

• 运动与儿童体重管理专栏 •

# 轻度身体活动等时替代久坐行为对儿童青少年 身体成分和心脏代谢影响的系统综述

王思积<sup>1</sup>, 陈九<sup>2</sup>, 谢军<sup>2</sup>

1. 首都体育学院 体育教育训练学院, 北京 100191; 2. 首都体育学院 休闲与社会体育学院

**摘要:** **目的** 系统评价基于成分数据分析的轻度身体活动(LPA)等时替代久坐行为(SB)对儿童青少年身体成分和心脏代谢的影响。**方法** 检索在 CNKI、PubMed、Embase、EBSCO、Web of Science 数据库检索截至 2024 年 4 月 8 日发表的相关文献。对纳入文献进行筛选和质量评价,提取研究对象、年龄、替代形式等数据。**结果** 共纳入文献 32 篇,其中身体成分相关 22 篇,心脏代谢相关 10 篇。在心脏代谢方面,7 项短时替代研究显示有显著效应,2 项长时替代研究显示对血脂改善有积极作用。在身体成分方面,8 项短时替代和 1 项长时替代研究显示对身体成分改善效应显著,8 项短时替代和 3 项长时替代研究显示效应不显著,2 项短时替代产生负面效益。**结论** 通过利用 LPA 替代 SB 在一定程度上能够减轻 SB 给儿童青少年健康带来的某些负面影响,但替代效应尚有争议,需进一步研究验证。

**关键词:** 轻度身体活动; 久坐行为; 儿童青少年; 身体成分; 心脏代谢; 等时替代; 系统综述

中图分类号: R179; B804 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2026)01-0046-07 doi: 10.11852/zgetbjzz2024-1430

## Systematic review of the effects of isotemporal substitution of sedentary behavior with light physical activity on body composition and cardiometabolic health in children and adolescents

WANG Siji<sup>1</sup>, CHEN Jiu<sup>2</sup>, XIE Jun<sup>2</sup>

1. Institute of Physical Education and Training of Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China; 2. School of Recreation and Community Sport of Capital University of Physical Education and Sports

Corresponding author: XIE Jun, E-mail: xiejun@cupes.edu.cn

**Abstract:** **Objective** To systematically evaluate the effects of isochronous substitution of light physical activity (LPA) for sedentary behavior (SB) on body composition and cardiometabolic health in children and adolescents based on compositional data analysis. **Methods** Relevant literature published up to April 8, 2024, was retrieved from CNKI, PubMed, Embase, EBSCO, and Web of Science. Literature screening and quality assessment were conducted, and data on study population, age, and substitution patterns were extracted. **Results** A total of 32 studies were included, with 22 focusing on body composition and 10 on cardiometabolic health. For cardiometabolic outcomes, 7 short-duration substitution studies demonstrated beneficial effects, and 2 long-duration substitution studies showed positive improvements in blood lipids. Regarding body composition, 8 short-duration and 1 long-duration substitution studies reported significant improvements; 8 short-duration and 3 long-duration substitutions showed non-significant results; and 2 short-duration substitutions indicated adverse effects. **Conclusion** Substituting SB with LPA may partially mitigate some health risks associated with sedentary behavior in children and adolescents, although the evidence remains inconsistent and warrants further investigation.

**Keywords:** light physical activity; sedentary behavior; children and adolescents; body composition; cardiac metabolism; isochronous substitution; systematic review

轻度身体活动(light physical activity/light-intensity physical activity, LPA)是指强度为 1.6~2.9 MET 范围内,能够引起个体呼吸频率以及心率

稍有增加,感觉轻松的非静坐少动的清醒行为<sup>[1]</sup>。在以强度划分时,强度较高的活动往往会给个体带来更多的健康益处,而强度较低的 LPA 对个人健康

基金项目:国家社会科学基金项目(24BTY025);中国科协 2024 年度研究生科普能力提升项目(KXYJS2024007)

作者简介:王思积(1996—),男,在读博士研究生,研究方向为儿童青少年健康促进。

通信作者:谢军, E-mail: xiejun@cupes.edu.cn

促进的效益还未得到共识<sup>[2]</sup>。研究发现, LPA 在降低久坐危害, 提高个人身体活动依从性方面具备积极的间接效益<sup>[3]</sup>。而将久坐行为(sedentary behavior, SB)用不同强度活动替代时, 可降低心血管疾病、肥胖、糖尿病等常见慢性病发生风险<sup>[4]</sup>。WHO 同样指出, 任何强度的身体活动实践, 包括 LPA, 都是从久坐转变为活性的基础<sup>[5]</sup>。虽然定期参加中高强度身体活动是有效促进儿童青少年健康发展的主要方式, 但是通过将 SB 重新分配给 LPA 也是贴合于儿童青少年生活实际、促进其健康发展的重要途径。

