

论著·公共卫生

能量平衡相关行为在中小學生睡眠和肥胖之间的中介效应分析

楼淑萍¹, 黄彦², 刘攀越³, 陈辉³

1. 浙江大学医学院附属第四医院医院感染管理科, 义乌 322000; 2. 广东茂名幼儿师范专科学校体育学院, 茂名 525000; 3. 华中科技大学同济医学院公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系, 武汉 430030

[摘要] **目的**·探讨能量平衡相关行为对中小學生睡眠与肥胖关联的中介效应。**方法**·2016年9月—11月以5 179名广东省茂名市中小學生为研究对象, 根据我国《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》体质量指数临界值分为肥胖组与非肥胖组。运用自填式问卷和标准人体测量方法, 收集中小學生身高、体质量、睡眠时间参数、体育活动、视屏行为和饮食模式等信息。采用线性回归和Logistic回归分析分别评估睡眠及能量平衡相关行为(即饮食模式、体育活动、视屏行为)与肥胖之间的关联, 并使用MacKinnon乘积分布法评估能量平衡相关行为在睡眠与肥胖之间中介效应的显著性。**结果**·与非肥胖组比较, 肥胖组的特征为男性、年幼、父母肥胖、家庭月收入高、视屏时间长、高能量类饮食和水果-奶类饮食频率偏高。中小學生睡眠时间、就寝时间、起床时间均与肥胖风险存在显著关联(均 $P=0.000$)。观察到“睡眠→视屏行为→肥胖”“睡眠→体育活动→肥胖”中介途径在睡眠与肥胖的关联中有统计学意义($P<0.05$), 未发现高能量类饮食及水果-奶类饮食的中介效应证据。**结论**·体育活动、视屏行为可能部分介导睡眠与肥胖之间关联的总效应。

[关键词] 肥胖; 睡眠; 能量平衡相关行为; 中介效应

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2021.04.017 **[中图分类号]** R723.14 **[文献标志码]** A

Mediation effects of energy balance-related behaviors on associations between sleep and the risk of obesity among elementary and junior high school students

LOU Shu-ping¹, HUANG Yan², LIU Pan-yue³, CHEN Hui³

1. Department of Infection Management, The Fourth Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medical, Yiwu 322000, China; 2. Department of Physical Education, Guangdong Preschool Normal College in Maoming, Maoming 525000, China; 3. Department of Maternal and Child Health, School of Public Health, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

[Abstract] **Objective**·To investigate the possible mediation effects of energy balance-related behaviors on the association of sleep with obesity among elementary and junior high school students. **Methods**·Data of 5 179 primary and middle school students were assessed via a self-reported questionnaire and anthropometric measurement, including sleep variables, physical activities, screen behaviors, dietary patterns, height and weight status in Maoming City, Guangdong Province from September to November 2016. The enrolled students were divided into obese group and non-obese group according to body mass index threshold of *Screening of Overweight and Obesity in School-age Children and Adolescents* in China. Linear regression and Logistic regression analyses were used to estimate the associations between sleep, the aforementioned energy balance-related behaviors and obesity. The MacKinnon's product-of-coefficients method was used to assess the mediation effects of energy balance-related behaviors. **Results**·Compared with the non-obese group, most obese students were characterized by being male, young, parental obesity, high monthly house income, long screen time, high frequency of high calorie food and fruit-milk diet. Significant associations were observed between sleep duration, bedtime and wake-up time of elementary and junior high school students with the risk of obesity (all $P=0.000$). The intermediary pathways of obesity (sleep→screen behavior→obesity, and sleep→physical activity→obesity) were statistically significant ($P<0.05$). No evidence for the mediating role of high calorie or fruit-milk dietary habits was found in this study. **Conclusion**·Physical activity and screen behavior were identified as possible mediators of the association between sleep and obesity.

