湖南省中小学生患龋特征及基于结构方程的影响因素分析

万嘉琳[1] 谭雅卿[2] 秦李希[1] 李可欣[1] 罗家有[1] 罗米扬[1] 王非[2]
1.中南大学湘雅公共卫生学院，长沙 410078；
2.湖南省疾病预防控制中心，长沙 410078

[摘要] **目的** 探讨湖南省中小学生患龋特征及影响因素的差异，为防控中小学生龋病提供依据。**方法** 采用多阶段分层整群随机抽样法抽取湖南省265 985名中小学生，使用国家统一制定的调查表进行问卷调查，并进行体格检查。采用统计描述分析中小学生患龋特征，建立结构方程模型分析患龋的影响因素。**结果** 小学生患龋率为69.60%，龋失补牙数为3.05±3.30。中学生患龋率为54.30%，龋失补牙数为1.73±2.31。结构方程模型示，小学、中学患龋风险受人口学特征（β分别为0.384、−0.025）、学校防控（β分别为0.033、−0.067）、饮食行为习惯（β分别为0.043、0.032）、家庭人口数（β分别为0.024、0.009）等因素影响；中学阶段还与心理因素有关（β=0.024）。**结论** 湖南省中小学生患龋率和龋失补牙数较高，与人口学特征、学校防控政策、饮食卫生习惯、家庭人口数等因素存在关联，应采取针对性措施进行干预，防控龋齿。

[关键词] 儿童青少年； 龋齿； 影响因素； 结构方程模型
[中图分类号] R780.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025277

本文链接 开放科学标识码

Analysis of dental caries characteristics and influencing factors based on structural equation modeling among primary and secondary school students in Hunan Province

Wan Jialin[1], Tan Yaqing[2], Qin Lixi[1], Li Kexin[1], Luo Jiayou[1], Luo Miyang[1], Wang Fei[2]
1. Xiangya School of Public Health, Central South University, Changsha 410078, China; 2. Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410078, China
Correspondence: Luo Miyang, E-mail: miyangluo@csu.edu.cn; Wang Fei, E-mail: 15843433@qq.com

[Abstract] **Objective** This study explores the differences in the characteristics and influencing factors of dental caries in primary and secondary school students in Hunan Province, aiming to prevent and control dental caries. **Methods** The multistage stratified cluster random sampling method was used to select 265 985 primary and secondary school students across Hunan. Participants completed a nationally standardized questionnaire and underwent physical examinations. Statistical description was used to analyze caries characteristics, and structural equation modeling was used to analyze influencing factors. **Results** The caries prevalence rate of primary school students was 69.60%, and the decayed, missing, filled teeth (DMFT) index was 3.05±3.30; for secondary school students, the figures were 54.30% and 1.73±2.31, respectively. Structural equation modeling revealed that caries risk in primary and secondary school students was influenced by demographic characteristics (β=0.384 and −0.025), school-based prevention and control (β=0.033 and −0.067), dietary behavior habits (β=0.043 and 0.032), and family size (β=0.024 and 0.009). In secondary school students, psychological factors were additionally associated with caries risk (β=0.024). **Conclusion** Dental caries prevalence and mean DMFT are high among primary and secondary students in Hunan, associated with demographic characteristics, school prevention policies, dietary and hygiene habits, and household size. Targeted interventions address-

[收稿日期] 2025-07-10
[第一作者] 万嘉琳，硕士，E-mail：2803406983@qq.com
[通信作者] 罗米扬，副教授，博士，E-mail：miyangluo@csu.edu.cn；王非，副主任医师，硕士，E-mail：15843433@qq.com

ing these factors are essential for preventing and controlling dental caries and promoting oral health among students.

[Key words] children and adolescents; dental caries; influencing factors; structural equation model

龋病是在以细菌感染为主的多种因素作用下，牙齿硬组织发生慢性、进行性破坏，60%~90%的学龄儿童受其困扰[1-2]。根据第4次全国口腔健康流行病学调查[3]报告，我国儿童患龋情况仍呈现上升态势。有研究[4-7]探讨了儿童青少年龋病的影响因素，包括饮食习惯、口腔健康行为、社会政策等，但缺乏对家庭、学校、心理等复杂因素的系统性探讨。结构方程模型因其能够同时处理显变量与潜变量，具有分析直接与间接路径的优势，逐渐成为解析健康问题多维影响机制的重要工具。Dalla Nora等[8]基于巴西高中生健康调查数据构建结构方程模型，分析饮食因素与龋齿关联的直接和间接途径。另有研究[9]引入家庭环境变量，提示家庭环境可能通过影响口腔健康行为习惯及膳食习惯，进而影响龋病发生。Qin等[10]利用结构方程模型探讨四川省3~5岁儿童患龋的影响因素，以及这些因素之间的相互关系，但该研究的对象较为局限。总体而言，目前研究存在样本量小，缺乏对心理状态、学校政策等多层级变量的综合考察，覆盖学段单一等缺陷，导致干预策略存在普适性受限等问题。

本研究依托湖南省2023年学生常见病和健康影响因素监测与干预项目，纳入265 985样本数据，构建覆盖小学、中学的龋齿结构方程模型，旨在揭示多层级因素的协同作用路径，为制定精准防控策略提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究对象

