



## 基于儿童体质健康的两种24 h活动时间替代模式的实证比较

杨兴隆, 王丽娟\*, 陈欢, 王丽静, 梁果, 邱艳平

(上海体育大学 体育教育学院, 上海 200438)

**摘要:**目的:比较“一对一”等时替代与“一对三”等比例替代两种时间替代模式下,24 h活动时间替代对体质健康的影响。方法:以金华市302名1—5年级儿童为样本,采用加速度传感器测量24 h活动(包括中高强度身体活动、低强度身体活动、久坐行为和睡眠)时长,依据《国家学生体质健康标准(2014年修订)》对受试者进行体质健康测评,运用成分数据方法分析24 h活动时间占比与体质健康的关系。结果:1)两种替代模式分析结果一致显示MVPA与LPA、SED、SLP之间的时间替代对儿童体质健康有显著性影响,而LPA的替代效应不显著。2)两种替代模式的分析结果存在明显差异,即“一对一”等时替代结果表明MVPA具有最强替代效应,SED或SLP与其他活动行为(除MVPA之外)进行10 min的相互替代对体质健康无显著影响,“剂量-效应”分析结果显示MVPA与LPA、SED或SLP的“点对点”替代具有不对称性。而“一对三”等比例替代结果显示SED或SLP与其他3种行为10%的替代则会使儿童的体质健康总分发生显著变化,且SED具有最强替代效应,24 h活动行为各要素的相互替代具有对称性。结论:“一对三”等比例替代模式可为时间使用与健康结局之间的关系提供较为可靠的研究证据,且更符合日常的真实活动情境。

**关键词:**活动行为;替代模式;等时替代;等比例替代;体质健康

中图分类号:G804.49

文献标识码:A

基于人体的生物节律,中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)、低强度身体活动(light-intensity physical activity, LPA)、久坐行为(sedentary behavior, SED)与睡眠(sleep, SLP)4种行为构成了一天24 h活动(Chaput et al., 2017)。过往大量研究从单个活动行为的“单一视角”探究其与身心健康的关系,证实了这4种活动行为是影响身心健康的重要因素(Asare et al., 2015; Basterfield et al., 2012)。然而,有学者指出24 h活动时间恒定,一种活动行为时间的变化会对其他活动行为的时间产生影响,因此,从“综合视角”探究24 h活动与身心健康的关系更为合理(Chaput et al., 2017)。在此基础上,有学者指出活动行为所产生的健康效应是所从事和被替代的活动行为共同作用的结果(Mekary et al., 2009)。因此,Mekary等(2009)与Chastin等(2015)先后将等时替代模型与成分数据分析引入身体活动研究领域,探索活动行为的时间替代所带来的健康效应的变化,以解决不同活动时间相互影响及数据分析的共线性问题。

目前,在成分等时替代分析中,多数研究运用“一对一”等时替代模式探究两种活动行为相互替代对健康的影响。这种替代模式是两种行为间“点对点”的替代,在保持总时间(24 h)和其他活动时间不变的基础上,将某一

行为(如MVPA)的“绝对时间”(如10或20 min)重新分配至另一行为(如SED),以预测分配后结局指标的变化。当前,已有大量研究运用“一对一”等时替代模式探究了不同年龄阶段人群24 h活动时间的相互替代与健康结局的关系,多数研究发现MVPA与SED分别是身心健康的保护因素与危险因素,建议应尽量实现SED、LPA或SLP向MVPA的转换,以达到促进身心健康的功效(常振亚等,2020;梁果等,2022;Clarke et al., 2021)。

但“一对一”等时替代模式也存在一定的局限性:1)分配时间占比不均衡。一天中各种活动行为的时间分布不均,如儿童一天LPA、SED与SLP的时间通常占到了总时间的95%或以上,而MVPA所占时间不到5%甚至更少(吕雅杰等,2019)。按照等时替代的要求,当以等量的绝对时长作为分配单位进行时间分配时,就会出现分配时间占比不均的问题,如10 min分配时间所占MVPA的比

收稿日期:2023-06-08;修订日期:2023-08-29

基金项目:国家社会科学基金一般项目(22BTY048)。

第一作者简介:杨兴隆(1999-),男,在读硕士研究生,主要研究方向为儿童青少年身体活动,E-mail:305554893@qq.com。

\*通信作者简介:王丽娟(1974-),女,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为儿童青少年身体活动,E-mail:wlj711@aliyun.com。

例远大于SED,导致一种行为时间的变化对健康指标的影响显著,而另一种行为时间变化的影响却微乎其微,可能造成研究结果的偏倚(Haszard et al., 2020; Taylor et al., 2018)。2)与日常生活情境不符。“一对一”等时替代中两种活动行为的点对点替代过于理想化,可能仅在特定的控制性极强的环境中才会发生(Haszard et al., 2020),如学生在教室上课,基于“一对一”模式,其SED的减少可能仅会导致其LPA(如站立)的增多。在真实生活情境中,一种活动行为时间的减少可能会导致其他多种活动行为的时长都发生变化,而非精准地分配于某一种行为。基于此,有学者提出了以“时间比例”(分配时间占该行为时间的比例)和“一对三”(一种活动行为的时间同时分配给其他3种行为)的模式来进行时间的分配(Haszard et al., 2020)。“一对三”等比例替代模式的应用相对较晚,目前仅少量研究运用其对24 h活动的效应进行了实证分析,这些研究发现了MVPA和SED的替代效应显著,但与“一对一”等时替代模式的研究结果不同的是,其还发现SLP的健康效应突出(Chen et al., 2023; Haszard et al., 2020; Taylor et al., 2018)。