个体一天中身体活动的时间是固定的, 某一活动时间的增长往往伴随着另一活动时间的下降。基于成分数据分析的等时替代模型是用来估计将一种行为替换为另一种行为的替代效应, 从而证明替换行为对个体健康的影响<sup>[6]</sup>。与传统模型相比, 等时替代模型的结果更能反映真实的关系。目前, 已有大量研究关注儿童青少年中高强度身体活动与 SB 的等时替代效应, 但是聚焦于 LPA 的研究还较少, 研究间异质性较大, 证据等级不高。本研究聚焦于儿童青少年 LPA, 通过系统梳理有关 LPA 等时替代 SB 对儿童青少年身体成分和心脏代谢影响的研究, 以期明确 LPA 等时替代 SB 对于儿童青少年身体成分和心脏代谢发展的积极效益, 为后续研究提供参考。

## 1 研究方法

**1.1 文献检索策略** 在 PubMed、Embase、EBSCO、Web of Science 等数据库中以 1) “Light physical activity” OR “Light-Intensity Physical Activity”; AND 2) “children” OR “adolescents” OR “child” OR “youth” OR “young” OR “students”; AND 3) “isotemporal substitution” OR “isochronous substitution”; AND 4) “body composition” OR “body mass index” OR “cardiometabolic” OR “cardiovascular metabolic”为检索式进行英文文献检索。在 CNKI 中以“轻度身体活动” OR “低强度身体活动” AND “儿童”、“青少年”、“学生” AND “等时替代” OR “成分分析” AND “体质量指数” OR “体成分” OR “肥胖” OR “体脂” OR “心脏代谢” OR “心血管代谢”等主题词, 进行中文期刊文献检索。检索时间为 2004 年 1 月 1 日至 2024 年 4 月 8 日。

**1.2 纳入排除标准** 纳入标准: 1) 研究对象年龄为 5~18 岁; 2) 研究设计为横断面研究或纵向队列研

究; 3) 研究主题为身体成分和心脏代谢; 4) 结局指标或部分结局指标为体质量指数(body mass index, BMI)、腰围(waist circumference, WC)、皮褶厚度、体脂百分比、三头肌皮褶、血糖、血脂、血压等; 5) 语言为英文或中文; 6) 文献经同行评议发表。排除标准: 1) 重复文献; 2) 未正式出版文献; 3) 无法获取全文文献; 4) 硕博论文、会议论文。

**1.3 文献筛选与数据提取** 所有文献由两名研究人员独立筛选, 使用 Endnote 20 软件进行重复文献剔除。若两名评估员对文献纳入产生分歧, 则由第三位研究员进行复核裁定。提取数据包括: 第一作者、发表年份、样本量、参与者年龄、替代时间、研究设计、测量指标、测量工具、结局指标及其变化情况。具体筛选流程详见文献筛选流程图。见图 1。

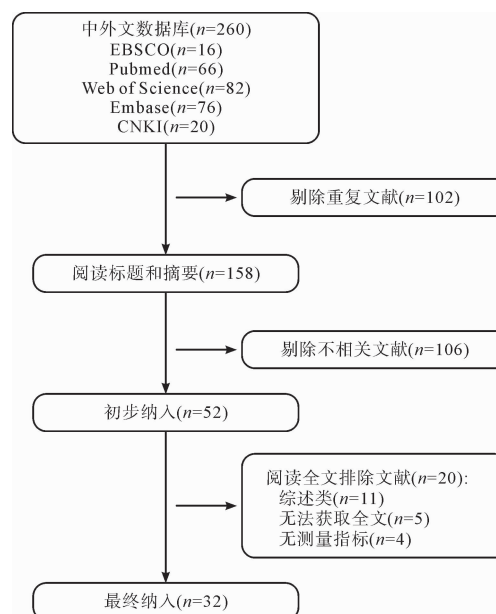


图 1 文献筛选流程图

Fig. 1 Flow chart of literature retrieval

**1.4 文献质量评价** 为保证研究的科学性和规范性, 采用 Joanna Briggs Institute(JBI)<sup>[7]</sup>对纳入文献进行系统的质量评价。横断面研究使用 JBI 横断面研究质量评价表, 评估内容包括样本特征、暴露与结果的测量方法等 8 项, 队列研究使用 JBI 队列研究质量评价表, 评估项目包括队列设计、暴露与结果的测量方法、随访完整性等 11 项。每个条目可以标记为“是”、“否”、“不清楚”或“不适用”, “否”计 0 分, “不清楚”或“不适用”计 1 分, “是”计 2 分。最终根据得分百分比进行标准划分, 高质量(得分比例  $\geq 80\%$ )、中质量(得分比例  $60\% \sim 79\%$ )和低质量(得分比例  $< 60\%$ )。评分由两位研究者独立进行质量评分, 若出现分歧, 由第三名研究人员协助解决。

1.5 统计学方法 文献筛选使用 Endnote 20 软件进行,数据提取使用 Excel 2022 软件,将文献中第一作者、发表年份等信息分别纳入信息表格中,最终形成纳入文献基本特征表。根据等时替代时间的长短和结局指标变化情况进行分析,将每项研究中报告的暴露因素与结局指标之间的关系按照显著性变化进行统计,效应量的比较仅对结局指标是否显著变化进行描述,最终对结果进行整体趋势分析与归纳。鉴于 LPA 替代 SB 的研究在结局指标选择、统计分析方法等方面存在较大异质性,因此未进行 Meta 分析,仅对证据进行了叙述性综述。

