



基于成分数据分析的青少年24 h活动行为与 体质关联的研究

Research on the Relationship between 24 h Movement Behaviour and Physical Fitness in Adolescents Based on Component Data Analysis

张 婷, 李红娟*, 李 超, 张 柳, 张墨华

ZHANG Ting, LI Hongjuan*, LI Chao, ZHANG Liu, ZHANG Zhaohua

摘 要:目的:基于成分数据分析方法,解决24 h活动行为“定和限制”所带来的共线性问题,探究青少年不同强度身体活动、静坐行为与睡眠对体质指标的综合影响。方法:以241名初中生为研究对象,采用ActiGraph GT3X+加速度计测量日常活动行为,并进行体质测试。通过成分数据分析方法,综合分析24 h活动行为与体质的关联,并采用成分等时替代模型,进行行为之间的10 min等时替代分析,以将不同行为对体质的影响效应量化。结果:中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)与体质总分、50 m跑表现、长跑表现和跳远成绩呈正相关;低强度身体活动(light physical activity, LPA)则与这些指标呈负相关,但其与肺活量呈正相关。静坐行为(sedentary behaviour, SB)与多数体质指标呈负相关,睡眠时间与体质总分、坐位体前屈、跳远、仰卧起坐和长跑表现呈正相关。成分等时替代分析显示:10 min SB或LPA替代同等时间的MVPA产生的不利效应均远大于10 min MVPA替代相应行为所产生的有益效应(体质总分:SB, -0.92分 vs 0.73分;LPA, -1.1分 vs 0.91分)。结论: MVPA是学生群体体质发展的主要影响成分,而睡眠可能是体质健康干预的另一重要方向。相比单纯性地减少SB时间,保持MVPA水平更具意义。

关键词: 24 h活动行为;身体活动;体质;成分(数据)分析;青少年

Abstract: Objective: To solve the collinearity caused by the “constant sum” of 24 h movement behaviour using the compositional data analysis, and to explore the combined effects of physical activity with different intensities, sedentary behaviour, and sleep on physical fitness. Methods: Take 241 junior high school students as the study subject, their daily movement behaviours are measured by ActiGraph GT3X+ and physical fitness is tested. The association between 24 h movement behaviours and physical fitness is analyzed comprehensively using the compositional data analysis method, and a 10 min isotemporal substitution analysis between behaviours is performed using the compositional isotemporal substitution model, to quantify the effects of different behaviours on physical fitness. Results: Moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) is positively correlated with total physical fitness score, 50 m running and long-distance running performance, and long jump test results; light physical activity (LPA) is negatively correlated with these indicators, but positively related with vital capacity. Sedentary behaviour (SB) is negatively correlated with multiple physical fitness indicators. Sleep (SLP) time is positively correlated with total physical fitness score, sit and reach, long jump, sit-ups, and long-distance running performance. The compositional isotemporal substitution analysis shows that the adverse effect generated by 10 min SB or LPA substitution for the equivalent time of MVPA is far greater than the beneficial effect of 10 min MVPA substitution for the corresponding behaviour (total physical fitness score: SB, -0.92 vs 0.73; LPA, -1.1 vs 0.91). Conclusions: MVPA is the main influencing component of physical fitness development among the student population, and sleep may be another important direction for physical fitness interventions. It is more meaningful to maintain the MVPA level than to simply reduce SB time.

基金项目:

国家社会科学基金项目(ALA190015)

第一作者简介:

张婷(1996-),女,在读博士研究生,主要研究方向为身体活动与健康促进,E-mail:1396393323@qq.com。

*通信作者简介:

李红娟(1972-),女,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为身体活动与健康促进,E-mail:janerobin@126.com。

作者单位:

北京体育大学,北京 100084
Beijing Sport University, Beijing
100084, China.

Keywords: 24 h movement behaviour; physical activity; physical fitness; compositional (data) analysis; adolescents

中图分类号: G804.49 **文献标识码:** A

身体活动(physical activity, PA)减少、静坐行为(sedentary behaviour, SB)增加的不良生活方式在儿童和青少年中普遍存在,是儿童青少年肥胖和体质水平下降的关键因素(Gopinath et al., 2012; Leech et al., 2015)。静坐行为,尤其是屏幕时间,与健康相关体质水平的降低有关(仇大勇等, 2019; 刘伟佳等, 2017; Carson et al., 2016a; Tremblay et al., 2011)。相反,儿童和青少年规律的身体活动与体质等健康结局存在正相关(方慧等, 2018; 全明辉等, 2020),充足的睡眠(sleep, SLP)亦有益于处于生长发育期儿童青少年的体质发展(Chaput et al., 2016)。从时间构成来看,不同强度的身体活动、SB和SLP构成了青少年24 h活动行为,各部分时间具有“定和限制”的特性,因此各成分对青少年体质的影响效应并不是孤立的,而是三者共同变化产生的综合效应。但是以往研究多孤立探讨这些行为的影响效应,忽略了行为之间存在的相互影响,因而所得结论有一定的局限性,甚至会产生误导(Pedisic, 2014)。

