

·运动人体科学·

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

邱艳平¹, 王丽娟¹, 周玉兰², 陈欢¹, 梁果¹

(1.上海体育学院 体育教育学院, 上海 200438; 2.浙江师范大学 体育与健康科学学院, 浙江 金华 321004)

摘要: 采用成分数据分析方法探究儿童24 h活动与基本动作技能的关系, 以及24 h活动时间之间重新分配与基本动作技能的“剂量-效应”特征。对浙江省金华市327名6~10岁儿童展开横断面调查, 采用加速度计测量24 h活动, 采用大肌肉动作发展测试第3版测量FMS, 运用成分数据分析方法分析24 h活动时间占比、重新分配与基本动作技能的关系。结果显示: (1)控制年龄、性别和身体质量指数后, 中高强度身体活动时间占比与儿童的FMS显著正相关($\beta=4.155, P<0.01$), 久坐行为时间占比与FMS显著负相关($\beta=-6.926, P<0.01$), 睡眠和低强度身体活动时间占比与FMS均无显著相关。(2)MVPA替代其他行为(LPA、SED、睡眠)可显著提升儿童FMS水平, 反之则降低, 且两者之间的相互替代具有不对称性; 睡眠替代SED也会提升FMS水平, 反之则降低; 在所有替代中, MVPA替代SED对FMS的促进效应最佳。(3)睡眠时间占比以及与MVPA之间的相互替代与操控技能正相关, 与位移技能无显著性相关; 同时, MVPA与其他行为之间的相互替代对于操控技能的影响均高于位移技能。研究认为: 学校与家庭应关注儿童24 h活动整体效应, 减少久坐代之以MVPA活动, 或提高活动强度促成LPA与MVPA的转换, 同时减少久坐从而保证充足睡眠, 并应更侧重于儿童操控技能的24h活动干预。

关键词: 身体活动; 久坐行为; 睡眠; 基本动作技能; 成分数据分析方法; 儿童

中图分类号: G804.49 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2023)01-0137-08

The association between 24h movement behaviors and fundamental motor skills of children based on compositional data analyses

QIU Yanping¹, WANG Lijuan¹, ZHOU Yulan², CHEN Huan¹, LIANG Guo¹

(1.School of Physical Education, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China;

2.School of Physical Education and Health, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: To explore the relationships between 24-hour movement behaviors and Fundamental Motor Skills (FMS) using compositional data analyses among children, and the "dose-effect" characteristics of the reallocation between them. A cross-sectional study was conducted on 327 primary school students aged 6-10 years old in Jinhua. Accelerometer and Test of Gross Motor Development-3 (TGMD-3) were used to measure time spent in 24-hour movement behaviors and FMS, respectively. Compositional data analyses were used to analyze the relationship of FMS with the reallocation of time spent 24-hour activity. Results show that: (1) After controlling the sex, age and BMI, time spent on moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) ($\beta=4.155, P<0.01$) was positively associated with FMS, while the time spent on sedentary behavior (SED) ($\beta=-6.926, P<0.01$) was negatively associated with FMS in children. Sleep duration ($P>0.05$) and light-intensity physical activity (LPA) ($P>0.05$) were not significantly associated with FMS. (2) The reallocation of time from other behaviors (LPA, SED, sleep) to MVPA can significantly improve FMS. On the contrary, the reallocation from MVPA to other behaviors (LPA, SED, sleep) can significantly reduce FMS. The associations between the reallocation between MVPA and other activities were asymmetrical. The reallocation from SED to sleep improve FMS significantly. The reallocation from SED to MVPA

收稿日期: 2022-07-05

作者简介: 邱艳平(1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 基本动作技能。E-mail: qyp935026615@163.com 通信作者: 王丽娟

had the best promoting effect on FMS. (3) The proportion of sleep duration and the reallocation between sleep duration and MVPA were positively correlated with object control skills, but not with locomotion skills. At the same time, the influence of MVPA and other behaviors on object control skills is higher than that of locomotion skill. Conclusion will be that: Schools and parents should pay attention to the effect of children's 24-hour activities. Reallocating SED to MVPA or sleep, and reallocating LPA to MVPA will improve the FMS. More attention should be paid to the intervention of 24-hour activities on children's object control skills.

Keywords: physical activity; sedentary behavior; sleep; fundamental motor skills; compositional data analysis; children

基本动作技能(Fundamental Motor Skills, FMS)是人体基本动作的协调运用能力,包括位移技能(身体从一个地方移动到另外一个地方的能力,如走、跑、跳等)和操控技能(身体通过控制某种器械进行运动的能力,如拍球、接球、踢球等)^[1-2]。FMS 是专项运动技能的基础,大量研究证明儿童阶段 FMS 的良好发展可以推动其身体活动参与^[3-4]、促进体质健康^[5]、提高儿童的认知功能与学业成绩^[6],并影响其成年后的社会适应能力^[7]。2022 年教育部印发《义务教育体育与健康课程标准(2022 年版)》^[8],明确将 FMS 纳入义务教育阶段体育与健康课程主要内容。然而,过往研究发现我国儿童的 FMS 水平较低^[3,9],因此探索了解我国儿童 FMS 的影响因素对于促进其发展至关重要。

