关^[3],还深刻影响其社交互动质量^[4]及长期发展轨迹^[5-6]。学龄阶段是儿童操作智商发展的关键窗口期,探索日常行为模式对其发展影响具有重要的理论和实践价值^[7-8]。近年来“24 h活动指南”(24-hour movement guidelines)的提出为儿童行为研究提供整合性视角。该框架将身体活动(physical activity, PA)、静态行为(sedentary behavior, SB)与睡眠(sleep, SLP)视为相互关联的时间分配系统^[9-10],通过量化全天能量代谢的动态平衡^[11]为促进儿童身心健康提供新范式。加拿大、澳大利亚相继发布24 h活动指南用以指导儿童健康行为的养成^[9-10],并重点强调3种行为的整体效应。基于24 h活动行为的整体研究可以为儿童身心健康促进提供更切实可行的依据。如常振亚等^[12]采用成分数据分析法研究24 h活动行为对儿童体质健康的影响,认为采用MVPA替代LPA是提升儿童体质健康水平的有效方法。而胥祉涵等^[13]则对24 h活动行为对儿童执行功能的影响进行研究,认为幼儿园、家长应重视儿童24 h活动时间的整体效应。

现有研究对儿童体质健康、执行功能等方面进行24 h活动行为的整体分析^[12-13],并提出通过24 h活动时间的合理分配和等时替代提高儿童体质健康和执行功能的具体建议,但目前缺乏儿童智力发展方面的24 h活动行为整体效应研究。当前儿童智力发展方面的研究仍停留在单一活动行为的孤立考察,如Lee等^[8]采用《韦氏儿童智力量表》修订版对儿童言语智商、操作智商以及全智商进行调查并分析睡眠时长与儿童智商的关系,发现睡眠时长与儿童各类智商均存在显著相关。Mateo等^[14]对学龄儿童认知功能、智商和运动的关系进行调查,发现经常参加运动的儿童表现出更高的运动能力和智商。可以看出,当前儿童智商发展方面的研究忽视24 h活动行为的整体性。基于以上问题,本研究采用成分数据分析法系统考察学龄儿童24 h活动时间分配及等时替代与操作智商的关联机制,以期

为优化学龄儿童日常行为干预方案、提升操作智商发展水平提供实证依据。依据前人相关研究成果,本研究假设24 h活动时间分配与操作智商总分及其各分类测试存在显著相关,并且各成分间的等时替代会对操作智商总分及其各分类测试产生显著影响。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

基于便利抽样原则在广州市某小学分两次招募3~6年级学生265名,纳入标准为智力正常、生理和心理无明显疾病的健康学龄儿童。本研究获得所在高校研究伦理委员会的认证,课题组承诺保障学生的数据安全和随时退出权利,所有学生家长签署知情同意书和仪器保管承诺书。由于自愿退出、佩戴时间不足等原因,最终获取有效样本221名,男、女生分别为119(53.8%)、102人(46.2%),3、4、5、6年级分别为73(33.0%)、51(23.1%)、58(26.2%)、39(17.6%)人。选取高年级小学生作为调查对象主要基于以下两方面原因:(1)加速度计设备价格昂贵且在进行水性活动时需要摘下,为避免设备丢失和损坏;(2)1~2年级的学生理解能力较弱,问卷调查及操作智商测试会存在较大误差。抽样方法和样本数量满足成分数据分析的相关要求^[13, 15]。

1.2 研究方法

1)人口学信息调查。

通过问卷向学龄儿童家长调查学龄儿童性别、年龄、家庭社会经济水平(家长学历、家庭月收入)等人口学信息。根据前人研究分类方法^[12, 15]并结合本研究的实际情况,将家长学历分为“高中、中专及以下”“本科、大专”“研究生”3个类别,将家庭月收入以5 000、10 000、20 000元为临界点分为4个等级。

2)24 h活动行为测量。

采用ActiGraph wGT3X-BT三轴加速度计(ActiGraph, Pensacola, FL, USA)测量受试者连续7天的24 h活动行为。要求受试者将加速度计佩戴于右侧髂嵴上部,除游泳和洗澡等涉水情况外保证每天24 h连续佩戴,并且将涉水情况取下的时间和内容以及每

