

农村学龄儿童膳食多样性与营养状况关联性

陶畅¹ 赵启然^{1,2} 李军^{1,3*}

- (1. 中国农业大学 经济管理学院,北京 100083;
2. 中国农业大学 全球食物经济与政策研究院,北京 100083;
3. 中国农业大学 国家农业农村发展研究院,北京 100083)

摘要 为了解中国农村学龄儿童膳食多样性与以年龄别体质指数 Z 评分衡量的多种营养不良形式之间的关系,利用中国 5 省(市、自治区)12 508 名农村学生的微观截面数据,建立多元线性回归模型和 Probit 模型进行系数估计;以性别、年龄、膳食多样性评分(Dietary diversity score, DDS)水平划分亚组分析组间差异性,并探究用于构建 DDS 的具体食物组对营养状况的可能影响。结果表明:1)提高农村学龄儿童膳食多样性水平能够降低其营养不良风险,此影响具有组间异质性;提高低 DDS 水平亚组的膳食多样性,有助于降低营养不足率;提高中高 DDS 水平学生的膳食多样性,有助于降低超重肥胖风险;2)提高膳食多样性对降低超重肥胖风险的作用在女生和 9~11 岁学生中表现更为显著。据此,建议在进一步推进营养改善计划时,加强对学生照料人和营养配餐单位的营养健康教育,丰富学生膳食大类和细类的多样性水平;并在制定学龄儿童营养改善政策时,更多关注女孩和学龄初期儿童。

关键词 学龄儿童; 膳食多样性; 年龄别体质指数 Z 评分; 双重营养不良负担

中图分类号 F323.7 文章编号 1007-4333(2022)06-0290-11 文献标志码 A

Correlation between the dietary diversity and nutritional status of rural school-age children

TAO Chang¹, ZHAO Qiran^{1,2}, LI Jun^{1,3*}

- (1. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Academy of Global Food Economics and Policy, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
3. National Agricultural and Rural Development Research Institute, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract To investigate the correlation between the dietary diversity of rural school-age children and multiple forms of malnutrition assessed by body mass index-for-age z-score, a cross-section data on 12 508 rural students from five Chinese provinces was used and the multiple linear regression and probit models were applied. The heterogeneous effects of gender, age and dietary diversity score (DDS) levels were estimated, and the food groups (constituting DDS) influence pathways were explored. The results show that: 1) Increasing the dietary diversity of rural school-age children can reduce the risk of malnutrition, and this effect is heterogeneous among subgroups. In specifically, for subgroups with the lowest- DDS, increasing the dietary diversity can help reduce the rate of malnutrition. For subgroups with medium- and high- DDS, it can help reduce the risks of overweight and obesity. 2) The effect of increasing dietary diversity on reducing the risk of overweight and obesity is more significant in girls and 9 to 11 years old groups. In conclusion, to promote nutrition improvement plans, the nutrition and health education for student caregivers and nutrition catering units should be strengthened, since the diversity of students' dietary categories and subcategories should be enriched. Besides, more attention should be paid to girls and early school-aged children when formulating policies to improve nutrition for school-age children.

Keywords school-age children; dietary diversity; body mass index-for-age z-score; the double burden of malnutrition.

收稿日期: 2021-09-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(71973136,71603261);中国农业大学基本科研业务费

第一作者: 陶畅,博士研究生,E-mail:taochangcau@126.com

通讯作者: 李军,教授,主要从事农业经济理论与政策研究,E-mail:sirlijun@126.com

双重营养不良负担(Double burden of malnutrition, DNM),即营养不足与超重肥胖并存^[1],对个体现在和未来的发展都有不良影响。全球5岁以下儿童死亡中,有45%与营养不足有关^①;儿童青少年时期的超重肥胖可能引发高血压、动脉硬化早期症状^[2],并终生加剧罹患2型糖尿病和肥胖症的风险^[3];若儿童早期营养不足,随后超重,会因为体内平衡能力下降而增加罹患非传染性疾病的风险^[1]。营养不良也会加剧社会经济负担^[4]。据《中国儿童肥胖报告》^[5]估算,中国因肥胖所导致的间接损失,在2000—2025年,将达到国民生产总值(GNP)的3.6%~8.7%。

目前,双重营养不良负担也已成为中国农村儿童青少年面临的重要公共卫生问题。近年来,随着健康扶贫等系列民生工程的推进,中国农村6~17岁儿童青少年生长迟缓率已降至2.2%^②,但超重肥胖问题日益严峻。据《中国儿童肥胖报告》^[5]显示,2000—2014年,农村地区7~18岁男女生超重肥胖检出率分别由5.9%和4.6%增至20.3%和12.8%,增速加快,并呈现全国流行态势。虽然中国农村儿童营养不足和超重肥胖比例分别低于非洲等欠发达地区、欧美国家,但由于我国人口基数庞大,因此数量惊人。2019年,中国人口抽样调查数据显示47.7%的6~17岁人口来自农村,约为8 614.9万人^[6];其中,营养不足人数约189.5万人,超重肥胖人数超过1 600万人^③。

导致儿童营养不良的因素有很多。营养不足(消瘦、发育迟缓和低体重)通常与贫困、食物不安全及传染性疾病有关^[1],而超重肥胖则与富裕、膳食丰富、缺乏锻炼、电子产品屏幕时间过长^[5,7]以及遗传因素^[8]有关。其中,膳食与个体营养健康状况密切相关,膳食多样性是个体膳食营养充足性的代表^[9],膳食多样性评分(Dietary diversity score, DDS)与儿童营养充足状况存在正相关关系^[10],并广泛应用于儿童营养健康状况研究,如微量营养素缺乏^[11]、发育迟缓^[12]、体重不足^[13]、贫血^[14]、超重肥胖^[15]和心理健康^[16]等。已有研究表明,膳食多样性低与儿童发育迟缓和营养不足有关^[12,17];而膳食多样性与