[Key words] obesity; sleep; energy balance-related behavior; mediation effect

据2017年全球疾病负担评估报告分析, 约有1.08亿的儿童被诊断为肥胖^[1], 其中41.1%来自亚洲, 而中国是近40年来儿童肥胖增长人数最多的国家^[2]。随着世界卫生组织(WHO)“终止儿童肥胖”项目的不断推进,

研究^[3]发现除膳食、体力活动等生活方式影响肥胖的发生外, 睡眠会影响机体代谢循环激素水平^[4]、能量消耗^[5]以及神经性摄食行为^[6-7], 进而改变儿童体质量。基于前瞻性研究的meta分析^[8]显示, 睡眠时间不足在当

[基金项目] 国家自然科学基金(81072371)。

[作者简介] 楼淑萍(1994—), 女, 硕士; 电子信箱: ll_student@163.com。

[通信作者] 陈辉, 电子信箱: chenhui@hust.edu.cn。

[Funding Information] National Nature Science Foundation of China (81072371)。

[Corresponding Author] CHEN Hui, E-mail: chenhui@hust.edu.cn。



今儿童群体中普遍存在,短睡眠时间儿童青少年发生超重/肥胖的风险是长睡眠时间者的2.15倍。近年来,在荷兰、希腊、日本等国家陆续发现能量平衡相关行为在体质质量指数(body mass index, BMI)等一系列连续型体成分分析相关指标与其影响因素中发挥中介作用^[9-10]。其中,广义的能量平衡相关行为是指与能量摄入和能量消耗相关的行为,具体可细分为:食用高脂、高能量食品,食用可口、易获得、低成本食品,缺乏与工作有关的体育活动,日常生活缺乏活动,久坐行为等^[11]。一项针对全球6~9岁儿童肥胖危险因素的研究^[12]提示,亚洲人群应重视饮食、运动以及视屏时间这些能量平衡相关行为与肥胖的关联,提倡探索具有区域特色的健康生活方式。国内多项针对中小学生的调查^[13-14]发现,油炸食品、甜食、零食、奶制品摄入可能是肥胖的危险因素。能量平衡相关行为内部存在认知动机协同机制,可根据研究课题需要,对相同属性的行为进行聚类分析,增加其关联强度^[11]。考虑到我国中小学生肥胖发生率高,中小学生群体有相似的生活方式和平稳上升的BMI生理轨迹^[15],并且国内尚缺乏对于睡眠、能量平衡相关行为与肥胖间的证据研究,故在中小学生人群中开展调查。本研究旨在探讨中小学生饮食模式、体育活动、视屏行为在介导睡眠与肥胖之间关系中的作用。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2016年9月—11月,采用分层整群抽样方法,在广东省茂名市的2个市辖区和3个代管县级市内共招募5 416名6~14岁中小学生,进行中小学生单纯性肥胖流行病学调查。所有研究对象均参与自填式问卷调查和体格检查。排除中小学生体格检查、睡眠变量等信息不完整($n=125$)、睡眠变量数值大于 $\bar{x}+3\times s$ 或者小于 $\bar{x}-3\times s$ ($n=57$)的研究对象,最终共纳入5 179名中小学生。所有研究对象监护人均签署书面的知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查 问卷内容参考已报道的中小学生肥胖相关的影响因素,主要包括:①人口学特征,包括孩子的出生年月、性别、出生体质量和出生身长。②家庭情况,包括看护人类别、家庭月收入 and 父母的年龄、身高、体质量、文化程度。③饮食模式,包括母乳喂养情况、近半年8类食物(快餐、奶类及其制品、油炸食品、甜饮料、水果、甜点、膨化食品、坚果)食用频率、食欲和

进食速度。④生活方式,包括每天玩电脑游戏时间、看电视时间、除校内体育课以外的户外运动时间、就寝时间、起床时间和午休时间。将睡眠作息变量转换为每日睡眠时间、就寝时间和起床时间;运用主成分分析法将食物相关变量降维,以确定食物摄入过程中的潜在共同因子,并结合专业知识定义名称,分为高能量饮食(快餐、油炸食品、甜饮料、甜点、膨化食品、坚果)和水果-奶类饮食(水果、奶类及其制品)。

1.2.2 体格检查 身高、体质量的测量严格按照WHO制定的人体测量学程序和数据收集的标准化方案进行,并计算BMI。参照我国国家卫生健康委员会2018年发布的《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》临界值^[16],定义肥胖组和非肥胖组。