天的 SLP 时间都记录在行为日志中。以每天不少于 16 h 佩戴时间为 1 个有效日,一周至少佩戴 3 个有效日(2 个上学日+1 个周末日)为有效数据^[16]。运用 ActiLife 6.13.3 配套软件对加速度计数据进行分析,以 15 s 的时间间隔(epoch)分析 PA 和 SB 数据^[16]。根据 Evenson 等^[17]提出的儿童身体活动强度分类标准,进一步识别 LPA、MPA、VPA 和 SB。以 60 s 时间间隔分析 SLP 数据^[16],根据 Barreria 等^[18]提出的睡眠算法,结合行为日志中的睡眠数据手动划分入睡与起床的时间节点,该方法可自动识别并剔除睡眠过程中的清醒时间,从而计算全天睡眠时长。

3)操作智商测试。

选择《中国-韦氏儿童智力量表》(C-WISC)第四版中操作智商部分^[19-20]对受试者进行测试。该工具最早由美国心理学家韦克斯勒(D. Wechsler)制定,是世界上应用最广泛的儿童智力测量工具之一^[2, 21]。龚耀先^[19]和张厚粲^[20]等先后对其进行中国化改编,使其更适合中国儿童的发展特点,具有较好的信度和效度^[19-20]。本研究选择填图、积木和图形拼凑三合一简式测试构成操作智商^[8, 22]。具体测试内容:(1)填图测试。每项限时 20 s,每正确回答 1 题记 1 分,最高 20 分。(2)积木测试。图案 1~3 项:第 1 次测试通过记 2 分,第 2 次测试通过记 1 分;图案 4~5 项:在时限内正确完成记 2 分;图案 6~8 项:在时限内正确完成记 3 分;图案 9~11 项:在时限内正确完成记 4 分;部分正确或不完全正确均不记分,在时限内提前完成另有加分,最高 51 分。(3)图形拼凑。在时限内完成的接点均可记分,每正确完成一个接点记 1 分,3~8 项提前正确完成另有加分,最高分 52 分。

依据以上规则对填图、积木、图形拼凑 3 项测试进行评分,得出各项目粗分,然后将粗分换算成量表分,3 项测试量表分代入公式计算即为操作智商总分(PIQ)^[18, 20]。

$$PIQ = s_1 \times a_1 + s_2 \times a_2 + s_3 \times a_3 + b$$

其中: s_1 表示填图测验量表分, s_2 表示积木测验量表分, s_3 表示拼凑测验量表分, a 、 b 值找对应的年龄组和项目组数值代入。

4)数理统计。

按照 24 h 活动成分数据分析的相关要求,采用 R 软件(3.6.1)中的“compositions”包对数据进行整理与分析,所有模型均调整性别、年龄、BMI 和家庭社会经济水平^[12-13]。(1)对获取的 24 h 活动行为数据进行等距对数比转换(isometric log ratio transformation, ILR),消除成分数据之间的多重共线性问题。(2)计算每种行为时间的成分几何均值以及在 24 h 的占比来反映各行

为数据的集中趋势,计算成对对数比方差矩阵来反映成分数据间的离散程度。(3)以 ILR 数据为自变量,以操作智商及其各分类指标为因变量,构建成分多元线性回归模型,分析每种行为的时间分配与操作智商及其各分类指标之间的关系。(4)以 15 min 作为等时替代的时间单位建立成分等时替代效应模型^[13, 15],分析各行为之间的等时替代对操作智商的影响。(5)以 5 min 为增量单位^[15],绘制两两行为间等时替代-50 min 到 50 min 对操作智商的预期影响,从而反映其“剂量-效应”关系。所有统计分析的显著性水平设为 $P \leq 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 受试者基本信息