超重肥胖风险关系的研究结论并不统一^[11,15,18]。目前,对中国儿童营养不足的研究多集中于学龄前儿童,影响因素主要涉及饮食习惯、膳食模式、喂养方式、出生体重和多种社会经济因素等^[14,19-21]。对学龄儿童肥胖影响因素的研究涉及遗传、膳食模式以及其他多种环境和行为因素等^[5,22-24]。相对而言,缺乏对中国农村学龄儿童膳食多样性与双重营养不良现象之间关系的实证分析。

事实上,中国政府自2011年就开始实施“农村义务教育学生营养改善计划”,并在《“健康中国”2030规划纲要》和《国民营养计划(2017—2030)》等文件中高度重视农村儿童青少年营养健康状况改善。平衡膳食是保障人体健康的物质基础,食物多样是平衡膳食的基本原则^[25];要改善营养不良状况,优化膳食结构、提高膳食多样性是必要措施。一是膳食多样性与微量元素充足性指标存在正相关关系^[11],丰富膳食可以改善儿童营养不足状况。二是膳食多样性的增加往往伴随着更多的膳食纤维、维生素和矿物质,并对主食类食物形成替代,可以降低超重肥胖风险。以学校为基础的干预实验数据普遍表明,提高膳食多样性,特别是增加水果和蔬菜摄入,有助于减少大多数学生群体的超重肥胖^[26-27]。本研究旨在探究膳食多样性与超重肥胖和营养不足双重营养不良形式的关系,并分析学生亚组间差异和可能的食物组作用路径。研究成果将为预防、控制和干预儿童青少年营养不足和超重肥胖的政策和措施制定,提供实证依据。

1 变量选择与实证模型

1.1 关键变量选取

1.1.1 营养状况衡量指标

年龄别体质指数Z评分(Body mass index-for-age z-score, BMI-Z)是研究中国儿童青少年营养状况时常用的衡量指标^[14,24,28],可使用世界卫生组织(World Health Organization, WHO) AnthroPlus软件计算^④。该软件在导入儿童月龄、性别、身高、体重数据后,基于内置的Box-Cox幂指数(Box-Cox

① 世界卫生组织网站:<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>

② 2020年12月23日国家卫生健康委新闻:<http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202012/bc4379ddf4324e7f86f05d31cc1c4982.shtml>

③ 根据《中国人口与就业统计年鉴—2020》中全国总人口数、全国和乡村分年龄、性别人口数,计算得到乡村6~17岁和7~18岁儿童分性别人口数;进而基于营养不足、超重肥胖比例估算得到农村地区营养不良儿童人口数。

④ WHO AnthroPlus软件下载地址:<https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/application-tools>

power exponential, BCPE) 和最小均方 (Least mean square, LMS) 算法, 构建 BMI-Z 等营养状况变量, 有助于检测 0~19 岁个体和人群的营养状况 (体重不足、超重和肥胖等)。对于 5~19 岁的儿童^①, BMI-Z = +1 standard error (sd) 与 19 岁成人 BMI = 25 kg/m² (超重临界值) 一致, +2 sd 与 19 岁时成人 BMI = 30 kg/m² (肥胖临界值) 一致; 而 BMI-Z 对应的消瘦临界值为 -2 sd。本研究参考 WHO 标准计算学生 BMI-Z, 并将样本学生营养不良指标界定为:

1) 学生 BMI-Z 属于超重肥胖 (简称“超重肥胖”) = 1, 若 BMI-Z > +1 sd; = 0, 若 BMI-Z > -2 sd 但 < +1 sd;

2) 学生 BMI-Z 属于超重 (简称“超重”) = 1, 若 BMI-Z > +1 sd 但 < +2 sd; = 0, 若 BMI-Z > -2 sd 但 < +1 sd;

3) 学生 BMI-Z 属于肥胖 (简称“肥胖”) = 1, 若 BMI-Z > +2 sd; = 0, 若 BMI-Z > -2 sd 但 < +1 sd;

4) 学生 BMI-Z 属于营养不足 (简称“营养不足”) = 1, 若 BMI-Z < -2 sd; = 0, 若 BMI-Z > -2 sd 但 < +1 sd。

1.1.2 膳食多样性指标

DDS 参考联合国粮食及农业组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO) 膳食多样性测算指南的计算方法^[9], 24 小时膳食回顾表包括谷物、薯类、蔬菜、水果、大豆坚果、肉、水产品、蛋、奶及奶制品类共 9 组 33 细类食物。在回顾期内的早、中、晚或加餐时, 若学生食用过食物组中的任意食物, 则该食物组取值 1; 否则取值 0。对食物组得分加总得到 DDS (取值 0~9)。

1.1.3 关键控制变量指标选取

关键控制变量即其他可能影响学生营养状况结果的因素。参考已有研究中的营养不良影响因素及当前数据获取状况, 将学生的性别、年龄、兄弟姐妹数量, 学生父母的年龄、受教育年限、体质指数, 以及学生家庭资产状况共 10 个变量纳入实证分析。

1.2 实证模型

根据被解释变量特点, 分别建立多元线性回归模型和二值选择模型进行回归分析。学生 BMI-Z 与 DDS 及其他影响因素的多元线性回归模型表示为:

$$\text{BMI-Z}_i = \alpha + \beta \text{DDS}_i + \gamma \text{Control-X}_i + \epsilon_i \quad (1)$$