1.3 质量控制

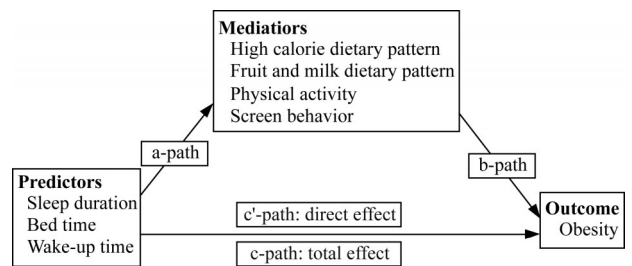
调查人员均预先接受过统一培训,培训内容包括项目目的、问卷填写及体格测量标准化流程和实施进度等。调查时采用一对一面访调查与人体测量相结合的方式,每日结束后调查员交换检查调查记录,以便及时发现漏填或逻辑错误情况。数据分别由2组研究人员进行2次录入,并进行数据校对,以确保数据录入准确性并减少数据输入误差。

1.4 统计学分析

采用SAS 9.4软件进行数据清洗及统计分析。对定量资料进行Kolmogorov-Smirnov正态性检验,不符合正态分布的定量资料用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,使用Mann-Whitney U 检验分析组间差异;定性资料用 $n(\%)$ 表示,使用 χ^2 检验分析组间差异。

以睡眠为自变量,能量平衡相关行为(即饮食模式、体育活动、视屏行为)为中介变量,肥胖为二分因变量做中介效应分析。根据文献^[17-18]推荐的中介效应检验程序,采用R软件RMediation程序包^[19],逐个纳入自变量和中介变量(图1)。首先将所有连续变量进行中心化处理,控制遗传因素和家庭因素的影响,依次采用Logistic回归分析评估睡眠、能量平衡相关行为与肥胖之间的关联,并使用线性回归计算睡眠与能量平衡相关行为的关联系数;最后用MacKinnon乘积分布法检验中介效应的显著性,用 $Z_a \times Z_b$ 的95%置信区间(95%CI)是否包含0来验证中介效应是否有统计学意义。另外,考虑到肥胖可由多种因素引起,变量之间可能存在反向作用,故在中介效应分析过程中出现抵消现象或遮掩效应时,仍需继续完成中介效应分析。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

线性回归分析时,先将中小學生性别(男性=0,女性=1)、父母肥胖(转换为2个哑变量)、家庭月收入(转换为3个哑变量)作为控制变量纳入模型,而后依次纳入研究变量。检验残差是否满足正态分布。并对自变量进行多重共线性诊断。当结果满足容差值均>0.10、方差膨胀因子均<5.00,符合统计学要求。



Note: a-path and b-path show indirect effects.
图1 能量平衡相关行为在中小學生睡眠和肥胖之间的中介效应示意图
Fig 1 Overview of the mediating effects of energy balance-related behaviors between sleep and obesity among elementary and junior high school students

表1 中小學生肥胖影响因素的单因素分析

Tab 1 Univariate analysis of factors influencing obesity among elementary and junior high school students

Variable	Total (n=5 179)	Obese group (n=725)	Non-obese group (n=4 454)	P value
Age/year	10.66 (8.78, 12.32)	8.95 (7.81, 10.64)	10.92 (9.09, 12.60)	0.000
Physical activity/h	1.00 (0.50, 1.20)	1.00 (0.50, 1.24)	1.00 (0.50, 1.20)	0.349
Screen behavior/h	1.50 (0.50, 2.50)	2.00 (1.50, 2.67)	1.50 (0.50, 2.50)	0.000
Monthly fruit and milk/time	4.00 (3.00, 10.50)	5.00 (3.00, 14.00)	4.00 (3.00, 10.50)	0.038
Monthly high calorie diet/time	18.00 (6.50, 30.50)	20.00 (6.25, 30.50)	18.00 (6.50, 30.50)	0.963
Sleep duration/h	9.00 (8.50, 10.00)	8.67 (7.85, 9.50)	9.50 (8.50, 10.00)	0.000
Wake-up time	6:40 (6:00, 7:00)	6:30 (6:00, 6:57)	6:50 (6:10, 7:00)	0.000
Bedtime	22:00 (22:00, 23:00)	23:00 (22:00, 23:15)	22:00 (22:00, 23:00)	0.000
Gender (male)/n (%)	2 899 (56.0)	478 (65.9)	2 421 (54.4)	0.000
Breastfeeding for 6 months/n (%)	2 293 (44.3)	336 (46.9)	1 957 (43.8)	0.051
Parental obesity/n (%)				0.000
None	4 776 (92.2)	617 (85.1)	4 159 (93.4)	
Either	372 (7.2)	97 (13.4)	275 (6.2)	
Both	31 (0.6)	11 (1.5)	20 (0.4)	
Monthly house income/n (%)				0.006
<1 000 yuan	459 (8.9)	49 (6.8)	410 (9.2)	
1 000–4 999 yuan	3 203 (61.8)	440 (60.8)	2 763 (62.0)	
5 000–10 000 yuan	1 138 (22.0)	164 (22.5)	974 (21.9)	
>10 000 yuan	379 (7.3)	72 (9.9)	307 (6.9)	

