

• 健康促进 •

基于执行功能、基本动作技能和体质健康的学龄前儿童最佳 24h 活动推荐量研究

王新雨¹, 张旭¹, 于洁¹, 高唯真¹, 万渺渺¹, 温煦^{1,2}

1. 浙江大学教育学院体育系, 浙江 杭州 310028; 2. 浙江大学公共体育与艺术部

摘要: **目的** 运用最佳时区法确定促进学龄前儿童执行功能(EF)、基本动作技能(FMS)和体质健康(PF)的最佳 24 h 活动行为推荐量。**方法** 采用方便抽样法,于 2024 年 4—6 月在浙江省 4 所幼儿园招募 3~6 岁儿童 409 名,获得有效样本 289 名。采用加速度计客观测量清醒期身体活动并划分久坐行为(SB)、低强度身体活动(LPA)与中高强度身体活动(MVPA);睡眠时长采用家长报告的《儿童睡眠习惯问卷》(CSHQ)获得;FMS 采用 TGMD-3 评估;PF 依据《国民体质测定标准手册(幼儿部分)》评估;EF 采用 Early Years Toolbox 评估。基于成分数据回归模型,筛选三项结局指标预测值位于前 10% 的 24 h 活动组合,绘制三维四元图,并以三项结局最佳时区的重叠区间确定整体健康的最佳时区。**结果** 研究对象平均年龄为(5.17±0.77)岁。24 h 活动行为组成与 EF($F=5.47, P<0.01$)、FMS($F=6.96, P<0.001$)及 PF($F=4.96, P<0.01$)均存在显著关联。基于三项结局最佳时区的重叠区间,整体健康的最佳 24 h 活动推荐量(min/d)为: MVPA 111(90~130)、LPA 46(30~60)、SB 683(570~780)和睡眠(SLP)601(470~700)。研究同步开发在线交互工具,可根据不同健康目标权重提供个性化时间分配建议。**结论** 基于 EF、FMS 与 PF 的综合指标,本研究提出学龄前儿童最佳 24 h 活动推荐量及时区,可为日常活动安排与指南更新提供参考。

关键词: 最佳时区; 学龄前儿童; 24h 活动; 体质健康; 执行功能; 基本动作技能

中图分类号: R179 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-6579(2026)07-0783-06 **doi:** 10.11852/zgetbjzz2025-0926

Optimal 24-hour activity recommendations for preschool children based on executive function, fundamental movement skills and physical fitness

WANG Xinyu¹, ZHANG Xu¹, YU Jie¹, GAO Weizhen¹, WAN Miaomiao¹, WEN Xu^{1,2}

1. Department of Sports Science, College of Education, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310028, China; 2. Department of Public Sports and Art, Zhejiang University

Corresponding author: WEN Xu, E-mail: wenxu@zju.edu.cn

Abstract: **Objective** To identify optimal 24-hour movement behavior recommendations for preschool children using the Best Time Zone approach, based on executive function (EF), fundamental movement skills (FMS), and physical fitness (PF). **Methods** Using convenience sampling, 409 children aged 3 - 6 years were recruited from four kindergartens in Zhejiang Province between April and June 2024, of whom 289 provided valid data. Waking-time physical activity was measured objectively using accelerometers and classified into sedentary behavior (SB), light physical activity (LPA), and moderate-to-vigorous physical activity (MVPA). Sleep duration was obtained from the parent-reported Children's Sleep Habits Questionnaire (CSHQ). FMS were assessed using the Test of Gross Motor Development-3 (TGMD-3), PF was evaluated according to the National Physical Fitness Test Manual (Children's Section), and EF was measured using the Early Years Toolbox (EYT). Compositional data regression models were used to examine associations between 24-hour movement compositions and outcomes. Activity compositions corresponding to the top 10% of predicted outcome values were selected, visualized using a three-dimensional quaternary plot, and the overlap across EF, FMS, and PF was defined as the optimal time zone for overall health. **Results** The mean age was 5.17 ± 0.77 years. The 24-hour movement composition was significantly associated with EF ($F=5.47, P<0.01$), FMS ($F=6.96, P<0.001$), and PF ($F=4.96, P<0.01$). The optimal 24-hour movement recommendations for overall health were: MVPA 111 min/d (90-130), LPA 46 min/d (30-60), SB 683 min/d (570-780), and sleep 601 min/d (470-700). An online interactive tool was developed to provide personalized time-use suggestions based on weighted health priorities. **Conclusion** These findings propose optimal 24-hour movement behavior recommendations for preschool children based on EF, FMS, and PF, and may inform daily

基金项目: 国家社科基金一般项目(25BTY101)

作者简介: 王新雨(1994—),女,博士研究生,主要研究方向为运动与健康促进。

通信作者: 温煦, E-mail: wenxu@zju.edu.cn

time-use planning and future guideline updates.