本研究数据来源于2023年湖南省学生常见病和健康影响因素监测数据，研究对象覆盖湖南省所有地级市。采用多阶段分层整群随机抽样的方法，每个地级市的城区随机选择6所学校（2所小学、2所初中、2所高中），郊县选择5所学校（2所小学、2所初中、1所高中），每所学校分别在每个年级（小学1~6年级，初中、高中1~3年级）随机抽取2个班（至少80名学生）开展问卷调查和口腔检查，每个年级至少80名学生。在删除缺失问卷12 314份后，共回收问卷265 985份，调查问卷有效率为96%。本次研究通过了湖南省疾病预防控制中心伦理委员会审查[湘疾控IRB-2023-016-01]，所有调查对象及家长/监护人均已签署书面知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查

1）使用全国学生常见病和健康影响因素监测与干预方案[11]中的“学生健康状况及影响因素调查表”“学校卫生工作情况调查表”对全部研究对象进行调查。中小学生共同调查内容包括：①基本信息（性别、年级、民族等）；②饮食卫生习惯行为（含糖饮料/水果/油炸食物等食用频率、刷牙/含氟牙膏使用频率等，其中油炸食物指用炸、煎等方式加工的食品，如炸鸡、薯条、油条等）；③学校体检开展情况（是否开展龋病体检）和健康教育情况（是否开展龋病健康教育）；④常见病防控情况（是否开展龋病防控）。

2）使用抑郁（center for epidemiological studies depression，CES-D）量表[12]评估中学生心理抑郁状况，共有20个条目，Cronbach’s α系数大于0.85。填表时要求受试者说明最近1周内症状出现的频度，回答时采用4级分制，正向计分为“没有或偶尔=0分，有时=1分，时常或一半时间=2分，多数时间或持续=3分”，其中第4、8、12、16题为反向计分，量表总得分为0~60分，分数越高表明抑郁程度越高。量表得分>15分表示有抑郁倾向。

3）选用焦虑（generalized anxiety disorder-7，GAD-7）量表评估中学生心理焦虑状态[13]，Cronbach’s α系数为0.92，共包含7个问题，每个问题都针对广泛性焦虑障碍的不同症状或表现进行提问，全面评估个体在过去2周内的焦虑症状及其频率。量表采用4级评分法，计分为“完全没有=0分，有几天=1分，一半以上天数=2分，几乎每天=3分”。量表总得分为0~21分，将焦虑程度按得分划分为以下几个等级：0~4分为无焦虑症状；5~9分为轻度焦虑症状；10~14分为中度焦虑症状；15~21分为重度焦虑症状。

1.2.2 体格检查

1）龋齿检查：按照学生健康检查技术规范[14]的要求，在人工光源下以视诊结合探诊的方式，按标准象限顺序逐牙检查，记录小学生与中学生乳牙、恒牙发生龋齿的情况，并计算龋失补牙数。采用龋均和患龋率作为患龋情况的评价指标，龋

均指受检人群中龋、失、补牙数总和与调查的比值，患龋率=（龋失补牙数>1的人数/调查人数）×100%。

2）身高体重检查：通过身高体重仪进行测量，根据“体重/身高的二次方”计算体质指数（body mass index，BMI）。

1.3 质量控制

本研究由各县/区疾病预防控制中心专业人员对调查对象进行问卷调查。调查时向学生说明调查目的和注意事项，且在调查过程中每天对5%的调查对象进行重复调查，保证调查数据真实准确。现场体格检查均使用符合统一标准的仪器和设备，且经统一校正。体检数据和问卷数据均进行双录入。

1.4 统计学分析

1.4.1 单因素分析

采用EpiData 3.0软件录入数据，SPSS 27.0行统计分析。定性资料以例数和百分比表示，采用χ^2检验比较患龋率在不同影响因素组间的分布差异；定量资料以均数±标准差表示，采用Wilcoxon秩和检验或Kruskal-Wallis H检验比较龋失补牙数在不同影响因素组间的分布差异；两定量变量间采用线性相关分析判断变量间是否相关。检验水准（双侧）为α=0.05，P<0.05判定为差异有统计学意义或两变量相关。

1.4.2 结构方程构建及修正

本研究采用结构方程模型探讨各潜变量与患龋情况之间的关系。使用AMOS 28.0软件进行分析，采用最大似然法进行模型参数估计，Bootstrap抽样法进行稳健性分析，通过近似误差均方根（root mean square error of approximation，RMSEA）、相对拟合指数（relative fit index，RFI）、比较拟合指数（comparative fit index，CFI）、拟合优度指数（goodness-of-fit index，GFI）、规范拟合指数（normed fit index，NFI）、非规范拟合指数（non-normed fit index，NNFI）又称Tucker-Lewis指数（Tucker-Lewis index，TLI）、增量拟合指数（incremental fit index，IFI）评价模型拟合度。

模型构建与变量定义：基于文献回顾，结合《全国学生常见病和健康影响因素监测与干预方案》已有条目，确立人口学特征、饮食卫生习惯、学校防控、家庭经济教育水平、心理因素是龋病重要的影响因素类别。经专业人员审阅《全国学生常见病和健康影响因素监测与干预方案》条目后，筛选出与上述患龋核心影响因素相关的条目后进行单因素分析，根据单因素分析结果构建初始理论模型。模型中包含以下变量：内生潜变量、外生潜变量和外生显变量。

内生潜变量：患龋情况，以患龋率和龋失补牙数作为观测指标。患龋率作为广度指标，反映人群中经历龋齿的个体比例；龋失补牙数作为深度指标，反映龋齿在个体层面的严重程度。以此构建患龋情况潜变量后，对患龋率和龋失补牙数进行验证性因子分析，检验患龋率、龋失补牙数在其对应的潜变量（患龋情况）上的标准化因子载荷，两指标P值均<0.001。