综上所述,有必要对两种替代模式进行分析和比较,验证是否会因替代模式的不同而出现分析结果的差异。目前,国际上鲜有研究从实证的角度比较两种替代模式的分析结果,还需更多的来自不同国家与文化背景的研究证据予以验证。由此,本研究基于儿童体质健康对两种替代模式进行实证比较,以期探索更为科学合理的24 h活动时间替代模式。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

采用方便抽样的方法选取浙江省金华市的3所小学,在每所学校的1—5年级中各随机抽取1个班级,邀请581名学生参与测试,其中486名学生签署了知情同意书。排除标准:1)24 h活动数据无效(142人);2)未参加体质健康测试或体质健康数据无效(29人);3)测试中途退出(13人)。最终有效样本302人。本研究已获得上海体育大学科学研究伦理委员会批准(伦理审批号:102772023RT090)。

### 1.2 24 h活动的测量

本研究采用ActiGraphwGT3X-BT型三轴加速度传感器测量学生一周的24 h活动。测试前,设置采样间隔(15 s),向受试者讲解测试目的和注意事项。测试中,受试者连续7天将加速度传感器佩戴在髌部右侧(参与水性活动时除外)。完成测试后,使用ActiLife6.13.4软件对数据进行处理。首先,筛选有效数据,每天佩戴加速度传感器至少16 h为有效佩戴日,1周至少3个有效日(包括2个工作日和1个双休日)为有效数据(Trost et al., 2000);然后,采用Evenson等(2008)提出的切点值方案划分不同强

度身体活动和SED,0~100 cpm为SED,101~2 295 cpm为LPA, $\geq 2 296$  cpm为MVPA。最后,使用Barreira等(2015)编制的SLP算法计算全天的SLP时长,本研究对受试者每天的MVPA、LPA、SED、SLP时长进行分析。

### 1.3 体质健康的测量

采用《国家学生体质健康标准(2014年修订)》中对应的项目和规范要求对1—5年级学生的体质健康进行测量和计算。测试项目包括身高、体重、身体质量指数(body mass index, BMI)、肺活量、50 m跑、坐位体前屈、1 min跳绳、1 min仰卧起坐、50 m×8往返跑。体质健康总分由标准分与附加分之和构成,满分为120分,体质总分等级分为: $\geq 90.0$ 分为优秀、80.0~89.9分为良好、60.0~79.9分为及格、0.0~59.9分为不及格。测试由2名研究人员以及学校体育教师共同完成,为保证测试质量,所有测试人员均经过测试培训。

### 1.4 协变量

现有研究证据表明性别、年龄、父母受教育程度、家庭经济情况会对学生的24 h活动水平产生影响(Chen et al., 2021),因此,将这些因素作为协变量,在进行成分回归分析与成分替代分析时予以控制。通过调查问卷收集受试者的性别、年龄、父母受教育程度(小学/初中/高中/中专、本科/大专、硕士及以上)、家庭月收入(0~2 000元、2 001~5 000元、5 001~10 000元、 $\geq 10 001$ 元)数据。

### 1.5 统计分析

本研究数据分析遵循Chastin等(2015)提出的成分数据分析指南,采用R 4.2.2和Stata 17.0软件进行数据分析,分析步骤如下:

1)24 h活动数据的集中和离散趋势分析。以24 h活动数据的成分均值反映各行为数据的集中趋势,以对数比方差矩阵反映24 h活动数据的离散情况,方差数值越小或越大,分别表示两种活动间的关联程度越高或越低。

2)24 h活动行为时间占比的成分回归分析。以对数比转换后的24 h活动为自变量,以体质健康总分为因变量构建回归模型,分析24 h活动的时间占比与体质健康的关联。将年龄、性别、父母受教育程度、家庭月收入纳入回归模型作为控制变量。

3)24 h活动的替代分析。运用“一对一”等时替代及“一对三”等比例替代两种模式分析24 h活动行为的时间替代与体质健康的关系。两种替代模式的分析过程基本一致,但替代的时间单位和分配的方式存在差异。以“一对三”等比例替代为例:假定SLP时长640 min、SED时长550 min、LPA时长200 min、MVPA时长50 min,当SLP时间减少10%(即64 min)后,将其分配给其他3种活动行为的时间则依各活动行为所占总时间的比例而定,SED占总时间的比例为 $550 \text{ min} / (550 \text{ min} + 200 \text{ min} + 50 \text{ min}) \approx 69\%$ ,分配给SED的时间剂量则为 $69\% \times 64 \text{ min} \approx 44 \text{ min}$ ,LPA占

总时间的比例为  $200 \text{ min} / (550 \text{ min} + 200 \text{ min} + 50 \text{ min}) = 25\%$ , 分配给 LPA 的时间剂量则为  $25\% \times 64 \text{ min} = 16 \text{ min}$ , MVPA 占总时间的比例为  $50 \text{ min} / (550 \text{ min} + 200 \text{ min} + 50 \text{ min}) \approx 6\%$ , 分配给 MVPA 的时间剂量则为  $4 \text{ min} \approx 6\% \times 64$ 。最后, 基于回归模型计算重新分配后 24 h 活动行为所对应的体质健康分数与原始的 24 h 活动均值所对应的体质健康分数的差值 (Dumuid et al., 2019b; Haszard et al., 2020)。