2.2 能量平衡相关行为在睡眠与肥胖关系中的中介效应

2.2.1 睡眠与肥胖之间的关联 控制年龄、性别、家庭月收入和父母肥胖状况的潜在影响后, Logistic 回归分析结果显示: 睡眠时间增加 1 h, 肥胖危险度降低 42.8% ($OR=0.572$, 95% CI 0.532~0.614); 起床时间延后 1 h, 肥胖危险度降低 65.5% ($OR=0.345$, 95% CI 0.291~0.409);

2 结果

2.1 研究对象的基本特征

本研究共纳入 5 179 名中小學生, 中位年龄为 10.66 岁, 男性占 56.0%。研究对象的基本特征见表 1。肥胖总发生率为 14.0%, 男性肥胖发生率为 16.5%, 女性肥胖发生率为 10.8%。从整体上看, 肥胖者的特征为男性、年幼、父母肥胖、家庭月收入高、视屏时间长、高能量类和水果-奶类饮食频率均偏高。与非肥胖组 ($n=4\,454$) 相比, 肥胖组 ($n=725$) 的睡眠时间较短 [8.67 (7.85, 9.50) h vs 9.50 (8.50, 10.00) h, $P=0.000$]、就寝时间较晚 [23:00 (22:00, 23:15) vs 22:00 (22:00, 23:00), $P=0.000$]、起床时间较早 [6:30 (6:00, 6:57) vs 6:50 (6:10, 7:00), $P=0.000$]。在 2 组研究对象中, 母乳喂养满 6 个月的人数占比、除校内体育课以外的户外运动时间、每月高能量类饮食次数的差异无统计学意义。

就寝时间延后 1 h, 肥胖危险度增加 109.7% ($OR=2.097$, 95% CI 1.890~2.327), 见表 2。后续将睡眠时间长、早睡、晚起这一系列肥胖保护因素称为健康睡眠作息习惯。

2.2.2 能量平衡相关行为与睡眠的关联 校正年龄、性别、家庭月收入和父母肥胖状况因素后, 线性回归分析结果显示: 各能量平衡相关行为与睡眠时间、就寝时间、

表 2 中小学生学习睡眠变量与肥胖之间关联的 Logistic 回归分析

Tab 2 Logistic regression analysis of the associations between sleep variables and obesity among elementary and junior high school students

Sleep variable	β value	SE	OR (95%CI)	P value
Sleep duration	-0.559	0.037	0.572 (0.532-0.614)	0.000
Bedtime	0.741	0.053	2.097 (1.890-2.327)	0.000
Wake-up time	-1.064	0.087	0.345 (0.291-0.409)	0.000

起床时间呈现一定的相关性。其中, 高能量饮食与睡眠

时间 ($\beta=-0.936$, 95%CI -1.366~-0.505)、就寝时间 ($\beta=0.531$, 95%CI 0.005~1.057)、起床时间 ($\beta=0.960$, 95%CI 0.153~1.767) 均存在显著关联; 体育活动与睡眠时间 ($\beta=0.081$, 95%CI 0.059~0.103)、就寝时间 ($\beta=-0.100$, 95%CI -0.132~-0.068)、起床时间 ($\beta=0.068$, 95%CI 0.019~0.117) 间均存在显著关联; 视屏行为与睡眠时间 ($\beta=0.051$, 95%CI 0.015~0.088)、起床时间 ($\beta=0.190$, 95%CI 0.109~0.272) 呈正相关, 见表 3。