表 1 显示参与本次调查学龄儿童的主要信息。另外,学龄儿童 24 h 活动行为中 LPA、MVPA、SB 和 SLP 时间算术均数及比例分别为 331.41(23.01%)、63.09(4.38%)、486.96(33.82%)、558.5(38.79%) min,成分几何均数及比例分别为 324.44(22.83%)、58.26(4.10%)、481.05(33.85%)、557.51(39.23%) min。参与调查学龄儿童家长学历为“高中、中专及以下”63 人(28.5%),“本科、大专”119 人(53.8%),“研究生”39 人(17.6%)。家庭月收入 5 000 元及以下 14 人(6.3%),5 001~10 000 元 51 人(23.1%),10 001~20 000 元 84 人(38.0%),20 000 元以上 72 人(32.6%)。

表 1 参与调查学龄儿童的基本情况

变量	$M \pm SD$
年龄/岁	9.66 \pm 1.15
身高/m	1.40 \pm 0.10
体重/kg	34.43 \pm 9.61
BMI/(kg·m ⁻²)	17.33 \pm 3.25
LPA/(min·d ⁻¹)	331.41 \pm 66.10
MVPA/(min·d ⁻¹)	63.09 \pm 21.02
SB/(min·d ⁻¹)	486.96 \pm 77.01
SLP/(min·d ⁻¹)	558.5 \pm 33.63
填图	7.88 \pm 2.39
积木	12.33 \pm 3.76
图形拼凑	10.27 \pm 2.89
操作智商总分	101.51 \pm 11.17

成分数据的变异矩阵可以有效反映各成分之间的独立性以及相互转换难易程度。本研究中 24 h 活动行为各成分数据变异矩阵结果显示,SLP 与 SB(0.035)、LPA(0.053)时间之间的对数比方差都比较小,说明两对行为之间的关联程度最高,最容易发生转换。而 MVPA 与其他行为时间之间的对数比方差都比较大,说明 MVPA 与其他行为之间的差异性较大,说明 MVPA 时间分布更为独立。

2.2 学龄儿童 24 h 活动时间分配与操作智商的关系

控制年龄、性别、BMI 和家庭社会经济水平后,以等距对数比转换后的 24 h 活动行为(LPA、MVPA、SB 和 SLP)为自变量,以填图测试、积木测试、图形拼凑测试和操作智商总分为因变量,进行成分数据多元线性回归分析。结果显示(见表 2),所构建的 4 个多元线性回归模型均具有显著性,即 24 h 活动时间分配与填图测试、积木测试、图形拼凑测试和操作智商总分

均显著相关。相对于 24 h 活动的其他行为,MVPA 时间占比与填图测试、积木测试、图形拼凑测试和操作智商总分均显著相关,SB 时间占比与填图测试、积木测试、图形拼凑测试和操作智商总分均显著负相关,SLP 时间占比与填图测试、图形拼凑测试和操作智商总分均显著相关,LPA 时间占比与填图测试和操作智商总分均显著负相关。

表 2 24 h 活动行为与操作智商的成分线性回归结果

类别	LPA			MVPA		
	$\beta_1^{1)}$	95%CI	P	β_2	95%CI	P
填图	-1.30	[-2.05, -0.55]	<0.001	0.88	[0.51, 1.24]	<0.001
积木	-0.01	[-1.45, 1.42]	0.984	1.59	[0.89, 2.28]	<0.001
图形拼凑	-0.59	[-1.78, 0.60]	0.327	0.69	[0.11, 1.27]	0.019
操作智商总分	-3.37	[-6.65, -0.08]	0.045	5.77	[4.18, 7.37]	<0.001

类别	SB			SLP			模型
	β_3	95%CI	P	β_4	95%CI	P	P(R ²)
填图	-5.50	[-6.44, -4.55]	<0.001	5.92	[4.36, 7.47]	<0.001	<0.001(0.508)
积木	-3.84	[-5.64, -2.04]	<0.001	2.27	[-0.68, 5.22]	0.131	<0.001(0.276)
图形拼凑	-3.45	[-4.95, -1.96]	<0.001	3.35	[0.91, 5.80]	0.007	<0.001(0.159)
操作智商总分	-22.34	[-26.46, -18.22]	<0.001	19.93	[13.19, 26.68]	<0.001	<0.001(0.572)