4) 24 h 活动与体质健康的“剂量-效应”分析。对替代分析中具有显著替代效应的路径, 以 5 min 和 5% 的时间占比为 1 次增量, 持续增加至 40 min 与 40%, 进一步分析 24 h 活动行为时间或比例的变化与体质总分的“剂量-效应”关系。

## 2 研究结果

### 2.1 受试者的基本信息与体质健康水平

受试者共 302 人, 平均年龄为  $(8.5 \pm 1.3)$  岁, 男生 152 人 (50.3%), 女生 150 人 (49.7%)。1—5 年级学生人数分别为 71 人 (23.6%)、56 人 (18.5%)、60 人 (19.9%)、56 人 (18.5%) 和 59 人 (19.5%)。父母学历小学及初中占比最高, 为 37.3%, 硕士及以上学历占比最低, 为 5.0%。家庭月收入 5 001~10 000 元占比最高, 为 48.0%, 0~2 000 元占比最低, 为 7.0%。体质测试平均得分为  $(76.9 \pm 14.7)$  分, 其中优秀 36 人 (12%), 良好 79 人 (26%), 合格 177 人 (59%), 仅 10 人 (3%) 体质评分不及格 (表 1)。

### 2.2 受试者 24 h 活动时间的分布情况

使用成分均值描述成分数据的集中趋势 (表 2), 其中 MVPA、LPA、SED、SLP 的成分均值分别为 45.83 min (3.19%)、224.18 min (15.56%)、570.58 min (39.62%)、599.41 min (41.63%), SLP 占比最高, MVPA 占比最低。使用变异方差矩阵描述成分数据内部各变量的离散程度 (表 3), 其中, SED 与 SLP 之间的对数比方差最小, 表明 SED 与 SLP 的相互依赖性最高, 最容易发生转换。SED 与 MVPA 之间的对数比方差最大, 表明 SED 与 MVPA 的相互依赖性最低, 最难发生转换。

### 2.3 24 h 活动行为的时间占比与体质健康的关联

在控制协变量后, 成分回归结果显示 (表 4), 相对于其他活动行为, MVPA ( $\beta_{MVPA} = 15.628, P < 0.05$ )、SLP ( $\beta_{SLP} = 3.120, P < 0.05$ ) 的时间占比与体质健康总分呈显著正相关, SED ( $\beta_{SED} = -15.524, P < 0.05$ ) 的时间占比与体质健康总分呈显著负相关, LPA 的时间占比与体质健康总分无显著相关 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4 两种替代模式的实证比较

两种替代模式研究结果的一致性: 1) MVPA 与其他活动行为的相互替代对体质健康具有显著影响。“一对一”等时替代结果显示, 以 10 min MVPA 分别替代 LPA、SED

或 SLP, 体质健康得分将增加 1.988、2.166、1.890 个单位; 反之, 以 10 min LPA、SED 或 SLP 分别替代 MVPA, 体质健康得分将减少 2.466、2.642、2.371 个单位 (表 5)。同样, “一对三”等比例替代结果显示 MVPA 时间增加 10% (5 min), 同时按比例分别替代 LPA、SED、SLP 3 种行为, 体质健康得分将增加 0.976 个单位; 反之, MVPA 时间减少 10%, 同时将时间分配给其他 3 种行为, 体质健康得分将减少 1.075 个单位 (表 6)。2) LPA 的替代效应不显著。“一对一”等时替代结果显示 10 min LPA 与 SED 或 SLP 相互替代, 体质健康得分均无显著变化 (表 5)。同样, “一对三”等比例替代结果显示, LPA 时间增加或减少 10% (23 min), 体质健康得分也无显著变化 (表 6)。3) “剂量-效应”分析结果显示, 无论是“一对一”等时替代还是“一对三”等比例替代, 当 MVPA 时间增加时, 体质健康得分也会随之增加 (图 1、2)。

表 1 受试者基本信息

变量	类别	频数 (%) / 均值 ± 标准差
年龄/岁	—	8.5 ± 1.3
性别	男	152 (50.3%)
	女	150 (49.7%)
年级	1 年级	71 (23.6%)
	2 年级	56 (18.5%)
	3 年级	60 (19.9%)
	4 年级	56 (18.5%)
	5 年级	59 (19.5%)
父母学历	小学/初中	221 (37.3%)
	高中/中专	182 (30.6%)
	本科/大专	161 (27.1%)
	硕士及以上	30 (5.0%)
家庭月收入	0~2 000 元	21 (7.0%)
	2 001~5 000 元	87 (28.8%)
	5 001~10 000 元	145 (48.0%)
	≥10 001 元	49 (16.2%)
体质健康	优秀	36 (11.9%)
	良好	79 (26.2%)
	及格	177 (58.6%)
	不及格	10 (3.3%)
	平均分	76.9 ± 14.7