国内外研究针对儿童身体活动和久坐行为(Sedentary Behavior, SED)与其 FMS 的独立关系进行分析,发现这些行为与 FMS 紧密相关^[3,10-11],而睡眠也被认定和动作技能的学习相关^[12-13]。近 10 年,部分学者对这种独立关系研究范式提出质疑,认为:低强度身体活动(Light-Intensity Physical Activity, LPA)、中高强度身体活动(Moderate-to-Vigorous Physical Activity, MVPA)、SED 与睡眠时间构成一天 24 h,称为“24 h 活动行为”(24 h Movement Behavior);24h 活动行为之间相互依赖,一种活动时间(如身体活动)的变化必然导致另一种或多种活动时间(如 SED 或睡眠)的补偿性变化。从单一维度探讨这些行为的效应,可能使其与效应指标之间的关联产生偏差,建议应考虑各种行为之间的内在联系并分析其对个体 FMS 产生的综合效应^[14-15]。

然而,从数据特征看,24 h 活动数据属于成分数据,即含有多个分量(LPA、MVPA、SED、睡眠),各分量为非负数且总和为定值(24 h)^[15]。运用传统统计学方法对此类数据进行分析时往往忽略“定和限制”特性,导致分析结果出现多重共线性问题^[16]。为此,英国学者 Chastin 等^[14]将成分数据分析方法(Compositional Data Analysis)运用于健康研究中,通过成分数据之间的等距对数比转换为时间占比,解决成分数据间的共线性问题,从而了解不同行为的时间占比以及时间重

新分配与健康结局变量的关系。此分析方法在近 5 年开始运用于 24 h 活动的效应研究中,目前仅两项研究运用此方法探讨 24 h 活动行为与学龄儿童动作技能之间的关系:Burns 等^[17]分析美国儿童校内 MVPA、LPA、SED 与粗大动作技能之间的关系,结果显示 MVPA 时间占比与 FMS 正相关,且其效应主要体现在儿童的操控技能发展上。Smith 等^[18]探讨英国与伊朗学龄儿童 MVPA、LPA、SED、睡眠与 FMS 的关系,发现 MVPA、LPA 时间占比与 FMS 显著正相关,SED、睡眠的时间占比与 FMS 显著负相关,将 10 min 睡眠替代 SED 提高了 FMS 水平,反之则降低了 FMS 水平。

本研究聚焦于浙江省金华市儿童的 FMS 及其亚类(位移技能与操控技能),使用成分数据分析方法,探讨 MVPA、LPA、SED、睡眠的时间占比与 FMS 总分、位移技能、操控技能的关系,分析 MVPA、LPA、SED 和睡眠之间进行 10 min 时间重新分配对 FMS 总分、位移技能、操控技能的影响,探究 MVPA、LPA、SED 和睡眠时间持续分配与 FMS 总分、位移技能、操控技能之间的“剂量-效应”特征,旨为我国儿童 FMS 发展与干预提供参考,为我国 24 h 活动指南制定提供科学依据。

1 研究对象与方法

1.1 测量对象

本研究采用大肌肉动作发展测试第三版(Test of Gross Motor Development-3, TGMD-3)测量 FMS,运用 Actigraph GT3X 型人体运动能耗监测仪(简称加速度计)测量 MVPA、LPA、SED 和睡眠时长。采用随机抽样方法在浙江省金华市 2 个城区(婺城区和金东区)随机选取 3 所小学,由于 TGMD-3 专门用于评估 3~10 岁儿童的 FMS^[19-20],故本研究的目标样本是 6~10 岁学生。因此,小学六年级学生因年龄普遍在 10 岁以上予以排除,从 1~5 年级每个年级随机抽取 1 个班级,邀请班级里所有年龄在 10 岁或以下学生共 581 名进行测试。按照自愿参与原则,每位学生家长均需签署知情同意书,共 497 位学生同意参与研究。排除 11 名存在心血

管相关疾病、身体残疾、智力障碍的学生, 最终 486 名学生参与本项研究, 测试工作在 2022 年 3 月进行。

首先, 本研究运用 Actigraph GT3X 型加速度计测量学生为期一周的 24 h 活动。每天不少于 16 h 的佩戴时间记录为一个有效日, 1 周至少佩戴 3 个有效日(2 个上学日+1 个周末日)为有效数据^[21]。在 486 名受试学生中, 344 名学生的测试数据为有效数据, 有效率为 70.78%。随后, 对这 344 名学生进行 FMS 测试, 327 名完成测试, 其中男生 167 名(51.1%), 女生 160 名(48.9%), 受试学生年龄分布于 6~10 岁, 平均年龄为(8.53 ± 1.34)岁。最后, 采用标准身高体重测量仪测量受试学生的身高体重, 计算每位受试对象的身体质量指数(Body Mass Index, BMI), 得出受试者 BMI 均值为(16.97 ± 2.69)kg/m²。