1) β 表示某一活动行为相对其他行为变化对因变量的影响

2.3 学龄儿童 24 h 活动行为等时替代对操作智商的预期影响

本研究以 15 min 为等时替代时间单位,分析 24 h 活动行为间的等时替代对操作智商的预期影响。结果显示(见表 3),在控制年龄、性别、BMI 和家庭社会经济水平后,用 15 min 的 MVPA 替代 LPA、SB 和 SLP,填图测试分别显著增加 0.39(LPA)、0.56(SB)个单位,SLP 无显著变化,反之则分别显著减少 0.47(LPA)、0.64(LPA),SLP 仍然无显著变化。用 15 min 的 MVPA

替代 LPA、SB 和 SLP,积木测试分别显著增加 0.54、0.72、0.45 个单位,反之则分别显著减少 0.70、0.87、0.61 个单位。用 15 min 的 MVPA 替代 LPA、SB 和 SLP,图形拼凑测试分别显著增加 0.28(LPA)、0.40(SB)个单位,SLP 无显著变化,反之则分别显著减少 0.34(LPA)、0.46(LPA),SLP 仍然无显著变化。用 15 min 的 MVPA 替代 LPA、SB 和 SLP,操作智商总分分别显著增加 2.20、3.01、1.16 个单位,反之则分别显著减少 2.76、3.56、1.76 个单位。

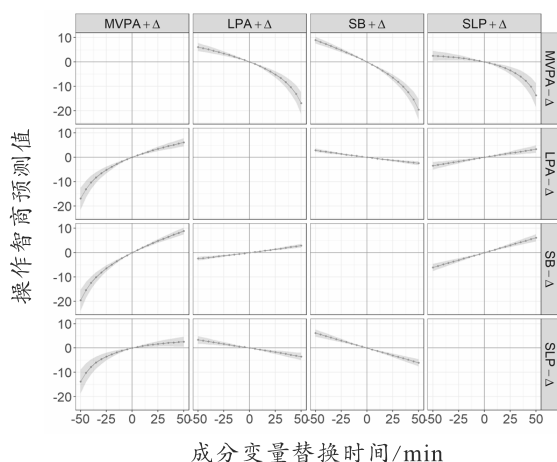
表 3 24 h 活动行为 15 min 等时替代与操作智商各维度得分预测值变化

替代行为	被替代行为	填图(95% CI)	积木(95% CI)	图形拼凑(95% CI)	操作智商总分(95% CI)
MVPA	LPA	0.39 ¹⁾ (0.26, 0.52)	0.54 ¹⁾ (0.28, 0.80)	0.28 ¹⁾ (0.06, 0.49)	2.20 ¹⁾ (1.61, 2.78)
MVPA	SB	0.56 ¹⁾ (0.44, 0.67)	0.72 ¹⁾ (0.50, 0.94)	0.40 ¹⁾ (0.21, 0.58)	3.01 ¹⁾ (2.50, 3.52)
MVPA	SLP	0.06(-0.10, 0.22)	0.45 ¹⁾ (0.14, 0.76)	0.10(-0.16, 0.36)	1.16 ¹⁾ (0.45, 1.86)
LPA	MVPA	-0.47 ¹⁾ (-0.64, -0.31)	-0.70 ¹⁾ (-1.02, -0.38)	-0.34 ¹⁾ (-0.61, -0.08)	-2.76 ¹⁾ (-3.49, -2.03)
LPA	SB	0.17 ¹⁾ (0.12, 0.22)	0.18 ¹⁾ (0.08, 0.28)	0.12 ¹⁾ (0.04, 0.21)	0.82 ¹⁾ (0.59, 1.05)
LPA	SLP	-0.33 ¹⁾ (-0.43, -0.22)	-0.09(-0.29, 0.11)	-0.18 ¹⁾ (-0.34, -0.01)	-1.03 ¹⁾ (-1.49, -0.57)
SB	MVPA	-0.64 ¹⁾ (-0.79, -0.49)	-0.87 ¹⁾ (-1.16, -0.58)	-0.46 ¹⁾ (-0.70, -0.22)	-3.56 ¹⁾ (-4.22, -2.90)
SB	LPA	-0.16 ¹⁾ (-0.21, -0.11)	-0.17 ¹⁾ (-0.28, -0.07)	-0.12 ¹⁾ (-0.20, -0.03)	-0.78 ¹⁾ (-1.01, -0.55)
SB	SLP	-0.49 ¹⁾ (-0.59, -0.39)	-0.27 ¹⁾ (-0.46, -0.07)	-0.29 ¹⁾ (-0.45, -0.13)	-1.82 ¹⁾ (-2.27, -1.37)
SLP	MVPA	-0.15(-0.35, 0.04)	-0.61 ¹⁾ (-0.98, -0.24)	-0.17(-0.48, 0.14)	-1.76 ¹⁾ (-2.61, -0.90)
SLP	LPA	0.32 ¹⁾ (0.22, 0.43)	0.09(-0.11, 0.29)	0.17 ¹⁾ (0.01, 0.34)	1.02 ¹⁾ (0.56, 1.48)
SLP	SB	0.49 ¹⁾ (0.39, 0.59)	0.27 ¹⁾ (0.07, 0.46)	0.29 ¹⁾ (0.13, 0.45)	1.83 ¹⁾ (1.39, 2.28)