式中: BMI-Z_i 为学生 *i* 的 BMI-Z 评分; DDS_i 为学生 *i* 的 DDS; 向量 **Control-X**_i 为其他可能影响学生 BMI-Z 评分的影响因素 (个人、家庭特征变量)。考虑到本研究样本分散在 5 个饮食文化差异较大区域, 同区域的学生饮食和体质状况可能存在一些共性影响因素, 因此, 进一步在模型中加入区域变量, 即

$$\text{BMI-Z}_{pi} = \alpha + \beta \text{DDS}_{pi} + \gamma \text{Control-X}_{pi} + \text{PRid}_p + \epsilon_{pi} \quad (2)$$

式中: PRid_p 为学生所属调研省 (市、区) *p*, 其他变量解释与方程 (1) 相同。使用最小二乘法 (OLS) 对方程 (2) 进行估计。

学生营养不良指标 (超重肥胖、肥胖、营养不足) 均为二值变量, 通常采用 Probit 模型或 Logit 模型, 二者的边际效应、准 *R*² 及正确预测比率差异不大、基本等价, 在此选择使用 Probit 模型。学生营养不良指标与 DDS 及其它影响因素的多元 Probit 模型表示为:

$$P(\text{Mal}_{jpi} = 1 | \mathbf{X}_{pi}) = F(\mathbf{X}_{pi}, \boldsymbol{\beta}) = \int_{-\infty}^{\mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}} \Phi(t) dt \quad (3)$$

式中: Mal_{jpi} 为 *p* 地区学生 *i* 的营养不良指标 *j* (超重肥胖、肥胖、营养不足), 向量 **X**_{pi} 包括 DDS、**Control-X** 和 Prid, Φ 为标准正态分布的累计概率密度函数, $\boldsymbol{\beta}$ 为待估计参数向量。使用最大似然法 (MLE) 对方程 (3) 进行估计。DDS 及其他影响因素变动对营养不良指标的概率期望值的影响, 即边际效应, 可使用微分链式法则求解:

$$\frac{\partial P(\text{Mal}_j = 1 | \mathbf{X})}{\partial X_k} = \frac{\partial P(\text{Mal}_j = 1 | \mathbf{X})}{\partial (\mathbf{X}'_k \boldsymbol{\beta})} \cdot \frac{\partial (\mathbf{X}'_k \boldsymbol{\beta})}{\partial X_k} = \phi(\mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}) \cdot \beta_k \quad (4)$$

在亚组间异质性分析部分, 基于统计分析结果, 进一步回归分析按性别、年龄、不同 DDS 水平划分的亚组间异质性。随后, 基于构建 DDS 的食物组进行食物路径分析, 探讨具体食物组与营养状况的相关关系。

$$\text{BMI-Z}_{pi} = \alpha + \beta \text{Foodgroup}_{fpi} + \gamma \text{Control-X}_{pi} + \text{PRid}_p + \epsilon_{pi} \quad (5)$$

① WHO Body Mass Index-for-age z-score 截断点: <https://www.who.int/toolkits/growth-reference-data-for-5to19-years>.

$$P(\text{Mal}_{fpi} = 1 | \mathbf{X}_{fpi}, \boldsymbol{\beta}) = \varphi(\mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}) \equiv \int_{-\infty}^{\mathbf{X}'\boldsymbol{\beta}} \Phi(t) dt \quad (6)$$

式中:Foodgroups_{fpi}即*p*地区学生*i*对食物组*f*的消费状况,方程(6)中的向量 \mathbf{X} 包括Foodgroup_f、Control- \mathbf{X} 和Prid。

采用Stata15(SE)软件进行数据分析。统计学分析使用独立样本的*t*检验、方差分析进行组间比较;统计学检验均为双侧概率检验,检验标准为 $\alpha=0.05$ 。OLS回归模型汇报 R^2 ,Probit模型回归结果汇报 Chi^2 。

2 数据与方法

2.1 数据来源

2018—2019年,采用多阶段分层整群抽样方法,在江苏、安徽、河南、云南和内蒙古的153所中学和小学,随机抽取4和7年級的班级各2个,5和8年級的班级各1个,班内学生全部作为调查对象。1~3年級学生受认知水平限制无法独立完成问卷,9年級学生处于中考应试状态,不便于追踪调研,因此未纳入抽样范围。为研究更多类型农村学生,安徽、河南和云南样本学校位于农村地区,江苏和内蒙古样本学校位于城区;其中,江苏、安徽、河南和云南样本均为农村户籍学生,内蒙古样本中农村户籍学生占比约50%。所有参与调查的学生和学生照料人,以及学校教师和校长都对调查目的有充分了解,并同意参与此次调研。

2.2 调研方法

1)身高和体重测量。由经统一培训的调研员使用标准仪器现场测量学生的身高和体重。2)问卷调查。问卷参考《中国居民膳食指南(2016)》^[25]及中国健康与营养调查问卷(CHNS 2011)^①相关内容设计,内容涵盖:个人基本信息、家庭情况表和膳食回顾表。为减少记忆损失,膳食回顾表由学生在调研员讲解指导下,勾选过去连续24小时内食用过的食物;受调研对象年龄及能力限制,不宜采用24小时以上的回顾期,也无法调研食物食用数量。家庭情况表由学生照料人填写,班主任协助回收。

2.3 样本分布情况

2018—2019年共调查16 238名学生;其中,

13 871名为农村户籍学生。农村样本中,完成身高体重测量和膳食回顾表填写,性别、年龄信息完整,且学生问卷和家庭问卷完成率大于75%的为有效样本;最终获得有效样本12 507个,有效率90.17%。样本中男6 468份(51.72%),女6 039份(48.28%),性别分布均衡;学生平均年龄11.37±1.02岁,最小9岁,最大15岁。上述有效样本均纳入统计分析环节。但有效样本中仍有个别学生(主要为由替代抚养者照料的学生)的个人及家庭经济特征信息填写不完整,如父母的受教育年限、体重信息未填写,此部分样本未纳入实证分析环节。最终,全部关键变量及控制变量信息填写完整的可用于回归分析的样本11 847个,占有有效样本的94.72%;男女占比分别为51.68%和48.32%。