1.2 24 h 活动指标的测量

参与本研究的学生需连续 7 天(包括 5 个上学日和 2 个周末日, 洗澡、游泳等水性活动时需要取下)佩戴加速度计。测试前由调查人员讲解研究目的, 向学生发放仪器并讲解佩戴加速度计的规范及注意事项。加速度计采用 15 s 的时间间隔(epoch)记录 MVPA、LPA 及 SED 的数据^[21]。根据 Barreria 等^[22]编制的睡眠算法, 研究采用 60 s 时间间隔记录睡眠时长, 此算法可自动辨别与剔除睡眠过程中的清醒时间, 然后记录全天睡眠时长。测试过程中受试学生将加速度计佩戴于腰间右侧, 为提高数据有效性, 调查员每天去学校监督及检查学生佩戴仪器情况。加速度计从发放的第 2 天凌晨 0 点开始记录数据, 直至第 8 天由调查人员收回。测试结束后运用 ActiLife 6.13.3 软件对加速度计数据进行筛选与分析。根据所记录的身体活动强度分子以及 Evenson 等^[23]提出的儿童身体活动强度分类标准, 将所记录下来的身体活动分为 SED、LPA、MPA、VPA。本研究选取测量所得数据中的 MVPA 时间(MVPA 时间=MPA 时间+VPA 时间)、LPA 时间、SED 时间以及睡眠时长进行分析。

1.3 FMS 的测量

本研究采用大肌肉动作发展测试第 3 版(TGMD-3)对学生的位移技能和操控技能进行测量。该工具由美国密歇根大学 Ulrich 教授于 1985 年编制, 2013 年在第 2 版(TGMD-2)基础上完成了第 3 次修订(TGMD-3), 用于测评 3~10 岁儿童 FMS 发展状况, 并已被证明在我国儿童中具有良好的信效度^[19-20]。测试内容包含位移技能和操控技能共 13 项, 其中位移技能包括跑、前滑步、单脚跳、侧滑步、立定跳远和跑跳步 6 项, 操控技能包括双手击打固定球、单手原地拍球、双手接球、踢固定球、上手投球、下手抛球和单手握拍击打

反弹球 7 项。TGMD-3 中的每个项目根据 3~5 个条目进行评分, 符合 1 个条目得“1”分, 不符合条目得“0”分, 正式测试为 2 次, 最终得分为 2 次测试之和, 位移技能和操控技能分别为 46 分和 54 分, 总分为 100 分。

测试人员为上海体育学院体育教育训练学博硕士研究生以及体育教师, 所有测试人员均经过理论培训、动作示范培训和测试评分培训。测试过程中, 根据 TGMD-3 测试手册要求, 按照“体育教师讲解示范 1 次→学生练习 1 次→正式测试 2 次”的顺序依次进行, 同时测试全程对每位学生进行正面和侧面录像。测试结束后, 由 2 名运动技能专家(体操国际级运动健将且为国家一级裁判)通过观看录像独立进行评分, 最后将两名专家所评分数的平均分作为最终成绩。

1.4 统计学分析

本研究数据分析遵循 Chastin 等^[14]提出的 24 h 活动成分数据分析指南, 采用 R 软件(3.6.1)中的“compositions”和“robCompositions”包对数据进行整理与分析, 所有模型均调整性别、年龄、BMI。为了消除数据之间的共线性, 对 24 h 活动行为数据进行等距对数比转换(isometric log ratio transformation, ilr)^[24-25]。数据分析主要包含如下步骤:(1)24 h 活动数据的集中与离散趋势分析。通过计算每种行为时间的成分几何均值和在 24 h 的占比来揭示各行为数据的集中趋势, 通过成对对数比方差矩阵反映 24 h 成分数据的离散情况。若对数比方差值越小表示两项活动间的关联程度更高, 方差数值越大表示两项活动间的关联程度越低^[26]。(2)24 h 活动时间占比的成分线性回归分析, 以 ilr 坐标作为自变量, 以 FMS 总分、位移技能和操控技能作为因变量, 构建成分多元线性回归模型, 分析每一种行为的时间占比与因变量的相关程度^[25]。(3)24 h 活动的成分等时替代分析。WHO 认为, 每天 10 min 身体活动累积量是个体健康收益的最小单位^[27], 因此本研究以 10 min 作为不同行为重新分配的单位时长。以 FMS 总分、位移和操控技能为因变量, 在保持其他行为时间不变的情况下, 一种行为重新分配 10 min 给另一种行为后, 探究因变量预测值的变化^[18]。(4)24 h 活动对于 FMS 的“剂量-效应”。本研究针对成分等时替代分析中具有显著替代效应的路径, 以 10 min 为增量单位, 持续延长时间至 60 min, 以讨论不同替代时长与 FMS 的“剂量-效应”。

2 结果与分析

2.1 儿童 FMS 水平与 24 h 活动时间分布

FMS 测试结果显示, 学生 FMS 总分均值为(65.43 ± 7.93)分, 其中, 位移技能的平均得分为(33.45 ± 3.95)分,

操控技能的平均得分为(31.98 ± 4.42)分。24 h 活动时间分布结果显示, MVPA、LPA、SED 及睡眠的成分几何均值及比例依次为 45.83(3.19%)、224.18(15.57%)、570.59(39.62%)、599.41(41.63%) min, 算术平均值及比例依次为 47.78(3.32%)、228.33(15.86%)、568.82(39.50%)、595.07 (41.32%) min。

