DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025356

· 生长发育与健康监测 ·

睡眠影响儿童青少年次日身体活动的系统评价与 Meta 分析

胡学文[1],赵广高[2],付近梅[3],苏利强[4],孙顺利[3],陈睿铭[2],陈德龙[2],蒋天乐[2],李雨浓[2],沈凡超[2],洪进[2],胡海华[2]

1.华东交通大学体育与健康学院,江西 南昌 330013;2.南昌大学体育学院;
3.江西省体育局体育科学医疗中心;4.江西师范大学体育学院

【摘要】 目的 探讨睡眠对儿童青少年次日身体活动(PA)的作用,为 PA 干预策略的完善和干预机制的深入探索提供参考依据。**方法** 通过检索 WOS 核心合集、PubMed、EBSCOhost、ScienceDirect、Cochrane Library、中国知网、万方、维普等数据库,搜索儿童青少年睡眠与次日 PA 的横断面、队列和实验研究,检验时间为建库至 2025 年 6 月。根据纳入文献特征选取睡眠持续时间(SD)、睡眠效率(SE)2 种睡眠变量指标和中高强度身体活动(MVPA)、低强度身体活动(LPA)、总身体活动(TPA)3 种身体活动变量指标,采用 Stata 17.0 软件对两类变量指标之间的关系进行合并效应量分析。**结果** 共纳入文献 14 篇,64.3%发表于 2018 年及以后,涉及 17 个国家共 11 361 名儿童青少年。Meta 分析结果显示,SD(*ES*=0.04,95%*CI*=0.01~0.07)、SE(*ES*=0.24,95%*CI*=0.01~0.47)均与次日 MVPA 呈正相关(*P* 值均<0.05),但与 LPA(*ES*=-0.04,95%*CI*=-0.13~0.06;*ES*=-0.02,95%*CI*=-0.15~0.11)、TPA(*ES*=0.09,95%*CI*=-0.02~0.20;*ES*=0.02,95%*CI*=-0.03~0.06)的关联均无统计学意义(*P* 值均>0.05)。亚组分析结果显示,“≤6 岁”亚组 SD、SE 分别与 TPA(*ES*=0.22,95%*CI*=0.09~0.35)、MVPA(*ES*=1.19,95%*CI*=1.06~1.32)呈正相关;“6~12 岁”亚组 SD 与 MVPA 呈正相关(*ES*=0.05,95%*CI*=0.02~0.08);“≥12 岁”亚组 SE 与 LPA 呈正相关(*ES*=0.08,95%*CI*=0.00~0.16),SD 与 LPA 呈负相关(*ES*=-0.23,95%*CI*=-0.31~-0.16)(*P* 值均<0.05)。**结论** 充足的 SD 和良好的 SE 可有效提升儿童青少年次日 MVPA,但其睡眠效应因年龄段而异。

【关键词】 睡眠;运动活动;数据库, 文献型;Meta 分析;儿童;青少年
【中图分类号】 R 179 G 806 Q 428 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2025)12-1781-06

Systematic review and Meta-analysis of the effect of sleep on subsequent-day physical activity among children and adolescents

HU Xuewen*, ZHAO Guanggao, FU Jinmei, SU Liqiang, SUN Shunli, CHEN Ruiming, CHEN Delong, JIANG Tianle, LI Yunong, SHEN Fanchao, HONG Jin, HU Haihua

** School of Physical Education and Health, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, Jiangxi Province, China*

【Abstract】 Objective To explore the effects of sleep on subsequent-day physical activity (PA) in children and adolescents, so as to provide a reference for refining PA intervention strategies and further investigating their underlying mechanisms. **Methods** Through searching databases including Web of Science Core Collection, PubMed, EBSCOhost, ScienceDirect, Cochrane Library, CNKI, Wanfang and VIP cross-sectional, cohort and experimental studies on sleep and subsequent-day PA among children and adolescents were identified, with the searching period spanning from database inception to June, 2025. Based on the characteristics of the included literature, two sleep variables[sleep duration (SD) and sleep efficiency (SE)] and three physical activity variables [moderate-to-vigorous physical activity (MVPA), light physical activity (LPA), and total physical activity (TPA)] were selected. The relationship between these two types of variables was analyzed for pooled effect sizes using Stata 17.0. **Results** A total of 14 studies were included, with 64.3% published in 2018 or later, involving 11 361 children and adolescents from 17 countries. Meta-analysis results showed that both SD (*ES*=0.04, 95%*CI*=0.01-0.07) and SE (*ES*=0.24, 95%*CI*=0.01-0.47) were positively correlated with subsequent-day MVPA (both *P*<0.05). However, no statistically significant associations were found with LPA (*ES*=-0.04, 95%*CI*=-0.13 to 0.06; *ES*=-0.02, 95%*CI*=-0.15 to 0.11) or TPA(*ES*=0.09, 95%*CI*=-0.02 to 0.20; *ES*=0.02, 95%*CI*=-0.03 to 0.06)(all *P*>0.05). Subgroup analysis revealed that in the "≤6 years" subgroup, SD and SE were positively correlated with TPA (*ES*=0.22, 95%*CI*=0.09-0.35) and MVPA (*ES*=1.19, 95%*CI*=1.06-1.32), respectively; in the "6-12 years" subgroup, SD was positively correlated with MVPA (*ES*=0.05, 95%*CI*=0.02-0.08); in the "≥12 years" subgroup, SE was positively correlated with LPA (*ES*=0.08, 95%*CI*=0.00-0.16), while SD was negatively correlated with LPA (*ES*=-0.23, 95%*CI*=