2.4 统计分析结果

2.4.1 学生营养健康状况分布

如表1所示,样本平均BMI-Z为0.2±1.26 sd。超重肥胖发生率25.93%,明显高于全国儿童青少年平均水平(19%)。这可能是因为当前样本多分布于“儿童青少年超重肥胖率流行水平分类表”^②的中、高水平地区;高、中、低流行水平地区的样本分别占比37.63%(江苏、内蒙古)、43.92%(安徽、河南)和18.45%(云南)。其中,男生超重肥胖问题更为突出,肥胖率是女生的2.80倍。全样本营养不足发生率仅3.29%,在男生和12~15岁学生亚组中表现更明显。

2.4.2 学生膳食多样性状况

样本平均DDS为7.38±1.96,高于已有研究基于10年前横截面数据对中国多地区儿童的调查^[11,13,29],已处于较高水平。9个食物组,除水产品外,均有超过75%(大多数)的学生消费。其中,低DDS水平($\text{DDS} \leq 3$)学生的膳食构成(由至少75%的学生消费的食物组构成)以谷物类和蔬菜类为主;中DDS水平($4 \leq \text{DDS} \leq 6$)学生的膳食主要增加了肉类,高DDS水平($7 \leq \text{DDS} \leq 9$)学生的膳食主要增加了水果类、大豆坚果类、薯类、奶及奶制品类和蛋类。

其他控制变量的统计特征见表2。

① CHNS问卷下载链接:<https://www.cpc.unc.edu/projects/china/data/questionnaires>

② 儿童青少年肥胖防控实施方案:<http://www.nhc.gov.cn/jkj/s7916/202010/9357ae09af9f4ba8850dacac5093e250.shtml>

表1 样本学生营养健康状况分布情况表

Table 1 Distribution of nutritional and health status of sample students

组别 Group	样本 Sample	BMI-Z	营养不良群体占比/% Percentage of malnutrition				
			超重肥胖 Overweight obesity	超重 Overweight	肥胖 Obesity	营养不足 Undernutrition	
全样本 Total sample	12 507	0.20±1.26 sd	25.93	16.85	9.08	3.29	
性别 Gender	女生 Girls	6 039	0.03±1.14 sd	19.26	14.56	4.70	3.11
	男生 Boys	6 468	0.35±1.34 sd	32.17	19.00	13.17	3.45
	P值 P value		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
年龄 Age	9~11岁 9-11 years old	7 593	0.29±1.25 sd	27.85	17.20	10.65	2.50
	12~15岁 12-15 years old	4 914	0.05±1.25 sd	22.97	16.32	6.65	4.50
	P值 P value		<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01

表2 样本基本统计特征

Table 2 Basic statistical characteristics of the sample

特征变量 Variable	均值 Mean	标准差 Standard Error	特征变量 Variable	均值 Mean	标准差 Standard Error
性别 Gender	0.52	0.50	父亲受教育年限 Education years of father	9.22	2.88
年龄 Age	11.37	1.02	母亲受教育年限 Education years of mother	8.54	3.46
兄弟姐妹数量 Sibling number	1.11	0.69	父亲体质指数 Body mass index of father	23.05	4.35
父亲年龄 Age of father	39.37	5.44	母亲体质指数 Body mass index of mother	21.92	4.26
母亲年龄 Age of mother	37.43	5.21	家庭固定资产指数 The household durable asset index	0.00	1.23

注:学生性别为0—1变量,男生=1,女生=0。体质指数=体重/身高², (kg/m²)。

Note: Student gender is a binary variable, boy=1, girl=0. Body mass index (BMI)=weight/height², (kg/m²).

3 实证分析

3.1 全样本多元回归分析

表3是基于方程(2)和方程(3)的全样本估计结果。在控制了其他影响因素后,学生DDS与BMI-Z、超重肥胖风险存在负相关关系($P<0.05$),即提升学生DDS可能会降低其超重和肥胖风险。现有研究中,由于样本选取差异,关于膳食多样性与肥胖风险关系的结论并不一致^[18,30],以城市学生为研究对象的研究显示膳食多样性是儿童微量营养素的显著代表,但与肥胖并不相关^[11,29];以农村学生为研究对象的研究显示营养补贴类干预计划有助于改善

学生膳食多样性和营养不足状况^[14]。这可能是由于农村儿童的膳食充足性水平低于城市儿童,且该群体正处于身体快速发育期,能量代谢速度较快,膳食多样性提高更多地起到均衡营养而非能量堆积的作用,将农村学生的BMI-Z从偏向超重肥胖拉回正常分布,可以在一定程度上降低超重和肥胖的发生。

其他影响因素中,男生超重肥胖、肥胖和营养不足的风险均高于女生,这可能与性别间生理代谢差异有关。年龄越小的学生,面临营养不足风险越低,但超重肥胖风险越高,超重肥胖流行性有低龄化趋势。有兄弟姐妹的学生的超重和肥胖风险较低,且并不会增加营养不足风险。父母年龄对孩子的健康

状况并无显著影响。父亲教育程度高会增加孩子超重和肥胖的风险,而母亲教育程度对孩子健康状况的影响并不显著,与已有研究存在差异^[31];这可能是因为当前样本有 57.3% 的学生处于留守或流动^①状态。父母外出务工虽然增加家庭收入,使孩子营