SLP、SB、低强度身体活动(light physical activity, LPA)和中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)构成了个体的24 h活动行为,即各行为相加总和为常数,这类数据称为成分数据。成分数据各分量携带的信息是相对的,意味着任一单个行为的信息必须在考虑其他行为信息的情况下才有意义(Aitchison, 1986)¹。对此, Pedišić (2017)提出针对身体活动的成分数据特性,应当采用成分数据分析(亦称“成分分析”)方法研究各成分对健康指标的影响。Chastin (2015)将成分数据分析方法应用于24 h活动行为,综合探讨了活动行为与健康结局之间的联系。近年,国内学者亦开始重视24 h活动行为与健康结局的关联(吕雅杰等, 2019; 宋俊辰等, 2020; 张婷等, 2020),但鲜见应用成分数据分析方法探讨青少年身体活动相关行为对体质健康的综合影响及成分等时替代效应的研究。因此,本研究基于成分数据分析方法与成分等时替代模型,探讨青少年各活动行为与体质总分及诸多单项指标的关联性,并将影响效应定量化。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

为方便抽样的形式,选取首都师范大学附属育新学校和临汾市解放路学校,采用随机整群抽样方法,在每所学校以班级为单位分别抽取初一、初二学生,共计358名学生。对符合纳入标准的学生签署知情同意书。研究对象排除标准:1)病患者;2)近期内身体活动不便者;3)未能按要求佩戴加速度计,24 h活动行为数据缺失者。最终获

得有效样本241人,其中,男生117名(49%),女生124人(51%)。本研究已获得北京体育大学运动科学实验伦理委员会批准。

1.2 日常活动行为的测量

身体活动(LPA和MVPA)与SB,是经加速度计客观测量获得,睡眠则是通过24 h减去清醒时间获得。清醒时间,即受试者在夜间睡眠前,清醒状态下的所有时间,同时本研究与其他研究一致(Carson et al., 2016b; Chastin et al., 2015),并未进一步区分日间是否存在午睡情况。要求受试者连续7天在右髌佩戴ActiGraph GT3X+加速度计(ActiGraph LLC, Pensacola, FL),水上活动除外,并严格要求其睡觉前摘下与觉醒后即刻佩戴加速度计。有效数据的纳入标准:1)有效天,至少有10 h的清醒时间;2)有效佩戴天数至少4天(3个工作日+1个周末)(Tudor-Locke et al., 2015);数据的采样频率为60 Hz,并以60 s的间隔时间于ActiLife 5.6下载数据。选用的身体活动强度临界点已经过Evenson等验证(Ward et al., 2005):SB为每分钟计数0~100, LPA为每分钟计数101~2 295, MPA为每分钟计数2 296~4 011, VPA为每分钟计数4 012以上。

1.3 体质的测量

按照《国家学生体质健康标准(2014年修订)》测试细则及相关测试仪器,获得形态指标:身高、体质量;身体素质指标:50 m跑、坐位体前屈、引体向上或仰卧起坐,分别反映了速度、柔韧性、上肢力量或腹部力量素质;心肺耐力指标:肺活量和800 m或1 000 m跑。

考虑到国家学生体质单项指标的评分可能不能全面捕捉受试者相应指标的表现,将各单项指标的原始成绩以及体质综合评分、评级纳入分析,其中考虑到男、女长跑距离不同,以及为符合回归模型拟合的方差齐性等条件,长跑指标选用评分纳入分析。评分细则基于学生体质评分标准进行了一定修改:1)出于BMI无法判断是瘦体质量与脂肪的考虑,综合评分舍去了BMI;2)男生引体向上个数为0的居多,因此亦排除了引体向上的评分。体质单项指标修改前后的评分权重如表1所示。最终总分(标准分+附加分)为85分,综合评级标准:优秀为 ≥ 55.0 分,良好为45.0~54.9分,合格为25.0~44.9分,不合格为 ≤ 24.9 分。测试人员均经过统一培训和考核。

1.4 统计学处理

成分数据的样本空间为单形,是一个有限的空间,不同于实数空间(取值 $-\infty$ 到 $+\infty$ 的数据空间)(Aitchison, 1982)。以往研究未考虑24 h活动行为之间的共线性及其“定和限制”,且传统的统计方法无法同时纳入所有行为以进行分析(Dumuid et al., 2018b),因此需要将24 h活

动行为数据进行对数比变换(Aitchison, 1986)^[41],将位于单形数据空间中的成分数据映射到实数空间,解除数据的“定和”约束和共线性,以适用于标准统计方法。

表1 体质单项指标权重修改前后对比
Table 1 Comparison of the Weights of Individual Physical Fitness Indicators before and after Modification