表 2 24 h 活动数据的成分均值与算术均值

统计量	MVPA	LPA	SED	SLP
成分均值/min	45.83	224.18	570.58	599.41
成分均值占比/%	3.19	15.56	39.62	41.63
算术均值/min	47.78	228.33	568.82	595.07
算术均值占比/%	3.32	15.86	39.50	41.32



表3 24 h活动数据的方差矩阵

**Table 3 Variance Matrix of 24-Hour Movement Data**

活动行为	MVPA	LPA	SED	SLP
MVPA	0.00	0.14	0.15	0.09
LPA	0.14	0.00	0.12	0.08
SED	0.15	0.12	0.00	0.04
SLP	0.09	0.08	0.04	0.00

表4 24 h活动的时间占比与体质总分的成分线性回归

**Table 4 Compositional Linear Regression between the Proportion of 24-Hour Movement and Physical Fitness Score**

活动行为	$\beta$	$P$	模型 $P$ 值	模型 $R^2$
MVPA	15.628	0.000	0.001	0.450
LPA	-2.049	0.582		
SED	-15.524	0.005		
SLP	3.120	0.000		

注: $\beta$ 值体现了给定行为相对其他行为的变化对体质总分的影响,如MVPA相对于LPA、SED、SLP的变化对体质总分的影响。

两种替代模式研究结果的差异性:1)SED与SLP的替代效应在两种替代模式中存在差异。“一对一”等时替代结果显示,SED、SLP除了与MVPA的相互替代具有显著效应外,与其他行为进行10 min的相互替代对体质健康均无显著影响,因此,在“一对一”等时替代模式中,SED和SLP的替代效应并不明显(表5)。而“一对三”等比例替代结果显示,SED时间增加10%(57 min),同时替代其

他3种活动行为,体质健康得分将减少2.021个单位;反之,SED时间减少10%(57 min),将时间分配于其他3种活动行为,体质健康得分将增加2.092个单位。同样,SLP时间增加10%(59 min),体质健康得分将增加1.561个单位;反之,SLP时间减少10%(59 min),体质健康得分将减少1.732个单位。因此,在“一对三”等比例替代模式中,SED和SLP具有显著的替代效应(表6)。2)两种替代模式中活动行为的最强替代效应存在差异。“一对一”等时替代结果显示,10 min MVPA与SED、LPA或SLP的相互替代对体质健康得分的影响最大,即在“一对一”等时替代模式中,MVPA具有最强的替代效应(表5)。而“一对三”等比例替代结果则发现SED时间的变化对体质健康得分的影响最大,因此,在“一对三”等比例替代模式中,SED具有最强的替代效应(表6)。3)两种替代模式中“剂量-效应”的对称性存在差异。“一对一”等时替代结果显示,随着MVPA替代其他活动行为时间的增加,体质健康得分会缓慢增加,反之则迅速减少。例如,30 min MVPA替代SED,体质健康得分仅增加5.638个单位,而30 min SED替代MVPA,体质健康得分将减少11.091个单位,即在“一对一”等时替代模式中,MVPA的替代效应具有不对称性(图1)。“一对三”等比例替代效应结果显示,在40%的替代时间占比中,MVPA时间每增加或减少5%,体质总分的变化单位均处于0.462~0.485区间内,即在“一对三”等比例替代模式中,MVPA的替代效应具有对称性(图2)。

表5 “一对一”等时替代模式下体质健康总分的变化

**Table 5 The Change of Total Physical Fitness Score under “One-to-One” Isotemporal Substitution Model**

活动行为	MVPA $\uparrow$	LPA $\uparrow$	SED $\uparrow$	SLP $\uparrow$
MVPA $\downarrow$		-2.466(-3.743, -1.188)*	-2.642(-3.844, -1.439)*	-2.371(-3.652, -1.090)*
LPA $\downarrow$	1.988(0.939, 3.037)*		-0.174(-0.453, 0.104)	0.096(-0.241, 0.434)
SED $\downarrow$	2.166(1.200, 3.132)*	0.180(-0.090, 0.450)		0.274(0.007, 0.542)
SLP $\downarrow$	1.890(0.844, 2.937)*	-0.096(-0.426, 0.235)	-0.272(-0.539, -0.004)	

注:表中数据为预测值(95% CI);\*表示 $P < 0.05$ ,  $\uparrow$ 表示该活动行为时间增加10 min,  $\downarrow$ 表示该活动行为减少10 min。

表6 “一对三”等比例替代模式下体质健康总分的变化

**Table 6 The Change of Total Physical Fitness Score under “One-to-Three” Proportional Substitution Model**

活动行为	10%对应时间/ min	预测值变化		$P$
		时间增加10%	时间减少10%	
MVPA	5	0.976	-1.075	0.000
LPA	23	-0.102	0.110	0.742
SED	57	-2.021	2.092	0.001
SLP	59	1.561	-1.732	0.001

对儿童体质健康具有显著的替代效应,此研究结果与国内外多数24 h活动替代效应的分析结果一致(张婷等, 2022; Fairclough et al., 2017)。然而,对于LPA的替代效应过往研究尚存在争议,有研究发现LPA与其他活动的相互替代与健康指标显著相关(DeFaria et al., 2022; Kitano et al., 2020),而也有研究发现其替代效应并不明显(Dumuid et al., 2019a; Kandola et al., 2021)。本研究支持后一观点,两种替代模式分析结果一致显示LPA的替代效应不显著,说明LPA对我国儿童体质健康水平的影响有限。根据《国家学生体质健康标准(2014年修订)》,体质测试项目主要评价学生的身体形态(身高、体重、BMI),身体机能(肺活量)和身体素质[速度(50 m跑)、力量(1 min仰卧起坐)、耐力(50 m $\times$ 8)、柔韧(坐位