外生潜变量及其观测指标如下：1）人口学特征：由城乡（a01）、年级（a02）、BMI（a03）、性别（a04）、民族（a05）共5个指标组成；2）学校防控情况：由学校性质（b01）、是否开展龋齿体检（b02）、健康教育（b03）及龋齿防控项目（b04）共4个指标组成；3）饮食卫生习惯：由含糖饮料摄入频率（c01）、油炸食物摄入频率（c02）、新鲜水果摄入频率（c03）、每日刷牙习惯（c04）及是否使用含氟牙膏（c05）共5个指标组成；4）心理状况（仅在中学生模型中纳入）：由抑郁（d01）、焦虑（d02）量表得分2个指标组成。

外生显变量：家庭人口数作为单个观测变量直接纳入模型。

由于初始模型拟合度不佳，采用以下2种策略进行修正以提高模型拟合度：1）在小学生初始模型中进行修正指数（modification index，MI）修正（性别与年级之间残差项，新鲜水果摄入与刷牙习惯残差项），在中学生初始模型中进行MI修正（学校性质与龋齿健康教育之间残差项）；2）在小学生初始模型中删除人口学特征中民族指示变量，在中学生初始模型中删除人口学特征中性别指示变量，获得最终的中小学生龋病结构方程模型。

2 结果

2.1 中小学生一般情况及患龋情况

本研究共纳入研究对象265 985名，其中小学生144 047名（54.15%），中学生121 938名（45.85%）；男生138 269名（51.98%），女生127 717名（48.02%）；汉族217 935名（81.94%），少数民族48 050名（18.06%）；城区学生87 372名（32.85%），郊县学生178 613名（67.15%）。

本研究患龋基本情况见表1，其中小学生患龋总人数与患龋率分别为100 324（69.60%），龋均

为3.05；中学生患龋总人数与患龋率为66 221（54.30%），龋均为1.73。χ^2检验和线性相关结果示：除中学生患龋率在年级上的差异无统计学意义外，小学生与中学生的患龋率、龋失补牙数在性别、民族、居住地上的差异均有统计学意义，小学生的患龋率、龋失补牙数在年级上的差异有统计学意义（P<0.001），BMI和小学生、中学生龋失补牙数均存在线性相关（P<0.001）。

表 1　中小学生患龋基本情况

Tab 1　Basic situation of dental caries in primary and secondary school students

变量		人数n（%）	小学生		中学生	
			患龋人数n（%）	龋失补牙数	患龋人数n（%）	龋失补牙数
年级	一年级/	27 965（19.40）/	20 349（72.80）*	4.04±4.06*	16 072（54.40）	1.53±2.02*
	七年级	29 536（24.20）				
	二年级/	22 723（15.80）/	17 062（75.10）	3.92±3.69	12 791（53.80）	1.66±2.27
	八年级	23 760（19.50）				
	三年级/	23 068（16.00）/	17 720（76.80）	3.71±3.36	12 695（54.20）	1.82±2.43
	九年级	23 418（19.20）				
	四年级/	23 178（16.10）/	17 106（73.80）	2.98±2.90	8 380（54.00）	1.81±2.41
	十年级	15 526（12.70）				
	五年级/	23 405（16.20）/	15 099（64.50）	2.02±2.30	8 323（54.80）	1.84±2.39
	十一年级	15 190（12.50）				
	六年级/	23 708（16.50）/	12 988（54.80）	1.47±1.89	7 960（54.90）	1.89±2.52
	十二年级	14 508（11.90）				
性别	男	138 268（51.98）	51 576（68.00）*	2.97±3.29*	30 266（48.50）*	1.42±2.06*
	女	127 717（48.02）	48 748（71.50）	3.13±3.23	35 955（60.40）	2.05±2.51
民族	汉族	217 935（81.94）	81 679（69.40）*	3.02±3.29*	53 636（53.60）*	1.71±2.32*
	少数民族	48 050（18.06）	18 645（71.00）	3.16±3.37	12 585（57.80）	1.83±2.28
居住地	城市	87 372（32.85）	29 455（66.20）*	2.77±3.15*	22 606（52.70）*	1.68±2.28*
	郊县	178 613（67.15）	70 869（71.20）	3.17±3.36	43 615（55.20）	1.75±2.33
合计		265 985	100 324（69.60）	3.05±3.30	66 221（54.30）	1.73±2.31

注：一年级至六年级为小学生，七年级至十二年级为初一至高三学生；*P<0.001。

2.2　患龋率和龋失补牙数相关因素分析

根据患龋相关因素的单因素分析结果示，不同因素在小学与中学阶段的差异存在统计学意义（表2、3）。在小学阶段，患龋率在含糖饮料摄入、新鲜水果摄入、学校是否开展龋病健康教育、龋病防控、龋病体检、学校性质各组间差异有统计学意义（P<0.01）；龋失补牙数在新鲜水果摄入、油炸食物摄入、刷牙习惯、含氟牙膏使用、学校是否开展龋病健康教育、龋病防控、龋病体检、学校性质各组间差异有统计学意义（P<0.01），家庭人口数与小学生龋失补牙数存在线性相关（P<0.01）。中学阶段，患龋率和龋失补牙数在含糖饮料摄入、新鲜水果摄入、油炸食物摄入、刷牙习惯、含氟牙膏使用、学校是否开展龋病健康教育和龋病防控各组间差异有统计学意义（P<0.01），家庭人口数、抑郁分数、焦虑分数与中学生龋失补牙数存在线性相关（P<0.01）。