指标	原始权重	修改后权重
50 min 跑	20	20
坐位体前屈	10	10
立定跳远	10	10
引体向上(男)/1 min 仰卧起坐(女) ⁺	10	
1 000 m 跑(男)/800 m 跑(女) ⁺	20	20
BMI	15	
肺活量	15	15
总计	100	75

注: +表示附加分指标,各10分。修改前总分:100+20,修改后:75+10。

首先,将SB、LPA、MVPA和SLP数据标准化,令总和为1。集中趋势以各行为的几何平均值(Pawlowsky-Glahn and Egozcue, 2001)表示。“闭合”所有成分的几何平均值使得总和为1 440 min从而获得各行为以“min”为单位的均值。考虑到成分数据特性,某一行为的变化始终伴随其他行为的变化,因此以变异矩阵(Aitchison, 1986)^[76]来体现离散趋势。变异矩阵,即各行为之间所有成对对数比的方差[如: $\ln(\text{SB}/\text{LPA})$ 的方差],亦可显示行为之间的依赖性(Aitchison, 1982, 1986)。受试群体24 h活动行为构成特点由三元图(Chastin et al., 2015)呈现。

在代入成分多元回归模型分析之前,将标准化后的活动行为数据进行等距对数比(isometric log-ratio, ilr)变换(Dumuid et al., 2018b; Egozcue et al., 2003),公式为:

$$z = [z_1, z_2, \dots, z_{D-1}] = \text{ilr}(\mathbf{x}) = \sqrt{\frac{D-j}{D-j+1}} \ln \left(\frac{x_j}{\sqrt{\prod_{k=j+1}^D x_k}} \right),$$

$$j = 1, \dots; D - 1 \quad (1)$$

因ilr变换,仅第一个坐标表示某一成分相对于其他所有成分的时间使用情况,所以需对四分量的活动行为进行顺序置换,使得每个分量都作为第一个分量,最终获得4组数据,每组包含3个ilr坐标。

分别将每组ilr坐标作为自变量,建立多元回归模型,协变量包括性别、年龄、身高与体质量。对模型的线性、正态性和方差齐性进行了检验,未违背假设。 $P < 0.1$ 为具有统计学意义。

基于拟合的线性回归模型,采用成分等时替代方法,进行“一对一”的10 min定量分配(Dumuid et al., 2018c),即将某一行为的10 min时间重新分配至另一行为,而其

余活动行为时间保持不变,以预测再分配后相关结果的变化情况。具体过程:首先预测活动行为均值组合产生的影响效应,再进行两两活动行为之间10 min的再分配,可获得一系列新的活动行为组合,进而预测新的行为组合产生的影响效应。最后,以新组合产生的效应减去均值组合产生的效应,获得活动行为定量变化后相应结局指标的变化量。以 $P < 0.05$ 表示替代效应具有统计学意义,所有分析通过R 4.0.1进行。

2 结果

2.1 描述性分析

本研究样本(表2)的平均年龄为(13.0±0.6)岁,男、女各半。体质评分不合格的仅占0.8%。24 h活动行为的均值组合为:SB 614 min、LPA 270 min、MVPA 39 min和SLP 516 min。

表2 青少年的基本特征

Table 2 Adolescents' Basic Characteristics $n=241$

特征	整体(占比/%)
性别	
男孩	117(48.5%)
女孩	124(51.5%)
年龄/岁	
平均值(SD)	13(0.6)
24 h 活动行为均值组合/min	
SB	614
LPA	270
MVPA	39
SLP	516
体质评分等级	
优秀	144(59.8%)
良好	89(36.9%)
合格	6(2.5%)
不合格	2(0.8%)

表3显示的是数据的变异性。接近零值表明两种行为的时间使用相互依赖,如 $\ln(\text{SB}/\text{SLP})$ 的方差为0.07,这反映了SB和SLP之间相互依赖性较大。从表3中可以看出,最大成对对数比的方差涉及MVPA,表明MVPA与其他行为之间依赖性较小。

表3 SB、LPA、MVPA和SLP时间使用的成对对数比变化矩阵
Table 3 Pair-Wise Log-Ratio Change Matrix for SB, LPA, MVPA, and SLP Time