## 2 结果

2.1 文献质量评价 最终纳入文献 32 篇。其中 23 项研究(71.9%)被评为高质量的研究,9 项研究(28.1%)被评为中等质量的研究,研究质量整体较好。主要偏倚来源包括混杂因素的确定与处理以及随访与失访情况分析。

2.2 研究的基本特征 在纳入的 32 篇文献中,6 项为队列研究,26 项为横断面研究。其中身体成分 22 篇,心脏代谢 10 篇。所纳入的文章均详细介绍了 LPA、身体成分和心脏代谢指标的测试方法。文

献发表时间介于 2015—2024 年之间,超过半数文献集中于 2020 年之后。研究样本广泛分布于 11 个国家与地区,涵盖北美、欧洲、亚洲、南美及中东地区,其中主要为中国、英国、巴西、美国等国家。研究对象为儿童和青少年,年龄介于 5~18 岁。纳入文献的样本量介于 48~18 200 例之间。等时替代的时间介于 1~120min,根据国际对适度身体活动的最佳时间推荐(30min)为划分点<sup>[8]</sup>,将 30min 以上的替代定义为长时替代,将 1min 以上至 30min 的替代定义为短时替代,将 1min 及以内的替代定义为超短时替代。

2.3 心脏代谢等时替代效应 在心脏代谢方面,10 项研究被纳入<sup>[9-18]</sup>。仅 3 项研究表明 LPA 短时替代 SB 对心脏代谢健康的促进作用有限<sup>[12,14,18]</sup>,其余 7 项均从不同方面表明 LPA 短时替代 SB 对心脏代谢健康有益,替代效应不显著的研究主要集中在低龄群体和特殊群体<sup>[12,18]</sup>。LPA 长时替代能有效改善血脂水平<sup>[16-17]</sup>。此外,研究显示超短时替代也对部分心脏代谢指标有着积极效益<sup>[13]</sup>。见表 1。

2.4 身体成分等时替代效应 在身体成分方面,22 项研究被纳入<sup>[19-40]</sup>。其中 LPA 替代 SB 对身体成分产生积极效益的研究共 9 项,效益不显著的研究共 11 项,产生负面效益的研究共 2 项。有半数研究显

表 1 以心脏代谢为结局的纳入文献基本特征

Tab. 1 Basic features of included literature with cardiometabolism as outcomes

| 主要作者及年份                            | 国家    | 样本量    | 年龄(岁)                                          | 替代形式(时间)                 | 研究设计 | 测量工具            | 结局指标                | 替代效果              | 质量评价 |
|------------------------------------|-------|--------|------------------------------------------------|--------------------------|------|-----------------|---------------------|-------------------|------|
| Carson(2016) <sup>[9]</sup>        | 加拿大   | 4 169  | 11.4±0.1                                       | 短时替代(10min)              | 横断面  | 加速度计            | 血压、甘油三酯等            | 替代有利              | 高    |
| Moura(2019) <sup>[10]</sup>        | 巴西    | 84     | 16.7±0.9                                       | 短时与长时替代(5、10、30、60min)   | 横断面  | 加速度计            | 体脂率、高密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯等 | 5min 替代有利         | 高    |
| Hansen(2018) <sup>[11]</sup>       | 挪威    | 18 200 | 6~17                                           | 短时替代(10min)              | 横断面  | 加速度计            | 收缩压、甘油三酯等           | 替代有利              | 中    |
| Marshall(2022) <sup>[12]</sup>     | 英国    | 48     | 11.9±2.1                                       | 短时替代(20min)              | 横断面  | 加速度计            | 糖化血红蛋白、总胆固醇等        | 替代不显著             | 高    |
| Aljadhali(2022) <sup>[13]</sup>    | 沙特阿拉伯 | 570    | 3.1±1.9;<br>10.3±1.7;<br>14.5±2.1;<br>16.4±2.1 | 超短时替代(1min)              | 纵向队列 | 加速度计;<br>身体活动问卷 | 收缩压、舒张压、血糖、甘油三酯等    | 替代有利              | 高    |
| 陈伟业(2023) <sup>[14]</sup>          | 中国    | 4 366  | 14.26±1.46                                     | 短时替代(30min)              | 横断面  | 身体活动问卷          | 收缩压、舒张压             | 替代不显著             | 中    |
| Cao(2023) <sup>[15]</sup>          | 中国    | 196    | 13.44±1.71                                     | 短时替代(10min)              | 纵向队列 | 加速度计            | 空腹血脂、血压、心脏代谢风险评分    | 替代有利              | 中    |
| Moura(2019) <sup>[16]</sup>        | 巴西    | 84     | 16.7±0.9                                       | 短时与长时替代(15、30、60、120min) | 横断面  | 加速度计            | 总胆固醇、甘油三酯等          | 替代有利,15min 替代效果最佳 | 高    |
| Reis(2024) <sup>[17]</sup>         | 巴西    | 186    | 8.57±1.56                                      | 超短时、短时与长时替代(1、20、60min)  | 横断面  | 加速度计;<br>身体活动问卷 | 收缩压、舒张压、体脂百分比、瘦素等   | 20、60min 替代有利     | 中    |
| Verswijveren(2021) <sup>[18]</sup> | 澳大利亚  | 169    | 8.7±0.4                                        | 短时替代(10min)              | 横断面  | 加速度计            | 甘油三酯、总胆固醇、心脏代谢风险评分等 | 替代不显著             | 高    |