2.3　结构方程分析

研究获得中小学生龋病结构方程模型见图1。模型修正后，小学生结构方程模型NFI/IFI/CFI/RFI/TLI/GFI/RMSEA值分别为0.941、0.942、0.942、0.928、0.928、0.990、0.029，中学生结构方程模型NFI/IFI/CFI/RFI/TLI/GFI/RMSEA值分别为0.930、0.930、0.930、0.916、0.917、0.982、0.035，NFI/IFI/CFI/RFI/TLI/GFI值均>0.900，RMSEA值均<0.080，全部达标，说明模型拟合优度较好。

结构方程模型示：对小学生患龋情况产生影响的因素包括人口学特征、学校防控情况、饮食卫生习惯、家庭人口数（β分别为0.384、0.033、0.043、0.024，P值均小于0.001）；对中学生患龋情况产生影响的因素包括人口学特征、学校防控情况、饮食卫生习惯、心理情况、家庭人口数（β分别为−0.041、−0.062、0.028、0.020、0.008，P值均小于0.01）。此外，模型中所有路径系数和因子载荷的Bootstrap置信区间均未包含零值，表明参数估计稳定且显著，模型具有较好的稳健性（表4）。

表 2　小学生患龋影响因素的单因素分析

Tab 2　Univariate analysis of influencing factors for dental caries in primary school students

变量		患龋人数 n（%）	龋失补牙数
含糖饮料	从来不喝	30 939（68.70）	3.04±3.33
	少于每天1次	66 144（70.00）	3.05±3.29
	每天1次及以上	3 241（71.60）	3.06±3.30
新鲜水果	从来不吃	3 975（69.40）	3.09±3.40*
	少于每天1次	30736（69.30）	3.02±3.29
	每天1次	49540（70.10）	3.12±3.35
	每天2次及以上	16 073（69.00）	2.87±3.17
油炸食物	从来不吃	23 690（69.20）	3.05±3.33*
	少于每天1次	73 872（69.80）	3.05±3.30
	每天1次及以上	2 762（69.60）	2.87±3.15
刷牙习惯	早晚刷牙	72 119（69.80）	3.07±3.13*
	仅早晨刷牙	24 423（69.30）	2.96±3.22
	仅晚上刷牙	3 780（69.30）	3.06±3.35
	偶尔或从不刷牙	2（40.00）	0.80±1.10
含氟牙膏使用	是	39 701（69.50）	3.11±3.39*
	否	18 500（70.10）	3.08±3.29
	不知道	42 123（69.60）	2.97±3.23
是否开展龋病体检	是	92 145（69.20）	3.02±3.31*
	否	8 179（74.70）	3.34±3.28
是否开展龋病健康教育	是	97 932（69.50）	3.04±3.30*
	否	2 392（75.10）	3.47±3.39
是否开展龋病防控	是	89 779（69.30）	3.02±3.30*
	否	10 545（72.60）	3.27±3.33
学校性质	公立	95 025（70.00）	3.07±3.32*
	私立	5 299（63.60）	2.59±3.08

注：*示 P<0.01。

表 3　中学生患龋影响因素单因素分析

Tab 3　Univariate analysis of influencing factors for dental caries in middle school students

变量		患龋人数 n（%）	龋失补牙数
含糖饮料	从来不喝	13 119（51.090）	1.62±2.25*
	少于每天1次	47 956（54.70）	1.74±2.32
	每天1次及以上	5 146（56.70）	1.88±2.44
新鲜水果	从来不吃	3 335（51.20）	1.58±2.25*
	少于每天1次	26 872（54.10）	1.72±2.31
	每天1次	26 297（54.80）	1.75±2.32
	每天2次及以上	9 717（54.80）	1.74±2.32
油炸食物	从来不吃	12 173（51.80）	1.61±2.23*
	少于每天1次	49 746（54.80）	1.75±2.32
	每天1次及以上	4 302（56.30）	1.86±2.43
刷牙习惯	早晚刷牙	47887（54.90）	1.76±2.34*
	仅早晨刷牙	16 605（52.80）	1.64±2.24
	仅晚上刷牙	1 727（52.70）	1.63±2.21
	偶尔或从不刷牙	2（100.00）	4.50±3.54
含氟牙膏使用	是	15 592（53.20）	1.69±2.29*
	否	9 228（53.70）	1.67±2.25
	不知道	41 401（54.90）	1.76±2.33
是否开展龋齿体检	是	57 182（54.20）	1.73±2.33
	否	9 039（54.70）	1.70±2.23
是否开展龋齿健康教育	是	62 718（54.60）	1.74±2.32*
	否	3 503（50.10）	1.49±2.16
是否开展龋齿防控	是	57 609（55.30）	1.79±2.35*
	否	8 612（48.30）	1.39±2.04
学校性质	公立	65 062（54.30）	1.73±2.32
	私立	1 159（54.00）	1.63±2.08