Keywords: optimal time zone; preschool children; 24-hour activity; physical fitness; executive function; fundamental movement skills

3~6 岁是学龄前儿童执行功能(executive function, EF)、基本动作技能(fundamental movement skills, FMS)和体质健康(physical fitness, PF)快速发育的“黄金期”^[1-2], 此阶段幼儿的神经系统迅速成熟, 为掌握精细运动技能、发展基本动作技能并参与更复杂的身体活动(physical activity, PA)奠定基础^[3]。高质量的 PA、适量的久坐行为(sedentary behavior, SB)和充足睡眠(sleep, SLP)是学龄前儿童整体健康和运动发育的基石^[4]。世界卫生组织^[5](WHO)及多个国家^[6-8]发布的《学龄前儿童 24 小时活动指南》均建议, 3~5 岁儿童每天至少进行 180min 的 PA[含 ≥ 60 min 的中高强度身体活动(moderate to vigorous physical activity, MVPA)], 确保 10~13h 的睡眠, 并限制屏幕时间为 60min。然而, 现有指南聚焦于单一行为(如 MVPA)与健康指标的关系^[9], 仅指出活动时间的增加或减少对健康结局的影响^[9], 未明确各活动行为的最佳持续时间^[10]。如何优化学龄前儿童活动时间分配, 以平衡各健康目标的协同发展, 仍是亟需解决的关键问题。基于此, 本研究旨在构建适合学龄前儿童并促进 EF、FMS 和 PF 发展的最佳 24h 活动推荐量, 开发在线互动工具, 为学龄前儿童健康需求提供个性化时间使用建议。

1 对象和方法

1.1 对象 采用 G*power 3.1.9.6 软件进行样本量计算。研究为横断面设计, 所有变量均为连续变量, 采用双侧检验, 效应量设为中等效应(effect size=0.5), 显著性水平(α)为 0.05, 检验效能 $1-\beta=0.9$, 最终所需的样本量为 116 人。

采用方便抽样法, 于 2024 年 4—6 月从浙江省 4 所幼儿园招募了 409 名 3~6 岁健康学龄前儿童。排除因生病缺席、拒绝参与及无效加速计数据等因素后, 最终纳入 289 名有效样本。本研究已获得浙江大学伦理委员会的批准(NO:2022[56])。

1.2 方法

1.2.1 24h 活动测量 本研究采用 ActiGraph GT3X+ 加速度传感器, 客观监测学龄前儿童清醒时间的 PA。测试过程中, 参与者连续 7 天在右侧髋部佩戴加速度计, 睡觉、水性活动时需取下。有效佩戴时间定义为至少 4 天(三个工作日和任意一个周末), 且每天佩戴不少于 480min。加速计以 15s 的

时间间隔记录数据。非佩戴时间定义为连续 20 分钟内每分钟计数值均为零的时间段。活动强度分类根据 Pate 标准^[11]: 1) SB (<200 counts/15 s); 2) 低强度身体活动(light physical activity, LPA) ($200\sim419$ counts/15 s); 3) MVPA (≥ 420 counts/15 s)。

睡眠时长采用经验证的家长报告工具——《儿童睡眠习惯问卷》(Children's Sleep Habits Questionnaire, CSHQ)获取^[12-13]。睡眠时长计算为: 平均睡眠时长(h)=(工作日睡眠时长 $\times 5$ +周末睡眠时长 $\times 2$)/7。

1.2.2 体质健康 按照《国民体质测定标准手册(幼儿部分)》的测试标准对幼儿进行身体形态(身高、体重)和身体素质(握力、立定跳远、坐位体前屈、双脚连续跳、15 米障碍跑、走平衡木)测试, 根据手册中指标的不同权重计算 PF 综合得分。

1.2.3 执行功能 EF 采用基于 iPad 的早期儿童执行功能测量工具包(Early Years Toolbox, EYT)^[14], 通过 EYT 中的“蚂蚁先生”、“Go/No-go”和“卡片分类”三项任务评估工作记忆、抑制控制和认知灵活性。每项任务配有视觉和听觉说明, 并设置了练习环节。任务得分经 Z 标准化后, EF 总分为所有组件分数的总和^[15]。