示替代对身体成分无显著影响。短时替代虽然能适当改善 BMI,但多数并不显著,仅在部分年龄偏大的个体中显著<sup>[25,27-28,30,40]</sup>。一项高质量研究显示,短时

替代能够降低青少年体内脂肪含量百分比<sup>[29]</sup>。而长时替代则能显著降低个体 BMI 和体脂率,尤其是对女生以及体脂率较高的青少年群体<sup>[23]</sup>。见表 2。

表 2 以身体成分为结局的纳入文献基本特征

Tab. 2 Basic features of included literature with body composition as outcomes

| 主要作者及年份                             | 国家   | 样本量    | 年龄(岁)                        | 替代形式(时间)        | 研究设计 | 测量工具            | 结局指标                    | 替代效果          | 质量评价 |
|-------------------------------------|------|--------|------------------------------|-----------------|------|-----------------|-------------------------|---------------|------|
| Huang(2016) <sup>[19]</sup>         | 中国   | 672    | 7.6±1.0                      | 短时替代(30min)     | 纵向队列 | 加速度计;<br>久坐行为问卷 | BMI                     | 替代不显著         | 高    |
| Aggio(2015) <sup>[20]</sup>         | 英国   | 353    | 9.3±2.3                      | 长时替代(60min)     | 横断面  | 加速度计            | 体脂率                     | 替代不显著         | 高    |
| Loprinzi(2015) <sup>[21]</sup>      | 美国   | 5 607  | 6-17                         | 长时替代(60min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI、WC、三头肌皮褶、肩胛下皮褶、体脂率等 | 替代不显著         | 高    |
| Sardinha(2017) <sup>[22]</sup>      | 葡萄牙  | 386    | 9.94±0.58                    | 短时替代(15、30min)  | 横断面  | 加速度计            | BMI、WC、全身脂肪量和躯干脂肪量      | 替代不显著         | 中    |
| del Pozo-Cruz(2017) <sup>[23]</sup> | 新西兰  | 1 812  | 13.42±0.11                   | 长时替代(60min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI                     | 替代有利          | 高    |
| Dumuid(2019) <sup>[24]</sup>        | 澳大利亚 | 938    | 12.0±0.4                     | 短时替代(15min)     | 横断面  | 加速度计            | 躯干脂肪、非躯干脂肪              | 替代不显著         | 高    |
| Chen(2023) <sup>[25]</sup>          | 中国   | 389    | 11.89±2.09                   | 短时替代(10min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI                     | 替代有利          | 高    |
| 梁果(2022) <sup>[26]</sup>            | 中国   | 321    | 10.13±1.41                   | 短时替代(15min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI                     | 替代有利          | 高    |
| Gába(2021) <sup>[27]</sup>          | 捷克   | 336    | 男:14.4±2.4,<br>女:13.8±2.6    | 短时替代(30min)     | 横断面  | 加速度计            | 脂肪量百分比和脂肪质量指数           | 替代有利          | 高    |
| 陈欢(2024) <sup>[28]</sup>            | 中国   | 486    | 11.38±2.16                   | 短时替代(5min)      | 横断面  | 加速度计            | BMI                     | 替代有利          | 高    |
| 叶荣荣(2023) <sup>[29]</sup>           | 中国   | 694    | 高一                           | 短时替代(10min)     | 横断面  | 加速度计            | 全身脂肪含量、肌肉含量、骨矿物质含量      | 替代有利          | 高    |
| 刘焱(2023) <sup>[30]</sup>            | 中国   | 193    | 12-15                        | 短时替代(15min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI、腰高比、体脂率             | 替代有利          | 中    |
| 汪容佳(2023) <sup>[31]</sup>           | 中国   | 231    | 11.0±0.7                     | 短时替代(30min)     | 横断面  | 加速度计            | 体脂率、去脂体重指数、WC、腰臀比       | 替代对腰臀比不利      | 高    |
| Fairclough(2018) <sup>[32]</sup>    | 英国   | 243    | 10.3±0.3                     | 短时替代(10min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI Z 和 WC 与身高百分比       | 替代不显著         | 高    |
| Fairclough(2017) <sup>[33]</sup>    | 英国   | 169    | 10.3±0.3                     | 短时替代(15min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI Z 和 WC 与身高百分比       | 替代不显著         | 高    |
| Colling(2017) <sup>[34]</sup>       | 英国   | 410    | 男:7.7±0.4,<br>女:7.6±0.4      | 短时替代(10min)     | 横断面  | 加速度计            | 脂肪质量指数、躯干脂肪质量指数、去脂质量指数  | 替代有利          | 高    |
| Dalene(2017) <sup>[35]</sup>        | 挪威   | 4 937  | 6、9、15 岁                     | 短时替代(10min)     | 纵向队列 | 加速度计            | BMI、WC                  | 替代对 BMI、WC 不利 | 中    |
| Gába(2020) <sup>[36]</sup>          | 捷克   | 425    | 9.8±1.3                      | 长时替代(60、120min) | 横断面  | 加速度计            | 脂肪质量百分比、脂肪质量指数、内脏脂肪组织   | 替代不显著         | 中    |
| Jones(2020) <sup>[37]</sup>         | 新西兰  | 443    | 10.2±0.6                     | 短时替代(30min)     | 横断面  | 加速度计            | 体脂百分比、脂肪质量指数            | 替代不显著         | 高    |
| Mcalister(2021) <sup>[38]</sup>     | 美国   | 142    | 男:9.93±0.86,<br>女:10.17±0.95 | 短时替代(30min)     | 纵向队列 | 加速度计            | BMI、WC、腰高比、体脂百分比        | 替代不显著         | 高    |
| Tan(2020) <sup>[39]</sup>           | 中国   | 15 100 | 11.72±3.1                    | 短时替代(30min)     | 纵向队列 | 身体活动问卷          | BMI、BMI Z               | 替代不显著         | 高    |
| 冯展鹏(2023) <sup>[40]</sup>           | 中国   | 193    | 13.18±0.98                   | 短时替代(15min)     | 横断面  | 加速度计            | BMI、WC、体脂百分比            | 替代有利          | 中    |