【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 年)基金一般项目(22TY20D);江西省研究生创新专项资金立项项目(YC2022-S031)

【作者简介】 胡学文(1997-),男,江西高安人,硕士,助教,主要研究方向为幼儿体质健康。
【通信作者】 赵广高,E-mail:Zhaogg2002@163.com

−0.31 to −0.16) (all $P<0.05$). **Conclusion** Adequate SD and good SE can effectively enhance subsequent-day MVPA among children and adolescents, although these sleep effects vary by age group.

【**Keywords**】 Sleep; Motor activity; Databases, bibliographic; Meta-analysis; Child; Adolescent

儿童青少年正处于生长发育的关键时期[1],充足的身体活动(physical activity, PA)是保障身体健康的必要条件[2]。保持一定量的 PA 不仅有利于改善儿童青少年的身体成分,提高心肺耐力、促进心血管健康和代谢健康,改善骨骼、肌肉及关节功能,还有助于心理健康、认知发展和学习成绩及社交技能的提高[3-4]。然而,在全球范围内,约 70%的儿童青少年未达到世界卫生组织 PA 推荐量标准[5]。我国儿童青少年 PA 状况也不乐观,高达 2/3 者未达到标准[6],严重威胁着我国儿童青少年的生长发育和身心健康。

目前,学者围绕信息技术[7]、家庭因素[8]、饮食行为[9-10]等外部环境因素开展儿童青少年 PA 的促进研究。上述因素不仅会影响儿童青少年的 PA 行为,对其 24 h 活动行为中的其他行为也会产生显著影响[11-13]。24 h 活动行为中,睡眠(sleep,SP)在时间的分配上会对 PA 产生影响[14]。更重要的是,在相邻两天时间内,儿童青少年自身的 SP 还可能影响其次日 PA 水平[15-16]。近年来,有学者研究睡眠持续时间(sleep duration, SD)和睡眠效率(sleep efficiency, SE)与儿童青少年次日 PA 的关系,但结果并不一致[17-19]。因此,本研究采用系统评价与 Meta 分析方法,探讨 SP 对儿童青少年次日 PA 可能存在的作用,并采用亚组分析方法探讨其制约因素,为 PA 干预策略的完善和干预机制的深入探索提供参考依据。

1 资料来源与方法

1.1 文献检索 严格按照系统综述和 Meta 分析的条目建议进行[20],并已在系统评价前瞻性注册库平台进行注册(注册号:CRD42023458267)。在 WOS 核心合集、PubMed、EBSCOhost、ScienceDirect、Cochrane Library、中国知网、万方、维普等电子文献数据库检索公开发表的有关儿童青少年 SP 与 PA 关系的研究,检索时间范围为建库至 2025 年 6 月。检索主题词包括:(1)睡眠(Sleep * OR SP OR Bedtime OR Time in bed OR Wak * OR Awake * OR Rapid Eye Movement OR REM);(2)身体活动(Physical Activity OR PA OR Exercis * OR Train * OR Sport * OR Motor Activity OR Step * OR Walk * OR Run * OR Active Travel);(3)儿童青少年(Child * OR Youth OR Preschool * OR Kid * OR Kindergarten OR Student * OR Pupil * OR Adolescen * OR Teen * OR Pubescent OR Prepubescent OR Juvenile)。将数据库检索到的文献导入 EndNote 20 软件进行去重,去重后的文献依据标题、摘要筛选,然后提取全文进行评估。最后,对纳入研究的参考文献和本领域资深专家的相关研究进行人工检索,补充电子文献数据库检索遗漏文献。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:(1)同行评议的英文期刊文献和中国知网、万方、维普等期刊文献(核心期刊);(2)儿童青少年相关研究;(3)PA 相关研究,结局指标包括中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)、低强度身体活动(light physical activity, LPA)、总身体活动(total physical activity, TPA)等;(4)SP 相关研究,结局指标包括 SD、SE 等;(5)横断面、队列和实验研究。排除标准:(1)非中文或者非英文文献;(2)综述、定性文章、关键数据资料缺失文献、未提供有效相关数据文献;(3)研究对象患有如 SP 障碍等疾病或为特殊人群。