1) $P < 0.05$ 。

2.4 学龄儿童 24 h 活动行为等时替代与操作智商的“剂量-效应”关系

基于 24 h 活动行为的时间分配和等时替代对操作智商的显著效应,本研究以 5 min 为 1 次增量,持续时间至 50 min,进一步分析不同活动行为之间的替代与操作智商总分之间的“剂量-效应”关系。结果显示(见图 1):MVPA 替代 SB、SLP 替代 SB、MVPA 替代 LPA 操作智商总分上升趋势最为明显,而 SB、LPA 和 SLP 替代 MVPA 操作智商总分下降趋势最为明显,特别是在 25 min 以后操作智商总分会急剧下降。MVPA 替代其他行为时间的效应具有明显的不对称性,即 MVPA 时间替代其他行为对操作智商总分的提升效应低于其他行为时间替代 MVPA 的降低效应。LPA 替代 SLP 和 SB 时操作智商的效应相对较低。



+Δ 表示该活动行为时间增加, -Δ 表示该活动行为时间减少

图1 24 h 活动行为各成分变量等时替代后操作智商预测变化

3 讨论

儿童活动行为在其操作智商发展中发挥着重要作用,本研究基于 24 h 活动时间的“定和约束”特征,运用成分数据分析法探讨学龄儿童 24 h 活动时间的分配和替代与操作智商的关系,不但揭示 MVPA、LPA、SB 和 SLP 之间的相对变化与操作智商总分及其分类测试的关系,而且分析 MVPA、LPA、SB 和 SLP 之间的相互替代对操作智商及其分类测试的预期影响。

智商在儿童成长发展中发挥着重要作用^[3-6],学龄儿童智商促进受到家庭、学校和社会的普遍关注。学龄儿童智商的发展与年龄、性别、发育程度、家庭环境以及日常行为都有密切关系^[7-8]。近年来,儿童日常行为研究中出现的“24 h 活动指南”明确给出儿童 LPA、MVPA、SB 和 SLP 4 个方面的健康行为养成规律,被认为是促进儿童智商的重要依据^[9-10]。前人已经