3 讨 论

3.1 LPA 等时替代效应的特征分析 在心脏代谢方面,LPA 的长时替代对改善血脂水平、降低心脏代谢风险具有显著效果。这表明,尽管 LPA 强度较低,但其累积效应对于改善心血管健康不容忽视。此外,超短时 LPA 替代也显示出对血糖水平的显著改善,这可能与 LPA 能够打破 SB 引起的代谢稳态,增加能量消耗有关。在身体成分方面,LPA 的长时替代能够显著降低 BMI 和体脂率,这一效果在女生和体脂率较高的青少年群体中尤为显著。这一发现凸显了 LPA 在体重管理中的重要作用,与 Grasten 等<sup>[41]</sup> 研究结果一致,即轻到中强度的身体活动对青少年的身体成分和整体健康具有积极影响。

在年龄方面,研究发现替代对年龄偏大儿童青

少年的身体成分与心脏代谢的积极效益更为显著<sup>[36]</sup>。这可能与青少年不同的生理特征和学业负担有关。一方面,进入青春期后会出现身体形态快速增大等一系列生理变化,带来更多青少年身体成分和心脏代谢指标的变异性;另一方面,青少年学业压力大幅提升,导致身体活动参与率降低。因此,LPA 替代时间的变化对青少年身体成分和心脏代谢相关指标的影响比儿童更为显著<sup>[25]</sup>。在性别方面,男生周末替代的效应较为显著,女生校外替代的效应较为显著。这可能与其身体活动的结构性变化有关,研究发现,男生周末的 LPA 时间相较于上学时显著减少,SB 时间显著增加<sup>[29]</sup>,而女生每日放学后 LPA 时间减少,SB 时间增加<sup>[27]</sup>。

3.2 LPA 等时替代效应的作用机制分析 动物模型表明,不活动时发生的骨骼肌收缩减少和脂蛋白

脂肪酶活性降低被 LPA 抵消<sup>[42]</sup>。个体在活动中消耗的总能量取决于该活动持续的时间和强度,一个人进行 1h LPA 所消耗的能量,可能与进行 30min 中等强度或 10~20min 剧烈身体活动相当<sup>[43]</sup>。长时间久坐后,个体整体能量消耗处于较低水平,承重肌群的收缩刺激减少,LPA 通过替代 SB 调节激素和酶活性,从而增加脂肪酸的动员、摄取和利用。而脂蛋白脂肪酶和激素敏感脂肪酶的活性增加会促进甘油三酯分解为游离脂肪酸,从而改善循环甘油三酯水平,提高个人心脏代谢健康水平<sup>[44]</sup>。游离脂肪酸是慢肌纤维的主要燃料,具有高氧化和低糖酵解能力。这些肌纤维相对耐疲劳,主要在站立姿势时由姿势肌募集<sup>[45]</sup>。此外,站立也可能破坏久坐时下肢剪切应力的减少,并有效改善血液循环增强内皮细胞功能<sup>[45]</sup>。无论强度如何,少坐多站都是有效改善心脏代谢的措施之一<sup>[10]</sup>。