1.3 信息提取 2 名研究者对纳入的研究分别进行数据提取和质量评分,当两人意见出现分歧或者不一致时,则由第 3 人汇总交由研究组讨论确定。提取资料类型包括:第一作者姓名、文献发表年份、研究人群基本情况(人数、年龄、国家)、SP 测量方式、PA 测量方式、结局指标、SP 与 PA 相关系数(r 值)或可以计算的相关数据。

1.4 质量评价与分析 因本研究纳入文献实际仅包含观察类研究,故使用美国卫生保健质量和研究机构(Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ)制定的横断面质量评价标准,对所有纳入的横断面研究进行质量评价[21]。此评价标准从资料来源、纳入标准、观察时间、评价者的主观因素、控制混杂因素等 11 个方面进行评价,对每一项研究进行评分(“是”=1 分,“否”或“不清楚”=0 分)。量表满分为 11 分,得分≥8 分为高质量,4~7 分为中等质量,≤3 分为低质量[22]。

1.5 统计学分析 应用 Stata 17.0 软件进行 Meta 分析,对纳入文献相关系数(r 值)作为主效应量。部分文献未报告 r 值,仅描述标准化回归系数(B 值)、非标准化回归系数(β 值),本研究将相关系数转化为所要分析的 Fisher's Z 值,然后计算 Z 值的标准误,通过 Z 值及其标准误进行 Meta 分析合并,最后将合并结果换算成相关系数效应值(effect size, ES)[23]。Meta 分析前进行异质性检验,采用 I^2 检验纳入研究间的异质性,当 I^2 值分别为<25.0%,25.0%~50.0%,>50.0%~75.0%和>75.0%时,分别定义为不存在、低、中和高度异质性[24]。本研究采用随机效应模型(randomized effects model, REM)估计合并效应量,对异质性进行

部分纠正[25]。同时,对存在异质性的研究进行敏感性分析,探索异质性来源[26]。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　文献筛选流程及结果　共检索到相关文献 8 103 篇,根据纳入与排除标准,最终纳入文献 14 篇[16-19,27-36]。文献筛选过程如图 1 所示。

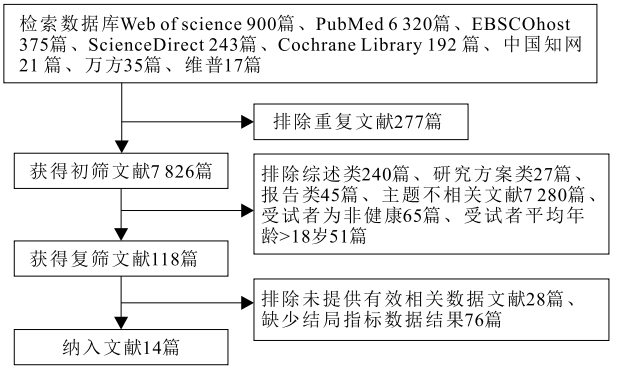


图 1　睡眠影响儿童青少年次日身体活动文献检索流程

Figure 1　Literature search process for studies on the effect of sleep on subsequent-day physical activity among children and adolescents

2.2　纳入文献基本特征及文献质量评价　共纳入 14 篇文献 17 项研究,包括横断面研究 11 篇,队列研究 3 篇;2018 年之前的文献占 35.7%(5 篇)、2018—2022 年的占 64.3%(9 篇);样本共有 11 361 名儿童青少年,来自 17 个国家。所有变量指标均采用客观仪器加速度计实施测量。见表 1。质量评价结果显示,11 篇为高质量,3 篇为中质量,无低质量研究。

2.3　儿童青少年 SD、SE 与次日 LPA、MVPA、TPA 合并效应结果分析

2.3.1　SD 与次日 LPA、MVPA、TPA　纳入的文献中,分别有 7,8,3 项研究报道了儿童青少年 SD 与次日 LPA、MVPA、TPA 关系的数据结果(图 2)。异质性结果显示,LPA($I^2=93.2\%$)、TPA($I^2=76.0\%$)相关研究间存在高度异质性(P 值均<0.05),而 MVPA 相关研究为低异质性($I^2=44.7\%$,$P>0.05$),选用 REM 模型合并结果。Meta 分析结果显示,儿童青少年 SD 与次日 LPA($ES=-0.04$,95%$CI=-0.13\sim0.06$)、TPA($ES=0.09$,95%$CI=-0.02\sim0.20$)间的关联均无统计学意义(P 值均>0.05),与次日 MVPA 呈正相关($ES=0.04$,95%$CI=0.01\sim0.07$,$P<0.05$)。