### 3 讨论

#### 3.1 两种替代模式研究结果的比较

对比24 h活动的“一对一”等时替代与“一对三”等比例替代模式发现,两种替代模式分析结果一致显示MVPA

体前屈)、协调(1 min 跳绳)]。从生理机制看, 过往已有许多研究指出, 相对于低强度活动, 强度更高的身体活动可以刺激机体分泌更多种类的脂解激素(如肾上腺素、去甲肾上腺素、生长激素等), 加速体内甘油三酯的动员, 促进脂肪的分解, 从而改善其身体形态(朱显贵等, 2020); 同时, 更高强度的身体活动能调动更多的肌肉参与运动, 这会加快机体的内循环, 使心脏的泵血功能和肺部氧气的交换能力增强, 进而提高心肺功能(陈泽刚等, 2022); 此外, 中高强度的活动, 尤其是抗阻运动还能让机体的神经肌肉系统得到反复刺激, 强化机体募集与动员肌肉细胞的能力, 从而提升其肌肉力量和速度素质(Faigenbaum et al., 2009)。并且, 6~11 岁儿童处于身体协调、速度、灵敏素质发展的敏感期, 在此阶段, 短时间的 MVPA 会对儿童体质健康产生积极影响(张春燕, 2014)。因此, 虽然两种替代模式中的活动分配时长存在差异(10% 和 10 min), 但 MVPA 均能对体质健康产生积极影响, LPA 的替代效应则并不显著。

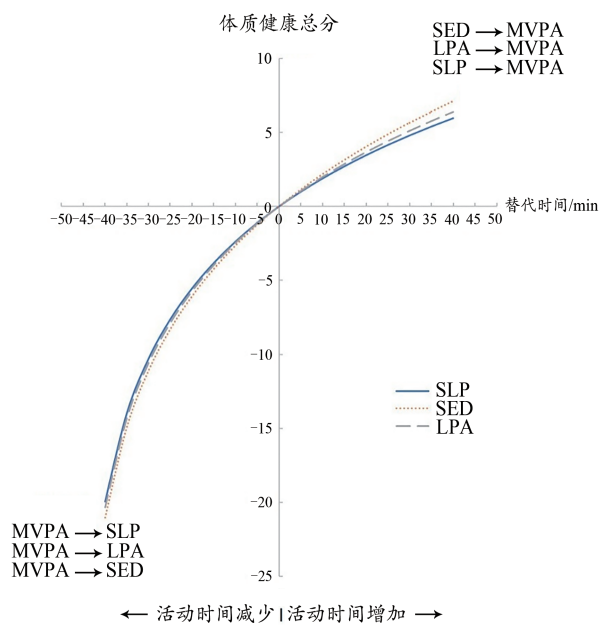


图1 24 h 活动“一对一”等时替代“剂量-效应”图

Figure 1. 24-Hour Movement “One-to-One” Isotemporal Substitution Dose-Response Plot

研究结果显示, 两种替代模式中的替代效应以及剂量分析结果存在差异。“一对一”等时替代结果表明 MVPA 具有最强替代效应, SED 或 SLP 与其他活动行为(除 MVPA 之外)进行 10 min 的相互替代对体质健康无显著影响, 且“剂量-效应”分析结果显示, MVPA 与 LPA、SED 或 SLP 的“点对点”替代具有不对称性。不同的是, “一对三”等比例替代结果显示 SED 或 SLP 与其他 3 种行为发生 10% 的替代则会使儿童的体质健康总分发生显著变化, 且 SED 具有最强替代效应, 24 h 活动行为各要素的相互替代具有对称性。国内外多数研究在分析儿童青少年 24 h 活

动的“一对一”等时替代效应时, 也发现 MVPA 具有突出的替代效应以及替代的不对称性, 基于此, 多数研究认为如因各种条件限制无法增加 MVPA, 那么维持目前已有的 MVPA 水平对于健康而言也至关重要(Carson et al., 2016; Dumuid et al., 2019a)。但也有研究指出这一结果在很大程度上是由替代时间占比不均所致, 对此研究结果的解读和诠释需谨慎(Haszard et al., 2020)。本研究中, 平均每天 MVPA (47.78 min) 的时长低于 LPA (228.33 min)、SED (568.82 min)、SLP (595.07 min) 3 种行为, 且差距较大。在“一对一”等时替代模式中, 当 MVPA 以“绝对时长”为分配单位分别替代 LPA、SED 或 SLP 时, 从 MVPA 移除 5 min 所占 MVPA 总时间的比例超过了 10%, 引起的替代效应较大, 而移除 5 min 的 LPA、SED、SLP 所占比例仅为 2.0%、0.8%、0.8%, 所产生的替代效应较弱, 甚至可忽略不计, 由此出现了 MVPA 效应突显、SED 与 SLP 效应弱化、以及替代的非对称性等一系列分析结果。“一对一”等时替代模式以“绝对时长”为分配单位, 未考虑 24 h 活动行为各要素时间分布不均的特征, 可能会因替代时间占活动时间比例过低而低估活动行为(如 SED 与 SLP)的实际影响, 或者由于替代时间占活动时间比例过高而过分夸大活动行为(如 MVPA)对体质健康的影响, 进而造成研究结果的偏倚甚至得出错误的研究结论。而“一对三”等比例替代模式以相对时长为分配单位, 考虑到了 24 h 活动行为各要素时间分布不均的特性, 每种行为替代时间的多少主要由活动行为所占总时间的比例而定(例如, 本研究 SED 时间长达 568 min, 占比为 67%, 分配于其的时间为 39 min; 而 MVPA 时间较短, 仅为 47 min, 占比 5%, 分配于其的时间则为 3 min), 这一模式避免了因分配时长占比不均对分析结果造成的干扰, 这也是在“一对三”等比例替代模式中 SED 效应突显及其“剂量-效应”呈对称性的主要原因。