本研究采用成对对数比方差矩阵反映 24 h 活动的离散情况(见表 1)。

表 1 身体活动、久坐行为和睡眠的成对对数比方差矩阵

变量	MVPA	LPA	SED	睡眠
MVPA	0	0.139	0.148	0.097
LPA	0.139	0	0.139	0.082
SED	0.148	0.139	0	0.045
睡眠	0.097	0.082	0.045	0

变异矩阵显示 SED 和睡眠时间之间的对数比方差最小, $\ln(\text{SED}/\text{睡眠})=0.045$, 表明 SED 与睡眠的关联程度最高, 即 SED 和睡眠最容易发生转换。MVPA 与 SED 的等距对数比方差最高, $\ln(\text{MVPA}/\text{SED})=0.148$, 表明这两个变量的关联程度最低, 说明 MVPA 与 SED 最不

易发生转换。

2.2 儿童 24 h 活动时间组合及时间占比与 FMS 的关系

本研究在调整性别、年龄和 BMI 后, 以等距对数比转换后的 24 h 活动行为(MVPA、LPA、SED 和睡眠)为自变量, FMS 总分、位移技能、操控技能为因变量, 进行成分数据回归分析(见表 2)。结果显示, 针对单个因变量的 4 个模型 P 值和 R^2 均相等, 表明拟合模型未出错。24 h 活动时间组合与 FMS 总分($P < 0.01$, $R^2=0.613$)、位移技能($P < 0.01$, $R^2=0.523$)、操控技能($P < 0.01$, $R^2=0.603$)均显著相关。其次, 相对于 24 h 活动的其他行为, MVPA 的时间占比与 FMS 总分、位移技能和操控技能显著正相关($\beta_{\text{MVPA}}=4.155$, $P < 0.01$; $\beta_{\text{MVPA}}=1.425$, $P < 0.05$; $\beta_{\text{MVPA}}=2.730$, $P < 0.01$); SED 的时间占比分别与 FMS 总分、位移技能、操控技能显著负相关($\beta_{\text{SED}}=-6.926$, $P < 0.01$; $\beta_{\text{SED}}=-2.440$, $P < 0.05$; $\beta_{\text{SED}}=-4.859$, $P < 0.01$); 睡眠时间占比与操控技能显著正相关($\beta_{\text{睡眠}}=2.958$, $P < 0.05$), 但与 FMS 总分、位移技能无显著相关($P > 0.05$); LPA 的时间占比与 FMS 总分、位移技能、操控技能均无显著相关($P > 0.05$)。

表 2 身体活动、久坐行为和睡眠的时间占比与 FMS 的成分线性回归¹⁾

因变量	自变量	B	P	模型 P 值	模型 R^2
FMS 总分	MVPA	4.155	< 0.010	< 0.01	0.613
	LPA	0.332	0.810		
	SED	-6.926	< 0.010		
	睡眠	2.974	0.257		
位移技能	MVPA	1.425	< 0.050	< 0.01	0.523
	LPA	0.267	0.726		
	SED	-2.440	< 0.050		
	睡眠	0.016	0.991		
操控技能	MVPA	2.730	< 0.010	< 0.01	0.603
	LPA	0.065	0.933		
	SED	-4.859	< 0.010		
	睡眠	2.958	< 0.050		

1) β 值是指给定行为相对其他行为的变化对因变量的影响

2.3 儿童 24 h 活动时间重新分配的 FMS 预测值变化

本研究以 10 min 为时间分配单位, 探讨 MVPA、LPA、SED 和睡眠时间的重新分配对 FMS 总分、位移技能和操控技能的影响(见表 3)。结果显示, 在调整性别、年龄和 BMI 后, 将 10 min MVPA 替代睡眠后, FMS 总分和操控技能分别显著增加 0.594、0.421 个单位, 反之分别显著减少 0.752、0.527 个单位, 但对位移技能无显著影响($P > 0.05$)。将 10 min MVPA 替代 SED 后, FMS 总分、位移技能和操控技能分别显著增加 0.728、

0.252、0.477 个单位, 反之分别显著减少 0.884、0.302、0.582 个单位。将 10 min MVPA 替代 LPA 后, FMS 总分、位移技能和操控技能分别显著增加 0.659、0.222、0.437 个单位, 反之分别显著减少 0.815、0.272、0.543 个单位。将 10 min 睡眠替代 SED 后, FMS 总分、位移技能和操控技能分别显著增加 0.134、0.078、0.056 个单位, 反之分别显著减少 0.133、0.078、0.055 个单位。其他活动行为时间的相互替代对 FMS 总分、位移技能和操控技能均无显著影响。

表 3 身体活动、久坐行为和睡眠 10 min 重新分配与 FMS 预测值变化(95%CI)