注：*示 P<0.01。

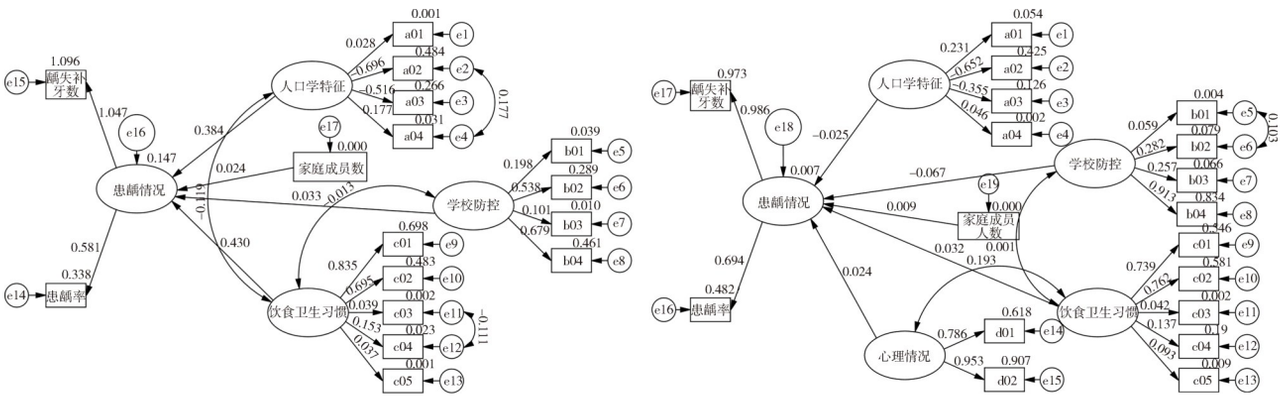
3　讨论

2023年湖南省小学生患龋率69.60%，龋失补牙数为3.05±3.30，高于2023年四川省小学生患龋率（54.39%）[15]，与2020年柳州市柳南区小学生患龋率（74.02%）[16]较相近；湖南省中学生患龋率为54.30%，龋失补牙数为1.73±2.31，与2023年呼伦贝尔市高中生患龋率（59.77%），龋均（1.83）较相近[17]。湖南省中小学生患龋率和龋失补牙数较高，提示湖南省中小学生患龋形势严峻，今后应加大中小学生龋齿防控力度。

本研究结果显示：人口学特征、饮食卫生习惯、学校防控措施及家庭人口数均是中小学生患龋情况的影响因素，心理情况是中学生患龋情况的影响因素。

在人口学特征方面，女生患龋率和龋失补牙数高于男生，这可能与女生恒牙萌出时间更早，牙齿暴露于风险环境的时间更长有关[18]。郊县学生患龋率和龋失补牙数较高，与彭献镇等[19]的meta分析，以及许凤鸣等[20]、杨梦利等[21]在河南省的研究结果一致，这可能与城乡防龋治龋医疗资源等方面差异有关。少数民族患龋率和龋失补牙数较汉族高，与秦丹等[22]在重庆市的研究结果一致，这可能与民族间饮食卫生习惯、风俗文化等方面差异有关。年级、BMI是最主要的变量，此前已有多项研究显示儿童青少年患龋与年级、BMI等相关，例如BMI可能通过摄食种类间接影响患龋率[23]。本研究显示湖南省中小学生患龋率在年级间有显著差异，小学低年级学生因乳牙抗龋能力较弱，故出现较高的患龋率，小学高年级学生因处于乳恒牙更替阶段，故患龋率降低；而整个中

学阶段随着恒牙口腔暴露时间延长，其龋失补牙数随年级升高。中学阶段患龋率无明显变化而龋失补牙数升高，提示龋病负担可能并非均匀加重，而是集中于部分高危个体，已患龋者的龋齿数量不断累积，而无龋者仍保持无龋状态，继而导致患龋率稳定而龋失补牙数持续上升。中小学人口学特征路径系数方向不一致，可能是由于结构方程经调整后两阶段影响患龋的人口学特征因素存在差异（小学没有民族因素，中学没有性别因素）。以上结果提示制定干预措施时需要考虑以上因素，关注女生和郊县居民等重点人群。



左：小学生；右：中学生。

图 1　中小学生患龋影响因素结构方程标准路径图

Fig 1　Standard path diagram of structural equation modeling for caries influencing factors in primary and secondary school students

表 4　中小学生患龋影响因素路径分析

Tab 4　Path analysis of influencing factors for dental caries in primary and middle school students

