

·运动人体科学·

幼儿体质健康与 24h 活动行为替代： “一对一”与“一对三”模式比较

尹龙¹，阳彬¹，李芳²，杨宗宇¹，刘小明¹

(1.湖南师范大学 体育学院，湖南 长沙 410012；2.湖南第一师范学院 体育学院，湖南 长沙 410205)

摘 要：比较“一对一”与“一对三”两种替代模式下幼儿 24 h 活动行为时间重新分配与体质健康的关联差异，并分析不同行为替代的潜在健康意义。选取 337 名 4~6 岁幼儿，使用 ActiGraph wGT3X-BT 加速度计测量低强度身体活动(LPA)、中高强度身体活动(MVPA)和久坐行为(SB)，睡眠时长(SP)由家长和幼儿园教师共同报告，体质健康评估依据《中国国民体质测定标准(幼儿部分)》进行。采用成分数据并结合“一对一”与“一对三”替代模式，分析 24 h 活动行为时间重新分配与体质健康之间的关系。结果显示：(1)MVPA 时间占比与体质健康得分显著性正相关($\beta_{MVPA}=3.63, P<0.05$)，而 SB 时间占比与体质健康得分显著性负相关($\beta_{SB}=-5.1, P<0.05$)。(2)“一对一”替代模式中，15 min 的 MVPA 替代 SB、LPA 或 SP 时体质健康分数分别增加 1.0、0.97 和 0.82 单位，MVPA 表现出最强的替代效应；“一对三”替代模式中，减少 SB 并增加 MVPA 时体质健康得分改善最明显，每减少 10%SB 时间其得分增加 0.71 单位，提示两种模式在主要替代行为判断上存在差异。(3)剂量效应分析中，在“一对一”模式中活动行为要素的替代效应表现出不对称性，而在“一对三”模式中活动行为要素之间的替代效应更为对称。研究认为，两种替代模式对幼儿 24 h 活动行为时间重新分配与体质健康关系的判断并不完全一致，减少 SB 并增加 MVPA 可能更有利于幼儿体质健康，且“一对三”模式更能体现活动行为整体时间构成的特点。

关 键 词：幼儿体质健康；成分数据分析；等时替代；等比例替代；久坐行为；中高强度身体活动
中图分类号：G80-04 **文献标志码：**A **文章编号：**1006-7116(2026)05-0132-10

Physical health and 24-hour movement behavior reallocation in preschool children: A comparison between "one-to-one" and "one-to-three" models

YIN Long¹, YANG Bin¹, LI Fang², YANG Zongyu¹, LIU Xiaoming¹

(1.College of Physical Education, Hunan Normal University, Changsha 410012, China;

2.School of Physical Education, Hunan First Normal University, Changsha 410205, China)

Abstract: To compare the differences in associations between 24h movement behavior time reallocation and physical health in preschool children under the “one-to-one” and “one-to-three” reallocation models, and to examine the potential health implications of different behavioral reallocation. A total of 337 preschool children aged 4-6 years were recruited, and light physical activity (LPA), moderate-to-vigorous physical activity (MVPA), and sedentary behavior (SB) were measured using the ActiGraph wGT3X-BT accelerometer, while sleep duration (SP) was jointly reported by parents and kindergarten teachers. Physical health was assessed according to the National Physical Fitness Measurement Standards Manual of China (Preschool Children Version). Compositional data analysis,

收稿日期：2025-09-25

基金项目：湖南省教育厅科学研究重点项目(22A0064)；湖南省哲学社会科学基金项目(23YBA277)。

作者简介：尹龙(1980-)，男，副教授，博士，硕士生导师，研究方向：运动与健康促进，学校体育。E-mail: yllf2006@hunnu.edu.cn

通信作者：刘小明

combined with the “one-to-one” and “one-to-three” reallocation models, were used to examine the associations between 24h movement behavior time reallocation and physical health. Results show that: (1) the proportion of time spent in MVPA was significantly positively associated with physical health scores ($\beta_{MVPA} = 3.63, P < 0.05$), whereas the proportion of time spent in SB was significantly negatively associated with physical health scores ($\beta_{SB} = -5.1, P < 0.05$). (2) Under the “one-to-one” reallocation model, reallocating 15 min from SB, LPA, or SP to MVPA increased physical health scores by 1.00, 0.97, and 0.82 units, respectively, indicating that MVPA showed the strongest reallocation effect. Under the “one-to-three” reallocation model, reducing SB while increasing MVPA was associated with the greatest improvement in physical health; for every 10% reduction in SB time, the score increased by 0.71 units, suggesting that the two models differed in their identification of the primary reallocation behaviors. (3) Dose-response analysis showed that the reallocation effects among movement behavior components were asymmetric under the “one-to-one” model, whereas they were more symmetric under the “one-to-three” model. The conclusion holds that the “one-to-one” and “one-to-three” reallocation models did not yield fully consistent interpretations of the associations between 24h movement behavior time reallocation and physical health in preschool children, and reducing SB while increasing MVPA may be more beneficial for improving physical fitness. Meanwhile, the “one-to-three” model better may capture the overall compositional characteristics of movement behaviors.