1.2.4 基本动作技能 本研究使用第三版粗大运动技能测试量表(Test of Gross Motor Development-3, TGMD-3)。该量表包含位移技能和物体控制技能两个子量表, 共 13 项基本的动作要求。测试由经过专业培训的研究人员以小组形式进行, 每组 3~4 人, 单次测试约 30min。研究人员首先示范每项技能, 儿童完成练习后进行两次正式测试。位移技能子量表满分 46 分, 物体控制技能子量表满分 54 分。所有测试过程均进行视频记录, 由培训合格的研究助理进行编码。

1.3 社会人口学特征 通过家长填写在线问卷的方式, 收集了幼儿的基本人口学信息, 包括性别、出生日期以及父母的教育水平和职业类型, 并据此计算了家庭社会经济地位(family socioeconomic status, SES)。

1.4 测试流程 研究在正式开始前已获得所有参与者家长或监护人书面知情同意, 并为幼儿园教师举办 1h 的研讨会, 讲解研究目的、方案和实施流程。研究人员接受了 3h 培训, 重点培训仪器使用和测量规范。见图 1。

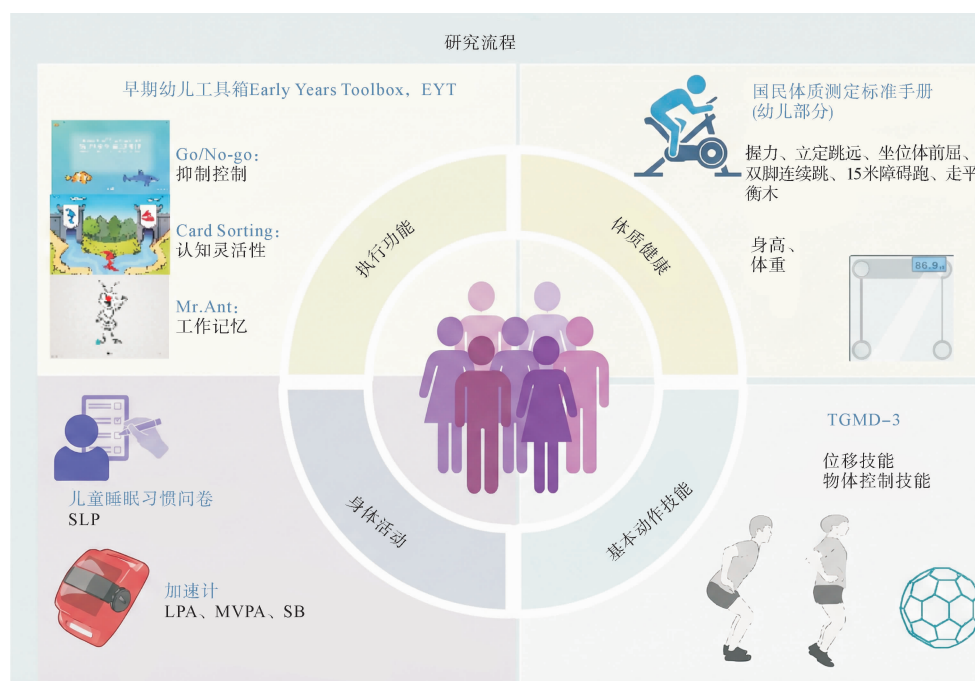


图 1 研究流程

Fig. 1 Research process

1.5 质量控制 EF、FMS 和 PF 的评估由经过专业培训的体育专业研究生共同完成。FMS 和 PF 测试在符合要求的宽敞场地进行；EF 测试在安静独立的房间内进行，确保环境不受干扰。数据录入采用“双人双录入”方式，确保数据可靠性和准确性。

1.6 统计学方法 对目标变量进行描述性统计，研究人群样本特征以 $\bar{x} \pm s$ 或例数(%)的形式呈现。数据的集中趋势采用成分几何均值描述，活动行为总和标准化为 1440min。通过变异矩阵描述成分数据内部各变量之间的离散程度。所有参与者的活动行为变量均未出现零值。

基于成分数据回归中的等距对数比(isometric log-ratio, ILR)对 4 项 24h 活动组合进行转换，将转换后的变量 $\text{ilr}(\text{comp})$ 作为自变量，EF、FMS 和 PF 作为因变量，采用 lmrob 函数分别构建成成分回归模型。所有模型均考虑了 $\text{ilr}(\text{comp})$ 的多项式，并通过 anova 函数比较了两个模型的拟合度。由于二次项均未显著性变化($P > 0.05$)，选择原始模型作为最佳回归模型。通过方差分析 F 统计量判断经 ILR 转换后的 24h 活动组合与因变量之间的关联，参考 Dumuid 等^[16]研究推算学龄前儿童整体健康最佳时间利用组合(即“Goldilocks Days”)。所有模型均已调整年龄、性别和 SES 等协变量。