养食物的摄入增加,但由于工作限制,无法及时约束孩子饮食行为。父母 BMI 与孩子超重和肥胖风险均存在正相关关系($P < 0.01$),与孩子营养不良风险存在负相关关系($P < 0.05$);超重和肥胖的遗传风险^[5],尤其是父母肥胖的不良影响^[23]不容忽视。

表 3 全样本学生 DDS 与营养健康状况相关性多元回归分析

Table 3 Multivariate analysis of the correlation between DDS and nutrition outcomes for the overall sample

变量 Variables	BMI-Z BMI-Z	超重肥胖 Overweight obesity	肥胖 Obesity	营养不足 Undernutrition
膳食多样性得分 DDS	-0.022** (0.009)	-0.014** (0.007)	-0.012 (0.010)	0.010 (0.019)
性别(男=1;女=0) Gender (Boy=1; girl=0)	0.336*** (0.025)	0.429*** (0.028)	0.660*** (0.040)	0.123** (0.053)
年龄 Age	-0.109*** (0.017)	-0.071*** (0.016)	-0.142*** (0.024)	0.117*** (0.027)
兄弟姐妹数量 Sibling number	-0.080*** (0.017)	-0.083*** (0.019)	-0.138*** (0.027)	0.054 (0.040)
父亲年龄 Age of father	-0.005 (0.004)	0.000 (0.004)	0.005 (0.007)	0.011 (0.008)
母亲年龄 Age of mother	-0.002 (0.004)	-0.005 (0.004)	-0.002 (0.007)	-0.012 (0.008)
父亲受教育年限 Education years of father	0.008* (0.005)	0.013*** (0.005)	0.016** (0.007)	0.005 (0.010)
母亲受教育年限 Education years of mother	0.001 (0.004)	-0.002 (0.005)	0.007 (0.007)	-0.000 (0.010)
父亲体质指数 BMI of father	0.026*** (0.003)	0.026*** (0.004)	0.025*** (0.005)	-0.016*** (0.006)
母亲体质指数 BMI of mother	0.025*** (0.003)	0.021*** (0.004)	0.028*** (0.005)	-0.015** (0.006)
家庭固定资产指数 The household durable asset index	0.038*** (0.010)	0.031*** (0.011)	0.028* (0.016)	-0.023 (0.023)
常数项 Constant terms	0.775*** (0.259)	-0.693*** (0.240)	-1.086*** (0.364)	-2.811*** (0.496)
控制区域效应 Fixed region effects	是	是	是	是
观测值 Observations	11 847	11 482	9 452	8 715
R ² /Chi ²	0.081	488.4	491.7	103.7

注:括号内为稳健标准误。*** $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, * $P < 0.10$,下同。

Note: Robust standard errors in parentheses. *** $P < 0.01$, ** $P < 0.05$ and * $P < 0.10$. The same below.

① 留守儿童指父母双方外出务工、不满 16 周岁的未成年人;流动儿童指跟随父母共同生活在外务工工地,不满 16 周岁的未成年人。

3.2 亚组间多元回归分析

表4是亚组估计结果。DDS亚组间,低DDS组学生提高DDS时,会提高BMI-Z并降低营养不足风险($P < 0.01$)。从膳食构成来看,低DDS组学生膳食以谷物和蔬菜类为主,其膳食多样性提高首先会增加肉类消费,有益于改善学生的整体营养状况,尤其是降低营养不足风险。中高DDS组学生的DDS提高可以降低其BMI-Z($P < 0.01$)和超重肥胖风险($P < 0.05$)。中高DDS的学生膳食种类增加时,添加的食物多为水果类、大豆坚果类、奶及奶制品类等,有助于减少高脂肪高热量食物消费和降低肥胖风险。已有研究也表明,儿童青少年食用更多的水果和蔬菜类食物有助于减少超重和肥胖的发生^[26]。

性别亚组间,女生的高DDS与低BMI-Z、低超重肥胖风险($P < 0.01$)和低肥胖风险($P < 0.05$)显著相关,而男生组则观察不到显著相关关系。一是因为不同性别代谢特点不同;二是男女生对形体的

认知存在差异,在青春期阶段女生更关注食物对体重的影响。尽管从全样本估计结果来看,男生超重肥胖的风险更高,但仅提高膳食多样性可能无法有效降低男生群体的超重和肥胖风险。

年龄亚组间,9~11岁学生的高DDS与低BMI-Z($P < 0.01$)、低超重风险和低肥胖风险($P < 0.05$)显著相关;而12~15岁组则观察不到显著相关关系。尽管低龄儿童的超重和肥胖风险更高(可能因为中国家长偏爱“小胖墩”^[5]),但仍可通过提高膳食多样性来改善其健康状况;而对年龄略大的青少年,可能难以通过改善膳食这一单一渠道影响其健康结果的表现。

3.3 食物组消费与营养状况的多元回归分析

为进一步了解DDS变化对学生营养状况的可能影响路径,本研究基于方程(5)和(6)估计了中高DDS水平学生增加消费的食物种类对营养状况的影响。从表5可见,薯类消费与低BMI-Z、低超重风险和低肥胖风险显著相关($P < 0.05$)。薯类在中国

表4 不同DDS水平、性别和年龄亚组间DDS与营养健康状况相关性的异质性分析

Table 4 Heterogeneity in the correlation between DDS and nutrition outcomes by dietary diversity tercile, gender, and age subgroups