Keywords: preschool children’s physical health; compositional data analysis; isotemporal reallocation; isoproportional reallocation; sedentary behavior; moderate-to-vigorous physical activity

儿童肥胖率上升和体质健康水平下降,已成为全球面临的重要公共卫生问题。根据《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》的数据,我国6岁以下的幼儿超重率与肥胖率分别为10.4%和3.6%。幼儿期体质健康不仅对生长发育至关重要,还会对后续儿童青少年阶段乃至成年期健康产生持续影响^[1-3]。随着现代生活方式的改变,身体活动(physical activity, PA)不足与久坐行为(sedentary behavior, SB)增加已成为影响幼儿体质健康的重要因素^[4-7]。以往研究多聚焦于单一活动行为(如PA、SB)与幼儿体质健康之间的关系^[8-10],相对忽视不同活动行为在24 h固定时间约束下的相互替代关系,从而限制对其综合作用的理解^[11]。基于24 h活动行为整体观,学者们提出“活动平衡模型”(activity balance model, AB model),强调睡眠(sleep, SP)、SB与PA并非彼此孤立,而是共同构成24 h内的活动行为组合^[11-13]。然而,24 h内各类活动行为受固定总时长约束,某一种行为时间的增加必然伴随其他行为时间的相应减少,因而24 h活动行为数据具有典型的成分数据特征^[14-15]。若将各类活动行为时间直接纳入传统线性回归模型,易受到闭合约束带来的共线性和参数依赖性影响,从而增加结果解释与参数估计的难度^[14-15]。基于此,学者开始结合等时替代和成分数据分析方法从时间重新分配的视角考察24 h活动行为与健康结局之间的关联。

在此基础上,“一对一”等时替代模式已广泛应用于24 h活动行为与健康结局的研究中^[14, 16]。其中,“一

对一”替代模式是指在24 h总时长保持恒定的前提下,将某一活动行为的固定时长重新分配给另一种活动行为,而其余活动行为时间保持不变,据此估计2种活动行为之间等时替代后的健康效应。体育学科现有研究多基于该模式探讨中高强度身体活动(moderate-to-vigorous physical activity, MVPA)、低强度身体活动(light physical activity, LPA)、SB和SP时间重新分配与体质健康的关系^[17-22]。相关研究表明,以MVPA替代SB或LPA通常与较高体质健康水平相关^[19-20, 23]。在我国“一对一”等时替代模式的研究逐渐取得进展,相关研究已涉及24 h活动行为与体质健康^[24-25]、基本动作技能^[26-27]和心理健康^[28-30]等方面。但需指出的是,“一对一”模式在反映24 h活动行为整体变化方面仍存在一定局限。首先,该模式主要关注两类活动行为之间的等时重新分配,其分析前提是其余活动行为时间保持不变,因而较难充分体现多种活动行为的联动变化特征。其次,幼儿24 h活动行为的时间重新分配并不总是表现为两类行为之间的“点对点”替代,更可能表现为多种行为之间的联动调整。尤其是在MVPA占比较低、SB和LPA占比较高的情形下,仅考察两类行为之间的固定时长替代可能难以充分反映幼儿真实的活动行为变化特征^[16, 31-32]。再者,幼儿活动行为受家庭环境、教育情境等外部因素影响较大,其行为模式常呈现间歇性和簇集性特征^[33],这也使得传统固定时间替代方法在解释幼儿真实活动模式时受到一定限制。

基于上述局限及幼儿活动行为的实际特征,学者

们提出“一对三”等比例替代模式^[16, 34-35]。“一对三”模式是指在 24 h 总时长保持恒定的前提下,将某一活动行为增减的时间按照其余 3 类活动行为在整体时间构成中的相对比例进行同步重新分配,据此考察 1 种活动行为与其余 3 种活动行为联动调整后的健康效应。相较于“一对一”模式,“一对三”模式更强调 24 h 活动行为的整体构成及其联动变化特征,与成分数据分析的整体视角较为一致,因而有助于从整体时间分配角度分析多种活动行为共同变化与健康结局之间的关系^[16, 34-35]。尽管“一对三”替代模式在儿童青少年群体中已有初步应用,但在幼儿群体中的证据仍较有限,尤其缺乏在同一样本中直接比较“一对一”与“一对三”2 种替代模式估计结果差异的研究。因此,不同替代模式是否会影响对幼儿 24 h 活动行为重新分配与体质健康关系的判断仍有待进一步检验。鉴于此,本研究拟在幼儿样本中比较“一对一”与“一对三”替代模式下 24 h 活动行为时间重新分配与体质健康关联结果的一致性与差异性,并进一步分析不同行为时间重新分配的潜在健康意义,以期对幼儿 24 h 活动行为研究中的模型选择及健康促进实践提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

通过方便抽样,从湖南省衡阳市城区招募 380 名 4~6 岁健康幼儿,所有招募对象的父母在参与前签署知情同意书,共有 367 名儿童的父母同意参与。为确保数据的准确性和加速度计的安全使用,幼儿园教师、家长及研究助手共同监督整个测试过程。在同意参加测试的 367 名儿童中,12 名未按要求完成一周的身体活动测试,11 名未完成所有体质健康测试项目,有 7 份数据存在缺失,最终 337 名儿童(192 名男童,145 名女童)顺利完成所有测试。测试工作于 2021 年 3—5 月顺利开展,本研究获得衡阳师范学院科学研究伦理委员会的批准(伦理审批号:2021003)。

1.2 研究方法

1) 24 h 活动行为。

采用 ActiGraph wGT3X-BT(Pensacola, FL, USA)型三轴加速度传感器测量幼儿的 PA 和 SB。在正式测量前,向家长提供一份详细的加速度计佩戴的书面说明(佩戴位置、注意事项和使用说明)并进行预测试。所有参与正式研究的儿童连续佩戴加速度计 7 天(佩戴位置为右髋上部,游泳、淋浴和夜间就寝时不戴),并请家长和老师佩戴日志中记录每日实际佩戴时间。回收加速度计后,使用 ActiLife (Version 6.13.3)对数据进行导出与初步处理,使用 30 Hz 的采样频率记录 15 s

采样间隔的数据。本研究定义大于 20 min 的零计数时间为非佩戴时间^[36],这部分时间将会从分析中删除。按照 Choi 等^[37]的算法,要求每天至少佩戴设备 8 h 且连续佩戴至少 3 天(至少 2 个工作日及 1 个周末)。参照 Butte 等^[38]标准,SB 为 0~239 counts/min, LPA 为 240~2 119 counts/min, MPA 为 2 120~4 449 counts/min, VPA 为 4 450 counts/min 以上;其中, MVPA=MPA+VPA。