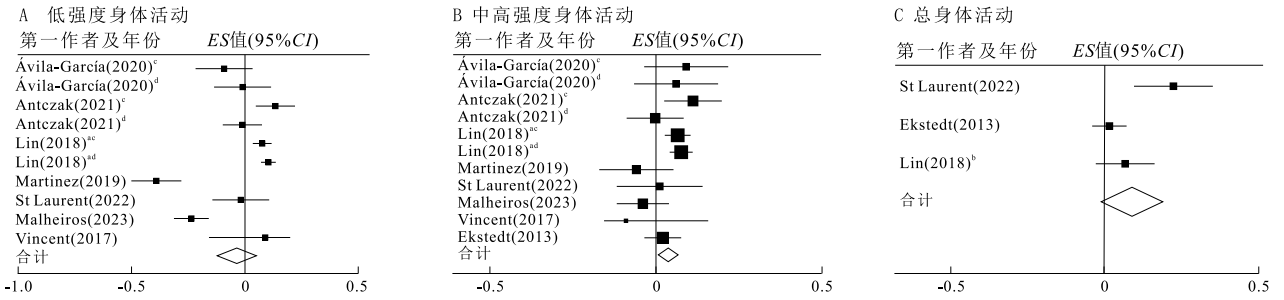
2.3.2　SE 与次日 LPA、MVPA、TPA　纳入文献中,共有 5 项研究报道儿童青少年 SE 与次日 LPA 关系的数据结果,6 项研究报告 SE 与次日 MVPA 关系的数据结果,2 项研究报告 SE 与 TPA 关系的数据结果(图 3)。异质性结果显示,LPA($I^2=89.1\%$)、MVPA($I^2=97.8\%$)研究存在高度异质性(P 值均<0.01),TPA 相关研究不存在异质性($I^2=0$,$P>0.05$),选用 REM 模型合并结果。Meta 分析结果显示,儿童青少年 SE 与次日 LPA($ES=-0.02$,95%$CI=-0.15\sim0.11$)、TPA($ES=0.02$,95%$CI=-0.03\sim0.06$)间的关联均无统计学意义(P 值均>0.05),与次日 MVPA 呈正相关($ES=0.24$,95%$CI=0.01\sim0.47$,$P<0.05$)。

表 1　睡眠影响儿童青少年次日身体活动纳入文献的基本特征

Table 1　Characteristics of included studies on the influence of sleep on subsequent-day physical activity among children and adolescents

第一作者	年份	国家	研究设计	样本量(男/女)	平均年龄/岁	睡眠变量	身体活动变量	质量评价
Malheiros[27]	2023	巴西	横断面	318/333	16.3	SD、SE	①②	高
St Laurent[28]	2022	美国	横断面	122/118	4.2	SD、SE	①②③	高
Antczak[29]	2021	澳大利亚	队列	530/529	8.8	SD、SE	①②	高
Merrigan[30]	2021	美国	横断面	16/7	7.9	SD、SE	①②	高
Ávila-García[17]	2020	西班牙	横断面	226/244	8.4	SD、SE	①②	高
Martinez[31]	2019	墨西哥	队列	145/163	8.9	SD	①②	高
Master[32]	2019	美国	横断面	196/221	15.5	SD、SE	②	高
Lin[18]	2018	中国、澳大利亚、巴西、加拿大、哥伦比亚、芬兰、印度、肯尼亚、葡萄牙、南非、英国、美国	横断面	3 178/2 601	10.4	SD	①②	高
Lin[19]	2018	加拿大	横断面	213/220	11.5	SD、SE	③	高
Vincent[33]	2017	澳大利亚	横断面	31/34	10.4	SD、SE	①②	中
Krietsch[34]	2016	美国	横断面	64/70	9.8	SD	②	中
Soric[35]	2015	克罗地亚、斯洛文尼亚、美国	横断面	125/151	11.3	SD、SE	②	高
Ekstedt[16]	2013	瑞典	横断面	610/621	8.0	SD、SE	①②③	高
Pesonen[36]	2011	芬兰	队列	133/142	8.1	SD、SE	③	中

