

中国 7~17 岁儿童青少年体质指数的生活环境影响因素多水平分析

关方旭¹ 胡霄¹ 胡浩杰¹ 欧阳一非¹ 王柳森¹ 李园² 杨春³ 郭春雷^{2,4}
王惠君¹ 张兵¹

¹中国疾病预防控制中心营养与健康所,北京 100050;²乔治全球健康研究院(澳大利亚)北京代表处,北京 100600;³首都医科大学,北京 100069;⁴北京市营养源研究所 100069
通信作者:王惠君,Email:wanghj@nih.chinacdc.cn

【摘要】目的 探究生活环境因素对我国儿童青少年 BMI 的影响。**方法** 利用中国健康与营养调查数据,研究对象为 2000、2006、2011 和 2015 年 4 轮调查中参与调查、且数据完整的 7~17 岁儿童青少年共 6 626 人(男性 3 473 人,女性 3 153 人)。首先在三水平随机截距混合效应模型中进行环境因素单变量分析,然后利用偏最小二乘回归拟合线性模型进一步筛选环境因素,最后分城乡拟合三水平随机截距混合效应模型进行分析。**结果** 三水平随机截距混合效应模型的空模型拟合结果对数似然估计值-17 034.68,随机效应似然比检验 $\chi^2=483.06, P<0.001$;社区分层组内相关系数(ICC)=9.97%,个人和社区水平总 ICC=39.38%;三水平模型显示城市模型中城市化指数($\beta=-0.05, 95\%CI: -0.09\sim-0.01, P<0.05$)、公园所在位置在本市另一居委会($\beta=-0.88, 95\%CI: -1.72\sim-0.04, P<0.05$)、15~17 岁组($\beta=-1.04, 95\%CI: -1.78\sim-0.30, P<0.05$)与 BMI 值呈负相关,社区到最近健身房的距离($\beta=0.12, 95\%CI: 0.02\sim0.22, P<0.05$)、家庭彩电数($\beta=0.50, 95\%CI: 0.08\sim0.92, P<0.05$)、家长提示电视内容虚构的频率为 3~4 次/周($\beta=1.85, 95\%CI: 0.70\sim3.00, P<0.05$)与 BMI 值呈正相关;农村儿童青少年模型中的城市化指数($\beta=-0.04, 95\%CI: -0.07\sim-0.01, P<0.05$)、农村人均收入($\beta=-7.29e^{-4}, 95\%CI: -1.00e^{-3}\sim-6.77e^{-5}, P<0.05$)、家长规定看电视的频率 ≥ 5 次/周($\beta=-1.29, 95\%CI: -2.36\sim-0.21, P<0.05$)、脂肪供能比($\beta=-0.03, 95\%CI: -0.06\sim-1.00e^{-3}, P<0.05$)与 BMI 值呈负相关,家长提示电视内容虚构的频率 ≥ 5 次/周($\beta=3.01, 95\%CI: 0.03\sim6.00, P<0.05$)、调查时间为 2015 年($\beta=4.83, 95\%CI: 1.96\sim7.69, P<0.05$)与 BMI 值呈正相关。**结论** 环境因素从多水平多方面间接地影响着儿童青少年 BMI 的变化,城市化指数和农村人均收入对儿童青少年 BMI 的升高有微弱的保护作用,社区层面需要关注儿童青少年生活环境周边的活动场所的设置,而在家庭中应当正确引导儿童青少年看电视行为。

【关键词】 体质指数; 儿童青少年; 环境因素; 多水平模型

基金项目:中国疾病预防控制中心和美国北卡罗莱纳大学人口中心合作项目“中国健康与营养调查”(NIH R01 HD30880, R01 AG065357, R01DK104371, R01HL108427);中国营养学会-振东人体质与健康研究基金(CNS-ZD2019032)

Multi-level scanning of environmental factors of body mass index of children and adolescents aged 7-17 years in China

Guan Fangxu¹, Hu Xiao¹, Hu Haojie¹, Ouyang Yifei¹, Wang Liusen¹, Li Yuan², Yang Chun³, Guo Chunlei^{2,4}, Wang Huijun¹, Zhang Bing¹

¹National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; ²George Institute for Global Health (Australia) Beijing Representative Office, Beijing

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210303-00168

收稿日期 2021-03-03 本文编辑 万玉立

引用本文:关方旭,胡霄,胡浩杰,等.中国 7~17 岁儿童青少年体质指数的生活环境影响因素多水平分析[J].中华流行病学杂志,2021,42(10):1790-1796. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20210303-00168.