**3.3 LPA 等时替代效应的局限性分析** 首先,研究存在异质性,纳入的研究在设计、方法上有所不同,可能会影响结果的稳定性和广泛适用性;其次,许多研究结果并不显著,一方面,这可能是由于 LPA 负荷强度较低,对于部分群体来说还达不到直接健康促进的效果,其主要作用还是降低久坐危害;另一方面主要受测量设备和加速度计切点值划分的影响,在测量设备方面,Calabró 等<sup>[46]</sup>发现,研究中常用的监测器在很大程度上低估了 LPA 的总能量消耗,而高估了 SB,将许多例如站立等低强度 LPA 归为 SB。在结局指标测量方面,大多数替代效应显著的研究都是通过双能 X 射线吸收法来测量肥胖程度,而无效结果则多使用 BMI 或 WC 等替代指标,因此测量误差可能是造成一些无效结果的原因<sup>[47]</sup>。在加速度计切点值划分方面,部分主要采用 Evenson 等<sup>[48]</sup>划分的 101~2 295 counts/min,而部分则采用 Zhu 等<sup>[49]</sup>划分的 100~2 799 counts/min,后者的划分更广,使得个体每日 LPA 时间相对增多。此外,由于数据解释的局限性,同时绝大多数研究都是基于横断面的,即使研究发现替代具有积极效益,这种关系也不一定是因果性的。

**3.4 LPA 等时替代研究的启示与未来展望** 本研究系统回顾了 LPA 等时替代 SB 对儿童青少年身体成分与心脏代谢健康的影响,强调了 LPA 在久坐行为干预中的独立价值。不仅为理解不同强度身体活动交替对健康效应的机制提供了理论支持,也为推动以 LPA 为核心的“以动制静”的轻量化运动干预策略提供了新的理论支撑和方法路径。特别是在健康促进干预实践中,研究结果为制定相应的久坐行

为干预方案以及“动静平衡”环境建设提供重要参考,同时也对儿童青少年身体活动指南的细化与更新提供了新的参考,强调了在日常时间配置中合理嵌入轻度身体活动的必要性与可行性。未来研究还应进一步关注 LPA 替代 SB 对儿童青少年身体活动习惯培养的长期健康效应。通过长期追踪,探究较长一段时期替代行为后身体活动习惯以及身体活动结构的持续性变化,促进儿童青少年健康可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 张云婷,马生霞,陈畅,等. 中国儿童青少年身体活动指南[J]. 中国循证儿科杂志,2017,12(6):401-409.  
Zhang YT, Ma SH, Chen C, et al. Physical activity guidelines for children and adolescents in China[J]. Chin J Evid Based Pediatr, 2017, 12(6):401-409. (in Chinese)
- [2] Landry BW, Driscoll SW. Physical activity in children and adolescents[J]. PM&R, 2012, 4(11):826-832.
- [3] Domingues SF, Diniz da Silva C, Faria FR, et al. Sleep, sedentary behavior, and physical activity in Brazilian adolescents: Achievement recommendations and BMI associations through compositional data analysis[J]. PLoS One, 2022, 17(4):e0266926.
- [4] Cao Z, Xu C, Zhang P, et al. Associations of sedentary time and physical activity with adverse health conditions: Outcome-wide analyses using isotemporal substitution model[J]. EClinical Med, 2022, 48:101424-101424.
- [5] 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.
- [6] Hui SSC, Zhang R, Suzuki K, et al. The associations between meeting 24-hour movement guidelines and adiposity in Asian adolescents: The Asia-fit study[J]. Scand J Med Sci Sports, 2021, 31(3):763-771.
- [7] Moola S, Munn Z, Tufanaru C, et al. Systematic reviews of etiology and risk [J]. Joanna Briggs Institute reviewer's manual, 2017, 5:217.
- [8] Myers J. Exercise and cardiovascular health[J]. Circulation, 2003, 107(1):e2-e5.
- [9] Carson V, Tremblay MS, Chaput JP, et al. Associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and health indicators among Canadian children and youth using compositional analyses[J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2016, 41(Suppl 6):294-302.
- [10] Moura BP, Rufino RL, Faria RC, et al. Effects of isotemporal substitution of sedentary behavior with light-intensity or moderate-to-vigorous physical activity on cardiometabolic markers in male adolescents [J]. PLoS One, 2019, 14(11):e0225856.
- [11] Hansen BH, Anderssen SA, Andersen LB, et al. Cross-sectional associations of reallocating time between sedentary and active behaviours on cardiometabolic risk factors in young people: An international Children's Accelerometry