	SB	LPA	MVPA	SLP
SB	0.00	0.13	0.21	0.07
LPA	0.13	0.00	0.23	0.14
MVPA	0.21	0.23	0.00	0.16
SLP	0.07	0.14	0.16	0.00

24 h 活动行为的时间使用分布(图1)以三元图矩阵的形式表示。离散情况由围绕行为组合均值的基于正态分布的90%、95%和99%的概率区域表示(虚线)。该群

体呈现出SB时间使用较多,SLP时间使用次之,而MVPA水平居低的活动行为构成。

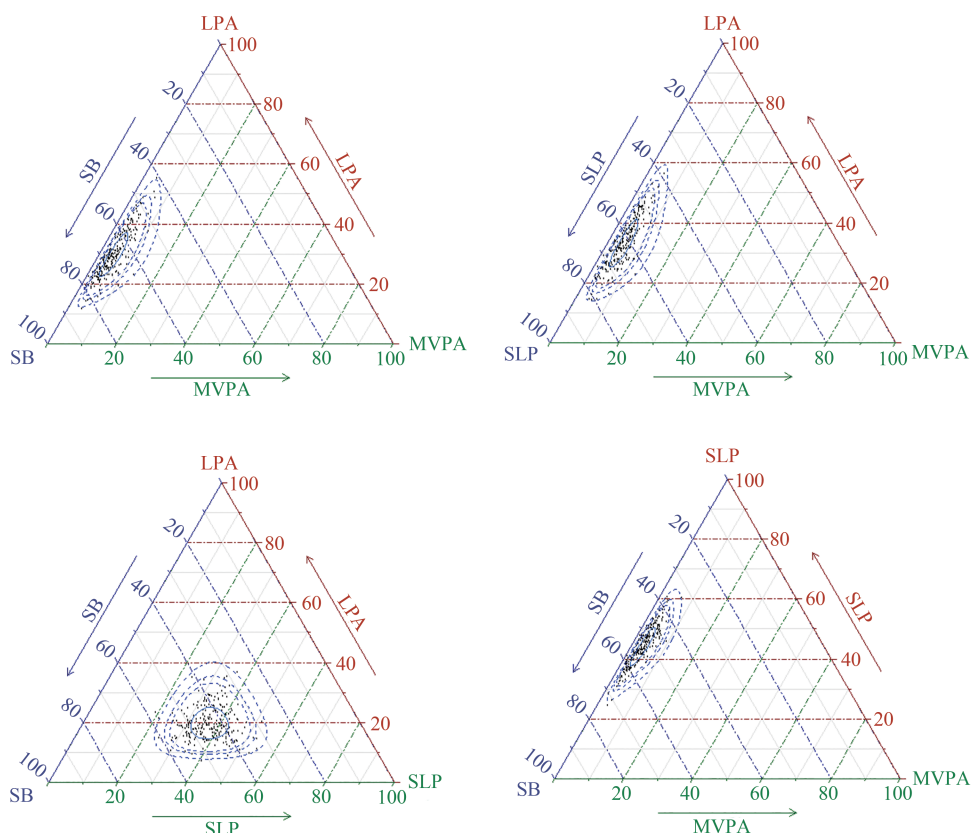


图1 SB、LPA、MVPA和SLP时间构成的人群分布的三元图

Figure 1. Ternary Plots of Population Distribution of Time Spent in SB, LPA, MVPA and SLP

注:黑点表示个体;虚线表示90%、95%和99%的基于正态分布的概率区域。

2.2 24 h 活动行为的时间使用与体质指标之间的关联

体质总分及其各单项指标与各行为(相对于其余行为)的关联性分析(表4)表明,体质总分与SLP和MVPA呈正相关($P < 0.05$),而与SB和LPA呈负相关($P < 0.05$);肺活量仅与LPA呈正相关($P < 0.05$),与其余行为均呈负相关,但无统计学意义;MVPA与50 m跑用时呈负相关,而LPA与之呈正相关($P < 0.05$);坐位体前屈、跳远、仰卧起坐与SB、LPA呈负相关($P < 0.1$),与睡眠呈正相关($P < 0.01$),而其中仅跳远与MVPA呈正相关($P < 0.05$);长跑评分与MVPA和SLP均呈正相关,与LPA呈负相关($P < 0.05$)。

2.3 成分等时替代

将某一行为的10 min重新分配至另一行为时(表5),其他行为保持不变。MVPA或SLP的10 min分别再分配至SB,预测青少年的体质总分将分别降低约0.9、0.2分。相反,MVPA替代SB时,体质总分提高0.73分。类似地,当MVPA被SB或LPA替代时,50 m跑表现、跳远和长跑表现降低的幅度均大于MVPA替代SB或LPA时这些指标表现提高的幅度。在肺活量指标中,LPA被SB或SLP替

代时,肺活量分别降低了10.88 mL与10.62 mL,而反向LPA替代SB或SLP时,肺活量分别提高10.60 mL和10.33 mL。在速度指标中,MVPA时间被其他行为替代后,50 m用时均增加,其中以MVPA替代LPA时用时增加最多(0.1 s),而LPA被其他行为替代时,50 m跑用时均降低。在力量指标中,MVPA或LPA与其他行为之间的替代结果与速度指标中的结果相似。在柔韧性和腹部力量耐力指标中,SLP被LPA或SB替代时,会降低坐位体前屈和仰卧起坐的成绩,而LPA被SLP或SB替代时结果则相反。