100600, China; ³Capital Medical University, Beijing 100069, China; ⁴Beijing Institute of Nutrition and Resources, Beijing 100069, China

Corresponding author: Wang Huijun, Email: wanghj@ninh.chinacdc.cn

【Abstract】 Objective To investigate the influence of environmental factors on body mass index of children and adolescents in China. **Methods** Using data from the China Health and Nutrition Survey, the research object to 7 - 17 years old children and adolescents who participated in 2000, 2006, 2011, and 2015 round of survey with complete data, a total of 6 626 children and adolescents (male 3 473, female 3 153) were investigated under univariate analysis for each environmental factor variable before using Partial Least Square Regression fitting a linear model for further screening. Finally, we fitted a three-level linear mixed-effects model distinct by urban and rural area for analysis. **Results** The three-level null model, log likelihood=-17 034.68, $\chi^2=483.06$, $P<0.001$. Intern-class correlation coefficient (ICC) showed that community-level was 9.97%, and both community and individual were 39.38%. The three-level model also showed that urban model's urbanization index ($\beta=-0.05$, 95%CI: -0.09--0.01, $P<0.05$), the park location ($\beta=-0.88$, 95%CI: -1.72 - -0.04, $P<0.05$), 15 - 17 age group ($\beta=-1.04$, 95%CI: -1.78 - -0.30, $P<0.05$) were negatively correlated with BMI. The distance to the gym ($\beta=0.12$, 95%CI: 0.02 - 0.22, $P<0.05$), the number of home TV sets ($\beta=0.50$, 95%CI: 0.08 - 0.92, $P<0.05$) and the frequency of parents' alarm of fiction TV program contents ($\beta=1.85$, 95%CI: 0.70 - 3.00, $P<0.05$) were correlated with BMI. Rural urbanization index ($\beta=-0.04$, 95%CI: -0.07 - -0.01, $P<0.05$). Rural per capita income ($\beta=-7.29e^{-4}$, 95%CI: -1.00e⁻³ - -6.77e⁻⁵, $P<0.05$), parents' restricted frequency of watching TV ($\beta=-1.29$, 95%CI: -2.36 - -0.21, $P<0.05$), adipo-energy ratio ($\beta=-0.03$, 95%CI: -0.06 - -1.00e⁻³, $P<0.05$) were negatively correlated with the BMI. Factors as the frequency of parents' alarm of fiction TV program contents ($\beta=3.01$, 95%CI: 0.03 - 6.00, $P<0.05$), the survey time was 2015 ($\beta=4.83$, 95%CI: 1.96 - 7.69, $P<0.05$) were correlated with BMI. **Conclusions** Environmental factors could indirectly influence the change of BMI of children and adolescents to different degrees and various aspects. Urbanization index and rural per capita income had a slight protective effect on increasing BMI of children and adolescents. At the community level, attention should be paid to the setting of activity places around the living environment of children and adolescents. Family members should also guide their children and adolescents to develop nice behavior in watching TV.

【Key words】 Body mass index; Children and adolescents; Environmental factors; Multi-level model

Fund programs: "China Health and Nutrition Survey", a Cooperative Project between Chinese Center for Disease Control and Prevention and the Population Center of the University of North Carolina, USA (NIH R01 HD30880, R01 AG065357, R01DK104371, R01HL108427); Chinese Nutrition Society-Zhendong People's Physique and Health Research Fund (CNS-ZD2019032)

儿童青少年超重/肥胖既有短期健康风险,也有长期延续到成年的健康风险^[1],是引发儿童青少年心血管疾病的主要危险因素^[2],未成年阶段是对超重/肥胖早期干预的关键时期。在对中国儿童的研究中已经观察到 BMI 分布的向右偏移,1985-2014 年中国青少年超重/肥胖检出率持续增长^[3]。中国健康与营养调查(China Health and Nutrition Survey, CHNS)的纵向调查表明,1997-2011 年,男童和女童超重/肥胖的患病率有所上升,流行率也一直在上升^[4]。“致胖环境因素”是肥胖发生的必要条件^[5]。超重/肥胖与营养过剩和身体活动缺乏有关,而对于儿童青少年,饮食和身体活动的心理和行为往往是环境因素决定的,对儿童青少年早期干预可有效地降低未来成年后的超重/肥胖发病率。超重/肥胖的发生会受到宏观的社

区人群、地区、国家及全球各个时代更加广泛的自然及社会经济环境因素的影响^[6]。随着中国社会和经济的快速发展,生活环境正在迅速变化,食品工业、营销媒体、交通运输的发展和人群健康素养之间的不平衡^[7]促使人群养成了久坐等生活习惯。儿童青少年的居住地区、社会经济状况和行为因素等都对肥胖有显著影响^[8],国外一些研究也阐述了家长的教育引导和社区政策对儿童青少年 BMI 有影响^[9-10]。环境因素涉及多个层面,研究这些因素的优先顺序和识别可以进行干预的因素是必要的^[11-12]。

资料与方法

1. 数据来源:CHNS 是中国 CDC 与美国北卡罗

莱纳大学人口中心合作的队列项目,1989–2018 年先后在 16 个省(自治区、直辖市)对同一区域的人群进行追踪调查。目前已经完成 11 轮调查,调查对象的选择采用多阶段分层整群随机抽样的方法在各项目地区抽取样本。各省、县、市按收入(低、中、高)分层,采用加权抽样方案随机抽取各省(自治区、直辖市)4 个县、2 个市。随机抽取县内乡镇和市内城乡居民调查点。在每个社区中,随机选择了 20 户家庭,并对每户所有家庭成员进行问卷调查、饮食调查和体格测量。这项调查收集了社区、家庭和个人层面上的健康、营养和社会经济变量的数据。研究方案、仪器和获得知情同意的过程得到了北卡罗莱纳大学教堂山分校和中国 CDC 营养与健康研究所伦理审查委员会审查(批准文号:2018-004),所有调查对象均签署知情同意书。队列研究详细信息参见文献[13-14]。