对 PA、SB 和 SLP 在儿童智商发展中的独立作用进行初步研究,如 Lee 等^[8]采用《韦氏儿童智力量表》修订版对儿童言语智商、操作智商以及全智商进行调查,并分析睡眠时长与儿童智商的关系,发现睡眠时长与儿童各类智商均存在显著相关,研究还揭示其中的性别差异。Mateo 等^[14]对学龄儿童认知功能、智商和运动的关系进行调查,发现学龄儿童运动能力与智商存在显著相关,并且经常参加运动的儿童表现出更高的运动能力和智商。Schnermann 等^[7]对儿童青少年健康饮食、中高强度身体活动、静态行为和睡眠等生活方式与流体智商的关系进行研究,发现生活方式得分与流体智商存在显著关联,并特别强调过多的静态行为与较低的流体智商的密切关系。可以看出,这些前人研究大多分析 PA、SB 和 SLP 与儿童智商之间的单独联系,而 24 h 活动行为作为一个整体,各成分之间的内在关系密切,对某一成分的独立研究或简单的得分叠加并不能全面反映各行为与儿童智商的确切关系。为了系统研究学龄儿童 24 h 活动行为与操作智商的关系,本研究纳入年龄、性别、BMI 和家庭社会经济水平作为控制变量,并且采用成分数据分析法来解决传统统计方法可能产生的共线性和伪相关等问题。本研究共构建了填图、积木、图形拼凑和操作智商总分 4 个分配模型,均具有显著性,且在操作智商总分模型中,MVPA、LPA、SB 和 SLP 的时间占比对儿童操作智商均具有显著影响。

睡眠(SLP)是儿童智商促进研究中较早关注的因素。前人研究显示,SLP 时长与儿童言语智商、操作智商以及全智商均存在关联^[7-8],本研究则进一步揭示 SLP 时间占比与学龄儿童操作智商及其分类测试的显著相关关系,这可能与良好的 SLP 提高学龄儿童专注力、视觉空间记忆和任务处理速度^[23-24]有关。SB 是近年来儿童健康促进研究中重点关注的危害因素,过多的 SB 尤其是长时间的视屏行为除了会导致学龄儿童专注力下降外^[25-26],还会减少其参与空间认知活动的机会并影响视觉空间技能^[27],这可能是导致本研究中 SB 时间占比与学龄儿童操作智商及其分类测试均显著负相关的原因,该结果进一步强调防控学龄儿童 SB 的重要性。身体活动对儿童早期发展的促进作用已被大量文献证实,并且 MVPA 的效益优于 LPA^[28-29]。MVPA 可以更好地促进大脑血液流动,增加大脑的氧气和养分供应^[14],缩短反应时间,增强选择性注意力和长期记忆能力^[15, 25],从而有助于认知发展和视觉整合能力的提升^[30-31],这可能是本研究中 MVPA 时间占比与学龄儿童操作智商及其分类测试均显著相关的原因。而 LPA 时间占比与填图和操作智商总分显著负相关,与

前人24 h活动行为成分数据在儿童认知发展方面的研究结果相似^[13, 15],这可能与过多的LPA时间占比挤压MVPA和SLP时间有关^[28]。结合成分数据的对数比方差矩阵分析结果,LPA与SLP时间的差异性最小,将LPA向SLP转化可能是提高学龄儿童操作智商较为可行的路径。

为进一步探究24 h活动行为各成分间相互转化对学龄儿童操作智商的预期影响,本研究采用等时替代模型进行进一步分析。发现各成分之间的15 min等时替代,操作智商总分预测值变化都具有显著性差异,填图、积木和图形拼凑3个分类测试的预测值变化也大都表现出显著性差异,进一步证明24 h活动行为各成分在学龄儿童操作智商促进中所发挥的不同作用。而在填图和图形拼凑等时替代模型中,MVPA和SLP之间15 min的等时替代并未表现出预期结果的显著变化,这提示两个积极因素之间相互转化产生的操作智商提升效益可能不如用积极因素替代消极因素。而且24 h活动行为等时替代的“剂量-效应”关系结果中发现,MVPA替代SB、SLP替代SB、MVPA替代LPA操作智商总分上升趋势最为明显,进一步印证这一点。所以,在实际操作中家庭、学校及学龄儿童个人应共同努力减少学龄儿童SB和LPA时间,适当增加MVPA和SLP时间,从而实现积极因素对消极因素的时间替代。