分组 Subgroup	变量 Variable	膳食多样性评分 DDS	观测值 Observation	R^2 / Chi^2	
亚组1: DDS Panel 1: DDS	BMI-Z	0.121*	593	0.125	
	BMI-Z	(0.062)			
	低 DDS 组 Lowest dietary diversity (DDS < 4)	超重肥胖 Overweight obesity	0.052 (0.064)	577	60.03
		肥胖 Obesity	0.067 (0.081)	472	52.1
		营养不足 Undernutrition	-0.345*** (0.113)	429	121.1
	亚组2: DDS Panel 2: DDS	BMI-Z	-0.032*** (0.009)	11 254	0.082
BMI-Z					
中高 DDS 组 Medium- and high- dietary diversity (DDS ≥ 4)		超重肥胖 Overweight obesity	-0.021** (0.008)	10 905	546.2
		肥胖 Obesity	-0.017 (0.013)	8 980	495.4
		营养不足 Undernutrition	0.027 (0.023)	8 286	107.2

表 4(续)

分组 Subgroup	变量 Variable	膳食多样性评分 DDS	观测值 Observation	R^2 / Chi^2	
亚组 2: 性别 Panel 2: Gender	BMI-Z	-0.019*	6 123	0.079	
	BMI-Z	(0.010)			
	男生 Boys	超重肥胖 Overweight obesity	-0.002 (0.009)	5 923	263.9
		肥胖 Obesity	-0.000 (0.012)	4 740	254.7
		营养不足 Undernutrition	0.051** (0.023)	4 110	77.42
		BMI-Z	-0.024** (0.012)	5 724	0.057
	女生 Girls	超重肥胖 Overweight obesity	-0.029*** (0.010)	5 559	132.7
		肥胖 Obesity	-0.033** (0.015)	4 712	118.8
		营养不足 Undernutrition	-0.035 (0.025)	4 605	77.8
		BMI-Z	-0.025*** (0.010)	7 257	0.091
	亚组 3: 年龄 Panel 3: Age	BMI-Z	-0.019** (0.008)	7 088	370.8
		9~11 岁 9-11 years old	超重肥胖 Overweight obesity	-0.019** (0.008)	7 088
肥胖 Obesity			-0.024** (0.010)	5 831	333.7
		营养不足 Undernutrition	0.001 (0.024)	5 214	57.17
		BMI-Z	-0.013 (0.012)	4 592	0.061
12~15 岁 12-15 years old		超重肥胖 Overweight obesity	-0.003 (0.012)	4 396	176.3
		肥胖 Obesity	0.015 (0.019)	3 623	131.7
		营养不足 Undernutrition	0.018 (0.021)	3 502	59.88

注:已控制其他影响因素和区域效应。下同。

Note: Other variables and regional effects have been controlled. The same below.

表5 营养健康状况与6种主要食物组消费状况间相关性多元回归分析

Table 5 The correlation between nutrition outcomes and the frequency of six food groups

变量 Variables	BMI-Z BMI-Z	超重肥胖 Overweight/obesity	肥胖 Obesity	营养不足 Undernutrition
肉类 Meat	-0.028 (0.044)	-0.030 (0.046)	-0.022 (0.060)	-0.077 (0.099)
水果类 Fruits	-0.083** (0.039)	-0.059 (0.039)	-0.040 (0.050)	0.020 (0.087)
大豆坚果类 Legumes, nuts and seeds	-0.065** (0.033)	-0.034 (0.034)	-0.013 (0.046)	0.098 (0.071)
薯类 White tubers and roots	-0.068** (0.031)	-0.067** (0.030)	-0.081** (0.040)	-0.027 (0.071)
奶及奶制品类 Milk and milk products	-0.109*** (0.030)	-0.088*** (0.031)	-0.055 (0.047)	0.094 (0.079)
蛋类 Eggs	-0.036 (0.032)	-0.006 (0.029)	-0.017 (0.045)	0.041 (0.077)
观测值 Observations	11 847	11 482	9 452	8 715
R^2/Chi^2	0.08	>484	>488	>102

属于主食类食物,会对精制谷物形成有效替代;而全谷物摄入与儿童肥胖风险可能存在负相关关系^[32]。与国内研究结果存在矛盾^[28,33]的是,奶及奶制品类消费与低 BMI-Z、低超重肥胖风险的显著相关关系($P<0.01$),这可能是由于当前样本均为农村学生,奶及奶制品摄入量尚未达到导致肥胖的程度。水果类、大豆坚果类消费与低 BMI-Z 存在相关关系($P<0.05$),但与营养不良指标无显著关系;农村学生的水果和大豆坚果类消费量可能尚未达到挤占其他食物类型消费比例的程度,因此未能降低超重和肥胖风险。

4 结论与建议

本研究中,农村学龄儿童 DDS 高于已有研究^[11,23,29],一是我国经济社会发展带来的居民膳食水平整体提升,与以往研究比,本研究使用的 2018—2019 年实地调研数据,更能代表现阶段我国农村学生膳食状况;二是得益于国家自 2011 年以来持续推进的“农村义务教育学生营养改善计划”。

实证分析发现,农村学龄儿童,尤其是中高 DDS 水平学生中,DDS 增加与其超重肥胖风险降低

存在显著相关关系。这可能是通过增加薯类、水果类、大豆坚果类以及奶和奶制品类食物的组内多样性来实现的;食物组回归中,上述 4 类食物消费与 BMI-Z 降低有关,且薯类和奶制品消费与低超重肥胖风险相关。同时,虽未在全样本中观测到 DDS 与营养不足的显著关系,但分组回归中,低 DDS 水平学生的膳食多样性改善与 BMI-Z 提高和营养不足风险降低显著相关;这与 Chen 等^[14]对西北农村学龄儿童进行营养干预的结果一致,即营养干预计划可能通过帮助学生形成包含肉、豆制品、蔬菜和水果的饮食结构来有效地改善学生以 BMI-Z 衡量的健康状况。建议继续推进落实农村学生营养改善计划,并加强对学生照料人和教师的营养教育,加强对营养配餐单位的指导,进一步丰富学生膳食,不仅要确保食物大类均衡,也要注意丰富食物细类供应。