已有研究提取了 2011 年的相关数据对儿童青少年的环境因素做出了研究,本研究考虑纳入更多的信息和样本,从而发现更加稳定的环境影响因素,因此本研究选取了 2000、2006、2011 和 2015 年至少参加一轮调查,且有完整膳食、社会人口学、经济学数据的 7~17 岁儿童青少年调查对象作为研究对象,样本量为 6 626 人,人均参加 1.2 轮调查。多数指标通过调查问卷获得。身高测量使用已校准的便携式 Seca 206 壁装金属带尺脱鞋测量,精确至 0.1 cm。体重测量采用已校准的 Seca 880 光束秤(Digital Scales, Seca Ltd., 英国伯明翰)脱鞋和着轻衣测量,精确至 0.1 kg。BMI 是关键的结局变量,计算公式为 BMI=体重(kg)/身高的平方(m²),采用《中国居民膳食指南(2016)》^[15]附表的中国 7~17 岁儿童青少年营养状况的 BMI 判断标准对研究对象的营养状况和肥胖与否进行评估。宏观环境指标数据通过登录相关机构官方网站查阅相应年份的《中国统计年鉴》《中国卫生统计年鉴》等获得。

2. 变量选择:个体和观测水平上选择了年龄、性别、每日总能量摄入量、每日钠摄入量、脂肪供能比、家庭人均收入、父母影响、学校教育以及身体活动水平等变量;社区水平上选择城乡、周边服务设施情况(医疗位数、商场/超市、健身房)、城市化指数^[16]等;省级水平变量包括各国内生产总值、性别比、儿童抚养比、食品工业发展水平、交通、医疗等变量。剔除观测值缺失超过 50% 的变量。具体变量信息见表 1。

3. 统计学分析:首先对原始数据进行清理和预处理分析;将缺失值>50%的变量删除。由于儿童青少年正处于生长发育期,随着年龄增长、骨骼发育,其身高和体重会快速增长,导致不同年龄和性别间的儿童青少年 BMI 无法直接进行横向比较,因此本研究基于《中国居民膳食指南(2016)》中各年龄段儿童青少年 BMI 标准范围对 BMI 进行标准化(BMI 值减去其对应的 BMI 标准范围中间值)。对每日总能量摄入、每日钠摄入量及脂肪供能比根据《中国居民膳食营养素参考摄入量》^[17]使用不同性别和年龄段的平均需要量对数据进行中心化,对于其他没有可参考中心化值的连续变量数据利用其 M 进行中心化处理。年龄段划分为 7~、11~、15~17 岁 3 组。

基于数据的嵌套结构,因变量的分布在个体间不具备独立性,存在地理、行政区划内或特定空间范围内的聚集性,导致传统回归模型的变量间相互独立的假设不成立,回归模型中的各参数估计值的有效性和统计特性均会受到影响^[18-19],因此尝试拟合多水平随机截距混合效应模型,以标准化后的 BMI 值作为因变量,以多个生活环境因素作为自变量,拟合空模型进行多水平模型选择。经过比较,发现社区-个体-观测三水平模型最优,空模型表达式:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + v_{0k} + \mu_{0jk}$$

其中 μ_{0jk} 表示第二水平随机效应;反映因变量 Y 即中心化 BMI 在第二水平间(个人/家庭)的变异, v_{0k} 表示第三水平(社区/省级)的随机效应,方差分别为 $\sigma_{\mu_0}^2$ 和 $\sigma_{v_0}^2$ 。

之后,将 3 个水平上的所有变量分别依次逐个纳入空模型中进行单变量分析,进行初步筛选,保留 $P > 0.1$ 的变量^[11]备选。在多水平分析前,考虑到变量间的相关性,模型拟合可能出现多重共线性问题,使用偏最小二乘回归(PLSR)拟合模型,表达式为 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$,其中因变量 Y 为中心化后的 BMI,自变量为 X_1, X_2, \dots, X_k ,为有统计学意义($P < 0.1$)以及有专家意见或相关文献支持的自变量,利用变量重要性投影(variety importance in projection, VIP)进一步筛选,保留对模型贡献度较大的变量^[20]。最后分城乡拟合三水平随机截距混合效应模型,确定敏感的环境因素。