路径	小学生						中学生					
	B	*β*	*s*	*CR*	*P* 值	Bootstrap置信区间	*B*	*β*	*s*	*CR*	*P* 值	Bootstrap置信区间
患龋情况←人口学特征	7.962	0.384	0.970	8.211	<0.001	［0.375，0.393］	-0.079	-0.025	0.02	-3.910	<0.001	［−0.043，−0.016］
患龋情况←学校防控	0.189	0.033	0.019	9.851	<0.001	［0.026，0.039］	-2.969	-0.067	0.296	-10.045	<0.001	［−0.077，−0.053］
患龋情况←饮食卫生习惯	0.027	0.043	0.002	14.453	<0.001	［0.037，0.048］	0.029	0.032	0.004	7.070	<0.001	［0.021，0.042］
患龋情况←心理情况	—	—	—	—	—	—	0.001	0.024	0.000	6.496	<0.001	［0.016，0.032］
患龋情况←家庭人口数	0.004	0.024	0.000	9.975	<0.001	［0.019，0.029］	0.002	0.009	0.001	2.801	0.005	［0.002，0.015］
城郊←人口学特征*	1.000	0.028				［0.021，0.035］	1.000	0.231				［0.211，0.252］
BMI←人口学特征	−128.682	−0.516	15.657	−8.219	<0.001	［−0.524，−0.507］	−12.424	−0.355	0.272	−45.636	<0.001	［−0.388，−0.332］
年级←人口学特征	−94.019	−0.696	11.649	−8.071	<0.001	［−0.705，−0.687］	−29.087	−0.652	1.313	−22.152	<0.001	［−0.706，−0.593］
性别←人口学特征	6.834	0.177	0.862	7.932	<0.001	［0.168，0.186］	—	—	—	—	—	—
民族←人口学特征	—	—	—	—	—	—	0.158	0.046	0.015	10.308	<0.001	［0.033，0.060］
学校性质←学校防控*	1.000	0.198				［0.187，0.209］	1.000	0.059				［0.052，0.067］
龋齿体检←学校防控	3.088	0.538	0.061	50.576	<0.001	［0.522，0.554］	12.314	0.282	0.658	18.721	<0.001	［0.267，0.296］
龋齿健康教育←学校防控	0.323	0.101	0.013	25.749	<0.001	［0.094，0.109］	7.628	0.257	0.418	18.238	<0.001	［0.243，0.270］
龋齿防控←学校防控	4.428	0.679	0.105	42.098	<0.001	［0.661，0.697］	41.214	0.913	2.417	17.049	<0.001	［0.870，0.957］
含糖饮料←饮食卫生习惯*	1.000	0.835				［0.820，0.852］	1.000	0.739				［0.727，0.750］
油炸食物←饮食卫生习惯	0.760	0.695	0.013	58.432	<0.001	［0.681，0.708］	0.981	0.762	0.014	71.348	<0.001	［0.750，0.774］
新鲜水果←饮食卫生习惯	0.069	0.039	0.006	12.269	<0.001	［0.032，0.046］	0.088	0.042	0.007	12.339	<0.001	［0.034，0.050］
刷牙习惯←饮食卫生习惯	0.193	0.153	0.005	42.188	<0.001	［0.147，0.159］	0.188	0.137	0.005	39.95	<0.001	［0.131，0.144］
含氟牙膏使用←饮食卫生习惯	0.078	0.037	0.006	12.187	<0.001	［0.031，0.043］	0.207	0.093	0.008	27.225	<0.001	［0.086，0.099］
抑郁←心理情况*	—	—	—	—	—	—	1.000	0.786				［0.774，0.798］
焦虑←心理情况	—	—	—	—	—	—	0.527	0.953	0.008	68.053	<0.001	［0.938，0.967］

注：*B* 为非标准化路径系数；*β* 为标准化路径系数；*s* 为标准差；*CR*（critical ratio）为临界比值；*表示该路径为参考指标路径；—表示该路径未纳入该结构方程模型中。

本研究中，学校防控措施与中小学生患龋情况相关联，并且在中学生中呈现负向效应，即学校防控措施的实施导致患龋风险下降，已有研究[24]表明，实施基于学校的干预项目能够显著改变学生的刷牙行为。在小学阶段呈现异常正向效应，可能是由于问卷测量未能有效区分实施学校防控措施后（如健康教育）学生个体的实际参与度与依从性，此外小学阶段学生身心尚未发育成熟，不能有效地将学校防控知识转化为自身的行为。基于此，未来研究需要细化测量学生个体的参与度、知识转化及行为依从性，以更精准地评估防控措施的真实效果。而与小学相比，中学学校防控措施呈现负向效应，可能中学生在校时间更长，更易受学校环境影响。此外由于同伴影响，学生之间也可能共享健康的口腔行为，这一发现提示了学校作为龋病防控主阵地的重要性，今后应加强学校系统性防控措施，如定期口腔检查、健康教育的实施。家庭人口数与龋病风险正相关，这与国内研究[25]结论相符，可能是由于家庭人口数增多，家长对每个子女的关注时间减少，或共享相似的口腔卫生习惯，间接增加了患龋风险。

饮食卫生习惯也是中小学生患龋情况的影响因素之一，主要体现在含糖饮料和油炸食物的高频摄入以及刷牙频率3个方面。经常饮用含糖饮料是患龋的危险因素，其中添加糖的致龋作用是最重要原因，这与其他研究[26]的结论相符。在中学生人群中，油炸食物摄入频率最高组反而龋失补牙数最低，可能是口腔卫生习惯等混杂因素导致，结构方程控制混杂因素后，油炸食物摄入频率呈现正向效应。刷牙习惯差是发生龋病的危险因素，龋易感部位主要为牙窝沟处和邻面，偶尔或不刷牙会使得食物残渣长时间停留在牙缝中使患龋风险升高，这与其他研究[27]结果一致。以上结果提示，今后在龋病防控工作中应从促进中小学生养成规律有效的刷牙习惯着手，并改善校园饮食环境，例如限制含糖饮料和油炸食物的销售。

此外，较差的心理情况是中学生患龋情况的危险因素之一。随着青春期到来，中学生自主性增强，家长和学校的控制力减弱，同时这一时期也是情绪障碍的高发期，心理情况较差的青少年可能更依赖同伴认同，从而更容易采纳共同的不健康行为，故较差的心理情况可能通过口腔不健康行为，间接增加患龋风险，这与韩亚茹等[28]的研究结果一致。这一结果提示，在青春发育期这一身心不稳定阶段需要更加关注学生心理情况，整合多因素干预学生龋齿问题。