增加↑	减少↓	FMS 总分	位移技能	操控技能
睡眠	SED	0.134(0.038, 0.229) ¹⁾	0.078(0.025, 0.131) ¹⁾	0.056(0.002, 0.110) ¹⁾
睡眠	LPA	0.064(-0.059, 0.188)	0.049(-0.020, 0.117)	0.016(-0.054, 0.129)
睡眠	MVPA	-0.752(-1.221, -0.283) ¹⁾	-0.224(-0.484, 0.035)	-0.527(-0.792, -0.262) ¹⁾
SED	睡眠	-0.133(-0.229, -0.037) ¹⁾	-0.078(-0.131, -0.025) ¹⁾	-0.055(-0.109, -0.001) ¹⁾
SED	LPA	-0.068(-0.171, 0.035)	-0.028(-0.085, 0.029)	-0.039(-0.097, 0.019)
SED	MVPA	-0.884(-1.325, -0.443) ¹⁾	-0.302(-0.546, -0.057) ¹⁾	-0.582(-0.831, -0.333) ¹⁾
LPA	睡眠	-0.064(-0.185, 0.057)	-0.049(-0.116, 0.018)	-0.016(-0.084, 0.053)
LPA	SED	0.070(-0.03, 0.170)	0.030(-0.025, 0.085)	0.040(-0.016, 0.097)
LPA	MVPA	-0.815(-1.284, -0.346) ¹⁾	-0.272(-0.532, -0.013) ¹⁾	-0.543(-0.808, -0.278) ¹⁾
MVPA	睡眠	0.594(0.211, 0.977) ¹⁾	0.173(-0.039, 0.385)	0.421(0.205, 0.637) ¹⁾
MVPA	SED	0.728(0.374, 1.082) ¹⁾	0.252(0.055, 0.448) ¹⁾	0.477(0.277, 0.677) ¹⁾
MVPA	LPA	0.659(0.274, 1.044) ¹⁾	0.222(0.009, 0.436) ¹⁾	0.437(0.219, 0.654) ¹⁾

1)P<0.05

2.4 儿童 24 h 活动重新分配与 FMS 的“剂量-效应”

为探索持续时间分配中 FMS 的变化规律,本研究针对具有显著时间分配效应的 24 h 活动行为要素,以 10 min 为 1 次增量,持续时间至 60 min,进一步分析不同时间分配时长与 FMS 总分、位移技能、操控技能的“剂量-效应”关系。根据图 1 与图 2,本研究发现 MVPA 与其他行为时间(LPA、SED、睡眠)的重新分配效应具有不对称性,即 MVPA 时间替代其他行为对 FMS 总分、位移技能、操控技能的上升效应低于其他行为时间替代 MVPA 的降低效应,而 SED 与睡眠时间的相互替代对 FMS 总分、位移技能、操控技能的影响差异并不明显。如将 10 min 睡眠替代 SED 后, FMS 总分显著增加 0.134 个单位,反之分别显著减少 0.133 个单位(见表 3)。其次,剂量-效应曲线显示随着 MVPA 时间持续替代 LPA、SED、睡眠,其 FMS 水平不断提高,但 MVPA 时间替代 SED 时 FMS 总分、位移技能、操控技能上升幅度最大,即效应最大。最后, MVPA 时间替代其他行为引起操控技能上升幅度高于位移技能(见图 2),即其影响操控技能的效应大于位移技能。

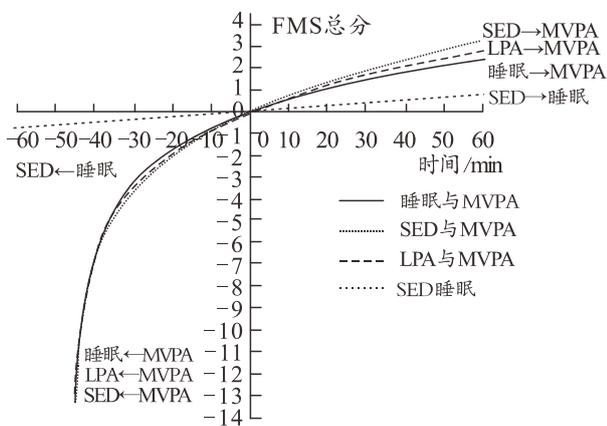


图 1 24 h 活动重新分配对 FMS 总分的影响

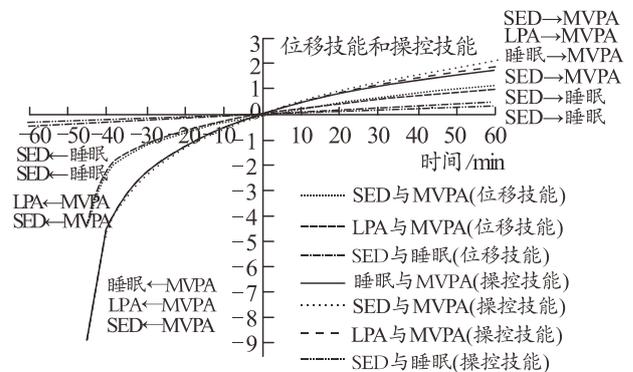


图 2 24 h 活动重新分配对位移技能和操控技能的影响

3 讨论

基于 24 h 的“定和限制”特性,本研究运用成分数据分析方法探讨我国儿童 24 h 活动行为时间占比、时间重新分配与 FMS 之间的关系。通过成分线性回归分析与成分等时替代分析,主要有以下重要发现。