表 3 中小学生学习睡眠变量与能量平衡相关行为之间关联的线性回归分析

Tab 3 Linear regression analysis of the associations between sleep variables and energy balance-related behaviors among elementary and junior high school students

Sleep variable	Fruit and milk		High calorie diet		Physical activity		Screen behavior	
	β (95%CI)	P value	β (95%CI)	P value	β (95%CI)	P value	β (95%CI)	P value
Sleep duration	0.049 (-0.310-0.408)	0.790	-0.936 (-1.366~-0.505)	0.000	0.081 (0.059-0.103)	0.000	0.051 (0.015-0.088)	0.005
Bedtime	1.769 (1.139-2.398)	0.000	0.531 (0.005-1.057)	0.048	-0.100 (-0.132~-0.068)	0.000	-0.040 (-0.093~-0.013)	0.136
Wake-up time	-0.277 (-1.248-0.693)	0.576	0.960 (0.153-1.767)	0.020	0.068 (0.019-0.117)	0.007	0.190 (0.109-0.272)	0.000

2.2.3 能量平衡相关行为与肥胖之间的关联 控制年龄、性别、家庭月收入和父母肥胖状况的潜在影响后, Logistic 回归分析结果显示: 体育活动在就寝时间 ($P=0.045$)、起床时间 ($P=0.006$) 与肥胖的关联中, 表现为体育活动可能是肥胖的保护因素; 视屏行为在睡眠时间

($P=0.000$)、就寝时间 ($P=0.000$)、起床时间 ($P=0.000$) 与肥胖的关联中, 表现为体育活动可能是肥胖的危险因素, 见表 4。高能量饮食与睡眠变量存在一定的关联, 但与中小学生学习肥胖未见相关性 ($P>0.05$)。

表 4 中小学生学习能量平衡相关行为与肥胖之间关联的 Logistic 回归分析

Tab 4 Logistic regression analysis of the associations between energy balance-related behaviors and obesity among elementary and junior high school students

Path	Fruit and milk diet		High calorie diet		Physical activity		Screen behavior	
	OR (95%CI)	P value	OR (95%CI)	P value	OR (95%CI)	P value	OR (95%CI)	P value
Sleep duration→obesity	1.002 (0.997-1.006)	0.465	1.001 (0.995-1.006)	0.818	0.927 (0.843-1.020)	0.122	1.166 (1.112-1.224)	0.000
Bedtime→obesity	1.001 (0.997-1.006)	0.474	0.999 (0.994-1.005)	0.842	0.905 (0.821-0.998)	0.045	1.154 (1.100-1.210)	0.000
Wake-up time→obesity	1.004 (1.000-1.008)	0.047	1.002 (0.997-1.007)	0.492	0.867 (0.783-0.960)	0.006	1.171 (1.116-1.229)	0.000

2.2.4 能量平衡相关行为在睡眠与肥胖之间的中介效应 经 MacKinnon 乘积分布法检验未发现高能量饮食和水果-奶类饮食产生的中介效应 ($P>0.05$)。MacKinnon 乘积分布法检验结果显示, 体育活动能在作息时间与肥胖之间的关联中起中介效应 ($P<0.05$), 视屏行为能在睡眠

时间、就寝时间与肥胖之间的关联中起中介效应 ($P<0.05$)。最终观察到“就寝时间→体育活动→肥胖”“起床时间→体育活动→肥胖”“睡眠时间→视屏行为→肥胖”“起床时间→视屏行为→肥胖”4 条中介作用途径存在 ($P<0.05$), 见表 5。

表 5 能量平衡相关行为在睡眠变量、与肥胖之间中介效应的 MacKinnon 乘积分布法检验 [$Z_a \times Z_b$ (95%CI)]

Tab 5 Analysis of mediating effects of energy balance-related behaviors between sleep variables and obesity based on MacKinnon's product-of-coefficients method [$Z_a \times Z_b$ (95%CI)]