3 讨论

3.1 学龄青少年的活动行为组合模式的特征

学龄阶段的青少年整体呈现出久坐行为时间较长,身体活动水平尤其是MVPA水平普遍较低,而睡眠时间相对适中的行为组合模式(图1)。该群体呈现的静坐少动的生活方式与其他研究一致(郭强等,2017)。究其原因,可能与学龄青少年属于学生群体的属性有一定的关联:文化课以及作业完成的需求使学生大部分时间是处

于静坐状态。一项关于中学生的追踪调查研究指出,家庭因素、身体健康意识、健康教育课程、学校体育设备及学业压力(课外用于学业相关的时间)等对身体活动参与时间具有正向效应,而视屏使用则相反(胡鹏辉等,

2019)。故在针对青少年身体活动促进的过程中,形成以家庭-学校-社区联动机制(汪晓赞等,2014)可能是比较有效的策略。

表4 24 h活动行为的时间使用与体质指标的关联

Table 4 Association between Time Use of 24 h Movement Behaviour and Physical Fitness Indicators

变量	R^2	β_{SLP}	Pr(> t)	β_{MVPA}	Pr(> t)	β_{SB}	Pr(> t)	β_{LPA}	Pr(> t)
总分	0.29	9.07***	0.00	3.37*	0.01	-4.67*	0.03	-7.78***	0.00
肺活量/mL	0.41	-106.27	0.51	-19.50	0.84	-145.50	0.35	271.27*	0.02
50 m跑/s	0.33	-0.34	0.14	-0.34*	0.01	0.15	0.50	0.53**	0.00
坐位体前屈	0.34	8.52***	0.00	1.61	0.17	-3.04#	0.10	-7.10***	0.00
跳远/m	0.28	0.21**	0.00	0.09*	0.02	-0.19**	0.00	-0.11*	0.02
800/1 000 m跑	0.26	15.46***	0.00	5.42*	0.02	-5.63	0.12	-15.24***	0.00
仰卧起坐	0.23	15.35***	0.00	2.62	0.26	-7.69*	0.04	-10.29***	0.00

注:分析中,50 m跑以时间为单位,属于低优指标,即用时越少,表现越好;长跑则是选用评分纳入分析,属于高优指标,评分越高,表现越好。***为 $P<0.001$,**为 $P<0.01$,*为 $P<0.05$,#为 $P<0.1$ 。

3.2 24 h活动行为与体质关联

身体活动促进一直是提高体质与健康水平的重要方式,而MVPA可能是青少年学生群体体质促进的主要影响成分。本研究显示,SB基本不利于体质的发展,而MVPA对体质整体、速度、有氧能力(长跑)与力量素质存在积极效应,LPA则不利于这些指标的发展,但其有利于肺活量的提高。现有研究支持了MVPA或高强度身体活动(vigorous physical activity, VPA)对下肢爆发力与速度的增益作用(常振亚等,2020;方慧等,2018;杨洋,2019;Fang et al., 2017)。另一项持续6周的干预研究亦发现,进行VPA干预后,下肢爆发力、最大摄氧量和柔韧性均显著提高(苏利强等,2020)。基于成分分析的研究,亦强调了MVPA的提高或保持对心肺适能(cardiorespiratory fitness, CRF)的重要意义,但其发现LPA对心肺耐力的影响效应(Carson et al., 2016b; Fairclough et al., 2017)以及对体质健康、身体素质和下肢爆发力等的影响并不显著(常振亚等,2020),这与本研究LPA不利于长跑表现和力量表现的结果不一致。究其原因,可能是由于受试群体、有氧耐力指标的选取与测试方法以及身体活动强度切点值的不同所造成的。另有基于成分分析的研究发现,LPA对肥胖指标和心脏代谢等健康结局不利,而MVPA则有利于健康水平的提高(Chastin et al., 2015)。虽然,LPA对健康结局的不利效应具有多数证据支持,但需要注意的是,从ilr变换角度来看,LPA时间的增加是包括以牺牲MVPA时间为代价的,故在以 β 系数来判定LPA与这些指标之间的关联性时需要谨慎。另外,从生理学角度来看,LPA的能耗系统主要为有氧代谢,而下肢爆发力的供能系统为ATP-CP(王瑞元等,2012)¹⁷⁷,即LPA产生的生理适应是达不到提高爆发力的阈值甚至可能是会影响力量的表现。基于以上的探讨可以看出,MVPA的健康

效应是较为明确的,而LPA的潜在健康效应,仍需要进一步探讨与明确。

表5 成对行为“一对一”10 min再分配后的体质效应差异

Table 5 Differences in Physical Fitness Effects after 10 min “One-to-One” Reallocation between Pairwise Behaviours