MVPA 时间占比与 FMS 存在显著正相关,并且将 LPA、SED、睡眠时间分配给 MVPA 后有利于提高 FMS 水平,这些结果拓展与延伸了过去对于 MVPA 的传统认识,即 MVPA 不但有益于健康,而且对提高 FMS 水平也具有重要作用。过往的两项针对儿童 FMS 的成分数据分析研究虽也发现 MVPA 时间占比与 FMS 存在正相关^[17-18],但 Stodden 等^[28]与 Robinson 等^[29]提出儿童 FMS 和身体活动之间存在动态关系的理论模型,指出个体的 FMS 练习可以有效促进其身体活动的参与,而身体活动对 FMS 的发展也起着积极作用,这为本研究中 MVPA 对 FMS 发展起促进作用提供了理论支持。从实践层面看,6~10 岁学龄儿童的认知能力、身体素质、运动能力等还未发育成熟,并不适合开展系统的专项运动技能学习,因此,走、跑、跳、投等相关动作技

能与体育游戏成为学龄儿童体育课以及日常生活中的主要身体活动形式^[1,8],这些活动形式与FMS测评项目高度契合,因此两者可能存在“共变”关系,即身体活动参与和FMS水平提升相互关联并共同发展。并且,走、跑、跳、投等身体活动特征也决定了其中等或高等活动强度^[30]。由此可见,本研究中所呈现的MVPA而非LPA对FMS有明显促进作用的研究结果符合儿童活动实践规律。

虽然,将MVPA时间替代LPA、SED、睡眠均可促进FMS发展,但“剂量-效应”曲线进一步显示MVPA时间替代SED对FMS的促进效应最佳。本研究中成分线性回归分析表明SED时间占比对FMS有负向影响,MVPA时间占比与FMS存在显著正相关,将SED这种消极行为转化为具有积极效应的MVPA,两种行为效应的反差可能导致其相互转换对FMS产生更大影响。此研究结果也与我国在2021年制定的《中国人群身体活动指南》所强调的“多动少坐”观点一致^[31]。基于此研究结果,减少SED时间而代之以MVPA是提升我国儿童FMS水平的最佳路径。如减少学科课程增加体育课或体育活动、鼓励学生课间离开座位参与MVPA活动、放学后适当缩短学生久坐如学习、屏幕行为、乐器练习等时间并以MVPA活动替代等,均可达到两种行为之间的有效转换。然而,本研究的对数比方差矩阵表明MVPA与SED之间最不易发生转换。从实践层面看,在我国现有教育体制下,学生学习时间与身体活动时间的矛盾在短时间内难以调和;其次,许多学校出于安全考虑,并不鼓励甚至限制学生在课间从事强度较高的活动^[32-33];这些学校教育中存在的现实问题也限制了学生SED与MVPA之间转换的可能性。因此,基于LPA与MVPA时间分配的显著效应,本研究建议也可通过LPA与MVPA的转换来达成。例如在体育课、大课间、体育活动课等儿童有效活动时间内提高活动强度,合理提升MVPA的比例。但就睡眠与MVPA时间分配对于FMS的积极效应而言,建议需谨慎对待我国儿童普遍存在睡眠不足的问题^[34-35]。本研究中小学生平均每天睡眠为595.07 min,未达到我国教育部在2021年规定的确保小学生每天10 h的睡眠时间^[36]。因此,即使研究结果显示睡眠时间分配给MVPA可以提高FMS水平,但从健康角度而言,对于普遍缺乏睡眠的小学生不宜将睡眠时间分配给MVPA。

MVPA与其他行为时间的重新分配对儿童FMS的影响具有不对称性,即MVPA替代其他活动行为对FMS所产生的积极效应小于其他活动行为替代MVPA对FMS的消极效应。过往研究在运用成分数据分析方

法探讨24 h活动健康效应时,大部分研究均发现MVPA与其他行为转换效应具有不对称性^[26,37-38]。这些学者认为,MVPA时间分配的不对称特征与各项24 h活动时长不同有关,平均每天MVPA时间仅为45 min,从MVPA时间中移除10 min所占比例超过1/5,由此引起的替代效应自然较大;而LPA、SED、睡眠时长分别为224 min、571 min、599 min,从这3种行为中移除10 min所占比例仅为4.5%、1.8%、1.7%,所产生的替代效应也因此较弱,甚至可忽略不计。此结果也说明在现有学生MVPA水平的基础上,如再减少参与MVPA的时间会给学生FMS带来严重的负面影响,需在LPA、SED与睡眠中调配更多时间才可弥补。因此,如因各种条件限制无法增加学生MVPA时间的前提下,维持目前已有水平也至关重要。

