

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2023.06.007

· 临床研究 ·

# 浏阳市12~16岁学生恒牙龋病发展轨迹的潜类别增长模型分析

谭杨朋<sup>1</sup>, 许欣<sup>2</sup>, 张红<sup>2</sup>, 寻寒<sup>2</sup>, 杨土保<sup>1</sup>

1. 中南大学湘雅公共卫生学院, 湖南 长沙(410078); 2. 浏阳疾病预防控制中心, 湖南 浏阳(410399)

**【摘要】** 目的 探讨浏阳市12~16岁学生恒牙龋病的发展轨迹,为制定龋齿防治措施提供参考。方法 浏阳市疾病预防控制中心每年9~11月开展中小学生龋齿筛查,对象为辖区范围内所有在籍中小學生,选取2013~2019年龋齿监测记录完整且过往乳牙龋监测记录可查的12~16岁学生7 297名,利用龋失补指数(decayed missing filled teeth, DMFT)建立零膨胀负二项-潜类别增长模型(zero-inflated negative binomial-latent class growth model, ZINB-LCGM)描述个体恒牙龋病轨迹间的动态变化。结果 浏阳市12~16岁学生DMFT构成中以龋坏牙(decayed teeth, DT)为主,最好发于第一恒磨牙。根据ZINB-LCGM模型,将恒牙龋发展轨迹分为三个潜类别:“缓慢增长型”(28.55%)、“快速增长型”(6.59%)、“平稳型”(64.86%),不同潜类别间遵循不同的非线性增长轨迹,有乳牙龋的女性更容易表现出“缓慢增长型”和“快速增长型”恒牙龋轨迹。男、女性和有、无乳牙龋的轨迹间均有显著性差异。结论 12~16岁学生龋病轨迹有群体异质性,遵循不同的发展模式,需重点关注女性、曾经患乳牙龋的学生群体。

**【关键词】** 龋病; 龋失补指数; 轨迹; 潜类别增长模型; 人群特征; 群体异质性; 零膨胀; 学校卫生; 学生

**【中图分类号】** R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2023)06-0426-08

**【引用著录格式】** 谭杨朋,许欣,张红,等. 浏阳市12~16岁学生恒牙龋病发展轨迹的潜类别增长模型分析[J]. 口腔疾病防治, 2023, 31(6): 426-433. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2023.06.007.

**Trajectory of the development of caries in the permanent dentition of 12- to 16-year-old students based on a latent class growth model analysis in Liuyang** TAN Yangpeng<sup>1</sup>, XU Xin<sup>2</sup>, ZHANG Hong<sup>2</sup>, XUN Han<sup>2</sup>, YANG Tubao<sup>1</sup>. 1. XiangYa School of Public Health, Central South University, Changsha 410078, China; 2. Liuyang Central for Disease Control and Prevention, Liuyang 410399, China

Corresponding author: YANG Tubao, Email: 1064960669@qq.com, Tel: 86-13973132376

**【Abstract】 Objective** To explore the trajectory of the development of permanent caries in 12- to 16-year-old students in Liuyang and to provide a reference for the prevention and management of caries. **Methods** Primary and secondary school students who were registered within the Liuyang jurisdiction were screened for caries from September to November by the Liuyang Center for Disease Control and Prevention. A total of 7 297 students between the ages of 12 and 16 years with complete permanent dentition caries monitoring records and traceable deciduous dentition caries monitoring records were selected from 2013 to 2019, and a zero-inflated negative binomial-latent class growth model (ZINB-LCGM) was established to describe the trajectory of the development of individual caries using the decayed missing filled teeth (DMFT) indicators. **Results** DMFT of 12- to 16-year-old students in Liuyang were mainly decayed teeth (DT), with the majority occurring in the first permanent molar. According to the ZINB-LCGM model, the students were classified into three latent categories, "slow growth pattern" (28.55%), "rapid growth pattern" (6.59%), and "stable pattern" (64.86%), which followed different nonlinear caries growth trajectories. Females with deciduous teeth caries were



微信公众号

**【收稿日期】** 2022-10-03; **【修回日期】** 2022-12-05

**【基金项目】** 湖南省重点研发计划项目(2018SK2073)

**【作者简介】** 谭杨朋, 医师, 硕士研究生在读, Email: tanyangpeng1997@163.com

**【通信作者】** 杨土保, 教授, 博士, Email: 1064960669@qq.com, Tel: 86-13973132376

more likely to have trajectories showing a “rapid growth pattern” and a “slow growth pattern”. There were significant differences in the trajectories between men and women, as well as between those with and without primary dentition caries. **Conclusion** The trajectory of the development of caries in 12-16-year-old students shows heterogeneity in terms of different developmental patterns of latent categories, suggesting that females with deciduous dental caries should receive more attention.