指标	效应差异			
	SB	LPA	MVPA	SLP
体质总分	SB	0.19	-0.92	-0.22
	LPA	-0.18	-1.10	-0.40
	MVPA	0.73	0.91	0.51
	SLP	0.22	0.40	-0.70
肺活量	SB	-10.88	2.91	-0.23
	LPA	10.60	13.47	10.33
	MVPA	-1.75	-12.67	-2.01
	SLP	0.30	-10.62	3.17
50 m跑	SB	-0.02	0.09	0.01
	LPA	0.01	0.10	0.02
	MVPA	-0.07	-0.08	-0.06
	SLP	-0.01	-0.02	0.08
坐位体前屈	SB	0.20	-0.46	-0.18
	LPA	-0.19	-0.65	-0.37
	MVPA	0.37	0.56	0.19
	SLP	0.18	0.37	-0.29
跳远	SB	0.000 9	-0.03	-0.01
	LPA	-0.000 7	-0.03	-0.01
	MVPA	0.02	0.02	0.01
	SLP	0.01	0.01	-0.02
800/1 000 m跑	SB	0.42	-1.45	-0.34
	LPA	-0.40	-1.85	-0.74
	MVPA	1.14	1.56	0.80
	SLP	0.34	0.75	-1.12
仰卧起坐	SB	0.24	-0.84	-0.37
	LPA	-0.23	-1.07	-0.60
	MVPA	0.66	0.90	0.29
	SLP	0.36	0.60	-0.47

注:列中的行为时间再分配至行中的行为;加粗数字表示替代具有统计学意义, $P<0.05$ 。

LPA 对体质健康的影响效应存在争议。本研究发现, 10 min 的 SB 替代相同时间的 MVPA 或 SLP 时, 体质总分、跳远、50 m 跑、坐位体前屈与仰卧起坐表现均会降低, 而 SB 在取代 LPA 时, 预测会提高这些指标表现 (其中对跳远的影响变化无统计学意义), 但提高幅度在所有行为替代方式中均相对最小。50 m 跑反映的是机体快速跑动的能力, 要达到速度能力的提高, 需要进行大强度身体活动, 而长期低强度的身体活动发展的是慢肌纤维与线粒体等, 与速度所需的生理机能相悖 (王瑞元等, 2012)^{52-53, 345}, 因而此时不进行锻炼的久坐行为可能比 LPA 略有利。常振亚等 (2020) 认为, SB 在替代 LPA 时, 身体素质亦有提高, 但无统计学意义, 该研究选取的是身体素质整体, 不能具体反映该行为替代方式对其中某些单项的影响效应。常振亚等 (2020) 在另一项传统等时替代研究中则发现, SB 替代 LPA 时, 利于 10 m 折返跑与双脚连续跳的表现, 而不利跳远的表现, 但均无统计学意义。这些研究结果的不一致性, 既源于结局指标与研究对象的不同, 亦可能源于统计方法的不同, 因此, 对于 SB 与 LPA 之间的替代所产生的体质健康效应, 不能就此妄下结论。另一研究亦发现, SB 替代 LPA 时, 学龄前儿童基本动作技能总分及控制能力均提高 (Mota et al., 2020), 而一项前瞻性研究则支持了 LPA 替代 SB 对减脂的积极影响, 但仅在 SB 累积时间 ≥ 30 min 时, 影响才具有统计学意义 (Gaba et al., 2020)。Chastin 等 (2015) 认为, LPA 替代 SB 有助于血糖的控制等。这些研究均是基于成分数据分析, 但研究对象、替代的时间或方式不同以及结局指标不同, 因此 LPA 对健康的影响效应是不甚明确的, 仍需要后续的研究来加以验证。

相比单纯性地降低 SB, MVPA 水平的保持可能更具意义, 并且睡眠可能是体质健康干预的又一重要方向。本研究的 10 min 成分等时替代结果发现, MVPA 替代 SB 或 LPA, 所产生的增益效应远小于 SB 或 LPA 替代 MVPA 所带来的不利影响。如在体质总分中, 将 MVPA 的 10 min 再分配至 SB 时, 体质总分降低 0.93 分, 而反向 MVPA 替代 SB 时, 体质总分仅提高了 0.73 分, 体现了 MVPA 水平保持的重要性。这一替代效应的不对称性, 在其他成分等时替代的研究中亦得到了证实 (Chastin et al., 2015; Dumuid et al., 2018a, 2018c)。另外, 本研究发现, SLP 取代 SB 或 LPA 时, 均有利于体质总分、跳远、坐位体前屈、仰卧起坐和长跑表现的提高, 表明睡眠在提高健康水平中占据重要地位, 这在其他研究中亦得到了证实 (Stamatikis et al., 2015)。充足的睡眠有利于体力的恢复, 消除疲劳感, 进而达到身体活动水平的促进, 而睡眠不足相应地会影响个体积极的生活方式 (Chaput et al., 2017), 这可能是睡眠有利于体质健康发展的原因。因此, 学生群体应避免以牺牲睡眠时间为代价来进行学习。鉴于学生群体睡眠时间相对稳定, 以静坐学习和低强度的步行等