另一方面, 在真实的日常活动情境中, 个体某种活动行为(如 MVPA)时间减少, 其减少的时间可能会补充至另一种活动中(如 SED), 也有可能分配至其他 3 种活动, 存在不确定性, 理论上的模拟替代范式很难达到与真实情境完全一致。但即便如此, 理论替代还是有必要尽量符合真实情境, 研究结果才能更加有效、准确地指导儿童青少年的日常活动实践。在生活实际中, 某一段活动行为的时间全部分配于另一种活动的场景虽然存在, 但几率很小(Haszard et al., 2020; Taylor et al., 2018)。虽然日常时间分配方式存在随机性, 也会受到环境因素或突发事件的影响, 但个体在长期的生活实践中, 会逐渐形成具有个人特点的规律性的生活方式, 即每天 24 h 活动时间的分配会形成某种定势或习惯, 并不自觉地遵循这种既定模式来分配每天的时间(郭强, 2016; Hovell et al., 1991)。“一对三”等比例替代模式基于个体的活动行为时

间所占总时间的比例来分配时间剂量,实则考虑了个体既定的生活方式与时间分配习惯,按照个体可能存在的主观“偏好”来分配时间,力求达到与日常活动实践更为接近的目的。例如,在“一对三”等比例替代模式中,日常MVPA水平更高的同学,所分配到的MVPA时间也就更多。

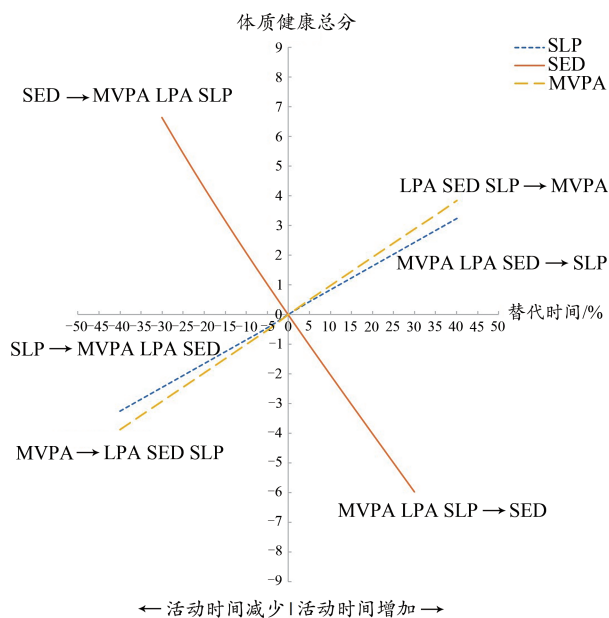


图2 24 h活动“一对三”等比例替代“剂量-效应”图

Figure 2. 24-Hour Movement “One-to-Three” Proportional Substitution Dose-Response Plot

综上所述,基于统计分析层面,相对于等时替代分析,运用等比例分配方式可以避免因活动时间分配不均而造成的替代分析结果的偏倚;而基于实践指导层面,相对于“一对一”分配模式,运用“一对三”的分配模式更贴近于真实生活情境。由此,本研究认为基于“一对三”等比例替代模式分析24 h活动行为的健康效应,其研究结果更为准确、更具操作性。

### 3.2 对于我国儿童日常活动实践的启示

根据“一对三”等比例分析结果,本研究发现用10%的MVPA或SLP时间替代其他3种行为,或者将10%的SED时间分配至其他3种活动行为,儿童体质健康得分将显著提高,且其他活动行为替代SED的效应最佳。这与过往研究中多强调用MVPA替代其他行为的观点不同(常振亚等,2020;梁果等,2022;邱艳平等,2023)。“一对三”等比例替代结果验证了多动、少坐、SLP充足对于儿童体质健康均具有促进作用,提示要促进儿童的体质健康,除增加MVPA时间外,还可选择缩短SED时间将其分配给其他行为,或减少其他行为时间来补充SLP时长,每名儿童均可根据自己的学习与生活实际,选择一种或多种时间分配方案,形成适合自己的健康生活方式。基于SED的最强替代效应,在3种方案中可首先考虑将部分

SED时间分配于其他行为,如鼓励教师在课堂上结合教学内容,通过互动、提问等身体活动形式来中断学生的持续SED;课间建议学生离开座位参与身体活动,促进SED向LPA或MVPA的转化;放学后将学生的学习、屏幕时间、乐器练习等时间控制在合理范围内,尽可能实现SED向LPA、MVPA或SLP的转化,均可达到增强体质的效果。