另外,本研究24 h活动行为等时替代的“剂量-效应”关系分析显示MVPA替代其他行为时间的效应具有明显的不对称性,即MVPA时间替代其他行为对操作智商总分的提升效应低于其他行为时间替代MVPA的降低效应。前人基于成分数据分析法的24 h活动行为研究中也发现MVPA等时替代效应的不对称性^[13, 32],这可能与24 h活动行为各成分之间的占比差异较大有关^[13]。本研究中学龄儿童LPA、MVPA、SB和SLP时间算术均数及比例分别为331.41(23.01%)、63.09(4.38%)、486.96(33.82%)、558.5(38.79%) min,MVPA占比最低,采用相同时间的相互替代对MVPA的影响最大。另外,本研究发现其他3种行为替代MVPA操作智商总分下降趋势都比较明显,特别是在25 min以后操作智商总分会急剧下降,说明MVPA等时替代与操作智商的“剂量-效应”关系不是线性的,存在1个“25 min”临界点。以上结果提示,即使不能有效增加学龄儿童MVPA时间,保障现有的MVPA时间对发展学龄儿童操作智商也尤为关键。

本研究采用成分数据分析法系统探讨24 h活动行为与学龄儿童操作智商之间的关系,是儿童智商发展研究的一次创新探索,但仍存在一定的局限性。首先,本研究为横断面调查,不能充分验证各行为影响学龄

儿童操作智商的因果关系,研究中的时间分配和等时替代结果需要通过干预实验进一步验证。其次,本研究选取一所城市小学的高年级学生进行调查,研究结果可能只在相关群体范围内适用,未来期待通过更大样本的调查分析扩展研究结论的适用范围,为促进我国学龄儿童智商发展提供科学依据。

参考文献:

- [1] NA S D, BURNS T G. Wechsler intelligence scale for children-V: Test review[J]. *Applied Neuropsychology: Child*, 2016, 5(2): 156-160.
- [2] 丁怡,肖非,范中豪,等. 关于美国《韦氏儿童智力量表-第五版》的性能简介[J]. *中国特殊教育*, 2016(7): 18-25.
- [3] TAYLOR H A, HUTTON A. Think 3D: Training spatial thinking fundamental to STEM education[J]. *Cognition and Instruction*, 2013, 31(4): 434-455.
- [4] JOHNSON D W, JOHNSON R T. An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning[J]. *Educational Researcher*, 2009, 38(5): 365-379.
- [5] NEWCOMBE N S. Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking[J]. *American Educator*, 2010, 34(2): 29.
- [6] MIX K S, CHENG Y L. The relation between space and math: Developmental and educational implications[J]. *Advances in Child Development and Behavior*, 2012, 42: 197-243.
- [7] SCHNERMANN M E, SCHULZ C, LUDWIG C, et al. A lifestyle score in childhood and adolescence was positively associated with subsequently measured fluid intelligence in the DONALD cohort study[J]. *European Journal of Nutrition*, 2022, 61(7): 3719-3729.
- [8] LEE K, KIM J I, CHOI Y, et al. Association between sleep duration and intelligence quotient in 6-year-old children[J]. *International Journal of Behavioral Medicine*, 2022, 29(1): 57-68.
- [9] 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]. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2016, 41(6): S311-S327.
- [10] OKELY A D, GHERSI D, LOUGHRAN S P, et al. A collaborative approach to adopting/adapting guidelines. The Australian 24-hour movement guidelines for children (5-12