本研究表明睡眠时间占比与儿童FMS无显著性相关,但如果将SED时间替代睡眠后会显著降低FMS的水平。部分学者认为睡眠可以促进新技能动作的学习,即在睡眠中大脑可强化和调整新习得的动作技能、巩固隔夜的动作技能记忆,从而提高动作技能的学习绩效^[12-13]。本研究结果表明睡眠占比与FMS无显著相关,可能是因为FMS并非复杂的技能动作,FMS发展的关键不在于动作技能习得,而在于通过反复练习才能提高水平^[39]。因此,睡眠提高动作技能这一功能对于FMS的长期发展影响有限。虽然睡眠并不直接影响FMS,但如果减少睡眠时间而代之以SED,则会对FMS的发展起负面作用,这与Smith等^[18]的成分数据分析结果一致。此研究结果对于我国儿童而言有重要意义,这说明睡眠不足、久坐时间过长不但对健康产生不良影响,也是FMS发展的消极因素。家长应引导与监督孩子减少其久坐特别是屏幕行为,在此基础上合理规划睡眠时间以保持充足睡眠。

针对位移技能与操控技能,24 h活动时间占比与重新分配对两者的影响是相似的,但在两方面存在效应差异:(1)睡眠时间占比与操控技能正相关,但与位移技能无显著相关;同样,10 min MVPA替代睡眠可以提升操控技能,但对于位移技能的发展无显著影响。操控技能涉及到对于球类等器材掌控的能力,从技术难度来说,与跳跃、奔跑等位移技能相比操控技能显然更为复杂,也更难以掌握^[19]。通过睡眠可以巩固动作技能的记忆,加快动作技能的学习与掌握^[13],这可能是相对于位移技能,睡眠对操控技能产生影响效应更为显著的主要原因。(2)MVPA与其他行为(LPA、SED、睡眠)之间的时间分配对于操控技能的影响均高于位移技能,此研究结果与Burns等^[17]对于美国学龄儿童的分析结果一致。部分学者认为,儿童位移技能

与操控技能的掌握存在时间差。小学阶段初期儿童基本上已熟练掌握位移技能, 而由于操控技能技术难度更大、操控技能的发展滞后于位移技能^[7]。因此, MVPA 与其他行为之间的时间分配效应在小学阶段发展潜力更大的操控技能上有更显著的反应。

综上所述, 本研究是我国首次基于成分数据分析模型探讨学龄儿童 24 h 活动与 FMS 关系的研究, 并运用加速度计测量 24 h 活动以保证数据的精确性。然而, 本研究存在部分局限: 第一, 本研究为横断面调查研究, 无法确定不同活动行为与 FMS 的因果关系, 后续需更多队列研究和干预研究来验证两者之间的关系。第二, 本研究中 TGMD-3 是一个过程性评价工具, 测试人员的主观评判差异可能会影响 24 h 活动与 FMS 的关系, 后续研究应结合客观测量工具对学龄儿童 FMS 进行测量以进一步提高研究的精确度。第三, 本研究样本量偏少且样本代表有限, 有待更大样本针对 24 h 活动与 FMS 的关系做进一步研究。第四, 本研究分析时仅控制年龄、性别和 BMI, 但未对其他可能影响 FMS 的因素(如家庭环境等因素)进行控制。在后续研究中应加强队列研究和干预研究, 分析 24 h 活动与学龄儿童 FMS 之间的因果关系。同时, 有必要对于不同类型久坐行为(如屏幕类久坐行为、学习类久坐行为)、身体活动与久坐时间积累模式(单次活动持续时长与间断次数)、不同时间睡眠(如午休睡眠、夜晚睡眠)对 FMS 的不同影响进行更深入的探讨与分析, 以便进一步了解学龄儿童 24 h 活动行为中哪些类型活动对 FMS 能力发展的影响最大, 从而为学校与家庭合理规划学龄儿童 24 h 活动安排, 为我国 24 h 活动指南的制定提供参考。

参考文献:

- [1] CLARK J E, METCALFE J S. The mountain of motor development: A metaphor[M]. USA: NASPE Publications, 2002
- [2] GREG P, 耿培新, 梁国立, 等. 人类动作发展概论[M]. 北京: 人民教育出版社, 2008.
- [3] 辛飞, 蔡玉军, 施铭焯, 等. 澳门 6~10 岁儿童基本动作技能与身体活动的关系[J]. 体育学刊, 2019, 26(4): 6-11.
- [4] LARSEN L R, KRISTENEN P L, JUNGE T, et al. Motor performance as predictor of physical activity in children[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2015, 47(9): 1849-1856.
- [5] RAINER P, JARVIS S. Fundamental movement skills and their relationship with measures of health-related

physical fitness of primary school children prior to secondary school transition: A Welsh perspective[J]. *Education 3-13*, 2020, 48(1): 54-65.

[6] BRUIJN A D, KOSTONS D, VAN D, et al. Importance of aerobic fitness and fundamental motor skills for academic achievement[J]. *Psychology of Sport and Exercise*, 2019, 43(6): 200-209.

[7] KATAGIRI M, ITO H, MURAYAMA Y, et al. Fine and gross motor skills predict later psychosocial maladaptation and academic achievement[J]. *Brain and Development*, 2021, 43(3): 125-133.

[8] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发义务教育课程方案和课程标准(2022 年版)的通知[EB/OL]. (2022-04-20)[2022-06-28]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/202204/t20220420_619921.html

[9] 任国春, 李亚梦, 张茜, 等. 小学一年级学生动作发展测评方法探索简[J]. *中国学校卫生*, 2017, 38(8): 4-8.