**【Key words】** dental caries; decayed missing filled teeth; trajectory; latent class growth model; population characteristic; population heterogeneity; zero-inflation; school health; students

**J Prev Treat Stomatol Dis, 2023, 31(6): 426-433.**

**【Competing interests】** The authors declare no competing interests

This study was supported by the grants from Key Research and Development Plan of Hunan Province (No. 2018SK2073).

龋齿是一种与多因素有关的牙齿硬组织疾病<sup>[1]</sup>,通常在细菌作用下从牙釉质表面粗糙或脱矿开始,后进一步累及牙本质,可表现出牙体缺损、牙髓受累等症状<sup>[2]</sup>,被世界卫生组织认为是继心血管疾病、癌症后的第三大重点防治疾病,对社会经济造成巨大负担<sup>[3]</sup>。然而,目前国内外对龋病的研究多集中在横断面水平上,虽可以提供患龋率等线索,但在回答“龋病随年龄如何发展”等轨迹问题<sup>[4]</sup>上有较大的限制,尤其对于正值替牙期的中小學生群体,不利于制定有效的预防策略。因此,本研究用连续测量的学生常见病监测数据来探讨学生群体在恒牙列初期(12~16岁)龋病的发展轨迹,以及相关因素(如性别和乳牙龋等)<sup>[5-6]</sup>对恒牙龋病轨迹的影响。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

学校常见病健康监测是一项旨提高在校学生健康水平的卫生政策,从2006年起,浏阳市卫生局委托浏阳市疾病预防控制中心以学校为单位于每年9~11月份完成学生常见病筛查,对象为辖区内所有在籍中小學生。2013年开始,浏阳市疾病预防控制中心开发学生常见病监测系统,实施无纸化记录,以年为单位创建各年份数据库,以个人唯一编码建立数据库间的链接。

### 1.2 龋齿检查和评价指标

牙位记录按照国际牙科联合会系统进行,用二位数记录牙位,十位数表示所在的区域象限以及恒、乳牙,1、2、3、4代表恒牙牙弓分区,依次表示为恒牙右上区、左上区、左下区、右下区;5、6、7、8表示乳牙牙弓分区,依次表示为乳牙右上区、左上区、左下区、右下区,个位数表示牙的排列顺序,越

靠近中线数字越小。受检者取平躺或坐位,在人工光源下,采用平面口镜和社区牙周指数(commu-nity periodontal index, CPI)探针以视诊结合探诊的方式进行口腔检查,依次按右上、左上、左下、右下区的顺序对牙齿逐个检查,并记录对应的龋坏牙(decayed teeth, DT/dt),必要时可借助棉签擦去软垢。因龋缺失牙(missing teeth, MT/mt)和因龋充填牙(filling teeth, FT/ft)检查和计数同样按此方法操作,从第一个缺牙或补牙间隙到相邻缺牙或补牙间隙逐一进行检查,记录方法同上。当龋齿评估过程中存在质疑时,该牙齿不应记录为龋齿。受检的牙齿包括口腔内所有的乳牙或恒牙。

根据WHO标准,本研究选用龋失补指数(decayed missing filled teeth, DMFT/dmft)作为龋病的评价指标,代表个体龋病的一种累计状态,该指标被广泛用在不同的调查研究实践中。 $DMFT(dmft) = \sum DT(dt) + \sum FT(ft) + \sum MT(mt)$ , DMFT表示恒牙龋失补牙数, dmft表示乳牙龋失补牙数, dmft大于0,则定义为有乳牙龋, dmft等于0,则定义为无乳牙龋。

### 1.3 样本筛选

从学生常见病监测系统导出2013~2015年12岁学生龋齿检查数据10 024人,根据个人唯一编码标识追踪2014~2019年均完成龋齿检查学生,剔除龋齿记录不完整(少于5年)的学生1 680人,回溯2013年之前的体检记录,剔除无乳牙检查记录或乳牙检查记录不全(少于5年)的学生1 047人,最终纳入7 297人进行分析。

### 1.4 诊断标准及质量控制

龋齿检查标准参照国家卫生标准WS/T 472-2015《口腔健康调查检查方法》执行。要求检查者两人一组,一名检查员和一名记录员,统一进行理论和口腔检查培训,每名检查员均通过龋病状态

的一致性检验,计算 *Kappa* 值,达到 0.8 以上才确认为合格。在口腔检查中,调查对象按照 5% 的复查率,接受另一位检查者的复查,复查的内容包括所有口腔检查内容,并与原始检查结果作标准一致性检验。在调查过程中,由浏阳市疾病预防控制中心成立督导组进入调查现场进行督导和检查,随机抽取至少 5 名调查对象进行复查。