所有统计分析均使用 RStudio 4.4.2 版本进行，使用了“compositions”、“zCompositions”和“robustbase”等软件包。

“Goldilocks Days”的个性化方案通过计算整体成分中心时，依据家长对学龄前儿童健康需求的不同，赋予 EF、FMS 和 PF 不同的权重，以提供量身定制的活动时间分配建议。

2 结果

2.1 描述性统计结果 本研究共纳入 289 名参与者，平均年龄为 (5.17 ± 0.77) 岁，其中小、中、大班幼儿分别占 26%、44% 和 31%；男生占 52%，女生占 48%。受试者平均 BMI 为 $(15.40 \pm 1.74) \text{ kg/m}^2$ ；PF 平均得分为 75.33 ± 9.39 ；FMS 平均得分为 64.50 ± 11.68 ，其中位移技能得分 34.65 ± 7.40 ，物体控制技能得分 29.82 ± 6.69 。执行功能测试中，工作记忆、认知灵活性和抑制控制的平均得分分别为： 2.41 ± 0.97 、 8.88 ± 3.06 和 0.71 ± 0.19 。

2.2 学龄前儿童 24h 活动行为时间分布 成分几何均值用于描述成分数据的集中趋势。SB、LPA、MVPA 和 SLP 的成分几何均值及时间占比分别为： $655.20(45.50\%)$ 、 $82.08(5.70\%)$ 、 $79.20(5.50\%)$ 和 $623.52(43.30\%)$ 。见表 1。

2.3 变异方差矩阵 变异方差矩阵，24h 活动行为中各要素之间等距对数比方差均大于 0，表明各活动行为之间相互关联。SB 和 SLP 之间的等距对数比方差最小($\ln \text{SB}/\text{SLP} = 0.003$)，表明这两种行为转换程度较高。MVPA 与 SLP 之间的等距对数比方差最大($\ln \text{MVPA}/\text{SLP} = 0.074$)，表明以上行为

的可转换性较低。见表 2。

表 1 24h 活动行为各行为之间的成分几何均值和算术平均值

Tab. 1 Geometric mean and arithmetic mean of components in 24-hour activity behaviors

变量	类别	时间(min, %)
24h 活动	SB	653.65(45.39)
	LPA	83.34(5.79)
算术均值	MVPA	81.64(5.67)
	SLP	621.38(43.15)
24h 活动	SB	655.20(45.50)
	LPA	82.08(5.70)
成分均值	MVPA	79.20(5.50)
	SLP	623.52(43.30)

2.4 24h 活动行为组成与 EF、FMS 和 PF 的关系
24h 活动行为与学龄前儿童 EF($F=5.47$, $P<0.01$)、FMS($F=6.96$, $P<0.001$)和 PF($F=4.96$,

$P<0.01$)显著相关。

参考 Dumuid 等^[16]提出的最佳时区分析方法,以均值为基准,以 24h 活动行为各要素的三倍标准差为范围,并以 10min 为时间间隔,共构建 2 525 个 24h 活动组合。通过回归模型预测每个活动组合对应的 EF、FMS 和 PF 分数。确定排列于前 10%(即 P_{90} 及以上)的结局指标分数所对应的共 253 个 24h 活动组合,计算组合中活动时长的均值及范围,即为该活动行为的最佳时长与时区。见表 3。

表 2 24h 活动行为各成分的成对对数比变异矩阵

Tab. 2 Pairwise log-ratio variance matrix of components in 24-hour activity behaviors

项目	SB	LPA	MVPA	SLP
SB	0	0.039	0.064	0.003
LPA	0.039	0	0.043	0.041
MVPA	0.064	0.043	0	0.074
SLP	0.003	0.041	0.074	0

表 3 基于学龄前儿童 EF、FMS 和 PF 的最佳 24h 活动推荐量及时区

Tab. 3 Optimal 24-hour activity recommendations and time zones based on preschool children's EF, FMS, and PF

变量	最佳 24h 活动推荐量及时区(min/d)				
	F 值	SLP	SB	LPA	MVPA
执行功能	5.47 **	594(470~700)	702(570~780)	36(30~60)	108(60~130)
体质健康	4.96 **	562(440~700)	710(570~780)	48(30~110)	120(90~130)
基本动作技能	6.96 ***	596(470~700)	695(560~780)	38(30~60)	112(70~130)