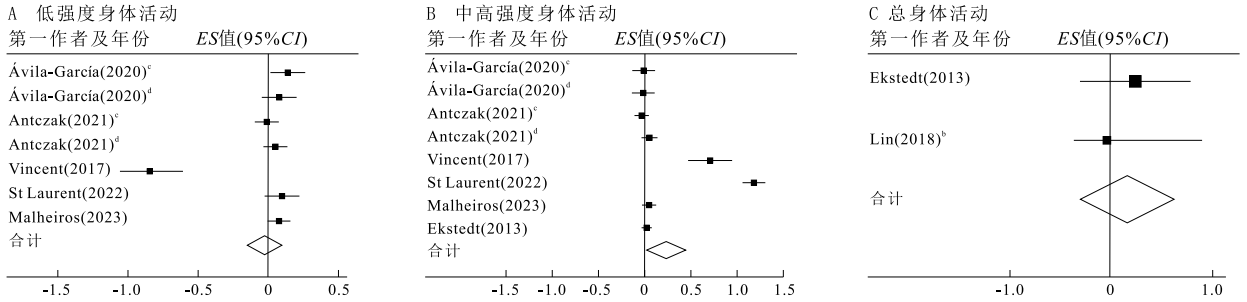
注:①LPA,②MVPA,③TPA。



注：a 引用文献[18]，b 引用文献[19]；c 样本为男生，d 样本为女生。

图 2 儿童青少年睡眠持续时间与次日身体活动关系

Figure 2 Relationship between sleep duration and subsequent-day physical activity among children and adolescents



注：b 引用文献[19]；c 样本为男生，d 样本为女生。

图 3 儿童青少年睡眠效率与次日身体活动关系

Figure 3 Relationship between sleep efficiency and subsequent-day physical activity among children and adolescents

2.4 儿童青少年 SD、SE 与次日 LPA、MVPA、TPA 关系的亚组分析 SP 对次日 PA 的影响可能受性别、年龄、SD 推荐量、研究设计等因素的制约，因此本研究针对这些因素进行亚组分析。

2.4.1 SD 与次日 LPA、MVPA、TPA 关系 在 14 篇纳入文献中，有 3 篇文献涉及男、女性[17-18,29]，其余 11 篇将男、女合并研究；在年龄、SD 时间是否达到推荐量[37-38]及研究设计方面，根据纳入文献特征，分别分为“≤6 岁”“6～12 岁”“≥12 岁”3 个亚组与“是”“否”2 个亚组及“横断面”“队列”2 个亚组。亚组分析结果显示，“≤6 岁”亚组 SD 与 TPA 呈正相关（*ES*=0.22，95%*CI*=0.09～0.35），“6～12 岁”亚组 SD 与 MVPA 呈正相关（*ES*=0.05，95%*CI*=0.02～0.08），“≥12 岁”亚组（*ES*=−0.23，95%*CI*=−0.31～−0.16）及“队列”亚组 SD（*ES*=−0.39，95%*CI*=−0.50～−0.28）均与 LPA 呈负相关；性别中“男”（*ES*=0.07，95%*CI*=0.04～0.11）、“女”亚组（*ES*=0.05，95%*CI*=0.01～0.10）及 SD 推荐量“否”亚组（*ES*=0.01，95%*CI*=0.00～0.01）SD 均与 MVPA 呈正相关（*P* 值均<0.05）。

2.4.2 SE 与次日 LPA、MVPA、TPA 关系 在 14 篇纳入文献中，有 2 篇文献涉及男、女性[17,29]，其余 12 篇将男、女合并研究；年龄及研究设计方面，根据纳入文献特征，分别分为“≤6 岁”“6～12 岁”“≥12 岁”3 个亚组及“横断面”“队列”2 个亚组。因 SE 无推荐量标准，故未做亚组分析。亚组分析结果显示，“≤6 岁”“≥12 岁”亚组 SE 分别与 MVPA（*ES*=1.19，95%*CI*=1.06～1.32）、LPA（*ES*=0.08，95%*CI*=0.00～0.16）呈正相关，“横断面”亚组 SE（*ES*=0.38，95%*CI*=0.02～0.75）与 MVPA 呈正相关（*P* 值均<0.05）。

2.5 纳入文献中 SD、SE 与次日 LPA、MVPA、TPA 敏感性分析 结果显示，所有研究均在 2 条可信区间线范围内，各研究之间无异质性，剔除某一篇研究对结局指标影响无统计学意义，因此异质性并非来源于单项研究。

3 讨论

本研究 Meta 分析结果显示，儿童青少年 SD 与次日 MVPA 呈正相关，但与 LPA、TPA 均无相关关系，表明充足的 SD 可能会触发儿童青少年次日较高的 MVPA 水平。现有研究认为，充足的 SD 可有效促进儿童青少年能量摄入[39]，为次日 PA 尤其是 MVPA 提供良好的能量物质基础。相反，SD 不足会诱导激素分泌改变，影响皮质醇的昼夜节律[40]，抑制骨骼肌的结构功能[41]，从而导致儿童青少年参与次日活动的调节作用下降。综合来看，充足的 SD 可能通过促进儿童青少年能量物质摄入和调节激素分泌，改善能量代谢和内分泌环境条件，为儿童青少年次日 MVPA 的蓄势待发作用奠定良好基础。