Sleep variable	Fruit and milk diet	High calorie diet	Physical activity	Screen behavior
Sleep duration	0.001 (-0.001-0.013)	0.003 (-0.006-0.004)	-0.006 (-0.013-0.001)	0.008 (0.003-0.013)
Bedtime	-0.001 (-0.005-0.002)	0.001 (-0.002-0.004)	0.010 (0.002-0.019)	-0.006 (-0.012-0.001)
Wake-up time	-0.001 (-0.005-0.002)	0.001 (-0.004-0.006)	-0.010 (-0.019-0.002)	0.030 (0.018-0.044)

3 讨论

本研究发现广东省茂名市中小学生学习肥胖检出率为 14.0%, 与北京^[20]、上海^[21]中小学生学习肥胖检出率接近,

远高于全国中小学生学习平均水平 (6.4%)^[22]。这可能与茂名市社会经济、医疗等方面普遍高于全国平均水平, 为中小学生学习生长发育提供了良好的物质基础有关^[21], 也可能与家长及中小学生学习自身对中小学习体型和节食的认同

不一存在一定关联^[23]。本研究纳入的5 179名中小學生每日睡眠时间中位数为9.00 h,按照美国睡眠基金会对该年龄段中小學生睡眠时间的推荐值(9~11 h)^[24],近半数儿童睡眠时间不足。睡眠时间、作息时间与肥胖之间存在强关联:睡眠时间、作息时问每变化1 h,肥胖风险变化42.8%~109.7%,提示该地区中小學生睡眠不足、作息不健康现况亟待解决,且睡眠时间不足、作息不健康可能是该地区肥胖风险高的危险因素。研究^[25]表明,睡眠时间、就寝时间、起床时间均为肥胖发生的独立影响因素,与本文的研究结果一致。

单因素分析结果显示:肥胖组与非肥胖组在除校内体育课以外的户外运动时间差异无统计学意义,但体育活动会在作息不规律时发生间接中介效应,即与健康睡眠作息习惯呈显著的正相关,控制协变量后其与肥胖呈负相关(肥胖的保护因素),最终就寝时间、起床时间能通过体育活动影响肥胖。体育活动在个体之间差异不大,缺乏敏感性,控制协变量后可显示出效应^[26-27]。原因可能包括:一方面,中小學生常常参与持续时间短的体育户外活动,目前没有用以准确估量碎片化时间的工具^[28];另一方面,由于中小學生日常管理严格,除统一安排体育课程及课外活动时间,灵活安排时间相对较少,使得从整体上看体育活动对肥胖的贡献部分被掩盖^[29]。夜间入睡晚会导致第2日疲劳或精神不佳^[8],无法在白天保持高度活跃的的积极性,使得运动时间减少,从而诱发肥胖的发生^[29]。早上适宜的起床时间保证最自然的唤醒机制,并能保持机体良好的激素平衡,促进身体在运动时进行正常的能量代谢^[27]。现阶段围绕睡眠时间、体育活动及肥胖中介效应的研究较少,还需进一步探究体育活动对睡眠时间的作用机制。

该市中小學生每日视屏时间中位数为1.50 h,肥胖者的每日视屏时间较非肥胖组中小學生长。该变量和体育活动与睡眠变量的关联类似,但视屏时间与肥胖呈正相关(肥胖的危险因素),进而在睡眠时间、起床时间与肥胖的间接效应呈负性作用。WHO研究员^[7]发现控制欧洲儿童视屏时间、延长睡眠时间,可预防儿童肥胖症的发生。本文在该研究结果的基础上,深入剖析了中小學生的睡眠、视屏行为与肥胖之间的内在关联,证明了睡眠可能在视屏时间的中介作用下,间接影响肥胖的发生,

为今后制定肥胖儿童的综合行为干预措施提供一定的理论依据。目前有研究^[30]就视屏行为种类进行细分,发现不同地区使用电子产品的种类存在差异。目前较多家长会为学生配备手机,而手机使用时间远高于以往纳入研究的电子产品,这将为之后的视屏行为作为中小學生肥胖影响因素的研究提供一个新思路。