### 3.3 创新与局限性

其一,本研究中24 h活动行为的替代效应是完全基于统计学的理论假设,24 h活动行为各要素的相互替代是否会对儿童体质健康产生显著影响,两种替代模式的分析结果是否存在差异等还需通过实验研究或纵向研究予以验证。其二,本研究主要针对儿童的体质健康总分进行了分析,后续研究还可对其细分指标或其他与儿童身心健康相关指标进行全方位、深入的分析。

## 4 结论

本文实证比较了“一对一”等时替代与“一对三”等比例替代两种24 h活动替代模式对儿童体质健康的影响。研究表明由于24 h活动行为时间分布不均,当“一对一”等时替代模式以“绝对时长”为分配单位进行时间分配时,可能会夸大或弱化部分行为的效应,导致其研究结果出现偏倚;相比于“一对一”的替代方式,“一对三”等比例替代模式基于3种活动时间所占总时间的比例分配时间,考虑了个体的时间分配习惯与定势,较“一对一”等时替代模式更符合真实生活情境。由此,“一对三”等比例替代模式可为时间使用与健康结局之间的关系提供较为可靠的研究证据,为24 h活动替代模式的选择提供新思路。

### 参考文献:

陈泽刚,丁吉,万芹,等,2022.中国儿童青少年体力活动与心肺耐力的相关性[J].中国学校卫生,43(3):429-432.  
 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.  
 郭强,2016.中国儿童青少年身体活动水平及其影响因素的研究[D].华东师范大学:8.  
 梁果,王丽娟,陈欢,等,2022.24 h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,42(3):77-84.  
 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.  
 邱艳平,王丽娟,周玉兰,等,2023.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,30(1):137-144.  
 张春燕,2014.青少年身体素质敏感期及锻炼方法[J].中国青年政治学院学报,33(5):68-70.  
 张婷,李红娟,李超,等,2022.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[J].中国体育科技,58(12):91-97.  
 朱显贵,石旅畅,张海峰,2020.不同强度运动对脂解激素的影响及在减肥机制中的作用研究进展[J].中国运动医学杂志,39(7):



- 569-576.
- ASARE M, DANQUAH S A, 2015. The relationship between physical activity, sedentary behaviour and mental health in Ghanaian adolescents[J]. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health*, 9:11.
- BARREIRA T V, SCHUNA J M, MIRE E F, et al., 2015. Identifying children's nocturnal sleep using 24 h waist accelerometry[J]. *Med Sci Sport Exer*, 47(5):937-943.
- BASTERFIELD L, PEARCE M S, ADAMSON A J, et al., 2012. Physical activity, sedentary behavior, and adiposity in English children[J]. *Am J Prev Med*, 42(5):445-451.
- CARSON V, TREMBLAY M S, CHAPUT J P, et al., 2016. 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-S302.
- CHAPUT J P, CARSON V, GRAY C E, et al., 2017. Importance of all movement behaviors in a 24-hour period for overall health[J]. *Int J Env Res Pub He*, 11(12):12575-12581.
- CHASTIN S F M, PALAREA-ALBALADEJO J, DONTJE M L, et al., 2015. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: novel compositional data analysis approach[J]. *PLoSOne*, 10(10):e0139984.
- CHEN H, WANG L J, XIN F, et al., 2023. Associations between 24 h movement behaviours and BMI in Chinese primary-and middle-school students[J]. *J Exerc Sci Fit*, 21(2):186-192.
- CHEN S T, LIU Y, Tremblay M S, et al., 2021. Meeting 24 h movement guidelines: Prevalence, correlates, and the relationships with overweight and obesity among Chinese children and adolescents[J]. *J Sport Health Sci*, 10(3):349-359.
- CLARKE A E, JANSSEN I, 2021. A compositional analysis of time spent in sleep, sedentary behaviour and physical activity with all-cause mortality risk[J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 18(1):25.
- DE FARIA F R, BARBOSA D, HOWE C A, et al., 2022. Time-use movement behaviors are associated with scores of depression/anxiety among adolescents: A compositional data analysis[J]. *PLoS One*, 17(12):e0279401.
- DUMUID D, WAKE M, CLIFFORD S, et al., 2019a. The association of the body composition of children with 24-hour activity composition[J]. *J Pediatr*, 208:43-49.
- DUMUID D, PEDIŠIĆ Ž, STANFORD T E, et al., 2019b. The compositional isotemporal substitution model: A method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity and sedentary behaviour[J]. *Stat Methods Med Res*, 28(3):846-857.
- EVENSON K R, CATELLIER D J, GILL K, et al., 2008. Calibration of two objective measures of physical activity for children[J]. *J Sports*, 26(14):1557-1565.
- FAIGENBAUM A D, KRAEMER W J, BLIMKIE C J, et al., 2009. Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association[J]. *J Strength Cond Res*, 23(5 Suppl):S60-S79.
- FAIRCLOUGH S J, DUMUID, 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(6):312-325.
- HASZARD J J, JONES M K, FARMER V, et al., 2020. Non-wear time and presentation of compositional 24-hour time-use analyses influence conclusions about sleep and body mass index in children[J]. *J MeasurePhys Behav*, 3(3):204-210.
- HOVELL M, SALLIS J, HOFSTETTER R, et al., 1991. Identification of correlates of physical activity among Latino adults[J]. *J Community Health*, 16(1):23-36.
- KANDOLA A A, DEL POZO CRUZ B, OSBORN D P J, et al., 2021. Impact of replacing sedentary behaviour with other movement behaviours on depression and anxiety symptoms: A prospective cohort study in the UK Biobank[J]. *BMC Med*, 19(1):133.
- KITANO N, KAI Y, JINDO T, et al., 2020. Compositional data analysis of 24-hour movement behaviors and mental health in workers[J]. *Prev Med Rep*, 20:101213.
- MEKARY R A, WILLETT W C, HU F B, et al., 2009. Isotemporal substitution paradigm for physical activity epidemiology and weight change[J]. *Am J Epidemiol*, 170(4):519-527.
- TAYLOR R W, HASZARD J J, MEREDITH-JONES K A, et al., 2018. 24 h movement behaviors from infancy to preschool: Cross-sectional and longitudinal relationships with body composition and bone health[J]. *Int J BehavNutr Phys Act*, 15(1):118.
- TROST S G, PATE R R, FREEDSON P S, et al., 2000. Using objective physical activity measures with youth: How many days of monitoring are needed?[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2):426-431.