总体来说，小学阶段应强化学校主导的防控，优化家庭健康资源分配，中学阶段应将心理健康支持纳入口腔健康干预，加大校园防控力度。

本研究样本量大、覆盖面广，样本具有代表性；同时应用结构方程将患龋率和龋失补牙数综合纳入因变量，更能综合反映湖南省中小学生患龋情况；纳入个体、家庭、学校三层面影响因素，更全面地揭示了影响患龋情况的机制。但本研究仍存在一些不足：由于样本量过大，一些路径系数低（如心理因素）却仍具有统计学意义，导致临床意义受限；小学阶段患龋受乳恒牙替换、患龋乳牙脱落影响，产生统计学混淆因素；横断面调查无法推断因果关系；自我报告的问卷数据导致潜变量测量误差，问卷学校防控部分未能区分学生参与度导致系数异常等。如果通过前瞻性研究明确各因素的时序效应，并构建更完备的影响因素问卷和模型，可使中小学生龋病影响因素机制呈现得更加清晰全面。

综上所述，湖南省中小学生的患龋率和龋失补牙数均较高，人口学特征、学校防控、饮食卫生习惯、家庭人口数是其影响因素，心理情况是中学生患龋情况的影响因素；其中，人口学特征对小学生患龋情况的影响最强，学校防控对中学生患龋情况的影响最强。建议在中小学生龋齿防控工作中可以加强学校健康教育，例如增加口腔健康课频次、创新内容形式；在小学阶段增强家校联动，例如针对家长开展口腔健康培训，提升家庭监督能力；在中学阶段增设心理健康支持体系，例如设立心理咨询室，发展口腔健康咨询服务。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

[1] Qin XF, Zi H, Zeng XJ. Changes in the global burden of untreated dental caries from 1990 to 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study[J]. Heliyon, 2022, 8(9): e10714.

[2] 郑欣, 程磊, 周学东. 龋病研究的前沿与进展[J]. 中华口腔医学杂志, 2024, 59(1):14-22.
Zheng X, Cheng L, Zhou XD. Research frontiers and advances in dental caries[J]. Chin J Stomatol, 2024, 59(1): 14-22.

[3] 王兴. 第四次全国口腔健康流行病学调查报告[M]. 北

京: 人民卫生出版社, 2018: 17-37.
Wang X. The fourth national oral health survey report [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018: 17-37.

[4] 段锐, 许志华, 郭方明, 等. 青海省两地区12岁儿童龋齿影响因素的多水平分析[J]. 环境卫生学杂志, 2024, 14(4): 318-323.
Duan R, Xu ZH, Guo FM, et al. Multilevel analysis of factors influencing dental caries in 12-year-old children in two regions of Qinghai Province, China[J]. J Environ Hyg, 2024, 14(4): 318-323.

[5] 李菊红, 张紫阳, 宣鹏, 等. 深圳市12~15岁人群恒牙龋病抽样调查[J]. 中国公共卫生, 2021, 37(3): 483-487.
Li JH, Zhang ZY, Xuan P, et al. Permanent crown caries in 12-15 years-old students in Shenzhen City: a sampling survey[J]. Chin J Pub Heal, 2021, 37(3): 483-487.

[6] 纪帅旗, 韩蕊, 林豪, 等. 2019年青岛市学龄前儿童乳牙龋病患病现况及影响因素分析[J]. 中华预防医学杂志, 2021, 55(9): 1129-1132.
Ji SQ, Han R, Lin H, et al. Prevalence and influencing factors of deciduous dental caries among preschool children in Qingdao City in 2019[J]. Chin J Prev Med, 2021, 55(9): 1129-1132.

[7] 丁贤彬, 吕晓燕, 毛德强, 等. 重庆市城乡12岁儿童口腔健康状况及龋患率影响因素分析[J]. 中国慢性病预防与控制, 2016, 24(6): 435-438.
Ding XB, Lü XY, Mao DQ, et al. Analysis of oral health status and influencing factors of dental caries prevalence among 12-year-old children in urban and rural areas of Chongqing City[J]. Chin J Prev Contr Chron Dis, 2016, 24(6): 435-438.

[8] Dalla Nora Â, Knorst JK, Comim LD, et al. Factors associated with a cariogenic diet among adolescents: a structural equation modeling approach[J]. Clin Oral Investig, 2023, 27(1): 213-220.

[9] 宋慧敏. 3~5岁儿童膳食与乳牙患龋间相关性的探索研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2023.
Song HM. Exploratory study on the correlation between diet and dental caries in children aged 3-5 years[D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2023.

[10] Qin YD, Zhang R, Yuan B, et al. Structural equation modelling for associated factors with dental caries among 3-5-year-old children: a cross-sectional study[J]. BMC Oral Health, 2019, 19(1): 102.

[11] 国家卫生健康委办公厅. 国家卫生健康委办公厅关于印发2019年全国学生常见病和健康影响因素监测与干预工作方案的通知[EB/OL]. (2019-03-26)[2025-03-18]. http://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/201903/6016060e09f54f0f94fe3322cee55b42.shtml.
General Office of the National Health Commission. Notice of the General Office of the National Health Commission on issuing the 2019 national work plan for surveillance and intervention of common diseases and health influencing factors among students[EB/OL]. (2019-03-26)[2025-03-18]. http://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/201903/6016060e09f54f0f94fe3322cee55b42.shtml.

[12] Radloff LS. The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population[J]. Appl Psychol Meas, 1977, 1(3): 385-401.

[13] Spitzer RL, Kroenke K, Williams JBW, et al. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7[J]. Arch Intern Med, 2006, 166(10): 1092-1097.