本文探讨各睡眠变量与能量平衡相关行为的独立中介效应,最终发现了4条能量平衡相关行为介导的睡眠与肥胖间的关联路径,主要表现为体育活动或视屏行为在其中的中介作用。另外,本文未发现饮食在关联作用中的中介效应,这可能是由于在对饮食能量摄入方面调查时使用了相对简单的问题,仅涉及摄食频率,而未提供热量摄入的信息。但也有研究^[31]发现,快餐、甜食等高能量饮食与美国95%的成年人的BMI无关联,可能不是体质量的影响因素。另一项使用短期食物频率调查表(Food Frequency Questionnaire, FFQ)研究食物频率与6~8岁儿童睡眠时间的调查^[7]显示,睡眠时间增加1 h,每日食用新鲜蔬菜和水果的可能性增加1.11~1.14倍,与肉类、鱼类等另外10种常见食物的摄入均无关联。本研究选取中小學生群体里常见的并对能量平衡有影响的食物^[10,13-14],着重关注高能量类和水果-奶类膳食模式在本次研究中的中介效应,旨在探索其可能在中小學生生长发育过程中发挥的特殊效应。发现肥胖中小學生的高能量饮食和水果-奶类饮食食用频率都较非肥胖中小學生高,且肥胖中小學生水果-奶类饮食的摄入频率与非肥胖组差异有统计学意义。在今后的研究中还可参考中国居民平衡膳食宝塔、中国居民膳食指南,增加其他类饮食模式,关注其在肥胖中发挥的作用^[32]。

本研究运用二分类数据作为结局变量,将多维度的能量平衡相关行为作为中介变量纳入模型,分析变量之间的相互关联,最终得到明确的中介路径结果(“睡眠→视屏行为→肥胖”“睡眠→体育活动→肥胖”)。但存在一些不足:①研究设计的横截面性质限制了因果推断的能力。②睡眠和能量平衡相关行为信息由学生或家长自我报告,可能存在回忆偏倚和估计不准确^[27];然而,该测量误差可能是随机的,没有证据表明肥胖症倾向于报告睡眠时间较短^[33]。

参·考·文·献

[1] Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, et al. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years[J]. N Engl J Med, 2017, 377(1):

13-27.