睡眠数据根据《0~5 岁儿童睡眠卫生指南》编制问卷的形式,由父母或监护人和幼儿园教师共同报告,要求老师和父母回忆儿童在工作日和周末 2 个时间段的白天和晚上睡眠时间。总睡眠时间的计算如下:(工作日晚上睡眠×5+周末晚上睡眠×2)/7+(工作日白天睡眠×5+周末白天睡眠×2)/7,这种方法在类似人群中已经得到应用与验证^[27, 29]。

2) 体质健康。

本研究按照中国《国民体质测定标准手册(幼儿部分)》(2003 版)中对应的测试项目和规范进行测量和计算,测试内容包括身体形态和身体素质两部分。身体形态包括儿童身高(m)和体重(kg)。儿童的身高和体重信息均由学校医院使用立式身高体重测试仪(SHANGHE, SH-E50, CHINA)进行测量,身体形态信息将从所在幼儿园获得。通过身高和体重信息计算幼儿体质指数(BMI)。身体素质测试包括立定跳远、双脚连续跳、10 m 折返跑、网球掷远、坐位体前屈和走平衡木,共 8 项指标,每项 5 分,总计 40 分。总分低于 20 分为不合格,20~27 分为合格,28~31 分为良好,超过 31 分为优秀。测试由 2 名研究人员以及幼儿园教师共同完成,同时为保证测试过程的科学性,所有参与测试人员均经过系统培训。

3) 协变量。

根据已有研究^[39],将幼儿年龄、性别以及家庭经济地位(socioeconomic status, SES)作为协变量纳入统计分析过程,在进行成分回归分析与成分替代分析时控制其影响。通过问卷收集参与研究的父母受教育程度、家庭收入和职业情况,使用主成分分析计算 SES 并分为低、中、高 3 个等级。参与者的年龄作为连续变量,性别作为二分类变量。

1.3 统计分析

参照前人^[14-16]的 24 h 活动行为成分数据分析方法,结合等时替代和等比例替代模式,运用 R 统计软件(版本 4.1.1)中的 Compositions 包^[40]进行数据分析。显著性水平设置为 5%,统计分析步骤如下:(1)使用几何均值表示 SB, SP, LPA 和 MVPA 的集中趋势,使用变异矩阵分析活动行为成分之间的转换关系。(2)进行成分回归分析,采用等距对数比率(Isometric log-ratio, ilr)

转换方法,选择 SP 作为参照系以消除共线性问题并确保分析的稳定性,回归模型中控制协变量(如年龄、性别、家庭社会经济地位等),转换后的数据作为回归模型的解释变量,回归系数(β)用于评估各活动行为时间占比与体质健康得分之间的关系并检验其统计显著性。(3)探讨“一对一”等时替代与“一对三”等比例替代 2 种替代模式下与体质健康的关联结果差异。对于“一对一”等时替代,是将 15 min 的某个行为替换为另外一个行为,估算替代后的体质健康得分变化。对于“一对三”等比例替代,则按原始活动时间的比例重新分配时间,以估算体质健康得分变化。假设某一个幼儿的 SB 时长 560 min、SP 时长 620 min、LPA 时长 215 min、MVPA 时长为 45 min,若 SB 减少 15%(即 84 min),则根据其他 3 种活动的比例重新分配时间。具体分配为:SP 占总替代时间的比例为 $620/(620+215+45)\approx 70\%$,因此分配给 SP 的时间为 $0.70\times 84\text{ min}\approx 58\text{ min}$,同理分配给 LPA 和 MVPA 的分别为 21 min 和 5 min。最后,评估重新分配后的 24 h 活动模式与体质健康得分的关联或预测值变化。(4)分析活动行为时间变化与幼儿体质健康的“剂量-效应”关系。对于 2 种模式中的显著路径,采用 10 min 或 10% 的时间增量为单位,逐步增加至 40 min 或 40%并绘制相应关系图,以研究时间变化与体质健康的“剂量-效应”关系。

2 结果与分析

2.1 描述性统计

本研究共纳入 337 名幼儿,男童占比 57%,女童占比 43%,平均年龄(4.44 ± 1.59)岁。幼儿 24 h 活动行为中 MVPA、LPA、SB、SP 的算术均值和比例分别为(50.2 ± 24.9)min(3.49%)、(211.5 ± 31.3)min(14.69%)、(519.9 ± 50.3)min(36.1%)、(658.4 ± 57.3)min(45.72%),成分几何均值和百分比分别 0.033(3.3%)、0.146(14.6%)、0.362(36.2%)、0.459(45.9%)。幼儿体质健康测试的平均得分为(25.41 ± 6.04),其中优秀(>31 分)54 人(16%),良好(28~31 分)87 人(25.8%),合格(20~27 分)140 人(41.5%),不合格(<20 分)56 人(16.6%)。身高、体重、立定跳远、双脚连续跳、10 m 折返跑、网球掷远、坐位体前屈和平衡木走 8 项指标得分情况见表 1。

采用变异方差矩阵反映 24 h 活动行为各变量的离散程度。2 个变量的成对对数比方差越接近 0,表示两种行为的时间分配比例相似。统计分析表明,SB 与 MVPA 的成对对数比方差最大, $\ln(\text{SB}/\text{MVPA})=0.202$,表明这两种行为的关联程度最低,转换的可能性最小。SP 与 SB 的成对对数比方差最小, $\ln(\text{SP}/\text{SB})=0.032$,表

明 SP 与 SB 的关联程度最高,转换的可能性也最大。

表 1 幼儿体质测试指标得分情况

变量	均值±标准差
体质总分(分) ¹⁾	25.41±6.04
身高(分) ²⁾	3.85±1.12
体重(分) ³⁾	4.28±1.31
网球掷远(分)	2.54±1.36
双脚连跳(分)	2.60±1.22
走平衡木(分)	2.38±1.10
坐位体前屈(分)	2.98±1.39
10 m 折返跑(分)	3.15±1.43
立定跳远(分)	3.71±1.26

1)体质总分包括 8 项指标:身高、体重、立定跳远、10 m 折返跑、双脚连跳、网球掷标、坐位体前屈和走平衡木,每个指标的最高得分为 5 分,总积分数为 40 分。2)身高得分:根据孩子的身高是否符合其年龄的标准范围来确定。3)体重得分:根据体重是否符合对应身高的标准范围来确定。