为进一步探讨 SD 对儿童青少年次日 PA 的影响，本研究以年龄、性别、SD 推荐量和研究设计为关注点进行了亚组分析。年龄因素方面，本研究发现，受试者年龄“≤6 岁”亚组 SD 与次日 TPA 呈正相关，“6～

12 岁”亚组 SD 与次日 MVPA 呈正相关,“≥12 岁”亚组 SD 与次日 LPA 呈负相关,提示 SD 与次日 PA 的关系与年龄因素有关。在学龄前与学龄阶段,父母对儿童 SD 的监督力度较大,儿童就寝自主权小[42],就寝时间早、SD 较长,从而改善儿童日常代谢[43],为次日 TPA 及 MVPA 提供良好的能量供应基础。导致青少年阶段 SD 与次日 LPA 负相关的原因目前尚不清楚,未来的研究可纳入当日午睡时间综合分析。性别因素方面,“男”“女”亚组 SD 与次日 MVPA 均呈正相关,提示 SD 促进次日 MVPA 的作用不受性别因素制约。SD 推荐量方面,“否”亚组 SD 与 MVPA 呈正相关,而“是”亚组无相关关系。提示在已达到 SD 推荐量标准(≤6 岁:10~13 h,6~12 岁:9~11 h,≥12 岁:8~10 h)[37-38]的情况下,增加 SD 并不能带来更佳的次日 MVPA 表现;相反,未达 SD 推荐量标准时,尽可能增加 SD 对于提升次日 MVPA 水平具有明显的健康效应,这也在一定程度上佐证了 SD 推荐量标准的科学性。研究设计方面,“队列”亚组 SD 与次日 LPA 呈负相关,提示 SD 与次日 LPA 的关系可能受到研究设计的影响。

Meta 分析结果显示,SE 与次日 MVPA 呈正相关,但与 LPA、TPA 均无相关性,表明良好的 SE 可能会触发儿童青少年次日较高的 MVPA 水平。该作用可能与儿童青少年心血管功能的改善有关。现有研究认为,高 SE 有益于儿童青少年心脏代谢[44]。相反,低 SE 则会导致夜间收缩压及心率下降[45],抑制心脏自主神经调节功能[46],不利于儿童青少年次日参加较大强度的活动。亚组分析结果发现,“≤6 岁”“≥12 岁”亚组 SE 分别与 MVPA、LPA 呈正相关,“横断面”亚组 SE 与 MVPA 呈正相关,提示学龄前儿童较高的 SE 水平可促进次日较大强度的 PA,而青少年较高的 SE 水平则可促进次日较小强度的 PA,鉴于上述 2 个亚组的纳入文献均仅有 1 篇,该结论仍需要更多的研究予以证实;且横断面设计可呈现 SE 与次日 MVPA 的正向关系。

当前关于儿童青少年 SP 与次日 PA 关系的研究仍以观察性为主,亟需开展实验干预研究以验证因果关系及机制。同时,应区分上学日与休息日的差异,系统分析不同时间组合下 SP 与 PA 的关系特征,并拓展至超重肥胖、SP 障碍等特殊群体及城乡、住校等多元环境,以完善该领域的证据体系。本研究可能存在以下局限与不足:(1)研究所纳入文献大部分来自发达国家,研究结果可能不具普遍性。(2)纳入文献均为观察性研究,无干预研究成果,可能会影响 SP 与次日 PA 因果关系的论证强度。(3)文献中当日与次日未区分上学日或休息日,研究结果可能无法涵盖上学日、休息日多种组合下的所有情况。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] HUANG T, ZHAO G, TAN H, et al. Effects of family intervention on physical activity and sedentary behavior in children aged 2.5 - 12 years: a Meta-analysis[J]. Front Pediatr, 2021, 9: 720830.

[2] 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.
ZHAO G G, WANG R, QUAN M H, et al. Effect of physical activity on physical growth of preschool children[J]. J Shanghai Univ Sport, 2017, 41(4): 65-69. (in Chinese)

[3] 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 Y T, MA S X, CHEN C, et al. Physical activity guide for children and adolescents in China[J]. Chin J Evid Based Pediatr, 2017, 12(6): 401-409. (in Chinese)

[4] 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.
ZHAO G G, LÜ W D, FU J M, et al. Influence factors of physical fitness in preschool children: a decision tree analysis[J]. China Sport Sci, 2020, 40(2): 32-39. (in Chinese)

[5] TREMBLAY M S, GRAY C E, AKINROYE K, et al. Physical activity of children: a global matrix of grades comparing 15 countries[J]. J Phys Act Health, 2014, 11(Suppl 1): S113-S125.

[6] CHEN P. Physical activity, physical fitness, and body mass index in the Chinese child and adolescent populations: an update from the 2016 physical activity and fitness in China - the youth study[J]. J Sport Health Sci, 2017, 6(4): 381-383.