- years) and young people (13-17 years): An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep[J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2022, 19(1): 2.
- [11] ROLLO S, ANTSGYGINA O, TREMBLAY M S. The whole day matters: Understanding 24-hour movement guideline adherence and relationships with health indicators across the lifespan[J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2020, 9(6): 493-510.
- [12] 常振亚, 王树明. 24 h 动作行为对学龄前儿童体质健康影响的等时替代效益研究[J]. *体育科学*, 2020, 40(10): 50-57.
- [13] 胥祉涵, 王世强, 余澳林, 等. 24 h 活动行为对学龄前儿童执行功能影响的成分等时替代效益研究[J]. *体育学刊*, 2024, 31(2): 148-154.
- [14] REAL-PÉREZ M, GAVALA-GONZÁLEZ J, SILVA M A, et al. "Cognition, intelligence and movement": Extracurricular physical activity as a promoter of intelligence in schoolchildren[J]. *Sustainability*, 2022, 14: 4061.
- [15] 尹龙, 李芳, 杨宗宇, 等. 24 h 活动行为与 4-6 岁儿童执行功能: 基于具身认知的成分等时替代分析[J]. *武汉体育学院学报*, 2024, 58(5): 73-80.
- [16] 邱艳平, 王丽娟, 周玉兰, 等. 基于成分数据分析的 24 h 活动与儿童基本动作技能的关系[J]. *体育学刊*, 2023, 30(1): 137-144.
- [17] EVENSON K R, CATELLIER D J, GILL K, et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2008, 26(14): 1557-1565.
- [18] BARREIRA T V, SCHUNA J M, MIRE E F, et al. Identifying children's nocturnal sleep using 24-hour waist accelerometry[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2015, 47(5): 937-943.
- [19] 龚耀先, 蔡太生. 中国修订韦氏儿童智力量表手册[M]. 3 版. 长沙: 湖南地图出版社, 1993: 85-120.
- [20] 张厚粲. 韦氏儿童智力量表第四版(WISC-IV)中文版的修订[J]. *心理科学*, 2009, 32(5): 1177-1179.
- [21] WAHLSTROM D, RAIFORD S E, BREAU K C, et al. The Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence-Fourth Edition, Wechsler Intelligence Scale for Children-Fifth Edition, and Wechsler Individual Achievement Test-Third Edition[M]//Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues. 4th ed. New York: Guilford Press, 2018: 245.
- [22] 贾艳滨, 赵国香, 李淑仪. 中国韦氏儿童智力量表修订本简式在注意缺陷多动障碍儿童的应用研究[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2010, 36(12): 732-735.
- [23] ASTILL R G, VAN DER HEIJDEN K B, VAN IJZENDOORN M H, et al. Sleep, cognition, and behavioral problems in school-age children: A century of research meta-analyzed[J]. *Psychological Bulletin*, 2012, 138(6): 1109.
- [24] SHORT M A, BLUNDEN S, RIGNEY G, et al. Cognition and objectively measured sleep duration in children: A systematic review and meta-analysis[J]. *Sleep Health*, 2018, 4(3): 292-300.
- [25] 曾赛, 郭梁, 李天庚, 等. 身体活动、静态行为与儿童青少年学业表现关系的系统综述[J]. *中国健康教育*, 2024, 40(8): 730-736.
- [26] FALCK R S, DAVIS J C, LIU-AMBROSE T. What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(10): 800-811.
- [27] BERNAL C M M, LHUISSET L, BRU N, et al. Do physical activity, sedentary time, motor skills and aerobic fitness predict primary school children's attention? Use of a data mining strategy[J]. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2023, 1(1): 1-18.
- [28] 郭梁, 张婧, 曾赛, 等. 24 h 活动行为缓解儿童青少年抑郁情绪研究进展[J]. *中国学校卫生*, 2024, 45(6): 899-903.
- [29] SMITH P J, BLUMENTHAL J A, HOFFMAN B M, et al. Aerobic exercise and neurocognitive performance: A meta-analytic review of randomized controlled trials[J]. *Psychosomatic Medicine*, 2010, 72(3): 239-252.
- [30] SEMBER V, JURAK G, KOVAČ M, et al. Children's physical activity, academic performance, and cognitive functioning: A systematic review and meta-analysis[J]. *Frontiers in Public Health*, 2020, 8: 307.
- [31] 李天庚, 郭梁, 曾赛, 等. 身体活动和静态行为与学龄前儿童认知发展的关系[J]. *中国儿童保健杂志*, 2024, 32(10): 1111-1115.
- [32] 李凯欣, 赵越, 肖绛, 等. 成分等时替代模型分析大学生 24 h 活动行为与自测健康的关联[J]. *体育学刊*, 2025, 32(2): 139-146.