2.2 24 h 活动行为的时间占比与幼儿体质健康的成分回归分析

在控制年龄、性别、家庭社会经济地位后,成分回归分析显示(见表 2),MVPA 时间占比与体质健康总分呈正相关($\beta_{\text{MVPA}}=3.63$, 95%CI: 1.15~6.12),具有显著性($P<0.05$),表明 MVPA 时间占比与较高体质健康得分显著相关。相反,SB 时间占比与体质健康总分呈负相关($\beta_{\text{SB}}=-5.1$, 95%CI: -9.61~-0.59),具有显著性($P<0.05$),提示减少 SB 可能更有利于幼儿体质健康。LPA 和 SP 的时间占比均与体质健康总分之间的相关性不具有显著性($\beta_{\text{LPA}}=-1.5$, 95%CI: -6.61~3.61; $\beta_{\text{SP}}=2.97$, 95%CI: -1.91~7.85, $P>0.05$),表明 LPA 和 SP 与体质健康得分之间的关联未达到显著水平。整体回归模型在统计学上具有显著性($P=0.001$, $R^2=0.16$),表明 24 h 活动行为时间分布能够在一定程度上解释体质健康得分变化。

表 2 24 h 活动行为时间比例与体质健康总分的成分回归分析

活动行为	β [95% CI]	P	模型 P 值	R^2
MVPA	3.63 [1.15~6.12]	0.004	0.001	0.160
SB	-5.10 [-9.61~-0.59]	0.030		
LPA	-1.50 [-6.61~3.61]	0.560		
SP	2.97 [-1.91~7.85]	0.230		

2.3 “一对一”与“一对三”替代模式的比较

1)两种替代模式研究结果的一致性。

成分替代分析结果显示,MVPA 与其他活动行为的相互替代对体质健康得分具有显著性影响($P<0.05$)。根据“一对一”等时替代模式(见表 3),以 15 min 的

MVPA 时间替代等时量的 SB、LPA 或 SP 时, 体质健康总分分别增加 1.0、0.97 和 0.82 个单位。反之, 当 15 min 的 SB、LPA 或 SP 替代等时量的 MVPA 时, 体质健康总分分别减少 1.34、1.31 和 1.15 个单位, 同时 LPA 与 SB、SP 之间的相互替代效应均不具有显著性($P>0.05$)。“一对三”等比例替代模式的结果(见表 4)显示, 当 MVPA 时间增加 10%(约 5 min)并按比例减少 SB、LPA 和 SP 的时间时, 体质健康总分增加 0.31 个单位; 相反, 当 MVPA 时间减少 10%(约 5 min)时, 体质健康总分减少 0.34 个单位。同样, SP 与 LPA 的替代效应在“一对一”或“一对三”模式中均不具有显著性($P>0.05$)。

2) 两种替代模式研究结果的差异性。

对比 SB 在 2 种不同模式的替代效应中发现, “一对一”模式中 SB 仅在替代 MVPA 时与体质健康得分下降显著相关($\beta=-1.34$, 95%CI: $-2.2\sim-0.49$; $P<0.05$)。而对“一对三”模式而言, 当 SB 时间增加 10%(约 52 min)并按比例替代其他活动时, 体质健康得分下降 0.68 个单位。反之当 SB 时间减少 10%时, 体质健康得分增加 0.71 个单位且均具有显著性($P<0.05$)。

在替代效应的强度上 2 种模式的结果也有所不同。在“一对一”等模式中, 15 min 的 MVPA 与 SB、LPA 或 SP 的替代对体质健康得分的影响最大, 且 MVPA 的替代效应最强(见表 3), 而在“一对三”模式中, SB 的替代效应与体质健康得分变化的关联最为明显(见表 4)。

表 3 “一对一”等时替代模式下体质健康总分的变化

替代行为	被替代行为	体质健康(95% CI)
SB	LPA	-0.03(-0.39~0.33)
SB	MVPA	-1.34(-2.20~-0.49) ¹⁾
SB	SP	-0.18(-0.04~0.36)
LPA	SB	0.04(-0.30~0.38)
LPA	MVPA	-1.31(-2.40~-0.24) ¹⁾
LPA	SP	-0.15(-0.52~0.22)
MVPA	SB	1.00(0.38~1.63) ¹⁾
MVPA	LPA	0.97(0.12~1.83) ¹⁾
MVPA	SP	0.82(0.25~1.39) ¹⁾
SP	SB	0.18(-0.01~0.05)
SP	LPA	0.16(-0.23~0.54)
SP	MVPA	-1.15(-1.96~-0.36) ¹⁾

1) $P<0.05$

表 4 “一对三”等比例替代模式下体质健康总分的变化

活动行为	10%对 应时间	预测值变化(95% CI)		P
		时间增加 10%	时间减少 10%	
SP	66	0.46(-0.30~1.25)	-0.47(0.31~-1.27)	0.230
SB	52	-0.68(-1.27~-0.08)	0.71(1.33~-0.08)	0.030
LPA	21	-0.15(-0.65~0.35)	0.16(0.70~-0.38)	0.560
MVPA	5	0.31(0.10~0.52)	-0.34(-0.11~-0.58)	0.004

3) 剂量-效应分析。

剂量-效应分析揭示 2 种替代模式在替代效应对称性上的差异。在“一对一”模式中, 体质健康得分随着 MVPA 时间的增加逐渐上升, 而减少 MVPA 时间对体质健康得分的负面影响则更为显著。例如, 30 min 的 MVPA 等量替代 LPA 时, 体质健康得分增加 1.76 个单位, 而 30 min 的 LPA 等量替代 MVPA 时, 体质健康得分却减少 3.99 个单位, 显示出明显的不对称性(见图 1)。与此不同, 在“一对三”模式中当 MVPA 时间每增加或减少 5%时, 体质健康得分的变化幅度更为对称, 约为 0.16~0.30 个单位(见图 2)。