以上数据清理、中心化和描述使用 R 4.0.3 软件,PLSR 拟合模型使用 SAS 9.4 软件,多水平模型

表 1 7~17 岁儿童青少年生活环境因素

变量类型	层 次		
	高水平(省市级)	低水平(个人、家庭)	观测水平
经济学特点	国内生产总值 ^a 、人均国内生产总值 ^a 、经济指数 ^b 、市场指数 ^b 、城市/农村人均可支配收入	家庭人均收入	
人口学特征	人口数 ^a 、儿童抚养比 ^a 、性别比 ^a 、城市人口率 ^a 、城市人口密度 ^a 、人口密度指数 ^a 、城市化指数 ^a	性别、城市/农村	年龄、身高、体重、营养状况
教育和健康素养	学校政策评分、教育指数 ^a 、父亲/母亲文盲率 ^a 、双亲文盲率 ^a	母亲/孩子文化程度、电视影响程度、家庭影响程度、家长对孩子看电视广告/内容/时长的管理、课余体育活动、希望的孩子运动量、个人体重认知	
饮食和行为		学校每周活动次数、身体活动水平	过去 3 个月吃西餐次数、每日总能量摄入、脂肪供能比、每日钠摄入量、每日卧床时间
交通	货运/客运能力 ^a 、城市公交覆盖率 ^a 、社区道路类型、交通指数 ^b 、是否有公交站/火车站	家庭是否拥有自行车及汽车	
医疗卫生	每千人医师数量、医疗机构距离/营业时间/床位/医生数量、医疗质量指数、环境卫生清洁指数 ^a		
设施及周边	社区到大型市场、自由市场、商场、超市、健身房的距离;公园所在位置、市场开放天数		
生活条件	公共厕所覆盖率 ^a 、人均道路面积 ^a 、人均绿化面积 ^a 、城市/农村自来水覆盖率 ^a 、电视覆盖率 ^a 、房屋指数、多样化指数 ^a 、社会服务指数 ^a 、现代化指数 ^a	饮用水来源、水源地、厕所类型、家居房间数、是否拥有彩电/电话、家庭彩电数、住房面积、家用燃料种类、电力的可获得性每天可用小时数/每周断电天数	
工业	软饮料生产量 ^b 、奶类生产量 ^b 、食品工业发展水平 ^b 、总电力耗量 ^a		

注:^a来源于《中国统计年鉴》;^b来源于《食品工业年鉴》;^c来源于《中国卫生统计年鉴》;其余来源于中国健康与营养调查 2000、2006、2011、2015 年统计数据

使用 Stata 15.1 软件的 GLLAMM 模块^[21]实现。

结 果

1. 基本情况:共纳入 15 个省(自治区、直辖市) 370 个社区内 6 632 人(男性 52.41%,女性 47.59%),其中 2000 年 2 249 人(男性 53.13%,女性 46.87%),2006 年 1 138 人(男性 52.99%,女性 47.01%),2011 年 1 416 人(男性 50.71%,女性 49.29%),2015 年 1 829 人(男性 52.50%,女性 47.50%)。7~、11~、15~17 岁分别占 38.67%、31.27% 和 30.06%。城市人口占 30.89%,农村人口占 69.11%。排除 6 名 BMI 为异常值的调查对象,最终纳入分析 6 626 人。

2. 空模型拟合:基于该数据的嵌套结构,因变量为连续中心化后的 BMI,故采用多水平随机截距混合效应模型,首先拟合不添加任何自变量的三水平空模型,选择社区-个体-观测三水平模型,空模型的拟合结果见表 2,固定部分截距 z 值为 4.17,随机部分 3 个水平的 z 值分别为 48.34、13.78、0.56,对

数似然估计值=-17 034.68,随机效应似然比检验 $\chi^2=483.06, P<0.001$,有统计学意义,社区分层组内相关系数(intern-class correlation coefficient, ICC)=9.97%,个人和社区水平总 ICC=39.38%。

表 2 7~17 岁儿童青少年 BMI 三水平随机截距混合效应模型

变量	参数	估计值(95%CI)	s_e	z 值	P 值	ICC 值 (%)
固定效应(截距)		6.51(6.03~7.02)	0.25	4.17	<0.001	
随机效应						
水平 3	$\sigma_{\mu_0}^2$	1.07(0.84~1.36)	0.13	0.56	>0.100	39.38
水平 2	$\sigma_{\mu_0}^2$	3.16(2.68~3.72)	0.26	13.78	<0.001	9.97
水平 1				48.34	<0.001	

注:ICC 为组内相关系数

3. 单变量分析及变量筛选:将变量逐个纳入三水平空模型中进行单因素分析,在排除掉单因素分析 $P>0.1$ 的变量后,将各个水平变量进行 PLSR 分析,排除存在明显共线性的变量,最后纳入 31 个连续变量、25 个分类变量($P<0.1$),综合考量上述变量

的β值、P值、PLSR的变量重要性评分VIP以及专家意见或相关文献支持。将上述变量排列和提取,最终有15个连续变量和10个分类变量被纳入三水平线性随机截距混合效应模型。

4. 三水平随机截距混合效应模型分析:将所选变量纳入三水平随机截距混合效应模型(表3),由于我国城乡的环境因素差异较大,故对城乡进行分别建模,结果显示,城市儿童青少年中,城市化指数(β=-0.05,95%CI:-0.09~-0.01,P<0.05)、公园位置在本市另一居委会(β=-0.88,95%CI:-1.72~-0.04,P<0.05)、年龄15~17岁(β=-1.04,95%CI:-1.78~-0.30,P<0.05)与BMI值呈负相关,社区到最近健身房的距离(β=0.12,95%CI:0.02~0.22,P<0.05)、家庭彩电数(β=0.50,95%CI:0.08~0.92,P<0.05)、家长每周3~4次提示电视内容虚构的频率(β=1.85,95%CI:0.70~3.00,P<0.05)与BMI值呈正相关;而农村儿童青少年中,城市化指数(β=-0.04,95%CI:-0.07~-0.01,P<0.05);农村人均收入(β=-7.29e⁻⁴,95%CI:-1.00e⁻³~-6.77e⁻⁵,P<0.05)、家长规定看电视的频率≥5次/周(β=-1.29,95%CI:-2.36~-0.21,P<0.05)、脂肪供能比(β=-0.03,95%CI:-0.06~-1.00e⁻³,P<0.05)与其BMI值呈负相关,家长提示电视内容虚构的频率≥5次/周(β=3.01,95%CI:0.03~6.00,P<0.05)、调查时间推进到2015年(β=4.83,95%CI:1.96~7.69,P<0.001)呈正相关。城市儿童青少年多水平随机截距混合效应模型对数似然估计log likelihood=-1 357.37,农村模型则为-1 254.16,随机效应似然比检验结果显示,城市χ²=95.94(P<0.001),农村χ²=90.55(P<