注: ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ 。

2.5 学龄前儿童最佳 24h 活动推荐量及时区 根据 EF、FMS 和 PF 的最佳 24h 时区,基于 R 软件绘制三维四元图,以确定三项结局指标所对应最佳时区的重叠部分,即为学龄前儿童整体健康的最佳时区。图 2

为 EF、FMS 和 PF 三维四元图,红色区域为不同指标的重叠部分。最佳时长及时区为: MVPA 111 min (90~130 min)、LPA 46 min (30~60 min)、SB 683 min (570~780 min)、SLP 601 min (470~700 min)。

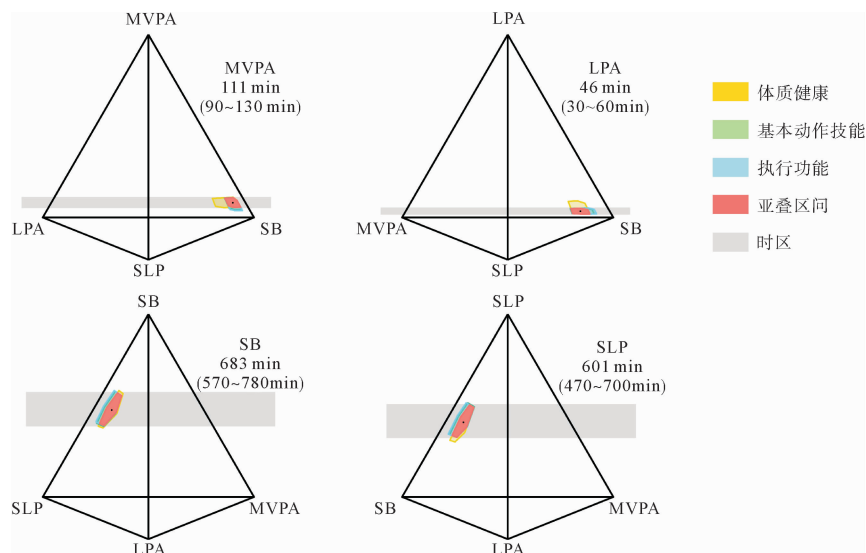


图 2 学龄前儿童整体健康的最佳 24h 推荐量及时区

Fig. 2 Optimal 24-hour activity recommendations and time zones for preschool children's overall health

2.6 基于学龄前儿童整体健康的个性化时间建议工具 本研究开发了基于 R Shiny 的应用程序,教育工作者、幼儿园和家长可根据学龄前儿童的健康需求灵活调整 EF、FMS 和 PF 的权重组合,定制个

性化时间分配方案,以促进学龄前儿童全面健康发展。该工具为日常活动安排提供了科学指导。访问链接如下: <https://timeuse-opt.shinyapps.io/timeuseapp/>,图 3 展示了工具的界面设计。

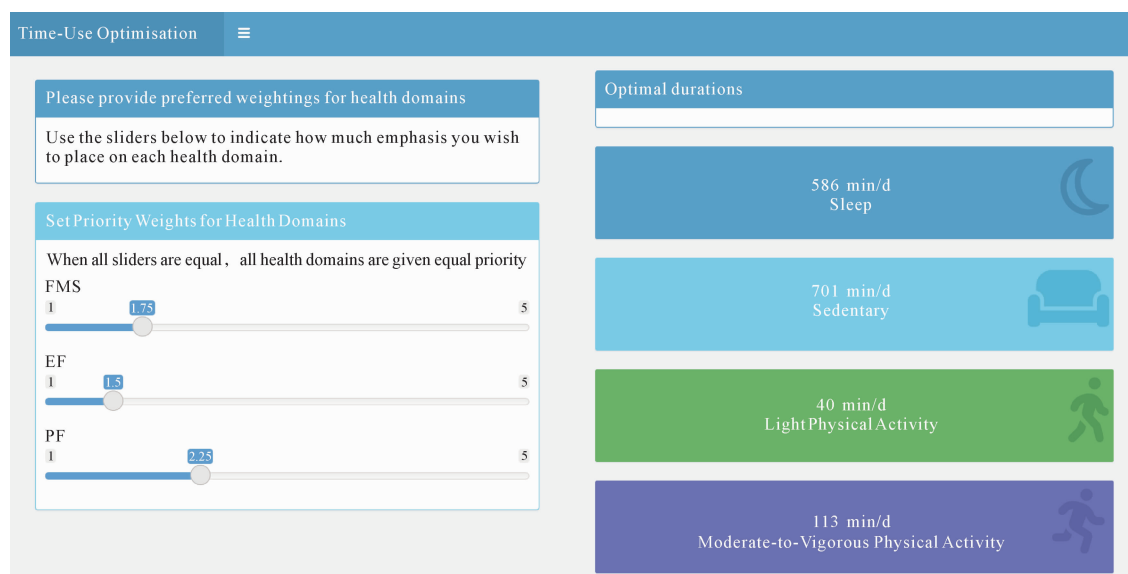


图 3 在线互动工具示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the online interactive tool