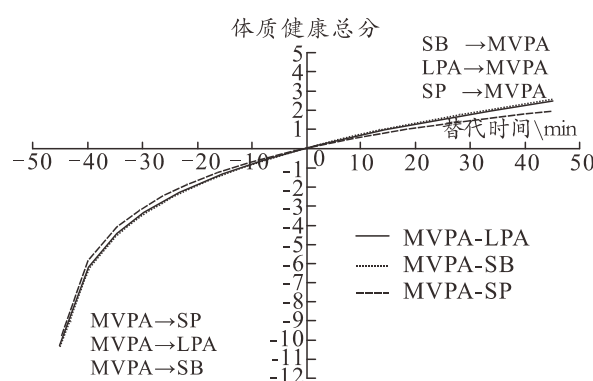


图 1 24 h 活动行为“一对一”等时替代“剂量-效应”

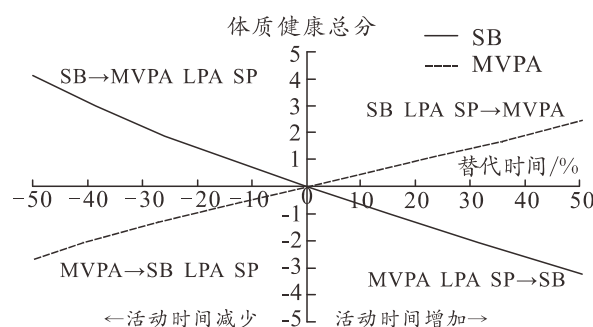


图 2 24 h 活动行为“一对三”等比例替代“剂量-效应”

3 讨论

本研究旨在探究 24 h 活动行为时间重新分配与幼儿体质健康的关系, 着重比较“一对一”等时替代模式与“一对三”等比例替代模式的效果。结果表明无论采用何种模式, MVPA 与幼儿体质健康得分显著正相关, 而 SB 则与体质健康得分显著性负相关。在“一对三”模式中, 减少 SB 时间对体质健康的改善效果更为明显, 表明不同替代模式下的关联结果存在差异。本研究创新地引入等比例替代的“一对三”模式, 准确反映幼儿活动时间的分配不均, 避免“一对一”模

式中假设等时替代所带来的时间分配问题。

3.1 MVPA与幼儿体质健康的正向关联

成分回归分析发现,MVPA时间占比与幼儿体质健康得分之间显著性正相关,这一结果与前人研究^[20, 24]保持一致,进一步支持MVPA与幼儿体质健康之间的正向关联。具体来说,MVPA通过促进骨骼健康、刺激骨骼负荷、增强骨密度,从而支持骨骼的正常发育,为幼儿骨骼健康打下坚实基础^[41]。此外,MVPA通过增强肌肉力量和基础动作技能,提升幼儿的运动能力和协调性,进而促进生长发育并为长期体质健康奠定基础^[27, 42],这些生理机制的相互作用共同促进幼儿体质健康的提升^[43-44]。值得一提的是,虽然LPA在本研究与幼儿体质健康没有相关关系,但需要审慎解读这一结果,可能由于加速度计在采集数据时的活动强度分割点导致健康效益的混淆,而且在青少年群体中已有研究表明,增加LPA时间可能有助于缓解长时间SB对体脂指标的不良影响^[45]。

在分析MVPA时间占比与幼儿体质健康关系的基础上,本研究进一步探讨MVPA替代LPA、SB和SP的健康效应。结果表明,无论采用“一对一”还是“一对三”替代模式,增加MVPA时间均与体质健康得分提升显著相关,提示MVPA可能是优化幼儿24h活动行为结构的重要行为成分。考虑到幼儿活动行为具有间歇性和碎片化特点^[33],且其体能基础和注意维持时间有限,MVPA活动设计宜突出短时、间歇和趣味性以提高参与意愿和完成质量。通过增加符合幼儿身心发展特点的MVPA机会,不仅有助于改善日常运动不足状况,也可能促进基本动作技能发展和体质健康水平提升。

3.2 SB与幼儿体质健康的负向关联

本研究显示,SB时间占比与体质健康得分之间存在显著负相关,表明SB与较低的体质健康得分相关。尽管部分研究还未发现SB对幼儿体质健康的显著性负面影响^[7, 46-47],但考虑到本研究在特殊时期进行,疫情期间的居家令、电子产品普及及在线教育的广泛应用,SB时间增加可能不利于体质健康。赵广高等^[48]的研究也支持这一观点,表明SB与幼儿体质健康之间存在负相关性,尤其是在周末SB时间的增加与体质健康的下降密切相关。

此外,本研究还发现在“一对三”替代模式中,减少SB时间对幼儿体质健康的改善效果最为显著。这一发现凸显SB在幼儿体质健康中的关键作用,尤其是在当前幼儿入园阶段普遍存在“小学化倾向”的背景下^[49-51]。随着学业竞争压力逐渐渗透到幼儿园阶段,“小学化”趋势无形中增加幼儿的学习负担,导致PA

时间进一步压缩。同时,各种文化智力类课程培训的增加进一步加剧SB时间的延长。“身心二元论”和“扬心抑身”的教育理念促成“久坐不动”的教育模式逐渐渗透到幼儿园阶段,“久坐与少动”的教育模式可能是导致儿童青少年身心健康下降的根本原因^[52]。

SB不仅与体质健康较低相关,还可能制约幼儿在其他心理层面的发展。例如,过多的SB时间可能影响幼儿的社交能力、语言能力和情绪调节能力,限制他们的互动机会^[53-54]。这提示,SB的增加不仅仅是体质健康方面的隐患,也可能对幼儿的认知发展和情感健康产生长远影响。因此,面对学业负担加重和SB日益增加的趋势,家长、学校和社会应共同努力优化儿童的日常作息,减少SB时间、适度增加PA,推动幼儿体质健康和心理健康的双向发展。