表3 分城乡三水平随机截距混合效应模型变量分析

项目	城市	农村
固定效应		
人均GDP(元)	5.16e ⁻⁵ (-6.17e ⁻⁵ ~1.65e ⁻⁴)	7.11e ⁻⁵ (-3.60e ⁻⁵ ~1.78e ⁻⁴)
城市化指数	-0.05(-0.09~-0.01) ^a	-0.04(-0.07~-0.01) ^a
食品工业发展水平	5.00e ⁻³ (-0.01e ⁻³ ~0.02e ⁻³)	-1.00e ⁻³ (-0.01e ⁻³ ~0.01e ⁻³)
软饮料生产量	-2.00e ⁻³ (-6.00e ⁻³ ~2.00e ⁻³)	4.68e ⁻⁴ (-3.00e ⁻³ ~4.00e ⁻³)
电视影响程度	0.02(-0.30~0.35)	0.11(-0.24~0.48)
货运/客运能力	1.03e ⁻³ (-7.23e ⁻³ ~9.28e ⁻⁴)	1.73e ⁻⁴ (-2.050e ⁻³ ~3.657e ⁻⁴)
人均收入	-1.90e ⁻⁴ (-5.27e ⁻⁴ ~1.47e ⁻⁴)	-7.29e ⁻⁴ (-1.00e ⁻³ ~-6.77e ⁻⁵) ^a
儿童抚养比	-0.06(-0.18~0.07)	-0.07(-0.20~0.60)
总电力耗量	7.72e ⁻⁴ (-9.11e ⁻⁴ ~2.00e ⁻³)	1.13e ⁻⁴ (-7.88e ⁻⁴ ~1.00e ⁻³)
社区到最近健身房的距离	0.12(0.02~0.22) ^a	-0.04(-0.13~0.50)
社区到最近公园的距离	-0.01(-0.14~0.12)	0.02(-0.07~0.11)
公园所在位置		
在本村居委会(参照)	-	-
在本市另一居委会	-0.88(-1.72~-0.04) ^a	-0.71(-1.88~0.45)
在另一村/镇/市	-1.59(-3.63~0.45)	-0.69(-2.23~0.84)
家中彩电数	0.50(0.08~0.92) ^a	-0.08(-0.49~0.33)
家中是否有汽车		
否(参照)	-	-
是	-0.03(-0.82~0.88)	0.26(-0.55~1.07)
家长规定看电视的频率		
<1次/月(参照)	-	-
1~3次/月	-1.35(-2.75~0.04)	-0.25(-1.32~0.82)
1~2次/周	0.25(-0.72~1.21)	-0.04(-0.85~0.78)
3~4次/周	0.10(-0.86~1.06)	-0.35(-1.19~0.49)
≥5次/周	0.61(-0.57~1.59)	-1.29(-2.36~-0.21) ^a
给孩子购买电视广告食品频率		
<1次/月(参照)	-	-
1~3次/月	-0.54(-1.43~0.35)	0.25(-0.54~1.05)
1~2次/周	-0.55(-1.31~0.21)	0.37(-0.39~1.13)
≥3次/周	-0.66(-2.09~0.77)	0.92(-0.51~2.34)
家长提示电视内容不正确频率		
<1次/月(参照)	-	-
1~3次/月	-0.93(-2.06~0.19)	0.04(-0.92~0.10)
1~2次/周	-0.82(-1.82~0.17)	0.23(-0.62~1.08)
3~4次/周	-0.80(-1.95~0.35)	0.24(-0.89~1.38)
≥5次/周	-0.16(-2.42~2.10)	0.78(-1.37~2.94)
家长提示电视内容虚构的频率		
<1次/月(参照)	-	-
1~3次/月	0.80(-0.26~1.86)	0.24(-0.67~1.16)
1~2次/周	0.67(-0.27~1.61)	-0.05(-0.92~0.82)
3~4次/周	1.85(0.70~3.00) ^a	-0.60(-1.95~0.76)
≥5次/周	2.21(-0.50~4.92)	3.01(0.03~6.00) ^a
家用燃料种类		
煤(参照)	-	-
电	0.38(-0.92~1.68)	-0.06(-1.07~0.96)
液化气	0.21(-1.05~1.47)	0.42(-0.67~1.51)
天然气	0.36(-1.07~1.79)	1.07(-0.43~2.57)
木柴、柴草等	-1.59(-4.71~1.54)	-0.31(-1.60~0.99)
其他(木炭、煤油等)	0.87(-1.34~3.07)	-2.26(-5.18~0.67)
母亲文化程度		
小学及以下(参照)	-	-
初中	-0.36(-1.56~0.84)	0.42(-0.23~1.08)
高中及以上	-0.20(-1.41~1.02)	0.71(-0.20~1.63)
每日总能量摄入	2.72e ⁻⁴ (-2.05e ⁻⁴ ~7.48e ⁻⁴)	3.78e ⁻⁴ (-8.66e ⁻³ ~8.42e ⁻⁴)
脂肪供能比	0.01(-0.02~0.04)	-0.03(-0.06~-1.00e ⁻³) ^a
过去3个月吃西餐的次数	0.01(-0.05~0.07)	1.00e ⁻³ (-0.04~0.04)
调查年份		
2006(参照)	-	-
2011	0.86(-0.78~0.66)	0.58(-0.48~1.65) ^a
2015	1.30(-3.82~6.43)	4.83(1.96~7.69) ^a
年龄组(岁)		
7~(参照)	-	-
11~	-0.06(-0.78~0.66)	-0.56(-1.18~0.07)
15~17	-1.04(-1.78~-0.30) ^a	0.13(-0.53~0.78)
随机效应		
社区水平方差	0.71(0.20~2.53) ^a	2.25(0.72~6.97) ^a
个人水平方差	3.98(1.69~9.37) ^b	1.67(0.38~7.45) ^a
残差	6.38(3.86~10.57) ^b	5.56(3.54~8.75) ^b