[14] 国家质量监督检验检疫总局. 学生健康检查技术规范: GB/T 26343—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
National Health Commission of the People's Republic of China, National Standardization Administration. Technical standard for physical examination for students: GB/T 26343—2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.

[15] 任悄悄, 朱鸿斌, 张福艳, 等. 四川省8~18岁中小学生龋病与生长发育的相关性研究[J]. 实用预防医学, 2025, 32(10): 1180-1184.
Ren QQ, Zhu HB, Zhang FY, et al. Correlations of dental caries with growth and development among primary and secondary school students aged 8-18 years in Sichuan Province[J]. Pract Prev Med, 2025, 32(10): 1180-1184.

[16] 陆铭羚, 胡建利, 邓海林, 等. 2020年柳州市柳南区中小学生龋齿现况调查[J]. 应用预防医学, 2023, 29(1): 45-46, 49.
Lu ML, Hu JL, Deng HL, et al. Survey on dental caries status among primary and secondary school students in Liunan District, Liuzhou City, 2020[J]. Appl Prev Med, 2023, 29(1): 45-46, 49.

[17] 呼伦贝尔市卫生健康委员会. 关于对呼伦贝尔市政协五届三次会议总编第24274号提案的答复[EB/OL]. (2024-07-26)[2026-05-13]. https://wjw.hlbe.gov.cn/Openness-Content/show/436738.html

Health Commission of Hulunbuir. Reply to proposal No. 24274 of the third session of the fifth Political Consultative Conference of Hulunbuir[EB/OL]. (2024-07-26) [2026-05-13]. https://wjw.hlbe.gov.cn/OpennessContent/show/436738.html

[18] 肖滢, 刘怡然, 沈红, 等. 江苏省12~15岁中学生龋病流行现状及影响因素分析[J]. 口腔医学, 2020, 40(2): 135-140.
Xiao Y, Liu YR, Shen H, et al. Prevalence and influencing factors of dental caries among 12-15-year-old middle school students in Jiangsu Province[J]. Stomatology, 2020, 40(2): 135-140.

[19] 彭献镇, 王焕强, 韩静岭, 等. 中国中小学生龋齿患病率Meta分析[J]. 中国学校卫生, 2018, 39(10): 1585-1588.
Peng XZ, Wang HQ, Han JL, et al. Prevalence of dental caries among primary and secondary school students in China: a Meta-analysis[J]. Chin J School Heal, 2018, 39(10): 1585-1588.

[20] 许凤鸣, 王旭, 王丽茹, 等. 2018年河南省中小学生重点常见病检出情况分析[J]. 中国初级卫生保健, 2020, 34(9): 84-85, 94.
Xu FM, Wang X, Wang LR, et al. Analysis on the detection rate of common diseases among primary and middle school students in Henan Province in 2018[J]. Chin Prima Heal Care, 2020, 34(9): 84-85, 94.

[21] 杨梦利, 娄晓民, 徐学琴, 等. 河南中小学生龋齿现状及相关因素分析[J]. 中国学校卫生, 2022, 43(11): 1704-1706, 1712.
Yang ML, Lou XM, Xu XQ, et al. Analysis of dental caries among primary and middle school students in Henan Province[J]. Chin J School Heal, 2022, 43(11): 1704-1706, 1712.

[22] 秦丹, 姜浩丰, 沈露, 等. 重庆市10~12岁儿童第一恒磨牙患龋情况及相关因素分析[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(6): 608-614.
Qin D, Jiang HF, Shen L, et al. Caries status and related factors of the first permanent molars in children aged 10 to 12 years in Chongqing[J]. West China J Stomatol, 2019, 37(6): 608-614.

[23] Shivakumar S, Srivastava A, Shivakumar GC. Body mass index and dental caries: a systematic review[J]. Int J Clin Pediatr Dent, 2018, 11(3): 228-232.

[24] Marshman Z, Ainsworth H, Fairhurst C, et al. Behaviour change intervention (education and text) to prevent dental caries in secondary school pupils: BRIGHT RCT, process and economic evaluation[J]. Health Technol Assess, 2024, 28(52): 1-142.

[25] 陈贝斯. 以家庭为单位的社区口腔健康促进模式的初步效果评价[D]. 南宁: 广西医科大学, 2017.
Chen BS. Preliminary evaluation of a family-based community oral health promotion model[D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2017.

[26] 薛万林, 杨媛妮, 包竹青, 等. 武汉市3~6岁儿童龋齿发生率及家长对儿童龋齿的干预措施调查分析[J]. 中国妇幼保健, 2024, 39(10): 1840-1843.
Xue WL, Yang YN, Bao ZQ, et al. Investigation and analysis of dental caries incidence and parental intervention measures among children aged 3-6 years in Wuhan [J]. Matern Child Heal Care China, 2024, 39(10): 1840-1843.

[27] 刘金刚. 珠海市12岁儿童恒牙龋病的发病率、影响因素及预防措施[J]. 中国妇幼保健, 2020, 35(15): 2822-2825.
Liu JG. Incidence, influencing factors and preventive measures of permanent tooth caries among 12-year-old children in Zhuhai[J]. Matern Child Heal Care China, 2020, 35(15): 2822-2825.

[28] 韩亚茹, 徐江, 丁红忠. 口腔健康与抑郁症的关系研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(1): 75-79.
Han YR, Xu J, Ding HZ. Correlation between oral health and depression[J]. Chin Gener Pract, 2021, 24(1): 75-79.

（本文编辑　张玉楠）