3 讨论

本研究运用最佳时区分析法推算出基于学龄前儿童 EF、FMS 和 PF 的最佳 24h 活动推荐量及时区为: MVPA 111 min (90~130 min)、LPA 46 min (30~60 min)、SB 683 min (570~780 min)、SLP 601 min (470~700 min), 为学龄前儿童的精准干预提供了理论依据, 并为未来更新《24 小时活动指南》提供实践指导。

3.1 与先前 24h 活动最佳时区的比较 国内外研究应用 24h 活动最佳时区分析, 探讨了儿童和青少年在体质健康、心理健康和认知功能等健康维度的活动时间分配^[17-19]。然而, 本研究发现学龄前儿童最佳时长与儿童青少年存在差异, 可能源于学龄前儿童神经发育阶段的特殊性。学龄前儿童神经系统的高度可塑性使其对睡眠的需求较高, 且其活动模式受父母行为、社会文化因素和物理环境的影响^[20]。此外, 学龄前儿童的活动模式以 LPA 为主, 且呈间歇性特征^[21]。因此, 学龄前儿童的活动时间分配应考虑其神经发育的特点和环境因素, 以促进身心健康的全面发展。

3.2 与学龄前儿童 24h 活动指南推荐量的比较 MVPA 在学龄前儿童身心发展中具有重要作用, 不仅促进骨骼发育和增强肌肉力量^[13], 还通过增加脑

流量和提高唤醒水平等机制, 积极影响执行功能^[22]。本研究基于学龄前儿童整体健康推算 MVPA 最佳时长为 111min, 与 Zahran 等^[23] (132min) 及 St Laurent 等^[24] (102min) 结论相当, 远超指南的最低建议。现有指南建议基于广泛的流行病学研究和专家共识^[6-8], 旨在满足大部分幼儿的基本健康需求。最佳活动时间应根据个体需求、社会文化背景和健康目标进行灵活调整^[19, 25]。

充足的睡眠对身心健康至关重要, 本研究经论证得出睡眠最佳时长为 601min, 与现有指南一致^[6-8]。睡眠作为生物调节过程的重要组成部分, 不仅有助于大脑发育, 还能提升日间警觉性。尤其在学龄前期, 神经发育可塑性较高, 睡眠对幼儿整体发展具有关键作用^[26]。

LPA 在日常活动中起重要过渡作用, 有助于减轻身体活动负担。关于 LPA 对学龄前儿童健康结局的影响, 学术界尚存争议。部分研究认为, 某些形式的 LPA (如主动自由玩耍) 可促进幼儿协调性、肌肉力量和 FMS 的发展^[26-27]。但也有研究指出, LPA 与学龄前儿童身心健康未表现出正向关联^[28], 甚至对健康产生负面影响^[29]。由于缺乏明确的证据, 现有指南未对 LPA 提出具体建议, 因此无法与本研究提出的 LPA 最佳时长进行直接比较。

SB 占据了学龄前儿童大部分的清醒时间。流

行病研究表明,过度的 SB 可能导致学龄前儿童肥胖率升高、体质下降,并对注意力和情绪等产生负面影响^[30]。然而非屏幕的主动认知 SB 可能有益于大脑健康,促进 EF 的发展^[31]。目前,现有 24h 活动指南中仅对 SB 中的屏幕时间提供了具体建议,因此无法与 SB 最佳时长推荐量进行比较。

3.3 优势和局限性 本研究提出了基于学龄前儿童整体健康的最佳 24h 活动推荐量及时区,并开发了个性化建议工具。尽管为学龄前儿童的活动时间分配提供了理论依据和实践指导,但仍存在若干局限性。1)研究样本来自单一地区,限制了结果的普适性。未来研究应扩大样本范围,涵盖不同地区、文化背景和社会经济状况的儿童;2)本研究为横断面设计,无法推断因果关系。未来应通过纵向研究进一步验证结果;3)加速度计作为客观测量工具可能受到非佩戴时间和未分类时间的影响,未来可结合多模态数据以提高数据的准确性。