行为方式为特征, 日常 MVPA 的占比较少, 因此 MVPA 水平的提高与保持可能是学生群体健康促进的重要手段。《中国儿童青少年身体活动指南》指出, 儿童青少年需每天至少累积 MVPA 60 min, 但是基于成分分析的思想, MVPA 产生的健康效益亦取决于剩余时间的分配 (Chastin et al., 2015), 因此应鼓励学生在 10 min 的课间活动内, 尽量将原本的久坐行为转变为身体活动, 尤其是 MVPA。同时应鼓励学生, 尤其是本身 MVPA 水平较低的学生, 保持 MVPA 水平。

3.3 优势与局限性

首先, 本研究实现了分析角度从“孤立”到“综合”的思想以及方法上的转变, 正视了身体活动相关行为的成分数据特性。基于专为成分数据设计的成分数据分析方法, 探讨了在整体框架下, 24 h 活动行为各分量相对的体质健康效应。其次, 在结合成分等时替代的分析下, 为青少年体质健康促进提供了整体上合理分配 24 h 时间的干预思想, 并强调了维持 MVPA 水平的干预重点。同时, 本研究既探讨了体质整体, 又分别探讨了包括力量、速度、下肢爆发力、腹部耐力、柔韧性等指标与 24 h 活动行为的关联, 为不同的身体素质发展提供了具有针对性的干预信息, 如运动强度的选择。

本研究亦存在一定的局限性。睡眠时间是根据 24 h 减去客观测量的 SB、LPA 和 MVPA 时间的总和获得, 故睡眠时间的误差可能包含了一定非佩戴时间。但在日常活动的测量过程中, 均有测试人员的佩戴检查或班主任和其他老师的佩戴叮嘱, 在结果的分析中非佩戴时间的情况较少发生, 因此该结果是具有一定保证的。另外, 由于抽样方式的选择, 样本的代表性可能相对较差, 但相关结果基本与其他研究一致, 具有一定的研究意义。

4 结论

学龄青少年整体呈现静坐少动、睡眠适中的行为组合模式。MVPA 是影响学生群体体质发展的主要成分, 并且相比 SB 的减少, MVPA 水平的保持对青少年体质发展更具意义。睡眠对体质整体、柔韧性、有氧能力与力量等具有正向效应, SB 则基本不利于体质的发展。因此, 在进行青少年体质干预时, 应着重关注 MVPA 水平的提高与保持, 并保证适度的睡眠。

参考文献:

- 常振亚, 王树明, 2020. 24 小时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, 40(10): 50-57.
- 常振亚, 王树明, 张晓辉, 2020. 体力活动、静坐行为与学前儿童体质健康的关系[J]. 学前教育研究, (3): 42-56.
- 仇大勇, 张燕, 张宏建, 等, 2019. 中学生静态行为与体质水平关系[J]. 中国学校卫生, 40(7): 987-990.
- 方慧, 全明辉, 周倪, 等, 2018. 儿童体力活动变化趋势特征及其对体适能影响的追踪研究[J]. 体育科学, 38(6): 44-52.