注:括号外数据为回归系数,括号内数据为95%CI;模型1:城市儿童青少年三水平模型,似然比检验χ²=7.93,P<0.05;模型2:农村儿童青少年三水平模型,似然比检验χ²=7.49,P<0.05;^aP<0.05,^bP<0.01;模型对数似然比判断值分别为-1 357.37和-1 254.16;GDP:国内生产总值

0.001)。随机效应方差显示,城市和农村儿童青少年 BMI 值在社区层面方差分别占总方差的 6.45% 和 23.69%,个体层面方差分别占总方差的 35.90% 和 17.63%。

讨 论

本研究通过对 4 轮 CHNS 参与调查的儿童青少年数据进行分析,初步得到了一些相对敏感的环境因素。当入选变量观测值缺失 <50% 时,多水平模型基本可以耐受。结合之前使用多水平模型研究^[11-12]的经验看,模型的拟合较为稳定。由于变量数量较多,本研究对变量进行了单变量分析和 PLSR 进行了筛选以减少变量间相关性对模型造成的影响,另外,本研究对连续变量进行了中心化,目的是在回归分析中解决由于量纲不同、自身变异对模型拟合产生的影响,使模型更好地收敛。由于城乡区域造成的环境差异,对于儿童青少年 BMI 变化的影响因素不尽相同,因此本研究分别建立了城市和农村模型。对城市模型和农村模型进行比较发现,城市模型的个人水平方差较大,而农村模型则在社区水平方差较大,说明城市儿童青少年的个体和家庭间的差异相对较大,而社区层面的环境趋于一致;相反,农村儿童青少年社区间的差异较大,个体和家庭间的差异较小,这可能是由于不同地区农村的发展水平、基础设施建设等仍存在较大差异造成的。

城市 15~17 岁的儿童青少年组中年龄更小的群体 BMI 有所降低,这与郭春雷等^[12]的研究保持一致,这可能与儿童青少年的青春期生长发育的修正效应有关^[22];农村儿童青少年 2015 年时 BMI 水平显著高于之前几轮的调查,农村儿童青少年 BMI 水平可能正在随时间的推进而升高,城市和农村的城市化指数与儿童青少年 BMI 值呈负相关,王晓蕾等^[23]的研究显示上述因素可能会通过影响社区和家庭环境对儿童青少年 BMI 产生影响。省级变量维度较高,对儿童青少年 BMI 的影响效应较为复杂。

城市儿童青少年居住社区到健身房的距离和到公园的位置与其 BMI 值存在着一定的关系,由于健身活动场所在家庭周边的距离可能对儿童青少年外出活动造成了一定影响,在前往健身活动场所付出的时间长,这可能通过影响儿童青少年身体活动的意愿和便利程度间接地影响到 BMI 的变化。

对德国汉诺威儿童的一项研究发现父母文化程度较低的儿童接近绿地环境可能对其超重起到很小的保护作用^[24]。这些发现要求今后在考虑到儿童青少年体力活动的程度和地点的情况下,对居住环境-超重关系进行更详细的分析。

在家庭影响因素方面,本研究发现城市家庭彩电数与儿童青少年 BMI 呈正相关,农村家长限制孩子看电视的频率 ≥ 5 次/周呈负相关,这些可能与儿童青少年的久坐行为有关,2014 年在我国中学生中开展的调查显示,15.1% 和 58.5% 的在学习日和周末视屏时间 > 2 h/d^[25],久坐和视屏时间的延长会导致儿童身体活动水平的下降,从而更易导致超重/肥胖的产生。刘阳和代冰^[26]的研究指出应从父、母亲 BMI、母亲文化程度、家庭人均月收入三方面加强对学龄期儿童青少年超重/肥胖的防控,史欣然等^[27]的研究也指出不同的家庭特征会影响儿童青少年的饮食习惯。Orehek 和 Ferrer^[10]的研究表明,同时针对青少年和其父母进行行为干预可能影响儿童青少年的 BMI,East 等^[28]的研究指出父母引导孩子促进体育活动可能是有益的。