3.3 SP与幼儿体质健康的关系需谨慎解读

尽管已有研究表明,SP与体质健康之间存在正向关系,尤其是在肥胖控制方面^[55],但也有研究揭示SP与体质之间的倒U型关联,即适中睡眠时间与较好体质健康密切相关,而SP过短或过长的幼儿体质较低^[56]。本研究未能发现SP与幼儿体质健康得分之间的显著关联,这一结果与其他同类研究一致^[22, 24],这可能与本研究将SP视为24h活动行为整体进行分析的方式有关,使得PA、SB等行为的共同变化可能干扰SP与体质健康关系的呈现。例如,有研究表明SP与PA水平之间存在关联,特别是在女孩中SP不足与较低的PA水平呈显著正相关^[57];同时,SP时间较短与较长的屏幕时间和心理健康问题呈显著负相关^[58]。因此,本研究未能发现SP与幼儿体质健康之间的直接关联,可能并不意味着SP不重要,而是提示其作用可能更多体现在与其他活动行为的联动过程中。替代分析进一步显示,当MVPA与SP相互替代时幼儿体质健康水平会发生显著变化,说明睡眠时间与MVPA之间的调整可能与体质健康相关。需要指出的是,本研究仅考察SP时长,但未涉及睡眠质量和效率等维度,因而对睡眠作用的解释仍较为有限。未来研究可综合纳入更多SP指标并进一步探讨SP与其他活动行为之间的关系,以更全面地评估其对幼儿体质健康的潜在作用^[59]。

3.4 “一对一”与“一对三”替代模式的差异性

本研究较早将“一对三”替代模式应用于幼儿群体,并与传统的“一对一”替代模式进行对比分析。

“一对一”替代模式广泛应用于前人研究^[20, 24],该模式假设不同活动之间的替代是等时的,即每种活动时间的增加必须严格等量替代其他活动时间。然而,这一假设未能充分考虑幼儿群体中活动行为时间分配的不均衡性,尤其是MVPA通常占用较少时间,而LPA、

SP 和 SB 占据大部分时间。例如, 本研究中幼儿平均每天 MVPA 时间为 50.2 min, 占全天总时间比例为 3.49%, 而 LPA、SB、SP 分别为 211.5 min(占比 14.69%)、519.9 min(占比 36.1%)、658.4 min(占比 45.72%), 可见在这种占比不均衡的情况下, 使用等量时间去替代不同比例活动行为必然会导致替代效应产生偏误。在本研究中, 增加或减少 15 min 的 MVPA 占该行为的 29.9%, 其替代效应较大, 而增加或减少 15 min 的 LPA、SB、SP 占比分别为 7%、3%、2%, 其产生的替代效应较弱。因此, 以“绝对时间”为替代单位的“一对一”模式可能因替代行为时间占比过高或过低而高估或低估替代效应。换言之, “一对一”替代模式未能准确反映这些活动行为之间的实际关系, 导致替代效应的过度放大或缩小^[60-61]并在“剂量-效应”中产生不对称性。

与“一对一”替代模式相比, “一对三”替代模式按照各活动行为在 24 h 总时间中的构成比例进行时间调整, 因此更适合处理幼儿 24 h 活动行为时间分布明显不均的情况。以本研究为例, SB 占总时间的 36.1%(519.9 min), 而 MVPA 仅占 3.49%(50.2 min), 若按各自时间占比进行 10% 的替代, SB 对应约 52 min, MVPA 仅约 5 min, 两者的调整幅度存在明显差异。这说明在活动时间分配不均衡的前提下, 以固定绝对时间进行替代可能难以充分反映不同行为在整体时间结构中的实际变化幅度。相较而言, “一对三”模式更容易识别减少 SB 并增加 MVPA 与体质健康改善之间的关联。该结果与常振亚等^[24]基于“一对一”替代模式提出的“减少 LPA 并增加 MVPA 是提高幼儿体质健康的最佳途径”存在一定差异, 也提示不同替代模式下对活动行为健康意义的判断可能存在差异。就本研究结果而言, 在“一对三”模式下减少 SB 并增加 MVPA 可能更有利于幼儿体质健康, 这也说明在活动时间分布不均的情况下, 从整体时间构成角度分析行为替代具有一定意义^[60-61]。

此外, 幼儿在实际活动情境中, 某种行为的时间减少并不会完全替代为另一种特定行为。尽管这种替代在理论上是可能的, 但实际发生的可能性较低^[62], 这种低概率的替代现象进一步突显“一对一”替代模式的局限性, 因为其未能充分考虑日常活动习惯和生活方式对替代行为的影响。随着时间的推移幼儿逐渐形成稳定的活动模式, 这些模式通常受到个人习惯和环境的影响。例如, 在“一对三”替代模式中习惯上进行更多 MVPA 的孩子, 往往会分配更多的 MVPA 时间, 因为他们的活动比例较高。因此, “一对三”替代模式考虑了个体的生活习惯和活动偏好, 能够更好地

反映活动行为之间的真实替代关系, 更贴合幼儿群体的实际活动特征。

3.5 基于“一对三”替代模式的日常活动行为与体质健康干预策略

本研究基于“一对三”替代模式发现, 增加 MVPA 并减少 SB 可能是促进幼儿体质健康的重要方向。然而, 受中小学学业竞争的影响, 学业压力已逐步下沉至幼儿园阶段, 幼儿园阶段课程小学化发展普遍存在, 活动时间常被学业任务和长时间静坐所压缩, 加之现代化的生活方式, 进一步加剧幼儿的基本动作技能弱化和身心健康水平下降。因此, 就幼儿园阶段而言, 学前教育五大领域中的健康领域应该摆在首位, 应在课程设计中增加符合幼儿特征的体育活动时间, 强化幼儿园师资的体育活动设计能力并能针对孩子的身心发展特点, 设计游戏情境发展跑、跳、投和协调性等基本动作技能, 确保孩子们每天拥有足够的 MVPA 时间。在家庭层面, 家长要有正确的发展观念, 不要过早重视孩子的智力开发, 以身作则限制孩子的电子屏幕时间, 帮助孩子减少 SB 时间, 培养孩子良好的日常作息习惯, 养成积极的活跃型生活方式。在政策层面, 应通过立法形式禁止幼儿园阶段的小学化课程开设, 大力宣传健康教育, 携手家园社共同构建一个有利于幼儿体质健康良好发展的可供性环境。