## An Empirical Study of Two 24-Hour Movement Substitution Models Based on Children's Physical Fitness

YANG Xinglong, WANG Lijuan\*, CHEN Huan, WANG Lijing, LIANG Guo, QIU Yanping

*School of Physical Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China*

**Abstract:** Objective: To compare the effects of 24-hour movement substitution on physical fitness based on "one-to-one" isotemporal substitution and "one-to-three" proportional substitution. Methods: 302 children of grade 1-5 in Jinhua participated in this study, accelerometers were used to measure 24-hour movement including moderate-to-vigorous physical activity(MVPA), light-intensity physical activity (LPA), sedentary behavior (SED) and sleep (SLP) The physical fitness levels were measured according to the National Student Physical Health Standards (Revised in 2014). Compositional data analysis was used to explore the relationship

between 24-hour movement time proportion and physical fitness. Results: 1) The results of two substitution models showed that the time substitution of MVPA with LPA, SED and SLP had a significant effect on children's physical fitness, while the substitution effect of LPA was not significant. 2) Significant differences were observed between the two substitution modes, the "one-to-one" isotemporal substitution results showed that MVPA had the strongest substitution effect, and the substitution of SED or SLP with other movements except MVPA for 10 minutes had no significant effect on physical fitness. The "dose-response" analysis results showed that the "point-to-point" substitution of MVPA with LPA, SED or SLP was asymmetrical. The "one-to-three" proportional substitution results showed that 10% substitution of SED or SLP with other three behaviors changed the physical fitness score significantly, and SED had the strongest substitution effect. In addition, the substitution of 24-hour movement behaviors was symmetrical. Conclusions: The "one-to-three" proportional substitution model can provide more reliable research evidence for the relationship between time usage and health outcomes, and it is more in line with real-life activity scenarios.

**Keywords:** *movement behaviors; substitution model; isotemporal substitution; proportional substitution; physical fitness*

(上接第62页)

STAW B M, DECELLES K A, DE GOEY P, 2019. Leadership in the locker room: How the intensity of leaders' unpleasant affective

displays shapes team performance[J]. *J Appl Psychol*, 104(12): 1547-1557.

## A Study on Quality Enhancement Strategies for CBA Club Products Based on the Theory of Complex Adaptive Systems

BAO Xinqu<sup>1</sup>, WANG Xinlei<sup>1\*</sup>, YUAN Yaqing<sup>2</sup>, LI Ao<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>3</sup>

1. Faculty of Sports Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2. College of Sports and Health, Shandong Sport University, Jinan 250102, China; 3. Physical Education Department, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China

**Abstract:** Leveraging the complex adaptive systems (CAS) theory, this study delves into the formation logic and impact mechanisms of the intricate relationships within Chinese Basketball Association (CBA) clubs. The goal is to elevate the product quality of CBA clubs. We posit that, within the instrumental relationship framework, the core manufacturing entities of clubs—the interactions among managers, coaches, and players—serve as the logical starting point for the evolution of competition product quality. Subsequently, emotional relationships emanating from the interactions imbue competition products with intrinsic vitality and external competitiveness. The rapid development of CBA introduces heightened complexity to its industry environment, notably reflected in the substantial uncertainty of adaptive entities, namely "people". This complexity is further evident in the development risks and crises of interpersonal relationships, potentially restricting the productivity of labor skills and impacting the quality of club event products. The inverted U-shaped curve of "relationship-behavior motivation" suggests that moderate interpersonal relationships contribute to the efficient operation of the clubs. In response, three strategic dimensions are proposed: macro governance environment guidance to ensure the exercise of power within institutional frameworks; meso-level production environment empowerment to cultivate a "technology+knowledge" dual-engine; micro-level production entity support to enrich players' intrinsic motivation structure. This approach effectively promotes mutual reinforcement between external "institutional advantage-governance efficiency" and internal "relationship-behavior", thereby enhancing the supply-side product quality of CBA clubs in the new era.

**Keywords:** *CBA; complex adaptive systems; clubs; supply-side; product quality*