[7] HE Z, WU H, YU F, et al. Effects of smartphone-based interventions on physical activity in children and adolescents: systematic review and Meta-analysis[J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2021, 9(2): e22601.

[8] 王丽娟,肖毅.父母因素对子女闲暇时间体力活动的影响:从性别差异的角度分析[J].上海体育学院学报,2018,42(1):79-86.
WANG L J, XIAO Y. Effect of parents factors on the leisure-time physical activity of their children based on gender perspectives[J]. J Shanghai Univ Sport, 2018, 42(1): 79-86. (in Chinese)

[9] WARD S A, BÉLANGER M F, DONOVAN D, et al. Relationship between eating behaviors and physical activity of preschoolers and their peers: a systematic review[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2016, 13: 50.

[10] DA SILVA GASPAROTTO G, PEREIRA DA SILVA M, MIRANDA MEDEIROS CRUZ R, et al. Overweight and physical activity practice associated with eating behavior of Brazilian college students[J]. Nutr Hosp, 2015, 32(2): 616-621.

[11] KANKANHALLI A, SAXENA M, WADHWA B. Combined interventions for physical activity, sleep, and diet using smartphone apps: a scoping literature review[J]. Int J Med Inform, 2019, 123: 54-67.

[12] GIANNOTTI F, CORTESI F. Family and cultural influences on sleep development[J]. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am, 2009, 18(4): 849-861.

[13] ZARPELLON R S M, VILELA D R M, LOUZADA F M, et al. Association of food intake with sleep disorders in children and adolescents with obesity[J]. Sleep Med X, 2022, 4: 100053.

[14] 黄宝莹,谭健怡,刘晴,等.成分和非成分等时替代模型在身体活动健康效应研究中的应用比较及实证研究[J].体育科学,2022,42(2):51-58,73.
HUANG B Y, TAN J Y, LIU Q, et al. Comparison and empirical study of the application of compositional isotemporal substitution model and non-compositional isotemporal substitution model in the research field of health effects of physical activity[J]. China Sport Sci, 2022, 42

(2):51-58,73.(in Chinese)

[15] LEE P H,TSE A C Y,WU C S T,et al.Temporal association between objectively measured smartphone usage,sleep quality and physical activity among Chinese adolescents and young adults[J].J Sleep Res,2021,30(4):e13213.

[16] EKSTEDT M,NYBERG G,INGRE M,et al.Sleep,physical activity and BMI in six to ten-year-old children measured by accelerometry:a cross-sectional study[J].Int J Behav Nutr Phys Act,2013,10:82.

[17] ÁVILA-GARCÍA M,FEMIA-MARZO P,HUERTAS-DELGADO F J,et al.Bidirectional associations between objective physical activity and sleep patterns in Spanish school children[J].Int J Environ Res Public Health,2020,17(3):710.

[18] LIN Y,TREMBLAY M S,KATZMARZYK P T,et al.Temporal and bidirectional associations between sleep duration and physical activity/sedentary time in children:an international comparison[J].Prev Med,2018,111:436-441.

[19] LIN Y,BORGHESE M M,JANSSEN I.Bi-directional association between sleep and outdoor active play among 10-13 year olds[J].BMC Public Health,2018,18(1):224.

[20] MOHER D,LIBERATI A,TETZLAFF J,et al.Preferred reporting items for systematic reviews and Meta-analyses:the PRISMA statement[J].PLoS Med,2009,6(7):e1000097.

[21] 曾宪涛,刘慧,陈曦,等.Meta 分析系列之四:观察性研究的质量评价工具[J].中国循证心血管医学杂志,2012,4(4):297-299.
ZENG X T,LIU H,CHEN X,et al.Meta-analysis series IV:quality evaluation tools for observational research[J].Chin J Evid Based Cardiovasc Med,2012,4(4):297-299.(in Chinese)

[22] HU J,DONG Y,CHEN X,et al.Prevalence of suicide attempts among Chinese adolescents:a Meta-analysis of cross-sectional studies[J].Compr Psychiatry,2015,61:78-89.

[23] PETERSON R A,BROWN S P.On the use of Beta coefficients in Meta-analysis[J].J Appl Psychol,2005,90(1):175-181.

[24] HIGGINS J P T,THOMPSON S G,DEEKS J J,et al.Measuring inconsistency in Meta-analyses[J].BMJ,2003,327(7414):557-560.