3.6 局限性与未来研究方向

本研究结果仍应结合研究设计加以理解。“一对一”和“一对三”替代分析主要基于模型估计, 因此本研究结果更多反映 24 h 活动行为时间重新分配与幼儿体质健康之间的潜在关联, 而不能直接作为因果判断的依据。与此同时, 活动行为测量还不够细化, SB 未区分具体类型, 睡眠数据来自家长和幼儿园教师报告且仅包含睡眠时长, 未纳入睡眠质量和睡眠效率等信息, 这可能影响对相关结果的解释。后续研究可结合客观监测工具, 细化 SB 分类并补充更多睡眠指标, 以更全面地考察 24 h 活动行为时间重新分配与幼儿体质健康之间的关系。

参考文献:

- [1] D'HONDT E, DEFORCHE B, GENTIER I, et al. A longitudinal analysis of gross motor coordination in overweight and obese children versus normal-weight peers[J]. *Int J Obes*, 2013, 37(1): 61-67.
- [2] MIGUEL-ETAYO D, GRACIA-MARCO L, ORTEGA F, et al. Physical fitness reference standards in european children: The idefics study[J]. *Int J Obes*, 2014, 38(2): S57-S66.

- [3] WOOD A P, IMAI S, MCMILLAN A G, et al. Physical activity types and motor skills in 3-5-year old children: National youth fitness survey[J]. *J Sci Med Sport*, 2020, 23(4): 390-395.
- [4] 王欢, 张彦峰, 武东明, 等. 中国3~6岁幼儿中大强度身体活动、屏幕时间和睡眠时间达标率的空间分布特征和相关因素分析[J]. *体育科学*, 2023, 43(2): 26-33.
- [5] CLIFF D P, HESKETH K D, VELLA S A, et al. Objectively measured sedentary behaviour and health and development in children and adolescents: Systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Rev*, 2016, 17(4): 330-344.
- [6] POITRAS V J, GRAY C E, BORGHESE M M, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2016, 41(6): S197-S239.
- [7] 常振亚, 王树明, 张晓辉. 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*, 2020, 30(3): 42-56.
- [8] BASTERFIELD L, PEARCE M S, ADAMSON A J, et al. Physical activity, sedentary behavior, and adiposity in english children[J]. *Am J Prev Med*, 2012, 42(5): 445-451.
- [9] CHAPUT J P, LAMBERT M, MATHIEU M E, et al. Physical activity vs. sedentary time: Independent associations with adiposity in children[J]. *Pediatr Obes*, 2012, 7(3): 251-258.
- [10] FANG H, QUAN M, ZHOU T, et al. Relationship between physical activity and physical fitness in preschool children: A cross-sectional study[J]. *Biomed Res Int*, 2017, 52(1): 9314026.
- [11] PEDISIC Z. 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]. *Kinesiology*, 2014, 46(1): 135-146.
- [12] MEKARY R A, WILLETT W C, HU F B, et al. Isotemporal substitution paradigm for physical activity epidemiology and weight change[J]. *Am J Epidemiol*, 2009, 170(4): 519-527.
- [13] TREMBLAY M S, CHAPUT J P, ADAMO K B, et al. Canadian 24-hour movement guidelines for the early years (0-4 years): An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep[J]. *BMC Public Health*, 2017, 17(4): 1-32.
- [14] CHASTIN S F, PALAREA-ALBALADEJO J, DONTJE M L, et al. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach[J]. *PLoS One*, 2015, 10(10): e0139984.
- [15] PEDISIC Z, DUMUID D, OLDS T S. 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*, 2017, 49(2): 252-269.
- [16] DUMUID D, MAHER C, LEWIS L K., et al. Human development index, children's health-related quality of life and movement behaviors: A compositional data analysis[J]. *Qual Life Res*, 2018, 27(6): 1473-1482.
- [17] DOMINGUES S F, DASILVA C D, FARIA F R, 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.
- [18] FAIRCLOUGH S J, 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): 64.
- [19] FU J, SUN S, ZHU S, et al. Relationship between 24-h activity behavior and body fat percentage in preschool children: Based on compositional data and isotemporal substitution analysis[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 1063.
- [20] LEMOS L, CLARK C, BRAND C, et al. 24-hour movement behaviors and fitness in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2021, 31(6): 1371-1379.
- [21] LEPPÄNEN M H, RAY C, WENNMAN H, et al. Compliance with the 24h movement guidelines and the relationship with anthropometry in Finnish preschoolers: The DAGIS study[J]. *BMC Public Health*, 2019, 19: 1618.
- [22] LU Z, GUO J, LIU C, et al. Reallocation of time to moderate-to-vigorous physical activity and estimated changes in physical fitness among preschoolers: A compositional data analysis[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 138-152.