本研究存在局限性。第一,对学校环境的变量纳入较少,有研究表明学校环境对学龄期儿童青少年 BMI 的影响也值得注意,Wafa 和 Ghazali^[29]针对马来西亚的学龄儿童学校环境研究发现学龄儿童 BMI 的变化与健康专业人员参与、课前简单锻炼、鼓励步行/骑自行车上下学、不出售高热量食品、在小吃店选择健康的食物和饮料、制定体育锻炼政策和培训教师有关。第二,本研究目的是筛选和识别一些可能造成儿童青少年 BMI 值改变的环境因素,属于探索性研究,对于确证联系和关联强度的评估能力受限,但可以提示今后的研究方向。

综上所述,本研究提示环境因素从多水平多方面间接地影响着儿童青少年 BMI 的变化,城市化指数和农村人均收入对儿童青少年 BMI 的升高有微弱的保护作用,社区层面需要关注儿童青少年生活环境周边的活动场所的设置,而在家庭中应当正确引导儿童青少年看电视行为。另外,由于本研究数据是基于家访得到的数据,对儿童青少年的学校环境变量纳入较少,今后研究应开展对在校学生的调查,了解学校环境对儿童青少年 BMI 的影响,并进一步探究环境因素如何影响儿童青少年的身体活动和久坐行为,从而通过社区、学校政策,家庭引导改善生活习惯,降低超重/肥胖的风险。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Singh AS, Mulder C, Twisk JWR, et al. Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature[J]. *Obes Rev*, 2008, 9(5): 474-488. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2008.00475.x.
- [2] Li Y, Yang X, Zhai F, et al. Childhood obesity and its health consequence in China[J]. *Obes Rev*, 2008, 9 Suppl 1: 82-86. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2007.00444.x.
- [3] 王烁, 董彦会, 王政和, 等. 1985-2014 年中国 7~18 岁学生超重/肥胖流行趋势[J]. *中华预防医学杂志*, 2017, 51(4): 300-305. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.04.005. Wang S, Dong YH, Wang ZH, et al. Trends in overweight and obesity among Chinese children of 7-18 years old during 1985-2014[J]. *Chin J Prev Med*, 2017, 51(4): 300-305. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2017.04.005.
- [4] Wang H, Xue H, Du S, et al. Time trends and factors in body mass index and obesity among children in China: 1997-2011[J]. *Int J Obes*, 2017, 41(6): 964-970. DOI: 10.1038/ijo.2017.53.
- [5] Loos RJE, Rankinen T. Gene-diet interactions on body weight changes[J]. *J Am Diet Assoc*, 2005, 105(5 Suppl 1): S29-34. DOI: 10.1016/j.jada.2005.02.015.
- [6] Bhawra J, Cooke MJ, Guo YL, et al. The association of household food security, household characteristics and school environment with obesity status among off-reserve First Nations and Métis children and youth in Canada: results from the 2012 Aboriginal Peoples Survey [J]. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*, 2017, 37(3): 77-86. DOI: 10.24095/hpcdp.37.3.03.
- [7] Gortmaker SL, Swinburn BA, Levy D, et al. Changing the future of obesity: science, policy, and action[J]. *Lancet*, 2011, 378(9793): 838-847. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)60815-5.
- [8] 马冠生, 胡小琪, 李艳平, 等. 影响我国四城市儿童青少年肥胖的环境和行为因素[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2002, 10(3): 114-116. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6194.2002.03.008. Ma GS, Hu XQ, Li YP, et al. Environmental and behavioral factors leading to childhood obesity in four cities of China [J]. *Chin J Prev Contr Chron Dis*, 2002, 10(3): 114-116. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6194.2002.03.008.
- [9] Strauss WJ, Nagaraja J, Landgraf AJ, et al. The longitudinal relationship between community programmes and policies to prevent childhood obesity and BMI in children: the Healthy Communities Study[J]. *Pediatr Obesity*, 2018, 13: 82-92. DOI: 10.1111/ijpo.12266.
- [10] Orehek E, Ferrer R. Parent instrumentality for adolescent eating and activity[J]. *Ann Behav Med*, 2019, 53(7): 652-664. DOI: 10.1093/abm/kay074.
- [11] Guo CL, Zhang B, Wang HJ, et al. A Scan of obesogenic environments and a spatial inference of obesity prevalence in Chinese children and adolescents: based on the Chinese Health and Nutrition Survey 2011 Data[J]. *Biomed Environ Sci*, 2018, 31(10): 729-739. DOI: 10.3967/bes2018.098.
- [12] 郭春雷, 王柳森, 王志宏, 等. 膳食环境因素对儿童青少年肥胖影响的多水平混合效应模型研究[J]. *卫生研究*, 2019, 48(2): 249-258. DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2019.02.010. Guo CL, Wang LS, Wang ZH, et al. Multi-level mixed effect model study on the association between dietary environmental risk factors and obesity among Chinese children and adolescents[J]. *J Hyg Res*, 2019, 48(2): 249-258. DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2019.02.010.
- [13] 翟凤英. 中国居民膳食结构与营养状况变迁的追踪研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008. Zhai FY. A follow-up study on the changes of dietary structure and nutritional status of Chinese residents[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [14] Popkin BM, Du SF, Zhai FY, et al. Cohort Profile: The China Health and Nutrition Survey—monitoring and understanding socio-economic and health change in China, 1989-2011[J]. *Int J Epidemiol*, 2010, 39(6): 1435-1440. DOI: 10.1093/ije/dyp322.