DDS 与学龄儿童营养状况的关系在性别和年龄亚间异质性明显,可能与不同性别、年龄间儿童的身体代谢特征存在差异有关。女生和 9~11 岁学生中均观察到了高 DDS 与低 BMI-Z、低超重肥胖风险的显著相关关系。建议在制定膳食营养政策改善学龄儿童营养状况时,更多关注女孩,并尽量从学龄初

期就开始干预。一是可能取得更显著的效果。二是低龄儿童的认知和行为习惯还在形成期,更容易因干预改变饮食习惯,并将饮食习惯延续到成年阶段,进而产生长期影响。三是考虑到营养不良的遗传风险^[5, 23],且主要是女性负责家庭饮食,改善女生DDS及营养状况,可能会在健康的代际传递方面产生更长远的正面影响。而降低男生的超重肥胖率可能无法通过改善膳食多样性水平这一单一途径实现,需要继续探讨更多角度的干预措施。

参考文献 References

- [1] Wells J C, Sawaya A L, Wibaek R, Mwangome M, Poullas M S, Yajnik C S, Demai A. The double burden of malnutrition; Aetiological pathways and consequences for health[J]. *The Lancet*, 2020, 395(10217): 75-88
- [2] 米杰. 儿童肥胖及代谢综合征[J]. 中国儿童保健杂志, 2007(3): 221-223
Mi J. Childhood obesity and metabolic syndrome[J]. *Chinese Journal of Child Health Care*, 2007(3): 221-223 (in Chinese)
- [3] 侯冬青, 赵小元, 刘军廷, 陈芳芳, 闫银坤, 程红, 杨平, 单馨影, 米杰. 儿童青少年肥胖与成年后糖尿病的关联分析[J]. 中华预防医学杂志, 2016, 50(1): 23-27
Hou D Q, Zhao X Y, Liu J T, Chen F F, Yan Y K, Cheng H, Yang P, Shan X Y, Mi J. Association analysis of obesity in children and adolescents and diabetes in adulthood[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2016, 50(1): 23-27 (in Chinese)
- [4] Su W, Huang J, Chen F, Iacobucci W, Mocarski M, Dall T, Perreault L. Modeling the clinical and economic implications of obesity using microsimulation [J]. *Journal of Medical Economics*, 2015, 18(11): 886-897
- [5] 马冠生. 中国儿童肥胖报告[M]. 北京:人民卫生出版社, 2017
Ma G S. *Report on Childhood Obesity in China* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017 (in Chinese)
- [6] 国家统计局人口和就业统计司. 中国人口和就业统计年鉴, 2020[M]. 北京:中国统计出版社, 2020
The Department of Population and Employment Statistics of the National Bureau of Statistics of China. *China Population and Employment Statistics Yearbook, 2020* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2020 (in Chinese)
- [7] Mistry S K, Puthussery S. Risk factors of overweight and obesity in childhood and adolescence in South Asian countries: A systematic review of the evidence[J]. *Public Health*, 2015, 129(3): 200-209
- [8] Frayling T M, Timpson N J, Weedon M N, Zeggini E, Freathy R M, Lindgren C M, Perry J R B, Elliott K S, Lango H, Rayner N W, Shields B, Harries L W, Barrett J C, Ellard S, Groves C J, Knight B, Patch A M, Ness A R, Ebrahim S, Lawlor D A, Ring S M, Ben-Shlomo Y, Jarvelin M R, Sovio U, Bennett A J, Melzer D, Ferrucci L, Loos R J F, Barroso I, Wareham N J, Karpe F, Owen K R, Cardon L R, Walker M, Hitman G A, Palmer C N A, Doney A S F, Morris A D, Smith G D, Hattersley A T, McCarthy M I. A common variant in the FTO gene is associated with body mass index and predisposes to childhood and adult obesity[J]. *Science*, 2007, 316(5826): 889-894
- [9] Kennedy G, Ballard T, Dop M C. Guidelines for measuring household and individual dietary diversity[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011
- [10] Arimond M, Rue M T. Dietary diversity is associated with child nutritional status: Evidence from 11 demographic and health surveys[J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134(10): 2579-2585
- [11] Zhao W, Yu K, Tan S, Zheng Y, Zhao A, Wang P, Zhang Y. Dietary diversity scores: An indicator of micronutrient inadequacy instead of obesity for Chinese children[J]. *BMC Public Health*, 2017, 17(1): 440
- [12] Wang A, Scherpbier R W, Huang X, Guo S, Yang Y, Josephs-Spaulding J, Ma C, Zhou H, Wang Y. The dietary diversity and stunting prevalence in minority children under 3 years old: A cross-sectional study in forty-two counties of Western China[J]. *British Journal of Nutrition*, 2017, 118(10): 840-848
- [13] Chen Q, Pei C, Zhao Q. Eating more but not better at school: Impacts of boarding on students' dietary structure and nutritional status in rural Northwestern China [J]. *Sustainability*, 2018, 10(8): 2753
- [14] Chen Q, Pei C, Bai Y, Zhao Q. Impacts of nutrition subsidies on diet diversity and nutritional outcomes of primary school students in rural Northwestern China: Do policy targets and incentives matter[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(16): 2891
- [15] Sagbo H, Ekouevi D K, Ranjandriarison D T, Niangoran S, Bakai T A, Afanvi A, Dieudonné S, Kassankogno Y, Vanhems P, Khanafer N. Prevalence and factors associated with overweight and obesity among children from primary schools in urban areas of Lomé, Togo[J]. *Public Health Nutrition*, 2018, 21(6): 1048-1056
- [16] Chen Q, Chen Y, Zhao Q. Impacts of boarding on primary school students' mental health outcomes: Instrumental-variable evidence from rural northwestern China[J]. *Economics and Human Biology*, 2020, 39: 100920
- [17] Aiga H, Abe K, Andrianome V N, Randriamampionona E, Razafinombana A R, Murai T, Hara M. Risk factors for malnutrition among school-aged children: A cross-sectional study in rural Madagascar[J]. *BMC Public Health*, 2019, 19(1): 1-13
- [18] Salehi-Abargouei A, Akbari F, Bellissimo N, Azadbakht L.