- 郭强,汪晓赞,蒋健保,2017.我国儿童青少年身体活动与久坐行为模式特征的研究[J].*体育科学*,37(7):17-29.
- 胡鹏辉,余富强,2019.中学生体育锻炼影响因素研究:基于CEPS(2014—2015)数据的多层模型[J].*体育科学*,39(1):76-84.
- 刘伟佳,熊莉华,林蓉,等,2017.广州市城区小学生静态行为与运动素质的关系[J].*中国学校卫生*,38(1):42-44,47.
- 吕雅杰,蔡莉,曾霞,等,2019.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*,40(12):1791-1795.
- 全明辉,方春意,倪周,等,2020.学龄前儿童不同簇集特征体力活动与体质健康的剂量-效应关系研究[J].*体育科学*,40(3):39-45.
- 宋俊辰,李红娟,王政淞,2020.时间使用流行病学在身体活动研究领域的应用[J].*体育科学*,40(1):79-88.
- 苏利强,陈海春,温岱宗,等,2020.探索高强度运动对久坐少动生活方式大学生代谢应答的影响[J].*中国体育科技*,57(12):63-74.
- 汪晓赞,郭强,金燕,等,2014.中国青少年体育健康促进的理论溯源与框架构建[J].*体育科学*,34(3):3-14.
- 王瑞元,苏全生,2012.运动生理学[M].北京:高等教育出版社.
- 杨洋,2019.八周短跑训练对肥胖少年身体形态和身体素质影响的实验研究[D].西安:西安体育学院.
- 张婷,李红娟,2020.成分数据分析方法在身体活动与健康研究领域的应用展望[J].*体育科学*,40(9):74-82,97.
- AITCHISON J, 1982. The statistical analysis of compositional data[J]. *J R Stat Soc Series B Stat Methodol*, 44(2): 139-177.
- AITCHISON J, 1986. The Statistical Analysis of Compositional Data[M]. London: Chapman and Hall.
- CARSON V, HUNTER S, KUZIK N, et al., 2016a. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 Suppl 3): S240-265.
- CARSON V, TREMBLAY M S, CHAPUT J P, et al., 2016b. Associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and health indicators among Canadian children and youth using compositional analyses [J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 Suppl 3): S294-302.
- CHAPUT J P, GRAY C E, POITRAS V J, et al., 2016. Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in school-aged children and youth[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(6 Suppl 3): S266-282.
- CHAPUT J P, SAUNDERS T J, CARSON V, 2017. Interactions between sleep, movement and other non-movement behaviours in the pathogenesis of childhood obesity[J]. *Obes Rev*, 18(S1):7-14.
- CHASTIN S F, PALAREA-ALBALADEJO J, DONTJE M L, et al., 2015. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviours and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach[J]. *PLoS One*, 10(10): e0139984.
- DUMUID D, LEWIS L K, OLDS T S, et al., 2018a. Relationships between older adults' use of time and cardio-respiratory fitness, obesity and cardio-metabolic risk: A compositional isotemporal substitution analysis[J]. *Maturitas*, doi:10.1016/j.maturitas.2018.02.003.
- DUMUID D, STANFORD T E, MARTIN-FERNANDEZ J A, et al., 2018b. Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research[J]. *Stat Methods Med Res*, 27(12): 3726-3738.
- DUMUID D, STANFORD T E, PEDISIC Z, et al., 2018c. Adiposity and the isotemporal substitution of physical activity, sedentary time and sleep among school-aged children: A compositional data analysis approach[J]. *BMC Public Health*, 18(1): 311.
- EGOZCUE J J, PAWLOWSKY-GLAHN V, MATEU-FIGUERAS G, et al., 2003. Isometric logratio transformations for compositional data analysis[J]. *Mathem Geol*, 35(3): 279-300.
- FAIRCLOUGH S J, DUMUID D, TAYLOR S, et al., 2017. 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*, 14(1): 64.
- FANG H, QUAN M, ZHOU T, et al., 2017. Relationship between physical activity and physical fitness in preschool children: A cross-sectional study[J]. *Biomed Res Int*, doi:10.1155/2017/9314026.
- GABA A, PELCLOVA J, STEFELOVA N, et al., 2020. Prospective study on sedentary behaviour patterns and changes in body composition parameters in older women: A compositional and isotemporal substitution analysis[J]. *Clin Nutr*, doi:10.1016/j.clnu.2020.10.020.
- GOPINATH B, HARDY L L, BAUR L A, et al., 2012. Physical activity and sedentary behaviours and health-related quality of life in adolescents[J]. *Pediatrics*, 130(1): e167-174.
- LEECH R M, MCNAUGHTON S A, TIMPERIO A, 2015. Clustering of diet, physical activity and sedentary behaviour among Australian children: Cross-sectional and longitudinal associations with overweight and obesity[J]. *Int J Obes (Lond)*, 39(7): 1079-1085.
- MOTA J G, CLARK C C T, BEZERRA T A, et al., 2020. Twenty-four-hour movement behaviours and fundamental movement skills in preschool children: A compositional and isotemporal substitution analysis[J]. *J Sports Sci*, 38(18): 2071-2079.
- PAWLOWSKY-GLAHN V, EGOZCUE J J, 2001. Geometric approach to statistical analysis on the simplex[J]. *Stoch Env Res Risk Ass*, 15(5): 384-398.
- PEDISIC Z, 2014. Measurement issues and poor adjustments for physical activity and sleep undermine sedentary behaviour research: The focus should shift to the balance between sleep, sedentary behaviour, standing and activity[J]. *Kinesiol*, 46(1): 135-146.
- PEDISIC Z, DUMUID D, OLDS T S, 2017. Integrating sleep, sedentary behaviour, and physical activity research in the emerging field of time-use epidemiology: Definitions, concepts, statistical methods, theoretical framework, and future directions[J]. *Kinesiology*, 49(2): 252-269.
- STAMATAKIS E, ROGERS K, DING D, et al., 2015. All-cause mortality effects of replacing sedentary time with physical activity and sleeping using an isotemporal substitution model: A prospective study of 201, 129 mid-aged and older adults[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 12121.
- TREMBLAY M S, LEBLANC A G, KHO M E, et al., 2011. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8:98.
- TUDOR-LOCKE C, BARREIRA T V, SCHUNA J M, JR., et al., 2015. Improving wear time compliance with a 24-hour waist-worn accelerometer protocol in the International Study of Childhood Obesity, Lifestyle and the Environment (ISCOLE)[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8(1):98-98.
- WARD D S, EVENSON K R, VAUGHN A, et al., 2005. Accelerometer use in physical activity: Best practices and research recommendations[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11 Suppl): S582-588.

(收稿日期:2020-12-21; 修订日期:2022-12-03; 编辑:尹航)