综上,本研究基于学龄前儿童 EF、FMS 和 PF 核心健康发展指标,提出了优化学龄前儿童整体健康的最佳 24h 活动推荐量及时区,该推荐量为教育工作者和家长提供了科学的学龄前儿童每日活动时间分配建议,并为未来更新《24 小时活动指南》提供了理论支持和数据依据。

利益冲突声明 本文不存在利益冲突

数据可用性声明 本研究数据包含了参与者的个人信息、健康状况等敏感内容。在整个研究过程中,研究团队采取了多重数据保护措施,如数据加密、匿名化处理等,以确保数据的安全性和保密性。鉴于数据的敏感性质,无法公开原始数据。

AIGC 工具使用声明 在本研究的准备过程中,作者使用了 Deepseek 来进行语言润色和表达优化。作者已对生成内容进行了审查和编辑,并对出版物内容承担全部责任。

参考文献

- [1] Cairns RB, Elder GH, Costello EJ, eds. Developmental science[M]. Cambridge:Cambridge University Press, 1996.
- [2] Zelazo PD, Miller U, Frye D, et al. The development of executive function in early childhood[J]. Monogr Soc Res Child Dev, 2003, 68(3): vii-137.
- [3] Brown TT, Jernigan TL. Brain development during the pre-school years[J]. Neuropsychol Rev, 2012, 22: 313-333.
- [4] Zahran S, Visser C, Ross-White A, et al. A systematic review of compositional analysis studies examining the associations between sleep, sedentary behaviour, and physical activity with health indicators in early childhood[J]. J Act Sedentary Sleep Behav, 2023, 2(1): 1.
- [5] World Health Organization. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age [M]. WHO, 2019.
- [6] Tremblay MS, Carson V, Chaput JP, 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.
- [7] Okely AD, Ghersi D, Hesketh KD, et al. A collaborative approach to adopting/adapting guidelines - The Australian 24-Hour Movement Guidelines for the early years (Birth to 5 years): An integration of physical activity, sedentary behavior, and sleep [J]. BMC Public Health, 2017, 17 (Suppl 5): 869.
- [8] Loo B KG, Sirisena D, Müller-Riemenschneider F, et al. Consensus statement on Singapore integrated 24-hour activity guide for early childhood[J]. Ann Acad Med Singap, 2023, 52(6): 310-320.
- [9] Xie Y, Neumann A, Stanford T, et al. Evolutionary Time-Use Optimization for Improving Children's Health Outcomes [C]//Proceedings of the Parallel Problem Solving from Nature - PPSN XVII. Cham: Springer International Publishing, 2022: 323-337.
- [10] Chaput JP, Carson V, Gray CE, et al. Importance of all movement behaviors in a 24 hour period for overall health [J]. Int J Environ Res Public Health, 2014, 11 (12): 12575-12581.
- [11] Pate RR, Almeida MJ, Mciver KL, et al. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children[J]. Obesity, 2006, 14(11): 2000-2006.
- [12] Goodlin-Jones BL, Sitnick SL, Tang K, et al. The Children's Sleep Habits Questionnaire in toddlers and preschool children[J]. J Dev Behav Pediatr, 2008, 29(2): 82-88.
- [13] Song H, Lau PWC, Wang J, et al. 24-h movement behaviors and physical fitness in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis[J]. J Exerc Sci Fit, 2024, 22(3): 187-193.
- [14] Howard SJ, Melhuish E. An Early Years Toolbox for assessing early executive function, language, self-regulation, and social development: Validity, reliability, and preliminary norms [J]. J Psychoeduc Assess, 2017, 35 (3): 255-275.
- [15] García-Alonso Y, Ramírez-Vélez R, Legarra-Gorgoñon G, et al. Associations between physical fitness, physical activity, sedentary behavior and executive function in preschoolers[J]. Pediatr Res, 2025, 98(4): 1492-1499.
- [16] Dumuid D, Simm P, Wake M, et al. The "Goldilocks Day" for children's skeletal health: Compositional data analysis of 24-hour activity behaviors[J]. J Bone Miner Res, 2020, 35(12): 2393-2403.
- [17] Dumuid D, Olds T, Lange K, et al. Goldilocks Days: Optimising children's time use for health and well-being[J]. J Epidemiol Community Health, 2022, 76(3): 301-308.
- [18] Lund Rasmussen C, Gába A, Stanford T, et al. The Goldilocks Day for healthy adiposity measures among children and adolescents [J]. Front Public Health, 2023, 11: 1158634.