- [23] GABA A, PEDISIC Z, STEFELOVA N, et al. Sedentary behavior patterns and adiposity in children: A study based on compositional data analysis[J]. BMC Pediatr, 2020, 20(1): 147.
- [24] 常振亚, 王树明. 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, 2020, 40(10): 50-57.
- [25] 张婷, 李红娟, 李超, 等. 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, 2022, 58(4): 91-97.
- [26] 邱艳平, 王丽娟, 周玉兰, 等. 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, 2023, 30(2): 137-144.
- [27] 尹龙, 李芳, 孙明云. 幼儿 24 h 活动行为对基本动作技能影响的成分等时替代效益[J]. 上海体育学院学报, 2023, 47(5): 90-100.
- [28] 常振亚, 王树明. 运动作息行为对 3~6 岁儿童心理健康影响的等时替代效益研究[J]. 天津体育学院学报, 2022, 37(2): 366-372.
- [29] 尹龙, 李芳, 杨宗宇, 等. 24 h 活动行为与 4~6 岁儿童执行功能: 基于具身认知的成分等时替代分析[J]. 武汉体育学院学报, 2024, 58(8): 73-80.
- [30] LIN Z, ZHU S, CHENG J, et al. The mediating effect of engagement in physical activity over a 24-hour period on chronic disease and depression: Using compositional mediation model[J]. J Affect Disord, 2022, 299: 264-272.
- [31] CHAPUT J P, CARSON V, GRAY C E, et al. Importance of all movement behaviors in a 24 hour period for overall health[J]. Int J Environ Res Public Health, 2014, 11(12): 12575-12581.
- [32] HASZARD J J, MEREDITH-JONES K, FARMER V, et al. Non-wear time and presentation of compositional 24-hour time-use analyses influence conclusions about sleep and body mass index in children[J]. J Meas Phys Behav, 2020, 3(3): 204-210.
- [33] 全明辉, 徐畅, 周悦, 等. 基于加速度传感器的学龄前儿童体力活动簇集特征研究[J]. 上海体育学院学报, 2020, 44(5): 33-38+86.
- [34] 杨兴隆, 王丽娟, 陈欢, 等. 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[J]. 体育科学, 2023, 43(10): 63-70.
- [35] CHEN H, WANG L J, 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.
- [36] CAIN K L, SALLIS J F, CONWAY T L, et al. Using accelerometers in youth physical activity studies: A review of methods[J]. J Phys Act Health, 2013, 10(3): 437-450.
- [37] CHOI L, LIU Z, MATTHEWS C E, et al. Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm[J]. Med Sci Sports Exerc, 2011, 43(2): 357-364.
- [38] BUTTE N F, WONG W W, LEE J S, et al. Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers[J]. Med Sci Sports Exerc, 2014, 46(6): 1216-1226.
- [39] CARSON V, LEE E Y, HEWITT L, et al. Systematic review of the relationships between physical activity and health indicators in the early years (0-4 years)[J]. BMC Public Health, 2017, 17(4): 316-332.
- [40] TEMPL M, HRON K, FILZMOSER P. Robcompositions: An r-package for robust statistical analysis of compositional data[J]. Compositional Data Analysis, 2011, 12: 341-355.
- [41] JANZ K F, LETUCHY E M, EICHENBERGER G J M, et al. Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood[J]. Med Sci Sports Exerc, 2010, 42(6): 1072-1078.
- [42] BARNETT L M, VERSWIJVEREN S, COLVIN B, et al. Motor skill competence and moderate-and vigorous-intensity physical activity: A linear and non-linear cross-sectional analysis of eight pooled trials[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2024, 21(1): 14.
- [43] 王珽珽. 学龄前儿童体力活动、身体素质和动作技能的发展特征以及作用机制的研究[J]. 中国体育科技, 2022, 58(6): 49-61.
- [44] 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(2): 65-69.
- [45] CONTARDO A A M, SALMON J, DUNSTAN D W, et al. Does light-intensity physical activity moderate the relationship between sitting time and adiposity markers in adolescents?[J]. Journal of Sport and Health Science, 2022, 11(5): 613-619.
- [46] CARSON V, TREMBLAY M S, CHASTIN S F M. Cross-sectional associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and adiposity indicators among canadian preschool-aged children using compositional analyses[J]. BMC Public Health, 2017, 17(S5): 848.
- [47] 高雅楠, 杨亚, 韩晓伟, 等. 儿童青少年身体活

动和久坐少动行为与体质健康关系的研究[J]. 北京体育大学学报, 2024, 47(3): 22-39.

[48] 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(6): 32-39.

[49] 程锦. 学前教育不是学校教育——学前教育“小学化”的反思[J]. 教育研究与实验, 2022(6): 44-50.

[50] 程秀兰. 多学科视野中幼儿园教育“小学化”现象透视[J]. 教育研究, 2014, 35(3): 69-76.

[51] 李斌强, 任丽婵. 幼儿教育“小学化”治理的政策研究——基于27份政策文本的质性分析[J]. 教育理论与实践, 2023, 43: 20-25.

[52] 叶浩生. 具身心智与具身的教育[J]. 教育研究, 2023, 44(3): 32-41.

[53] ST LAURENT C W, RASMUSSEN C L, HOLMES J F, et al. Associations of activity, sedentary, and sleep behaviors with cognitive and social-emotional health in early childhood[J]. Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors, 2023, 2(1): 7.

[54] YIN L, LI F, LIU P, et al. Examining the relationship between meeting 24-hour movement behaviour guidelines and mental health in Chinese preschool children[J]. Frontiers in Pediatrics, 2024, 12: 1337158.

[55] DENG X, HE M, HE D, et al. Sleep duration and obesity in children and adolescents: Evidence from an

updated and dose-response meta-analysis[J]. Sleep Med, 2021, 78: 169-181.

[56] XIONG X, CUI Y, ZHANG W, et al. Association between sleep duration and physical fitness in children aged 3-6 years: A cross-sectional study from China[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(11): 318296-318311.

[57] 文楠. 学龄前儿童睡眠及体力活动对认知能力的交互作用[D]. 上海: 上海体育学院, 2017.

[58] WU X, TAO S, RUTAYISIRE E, et al. The relationship between screen time, nighttime sleep duration, and behavioural problems in preschool children in China[J]. Eur Child Adolesc Psychiatry, 2017, 26(5): 541-548.

[59] GUPTA S, LAL P. Sleep and obesity risk in children: A systematic review of multiple dimensions of sleep[J]. Children, 2025, 12(12): 1577.

[60] DUMUID D, STANFORD T E, MARTIN-FERNÁNDEZ J A, et al. Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research[J]. Stat Methods Med Res, 2018, 27(12): 3726-3738.

[61] HASZARD J J, MEREDITH-JONES K, FARMER V, et al. Non-wear time and presentation of compositional 24-hour time-use analyses influence conclusions about sleep and body mass index in children[J]. J Meas Phys Behav, 2020, 3(3): 204-210.