- [15] 中国营养学会. 中国居民膳食指南 2016[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016. Chinese Nutrition Society. Dietary Guidelines for Chinese Residents 2016[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.
- [16] Jones-Smith JC, Popkin BM. Understanding community context and adult health changes in China: development of an urbanicity scale[J]. *Soc Sci Med*, 2010, 71(8): 1436-1446. DOI: 10.1016/j.socscimed.2010.07.027.
- [17] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京: 科学出版社, 2014. Chinese Nutrition Society. Chinese dietary reference intakes[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [18] 杨珉, 李晓松. 医学和公共卫生研究常用多水平统计模型[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2007. Yang M, Li XS. Multilevel statistical models used in medical and public health research[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2007.
- [19] 王济川, 谢海义, 姜宝法. 多层统计分析模型——方法与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008. Wang JC, Xie HY, Jiang BF. Multilevel models: methods and applications[M]. Beijing: Higher Education Press, 2008.
- [20] 冯国双, 罗凤基. 医学案例统计分析与 SAS 应用[M]. 2 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2015. Feng GS, Luo FJ. Statistical analysis of medical cases and application of SAS[M]. 2nd. Beijing: Peking University Medical Press, 2015.
- [21] Rabe-Hesketh S, Skrondal A, Pickles A. Maximum likelihood estimation of limited and discrete dependent variable models with nested random effects[J]. *J Econometr*, 2005, 128(2): 301-323. DOI: 10.1016/j.jeconom.2004.08.017.
- [22] 陈芳芳, 米杰, 王天有, 等. 北京市儿童青少年青春期发育与肥胖相关关系的研究[J]. *中国循证儿科杂志*, 2007, 2(1): 14-20. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2007.01.003. Chen FF, Mi J, Wang TY, et al. Relationship between precocious puberty and obese status in Beijing children and adolescents[J]. *Chin J Evid Based Pediatr*, 2007, 2(1): 14-20. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2007.01.003.
- [23] 王晓蕾, 王惠君, 苏畅. 中国九省城市化水平对儿童青少年超重肥胖影响的多水平研究[J]. *卫生研究*, 2016, 45(6): 888-896. DOI: CNKI: SUN: WSYJ.0.2016-06-005. Wang XL, Wang HJ, Su C. Study on the multilevel and longitudinal impacts of urbanization levels on overweight/obesity among Chinese children and adolescents in nine provinces[J]. *J Hyg Res*, 2016, 45(6): 888-896. DOI: CNKI: SUN: WSYJ.0.2016-06-005.
- [24] Zhou YS, Buck C, Maier W, et al. Built environment and childhood weight status: a multi-level study using population-based data in the city of Hannover, Germany [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(8): 2694. DOI: 10.3390/ijerph17082694.
- [25] 杜松明, 马冠生. 《中国学龄儿童膳食指南(2016)》修订专家委员会. 《中国学龄儿童膳食指南(2016)》及解读[J]. *营养学报*, 2017, 39(1): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.0512-7955.2017.01.001. Du SM, Ma GS, Expert Committee on the Revision of Dietary Guidelines for School-Age Children in China (2016). Dietary guidelines for school-age children in China (2016) and interpretation[J]. *Acta Nutrim Sin*, 2017, 39(1): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.0512-7955.2017.01.001.
- [26] 刘阳, 代冰. 家庭相关因素与学龄期儿童青少年超重/肥胖的相关性[J]. *中国卫生工程学*, 2019, 18(5): 716-717. DOI: CNKI: SUN: ZGWX.0.2019-05-026. Liu Y, Dai B. Correlation between family related factors and overweight and obesity in school-age children and adolescents[J]. *Chin J Public Health Eng*, 2019, 18(5): 716-717. DOI: CNKI: SUN: ZGWX.0.2019-05-026.
- [27] 史欣然, 陈天娇, 马军. 儿童青少年饮食行为模式的家庭影响因素分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2020, 41(8): 1291-1295. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190909-00658. Shi XR, Chen TJ, Ma J. Analysis of family influencing factors of dietary behavior pattern of children and adolescents[J]. *Chin J Epidemiol*, 2020, 41(8): 1291-1295. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190909-00658.
- [28] East P, Delker E, Blanco E, et al. Home and family environment related to development of obesity: A 21-year longitudinal study[J]. *Childhood Obesity*, 2019, 15(3): 156-166. DOI: 10.1089/chi.2018.0222.
- [29] Wafa SW, Ghazalli R. Association between the school environment and children's body mass index in Terengganu: A cross sectional study[J]. *PLoS One*, 2020, 15(4): e0232000. DOI: 10.1371/journal.pone.0232000.