- Dietary diversity score and obesity: A systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2016, 70(1): 1-9
- [19] 丁心悦, 杨振宇, 赵丽云, 赵文华. 膳食模式与中国 2—5 岁儿童营养不良关系 [J]. 中国公共卫生, 2021, 37(5): 865-870
Ding X Y, Yang Z Y, Zhao L Y, Zhao W H. Associations of dietary patterns with malnutrition among 2—5 years old children in China: An analysis on data of 2002[J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2021, 37 (5): 865-870 (in Chinese)
- [20] 郭建花, 阎香娟, 翟俊霞, 刘立, 刘斯文. 河北省农村地区 ≤5 岁儿童营养不良影响因素[J]. 中国公共卫生, 2017, 33(12): 1727-1730
Guo J H, Yan X J, Zhai J X, Liu L, Liu S W. Influence factors of malnutrition among rural children aged ≤5 years in Hebei Province[J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2017, 33(12): 1727-1730 (in Chinese)
- [21] 张庆菊, 付国华. 5 岁以下儿童营养不良影响因素分析[J]. 医学综述, 2016, 22(5): 995-997
Zhang Q J, Fu G H. Analysis on influencing factors of malnutrition in children under five years old [J]. *Medical Recapitulate*, 2016, 22(5): 995-997 (in Chinese)
- [22] 向芳, 邵万宽, 吴跃. 儿童肥胖影响因素及干预措施研究进展 [J]. 中国学校卫生, 2014, 35(2): 306-308
Xiang F, Shao W K, Wu Y. Research progress on influencing factors and intervention measures of child obesity[J]. *Chinese Journal of School Health*, 2014, 35 (2): 306-308 (in Chinese)
- [23] 白静, 祝丽珺, 陈玲. 三代直系亲属超重、肥胖的比较及与学龄前儿童肥胖关系的研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2021, 29(3): 268-71, 76
Bai J, Zhu L J, Chen L. Study on the occurrence and relationship of overweight and obesity in three generations[J]. *Chinese Journal of Child Health Care*, 2021, 29(3): 268-71, 76 (in Chinese)
- [24] Liu Z, Si W, Zhao Q, Tao C. Does subjective dietary knowledge affect sugar-sweetened carbonated beverages consumption and child obesity: Empirical evidence from the Inner Mongolia Autonomous Region in China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(7): 3713
- [25] 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, 2018
Chinese Nutrition Society. *Dietary Guidelines for Chinese Residents (2016)* [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018 (in Chinese)
- [26] Rolls B J, Ello-Martin J A, Tohill B C. What can intervention studies tell us about the relationship between fruit and vegetable consumption and weight management[J]. *Nutrition Reviews*, 2004, 62(1): 1-17
- [27] Xu H, Ecker O, Zhang Q, Du S, Liu A, Li Y, Hu X, Li T, Guo H, Li Y. The effect of comprehensive intervention for childhood obesity on dietary diversity among younger children: Evidence from a school-based randomized controlled trial in China[J]. *PLoS One*, 2020, 15(7): e0235951
- [28] 刘琰, 赵艾, 王培玉, 张玉梅. 学龄儿童奶类摄入水平与超重肥胖关系研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2018, 22(8): 809-812
Liu Y, Zhao A, Wang P Y, Zhang Y M. Study on the relationship between dairy intake and overweight/obesity among school-age children [J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2018, 22(8): 809-812 (in Chinese)
- [29] 戴一鸣, 郭剑秋, 张济明, 肖洪喜, 邹春华, 周志俊. 学龄儿童膳食多样化与微量营养素摄入量的关联性分析[J]. 中国儿童保健杂志, 2020, 28(2): 183-186
Dai Y M, Guo J Q, Zhang J M, Xiao H X, Wu C H, Zhou Z J. Associations between dietary diversity and micronutrients intakes in school-age children [J]. *Chinese Journal of Child Health Care*, 2020, 28(2): 183-186 (in Chinese)
- [30] 金瑛. 我国居民膳食多样化与营养状况及慢性疾病关系的研究[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2009
Jin Y. Study on associations of dietary diversity with nutrients adequacy and nutrition related chronic disease in Chinese adults [D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2009 (in Chinese)
- [31] Liu W, Lin R, Li B, Pallan M, Cheng K K, Adab P. Socioeconomic determinants of childhood obesity among primary school children in Guangzhou, China[J]. *BMC Public Health*, 2016, 16(1): 482
- [32] 何海蓉. 全谷物摄入与儿童肥胖[C]. // 达能营养中心 2019 年论文汇编: 儿童肥胖. 北京: 中国疾病预防控制中心达能营养中心, 2019: 46
He H R. Whole grain intake and childhood obesity [C]. In: *Danone Nutrition Center's Paper Collection 2019; Childhood Obesity*. Beijing: Danone Nutrition Center, Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2019: 46 (in Chinese)
- [33] 陈燕蓉, 刘言, 薛红妹, 包玉欣, 罗交, 田果, 成果. 钙、奶及奶制品摄入量与超重肥胖的关系[J]. 卫生研究, 2016, 45(3): 402-408
Chen Y R, Liu Y, Xue H M, Bao Y X, Luo J, Tian G. Association between dietary calcium/dairy intakes and overweight/obesity[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2016, 45(3): 402-408 (in Chinese)