[25] 魏丽娟,董惠娟.Meta 分析中异质性的识别与处理[J].第二军医大学学报,2006,27(4):449-450.
WEI L J,DONG H J.The identification and solution of heterogeneity in Meta-analysis[J].Acad J Second Mil Med Univ,2006,27(4):449-450.(in Chinese)

[26] 王丹,翟俊霞,牟振云,等.Meta 分析中的异质性及其处理方法[J].中国循证医学杂志,2009,9(10):1115-1118.
WANG D,ZHAI J X,MOU Z Y,et al.Discussing on the research of heterogeneity in Meta-analysis[J].Chin J Evid Based Med,2009,9(10):1115-1118.(in Chinese)

[27] MALHEIROS L E A,DA COSTA B G G,LOPES M V V,et al.Bidirectional daily associations between accelerometer-measured sleep and physical activity in Brazilian high school students[J].Pediatr Exerc Sci,2023,35(1):8-14.

[28] ST LAURENT C W,ANDRE C,HOLMES J F,et al.Temporal relationships between device-derived sedentary behavior,physical activity,and sleep in early childhood[J].Sleep,2022,45(4):zsac008.

[29] ANTCZAK D,SANDERS T,DEL POZO CRUZ B,et al.Day-to-day and longer-term longitudinal associations between physical activity,sedentary behavior,and sleep in children[J].Sleep,2021,44(4):zsaa219.

[30] MERRIGAN J J,VOLGENAU K M,MCKAY A,et al.Bidirectional associations between physical activity and sleep in early-elementary-age Latino children with obesity[J].Sports,2021,9(2):26.

[31] MARTINEZ S M,TSCHANN J M,MCCULLOCH C E,et al.Temporal associations between circadian sleep and activity patterns in Mexican American children[J].Sleep Health,2019,5(2):201-207.

[32] MASTER L,NYE R T,LEE S,et al.Bidirectional,daily temporal associations between sleep and physical activity in adolescents[J].Sci Rep,2019,9(1):7732.

[33] VINCENT G E,BARNETT L M,LUBANS D R,et al.Temporal and bidirectional associations between physical activity and sleep in primary school-aged children[J].Appl Physiol Nutr Metab,2017,42(3):238-242.

[34] KRIETSCH K N,ARMSTRONG B,MCCRAE C S,et al.Temporal associations between sleep and physical activity among overweight/obese youth[J].J Pediatr Psychol,2016,41(6):680-691.

[35] SORIC M,STARC G,BORER K T,et al.Associations of objectively assessed sleep and physical activity in 11-year old children[J].Ann Hum Biol,2015,42(1):31-37.

[36] PESONEN A K,SJÖSTÉN N M,MATTHEWS K A,et al.Temporal associations between daytime physical activity and sleep in children[J].PLoS One,2011,6(8):e22958.

[37] ROBERTS K C,YAO X,CARSON V,et al.Meeting the Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth[J].Health Rep,2017,28(10):3-7.

[38] CLIFF D P,MCNEILL J,VELLA S A,et al.Adherence to 24-hour movement guidelines for the early years and associations with social-cognitive development among Australian preschool children[J].BMC Public Health,2017,17(Suppl 5):857.

[39] YASUNAGA A,SHIBATA A,ISHII K,et al.Associations of sedentary behavior and physical activity with older adults' physical function:an isotemporal substitution approach[J].BMC Geriatr,2017,17(1):280.

[40] GUYON A,BALBO M,MORSELLI L L,et al.Adverse effects of two nights of sleep restriction on the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in healthy men[J].J Clin Endocrinol Metab,2014,99(8):2861-2868.

[41] DATTILO M,ANTUNES H K M,MEDEIROS A,et al.Paradoxical sleep deprivation induces muscle atrophy[J].Muscle Nerve,2012,45(3):431-433.

[42] TASHJIAN S M,MULLINS J L,GALVÁN A.Bedtime autonomy and cellphone use influence sleep duration in adolescents[J].J Adolesc Health,2019,64(1):124-130.

[43] VAN CAUTER E,SPIEGEL K,TASALI E,et al.Metabolic consequences of sleep and sleep loss[J].Sleep Med,2008,9(Suppl 1):S23-S28.

[44] CESPEDES FELICIANO E M,QUANTE M,RIFAS-SHIMAN S L,et al.Objective sleep characteristics and cardiometabolic health in young adolescents[J].Pediatrics,2018,142(1):e20174085.

[45] ROSS A J,YANG H,LARSON R A,et al.Sleep efficiency and nocturnal hemodynamic dipping in young,normotensive adults[J].Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,2014,307(7):R888-R892.

[46] 刘洪洋,李莉,崔天祥,等.血压控制良好的原发性高血压患者夜间收缩压下降率与心率及心率变异性的关系[J].中华高血压杂志,2015,23(11):1076-1079.
LIU H Y,LI L,CUI T X,et al.Relationship between nocturnal systolic blood pressure decline rate and heart rate and heart rate variability in patients with essential hypertension with good blood pressure control[J].Chin J Hypertens,2015,23(11):1076-1079.(in Chinese)

收稿日期:2025-07-03 **修回日期**:2025-10-04 **本文编辑**:汤建军