- database (ICAD) analysis[J]. *Sports Med*, 2018, 48(10): 2401-2412.
- [12] Marshall ZA, Mackintosh KA, Gregory JW, et al. Using compositional analysis to explore the relationship between physical activity and cardiovascular health in children and adolescents with and without type 1 diabetes[J]. *Pediatr Diabetes*, 2022, 23(1): 115-125.
- [13] Aljhdali AA, Baylin A, Ruiz-Narvaez EA, et al. Sedentary patterns and cardiometabolic risk factors in Mexican children and adolescents: Analysis of longitudinal data[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2022, 19(1): 143.
- [14] 陈伟业, 卢可缘, 邹高雍, 等. 广州市中学生身体行为对血压影响的等时替代研究[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(4): 638-643.
- Chen WY, Lu KY, Zou GY, et al. An isochronous substitution study on the effect of physical behavior on blood pressure among middle school students in Guangzhou[J]. *Mod Prev Med*, 2023, 50(4): 638-643. (in Chinese)
- [15] Cao Y, Zhu L, Chen Z, et al. The effect of different intensity physical activity on cardiovascular metabolic health in obese children and adolescents: An isotemporal substitution model[J]. *Front Physiol*, 2023, 14: 1041622.
- [16] Moura BP, Rufino RL, Faria RC, et al. Can replacing sitting time with standing time improve adolescents' cardiometabolic health? [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(17): 3115.
- [17] Reis LN, Reuter CP, Okely A, et al. Replacing screen time, with physical activity and sleep time: Influence on cardiovascular indicators and inflammatory markers in Brazilian children[J]. *J Pediatr*, 2024, 100(2): 149-155.
- [18] Verswijveren SJ, Salmon J, Daly RM, et al. Reallocating sedentary time with total physical activity and physical activity bouts in children: Associations with cardiometabolic biomarkers[J]. *J Sports Sci*, 2021, 39(3): 332-340.
- [19] Huang WY, Wong S, He G, et al. Isotemporal substitution analysis for sedentary behavior and body mass index[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2016, 48(11): 2135-2141.
- [20] Aggio D, Smith L, Hamer M. Effects of reallocating time in different activity intensities on health and fitness: A cross sectional study[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2015, 12: 1-7.
- [21] Loprinzi PD, Cardinal BJ, Lee H, et al. Markers of adiposity among children and adolescents: implications of the isotemporal substitution paradigm with sedentary behavior and physical activity patterns[J]. *J Diabetes Metab Disord*, 2015, 14: 1-14.
- [22] Sardinha LB, Marques A, Minderico C, et al. Cross-sectional and prospective impact of reallocating sedentary time to physical activity on children's body composition[J]. *Pediatr Obes*, 2017, 12(5): 373-379.
- [23] Del Pozo-Cruz B, Gant N, Del Pozo-Cruz J, et al. Relationships between sleep duration, physical activity and body mass index in young New Zealanders: An isotemporal substitution analysis[J]. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0184472.
- [24] Dumuid D, Wake M, Clifford S, et al. The association of the body composition of children with 24-hour activity composition[J]. *J Pediatr*, 2019, 208: 43-49.
- [25] Chen H, Wang LJ, Xin F, et al. Associations between 24-h movement behaviours and BMI in Chinese primary-and middle-school students[J]. *J Exerc Sci Fit*, 2023, 21(2): 186-192.
- [26] 梁果, 王丽娟, 陈欢, 等. 24h 活动时间分布及替代与儿童身体质量指数的关系研究: 基于成分分析模型[J]. *体育科学*, 2022, 42(3): 77-84.
- Liang G, Wang LJ, Chen H, et al. Study on the relationship between 24-h activity time distribution and substitution and children's BMI: Based on a component analysis model[J]. *Sports Sci*, 2022, 42(03): 77-84. (in Chinese)
- [27] Gába A, Dygryn J, Štefelová N, et al. Replacing school and out-of-school sedentary behaviors with physical activity and its associations with adiposity in children and adolescents: A compositional isotemporal substitution analysis[J]. *Environ Health Prev Med*, 2021, 26: 1-9.
- [28] 陈欢, 王丽娟, 梁果, 等. 上海市中小学生身体活动、久坐行为与 BMI 的等时替代关系[J]. *首都体育学院学报*, 2024, 36(1): 88-96.
- Chen H, Wang LJ, Liang G, et al. Isochronous substitution relationship between physical activity, sedentary behavior and BMI among primary and secondary school students in Shanghai[J]. *J Capital Inst Phys Educ*, 2024, 36(1): 88-96. (in Chinese)
- [29] 叶荣荣, 黄宝莹, 张东枚, 等. 青少年低强度身体活动久坐时间与体成分的关联[J]. *中国学校卫生*, 2023, 44(10): 1488-1492.
- Ye RR, Huang BY, Zhang DM, et al. Association between sedentary time of low-intensity physical activity and body composition in adolescents[J]. *Chin Sch Health*, 2023, 44(10): 1488-1492. (in Chinese)
- [30] 刘焱, 卢冬磊, 段金成, 等. 身体活动对儿童肥胖和体脂影响变化的等时替代效果分析[J]. *中国儿童保健杂志*, 2023, 31(10): 1065-1069, 1075.
- Liu Y, Lu DL, Duan JC, et al. Isochronous substitution effect analysis of changes in the effects of physical activity on childhood obesity and body fat[J]. *Chin J Child Health Care*, 2023, 31(10): 1065-1069, 1075. (in Chinese)
- [31] 汪容佳, 武宝爱, 郝艳晖, 等. 儿童青少年 24 h 活动行为与肥胖相关指标的关系[J]. *中国学校卫生*, 2023, 44(1): 28-31.
- Wang RJ, Wu BA, Gao YH, et al. Relationship between 24 h activity behavior and obesity-related indicators in children and adolescents[J]. *Chin Sch Health*, 2023, 44(1): 28-31. (in Chinese)
- [32] Fairclough SJ, Dumuid D, Mackintosh KA, et al. Adiposity, fitness, health-related quality of life and the reallocation of time between children's school day activity behaviours: A compositional data analysis[J]. *Prev Med Rep*, 2018, 11: 254-261.
- [33] Fairclough SJ, Dumuid D, Taylor S, et al. Fitness, fatness and the reallocation of time between children's daily movement behaviours: An analysis of compositional data[J]. *Int*