(下转第 797 页)

- in 2019-2021[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2025, 54(3): 397-404. (in Chinese)
- [19] Li S, Cheng X, Zhao L, et al. Anemia of school-age children in primary schools in Southern China should be paid more attention despite the significant improvement at national level: Based on Chinese nutrition and health surveillance data (2016-2017)[J]. *Nutrients*, 2021, 13(11): 3705.
- [20] 江南静, 雷勋明, 庞英, 等. 成都市农村学龄前留守儿童缺铁性贫血现状调查及影响因素分析[J]. *卫生软科学*, 2021, 35(9): 93-96.
- Jiang NJ, Lei XM, Pang Y, et al. Investigation on the status of iron-deficiency anemia in preschool-age left-behind children in rural Chengdu and analysis of its influencing factors[J]. *Soft Sci Health*, 2021, 35(9): 93-96. (in Chinese)
- [21] 束莉, 靳晓东, 魏筱礼, 等. 安徽部分农村地区 3~6 岁留守儿童膳食模式与缺铁性贫血、肥胖的关系[J]. *卫生研究*, 2020, 49(3): 490-494.
- [22] 庞学红, 姜珊, 余晓辉, 等. 中国四省(直辖市)6~11 月龄婴儿辅食添加时间与贫血的关系[J]. *卫生研究*, 2021, 50(6): 894-899.
- Pang XH, Jiang S, Yu XH, et al. Association between timing of introducing complementary foods and anemia of infants aged 6-11 months in four provinces of China[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2021, 50(6): 894-899. (in Chinese)
- 收稿日期:2025-12-30 修回日期:2026-05-01 本文编辑:王悦
- (上接第 788 页)
- [19] 杨兴隆, 王丽娟, 徐琪, 等. 基于体质健康、心理健康及执行功能的我国儿童青少年 24 h 活动推荐量研究[J]. *体育科学*, 2024, 44(7): 75-86.
- Yang XL, Wang LJ, Xu Q, et al. A study on the 24-hour movement recommendations for Chinese children and adolescents based on physical fitness, mental health, and executive function[J]. *China Sport Science*, 2024, 44(7): 75-86. (in Chinese)
- [20] 赵梦贤, 田野. 0~5 岁早期儿童身体活动指南、特征与健康效益研究进展[J]. *中国运动医学杂志*, 2023, 42(6): 470-479.
- [21] Hesketh KR, McMinn AM, Ekelund U, et al. Objectively measured physical activity in four-year-old British children: A cross-sectional analysis of activity patterns segmented across the day[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2014, 11(1): 1.
- [22] Best JR. Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise[J]. *Dev Rev*, 2010, 30(4): 331-351.
- [23] Zahran S, Cliff DP, Antczak D, et al. Optimal levels of sleep, sedentary behaviour, and physical activity needed to support cognitive function in children of the early years[J]. *BMC Pediatr*, 2024, 24(1): 735.
- [24] St Laurent CW, Rasmussen CL, Holmes JF, et al. Associations of activity, sedentary, and sleep behaviors with cognitive and social-emotional health in early childhood[J]. *J Act Sedentary Sleep Behav*, 2023, 2(1): 7.
- [25] Huang Z, Li J. The relationship between device-measured movement behaviors and optimal mental health in Chinese youth: A compositional data analysis[J]. *Ment Health Phys Act*, 2025, 28: 100664.
- [26] Fu J, Sun S, Zhu S, et al. Relationship between 24-h activity behavior and body fat percentage in preschool children: Based on compositional data and isotemporal substitution analysis [J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 1063.
- [27] Bourke M, Vanderloo LM, Irwin JD, et al. Association between childcare movement behaviour compositions with health and development among preschoolers: Finding the optimal combinations of physical activities and sedentary time[J]. *J Sports Sci*, 2022, 40(18): 2085-2094.
- [28] Willoughby MT, Wylie AC, Catellier DJ. Testing the association between physical activity and executive function skills in early childhood[J]. *Early Child Res Q*, 2018, 44: 82-89.
- [29] Lau PWC, Song H, Song D, et al. 24-hour movement behaviors and executive functions in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis[J]. *Child Dev*, 2024, 95(2): e110-e121.
- [30] Zou L, Herold F, Cheval B, et al. Sedentary behavior and lifespan brain health[J]. *Trends Cognit Sci*, 2024, 28(4): 369-382.
- [31] Yang L, Corpeleijn E, Hartman E. Daily physical activity, sports participation, and executive function in children[J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(12): e2449879.
- 收稿日期:2025-08-18 修回日期:2026-01-08 本文编辑:王悦