[10] BALABAN V. The relationship between objectively measured physical activity and fundamental motor skills in 8 to 11 years old children from the Czech Republic[J]. *Montenegrin Journal of Sports Science & Medicine*, 2018, 7(2): 86-97.

[11] JAAKKOLA T, HAKONEN H, KANKAANPA, et al. Longitudinal associations of fundamental movement skills with objectively measured physical activity and sedentariness during school transition from primary to lower secondary school[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2019, 22(1): 85-90.

[12] 杨鸣亮, 陈敬. 记忆巩固: 动作技能学习研究热点与展望[J]. *成都体育学院学报*, 2015, 41(4): 38-44.

[13] SUGAWARA S K, TANAKA S, TANAKA D, et al. Sleep is associated with offline improvement of motor sequence skill in children[J]. *Plos One*, 2014, 9(11): e111635.

[14] CHASTIN S F M, JAVIER P A, 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] PEDIŠIĆ Ž. 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.
- [16] PEARSON K. Mathematical contributions to the theory of evolution-on a form of spurious correlation which may arise when indices are used in the measurement of organs[J]. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1897, 60(359-367): 489-498.
- [17] BURNS R D, KIM Y, BYUN W, et al. Associations of school day sedentary behavior and physical activity with gross motor skills: Use of compositional data analysis[J]. *Journal of Physical Activity and Health*, 2019, 16(10): 811-817.
- [18] SMITH E, FAZELI F, WILKINSON K, et al. Physical behaviors and fundamental movement skills in British and Iranian children: An isothermal substitution analysis[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2020, 31(2): 398-404.
- [19] 刁玉翠, 董翠香, 李静. 大肌肉动作发展测验上海市常模的建立[J]. *中国体育科技*, 2018, 54(2): 98-104.
- [20] ULRICH D A. The test of gross motor development-3 (TGMD-3): Administration, scoring, and international norms[J]. *Spor Bilimleri Dergisi*, 2013, 24(2): 27-33.
- [21] FAIRCLOUGH S J, DUMUID, TAYLOR S, et al. Fitness, fatness and the reallocation of time between children's daily movement behaviours: An analysis of compositional data[J]. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2017, 14(6): 312-325.
- [22] BARREIRA T V, SCHUNA J M, MIRE E F, et al. Identifying children's nocturnal sleep using 24h waist accelerometry[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2015, 47(5): 937-943.
- [23] EVENSON K R, CATELLIER D J, Gill K, et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children[J]. *J Sports*, 2008, 26(14): 1557-1565.
- [24] 梁果, 王丽娟, 陈欢, 等. 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*, 2022, 42(3): 77-84.
- [25] EGOZCUE J J, PAWLOWSKY-GLAHN V, MATEU-FIGUERAS G, et al. Isometric logratio transformations for compositional data analysis[J]. *Mathematical Geology*, 2003, 35(3): 279-300.
- [26] DUMUID, STANFORD T E, MARTIN-FERNANDEZ 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.
- [27] World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health[M]. Switzerland: World Health Organization, 2010.
- [28] STODDEN D F, GOODWAY J D, LANGENDORFER S J, et al. A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship[J]. *Quest*, 2008, 60(2): 290-306.
- [29] ROBINSON L E, STODDEN D F, BARNETT L M, et al. Motor competence and its effect on positive developmental trajectories of health[J]. *Sports Medicine*, 2015, 45(9): 1273-1284.
- [30] 马靓, 李红娟. 7~8岁儿童体力活动水平与动作能力发展的关系[J]. *中国学校卫生*, 2020, 41(3): 454-457.
- [31] 赵文华, 李可基, 王玉英, 等. 中国人群身体活动指南(2021)[J]. *中国公共卫生*, 2022, 38(2): 129-130.
- [32] 佟小玲. 解决体育教学中的安全问题及相关防范措施的研究[J]. *教学与管理*, 2013(24): 155-157.
- [33] 方芳. 从司法案例大数据反观学校在校园安全事故中的责任与限度[J]. *现代教育管理*, 2017(6): 59-64.
- [34] CHEN H, WANG L J, XIN F, et al. Associations between sleep duration, sleep quality, and weight status in Chinese children and adolescents[J]. *BMC Public Health*, 2022, 22(1): 1-15.
- [35] 中国青少年儿童睡眠健康白皮书 2019 年[R]//. 艾瑞咨询系列研究报告. 2019.
- [36] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于进一步加强中小学生睡眠管理工作的通知[EB/OL]. (2021-03-30)[2022-06-28]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-04/02/content_5597443.htm
- [37] FAIRCLOUGH S J, TYLER R, DAINTY J R, et al. Cross-sectional associations between 24-hour activity behaviours and mental health indicators in children and adolescents: A compositional data analysis[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2021, 39(14): 1602-1614.
- [38] TALARICO R, JANSSEN I. Compositional associations of time spent in sleep, sedentary behavior and physical activity with obesity measures in children[J]. *Int J Obes*, 2018, 42(8): 1508-1514.
- [39] KEMPLER L, RICHMOND J L. Effect of sleep on gross motor memory[J]. *Memory*, 2012, 20(8): 907-914.