- J Behav Nutr Phys Act, 2017, 14: 1-12.
- [34] Collings PJ, Westgate K, Väistö J, et al. Cross-sectional associations of objectively-measured physical activity and sedentary time with body composition and cardiorespiratory fitness in mid-childhood: The PANIC study [J]. Sports Med, 2017, 47: 769-780.
- [35] Dalene KE, Anderssen SA, Andersen LB, et al. Cross-sectional and prospective associations between physical activity, body mass index and waist circumference in children and adolescents [J]. Obes Sci Pract, 2017, 3(3): 249-257.
- [36] Gába A, Pedišić Ž, Štefelová N, et al. Sedentary behavior patterns and adiposity in children: A study based on compositional data analysis [J]. BMC pediatrics, 2020, 20: 1-11.
- [37] Jones MA, Skidmore PM, Stoner L, et al. Associations of accelerometer-measured sedentary time, sedentary bouts, and physical activity with adiposity and fitness in children [J]. J Sports Sci, 2020, 38(1): 114-120.
- [38] Mcalister KL, Zink J, Chu D, et al. Cross-sectional and longitudinal associations between non-school time physical activity, sedentary time, and adiposity among boys and girls: An isotemporal substitution approach [J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(9): 4671.
- [39] Tan K, Cai L, Lai L, et al. Association of reallocating time in different intensities of physical activity with weight status changes among normal-weight chinese children: A national prospective study [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(16): 5761.
- [40] 冯展鹏, 谭思洁, 刘焱, 等. 基于成分等时替代法建立青少年肥胖干预模型 [J]. 中国学校卫生, 2023, 44(11): 1641-1644, 1649.
- Feng ZP, Tan SJ, Liu Y, et al. An intervention model for adolescent obesity based on component isochronous substitution method [J]. Chin Sch Health, 2023, 44(11): 1641-1644, 1649. (in Chinese)
- [41] Grasten A, Watt A. Perceptions of motivational climate, goal orientations, and light-to-vigorous-intensity physical activity engagement of a sample of Finnish grade 5 to 9 students [J]. J Phys Act Health, 2016, 9(3): 5.
- [42] Hamilton MT, Hamilton DG, Zderic TW. Exercise physiology versus inactivity physiology: An essential concept for understanding lipoprotein lipase regulation [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2004, 32(4): 161-166.
- [43] Michael Marmot. 食物、营养、身体活动和癌症预防 [M]. 陈君石, 译. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2008: 218-221.
- [44] Eanes L. CE. Too much sitting: A newly recognized health risk [J]. Am J Nurs, 2018, 118(9): 26-34.
- [45] Katzmarzyk PT. Standing and mortality in a prospective cohort of Canadian adults [J]. Med Sci Sports Exerc, 2014, 46(5): 940-946.
- [46] Calabró MA, Lee JM, Saint-Maurice PF, et al. Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults [J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2014, 11: 1-9.
- [47] Basterfield L, Pearce MS, Adamson AJ, et al. Effect of choice of outcome measure on studies of the etiology of obesity in children [J]. Ann Epidemiol, 2012, 22(12): 888-891.
- [48] 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.
- [49] 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): 4-11.

收稿日期: 2024-12-10 修回日期: 2025-06-10 本文编辑: 王悦

#### (上接第 8 页)

- [34] Schubert MM, Sabapathy S, Leveritt M, et al. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: A meta-analysis [J]. Sports Med, 2014, 44(3): 387-403.
- [35] Calcaterra V, Zuccotti G. Physical exercise as a non-pharmacological intervention for attenuating obesity-related complications in children and adolescents [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(9): 5046.
- [36] Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation [J]. Clin Chim Acta, 2010, 411(11-12): 785-793.
- [37] Haapala EA, Väistö J, Ihalainen JK, et al. Associations of physical activity, sedentary time, and diet quality with biomarkers of inflammation in children [J]. Eur J Sport Sci, 2022, 22(6): 906-915.
- [38] Haapala EA, Väistö J, Veijola R, et al. Associations of physical activity, sedentary time, and diet quality with biomarkers of inflammation in children [J]. Eur J Appl Physiol, 2017, 117(11): 2287-2298.
- [39] Nimmo MA, Leggate M, Viana JL, et al. The effect of physical activity on mediators of inflammation [J]. Diabetes Obes Metab, 2013, 15(Suppl 3): 51-60.
- [40] Petersen A M W, Pedersen B K. The anti-inflammatory effect of exercise [J]. J Appl Physiol, 2005, 98(4): 1154-1162.
- [41] Carbó N, López-Soriano J, Costelli P, et al. Interleukin-15 mediates reciprocal regulation of adipose and muscle mass: A potential role in body weight control [J]. Biochim Biophys Acta, 2001, 1526(1): 17-24.
- [42] Nielsen AR, Hojman P, Erikstrup C, et al. Association between interleukin-15 and obesity: Interleukin-15 as a potential regulator of fat mass [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2008, 93(11): 4486-4493.

收稿日期: 2025-12-05 修回日期: 2025-12-23 本文编辑: 王悦