[2] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-

- mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2 416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults[J]. *Lancet*, 2017, 390(10113): 2627-2642.
- [3] Seo YG, Lim H, Kim Y, et al. The effect of a multidisciplinary lifestyle intervention on obesity status, body composition, physical fitness, and cardiometabolic risk markers in children and adolescents with obesity[J]. *Nutrients*, 2019, 11(1): 137.
- [4] Hanlon EC, Dumin M, Pannain S. Chapter 13: sleep and obesity in children and adolescents[M]// Bagchi D. *Global perspectives on childhood obesity*. 2nd ed. USA: Academic Press, 2019: 147-178.
- [5] McHill AW, Wright KP Jr. Role of sleep and circadian disruption on energy expenditure and in metabolic predisposition to human obesity and metabolic disease[J]. *Obes Rev*, 2017, 18(Suppl 1): 15-24.
- [6] Harkness JH, Bushana PN, Todd RP, et al. Sleep disruption elevates oxidative stress in parvalbumin-positive cells of the rat cerebral cortex[J]. *Sleep*, 2019, 42(1): zsy201.
- [7] Börnhorst C, Wijnhoven TM, Kunešová M, et al. WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative: associations between sleep duration, screen time and food consumption frequencies[J]. *BMC Public Health*, 2015, 15: 442.
- [8] Fatima Y, Doi SA, Mamun AA. Longitudinal impact of sleep on overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis[J]. *Obes Rev*, 2015, 16(2): 137-149.
- [9] Fernández-Alvira JM, Te Velde SJ, Jiménez-Pavón D, et al. Can ethnic background differences in children's body composition be explained by differences in energy balance-related behaviors? A mediation analysis within the energy-project[J]. *PLoS One*, 2013, 8(8): e71848.
- [10] Nishiura C, Noguchi J, Hashimoto H. Dietary patterns only partially explain the effect of short sleep duration on the incidence of obesity[J]. *Sleep*, 2010, 33(6): 753-757.
- [11] Kremers SP, Visscher TL, Seidell JC, et al. Cognitive determinants of energy balance-related behaviours: measurement issues[J]. *Sports Med*, 2005, 35(11): 923-933.
- [12] Bel-Serrat S, Ojeda-Rodríguez A, Heinen MM, et al. Clustering of multiple energy balance-related behaviors in school children and its association with overweight and obesity: WHO European childhood obesity surveillance initiative (COSI 2015—2017)[J]. *Nutrients*, 2019, 11(3): 511.
- [13] 秦怡玲, 熊丰, 赵勇, 等. 重庆市城市农村儿童肥胖发病率及相关因素的分析[J]. *重庆医科大学学报*, 2013, 38(8): 827-832.
- [14] 张莹, 焦怡琳, 陆凯, 等. 我国儿童青少年单纯性肥胖的影响因素分析[J]. *中国妇幼卫生杂志*, 2014, 5(2): 5-7.
- [15] Buscot MJ, Thomson RJ, Juonala M, et al. BMI trajectories associated with resolution of elevated youth BMI and incident adult obesity[J]. *Pediatrics*, 2018, 141(1): e20172003.
- [16] 国家卫生健康委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查: WS/T 586—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 1-3.
- [17] Iacobucci D. Mediation analysis and categorical variables: the final frontier[J]. *J Consum Psychol*, 2012, 22(4): 582-594.
- [18] 方杰, 温忠麟, 张敏强. 类别变量的中介效应分析[J]. *心理科学*, 2017, 40(2): 471-477.
- [19] Tofighi D, MacKinnon DP. RMediation: an R package for mediation analysis confidence intervals[J]. *Behav Res Methods*, 2011, 43(3): 692-700.
- [20] 沈艳辉, 姜秀春, 孟毅, 等. 2017年北京市中小学生营养状况及饮食行为分析[J]. *现代预防医学*, 2019, 46(1): 40-43, 57.
- [21] 沈丽娜, 柏品清, 傅灵菲, 等. 上海市浦东新区中小学生超重和肥胖现状及其膳食影响因素[J]. *环境与职业医学*, 2019, 36(2): 164-169.
- [22] 马冠生, 张玉. 中国儿童肥胖防控面临的挑战和机遇[J]. *中国儿童保健杂志*, 2020, 28(2): 117-119.
- [23] 董晓杰, 王晓晨, 朱会卷, 等. 淄博市某地区青少年超重肥胖流行现状及其影响因素[J]. *环境卫生学杂志*, 2019, 9(6): 577-582.
- [24] Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, et al. National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report[J]. *Sleep Health*, 2015, 1(4): 233-243.
- [25] Olds TS, Maher CA, Matricciani L. Sleep duration or bedtime? Exploring the relationship between sleep habits and weight status and activity patterns[J]. *Sleep*, 2011, 34(10): 1299-1307.
- [26] Shlisky JD, Hartman TJ, Kris-Etherton PM, et al. Partial sleep deprivation and energy balance in adults: an emerging issue for consideration by dietetics practitioners[J]. *J Acad Nutr Diet*, 2012, 112(11): 1785-1797.
- [27] Spaeth AM, Hawley NL, Raynor HA, et al. Sleep, energy balance, and meal timing in school-aged children[J]. *Sleep Med*, 2019, 60: 139-144.
- [28] Taylor RW, Gray AR, Heath AM, et al. Sleep, nutrition, and physical activity interventions to prevent obesity in infancy: follow-up of the Prevention of Overweight in Infancy (POI) randomized controlled trial at ages 3.5 and 5 y[J]. *Am J Clin Nutr*, 2018, 108(2): 228-236.
- [29] Kaseva K, Dobewall H, Yang XL, et al. Physical activity, sleep, and symptoms of depression in adults-testing for mediation[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2019, 51(6): 1162-1168.
- [30] Tate EB, Spruijt-Metz D, O'Reilly G, et al. mHealth approaches to child obesity prevention: successes, unique challenges, and next directions[J]. *Transl Behav Med*, 2013, 3(4): 406-415.
- [31] Just DR, Wansink B. Fast food, soft drink and candy intake is unrelated to body mass index for 95% of American adults[J]. *Obes Sci Pract*, 2015, 1(2): 126-130.
- [32] 黄珍茹, 高润颖, 张雅莉, 等. 上海市中小学生在午餐与营养状况调查[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2017, 37(1): 106-109, 117.
- [33] Lauderdale DS, Knutson KL, Yan LL, et al. Self-reported and measured sleep duration: how similar are they? [J]. *Epidemiology*, 2008, 19(6): 838-845.

[收稿日期] 2020-03-19

[本文编辑] 崔黎明