### 1.5 模型选择

龋齿作为一种常见的累积性疾病,应用常用指标 DMFT 作为评价指标时,数据通常包含较多的零值,表现有零膨胀(结局变量多集中在零值上)和过离散(方差远大于均数)的特征<sup>[7]</sup>,尤其是替牙期刚结束的群体。有研究用泊松回归、负二项回归、零膨胀泊松(zero-inflated poisson, ZIP)回归和零膨胀负二项(zero-inflated negative binomial, ZINB)回归模型分别拟合龋齿数据,其中把 DMFT 作为零膨胀负二项分布时的拟合效果最佳<sup>[8]</sup>。同时,考虑到同一群体中不同个体的龋病发展模式有较大的差异,故拟选用潜类别增长模型(latent class growth model, LCGM)探索龋病发展轨迹<sup>[9]</sup>,LCGM 是在群体异质性为假设的前提下同时分析个体发展轨迹,并假设同一个群体中有几个不同的类别,同一类别组内个体的变化轨迹相同,不同类别间个体的变化轨迹完全不同<sup>[10]</sup>。

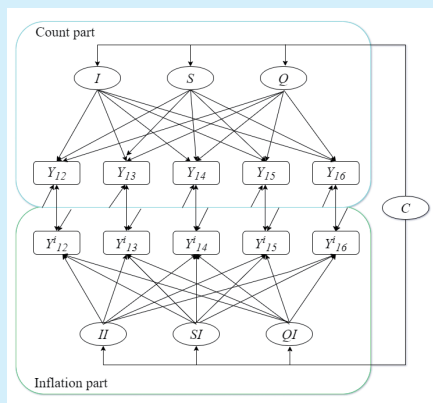
LCGM(线性函数为例)原理如下:

$$\begin{cases} Y_{it} = P(C=k)(I_{ik} + S_{ik}t + \varepsilon) \\ I_{ik} = I_{0k} \\ S_{ik} = S_{0k} \end{cases}$$

$Y_{it}$  表示个体  $i$  在  $t$  岁时的 DMFT 得分,分为  $k$  个类别, $P(C=k)$  表示个体  $i$  属于第  $k$  类的概率, $I_{ik}$  和  $S_{ik}$  表示个体  $i$  在第  $k$  类的截距和斜率, $\varepsilon$  为残差项,LCGM 模型假定同一类别组中个体方差为 0,即类别组内所有个体遵循同一种发展轨迹, $I_{0k}$  表示第  $k$  类的平均截距,用来描述第  $k$  类的平均初始值, $S_{0k}$  表示个体  $i$  在第  $k$  类中的平均斜率,描述该类别中的总体变化率。

因此,本研究最终采用 ZINB-LCGM (latent class growth model on zero-inflated negative binomial distribution) 来探索 DMFT 发展轨迹。ZINB-LCGM 中有两个平行的增长曲线模型被同时估计<sup>[10]</sup>,其一是在结局变量的计数部分上建模,结局变量遵循常规的负二项分布,因变量是计数资料的对数值,截距在各时间点上默认固定为 0,潜截距因子  $I$ 、潜斜率因子  $S$ 、潜二次斜率因子  $Q$  的均值被自由

估计;其二是在结局变量的膨胀部分建模,因变量是归于零类的概率,截距在各时间点上默认相等,潜截距因子  $I$  被修正为 0,潜斜率因子  $SI$  和潜二阶斜率因子  $QI$  被自由估计且在各时间点以及各类别中限制为相等(图 1)。为保证模型实际效应的可读性,在本文中重点解释计数部分和膨胀部分中  $I$ 、 $S$ 、 $SI$  的结果及意义,对于潜二阶斜率  $Q$  及  $QI$  仅汇报结果,但未对实际效应予以过多阐述。



The rectangles were indicated as observable variables, and the ellipses were indicated as latent variables. With a ZINB-LCGM, two variables were considered, a count variable( $Y_{12}, \dots, Y_{16}$ ) and an inflation variable( $Y'_{12}, \dots, Y'_{16}$ ). The count variable took on values for individuals who can assume values of zero and above following the negative binomial model. The inflation variable was a binary latent variable with one denoting that an individual was unable to assume any value except zero. All latent growth factors ( $I, S, Q, II, SI, QI$ ) were freely estimated in the latent categories  $C$ . ZINB-LCGM: zero-inflated negative binomial-latent class growth model

Figure 1 Path diagram of ZINB-LCGM

图 1 基于零膨胀负二项分布的潜类别增长模型路径图

### 1.6 统计学分析

在 SQL Service 2017 平台上建立数据库并完成数据整理。计数资料选用频数分析进行统计学描述。龋病轨迹分析共分为四步进行:第一步,将 12 ~ 16 岁学生 DMFT 作为观测结局变量,先分别拟合无条件线性、二阶线性的单类别 ZINB-LCGM,然后逐渐增加潜类别数量  $C$ ,以确定最优模型;第二步,根据第一步结果估计各项潜增长因子(截距因子和斜率因子)均值,分析龋病轨迹发展的特点;第三步,用 Logistic 回归分析性别和有无乳牙龋这两个重要因素对不同龋病发展轨迹的影响;第四步,在男、女和有、无乳牙龋人群中分别拟合  $C$  类的 ZINB-LCGM,比较不同亚组人群中的恒牙龋病

发展轨迹差异。假设检验为双侧检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

选用 MPlus8.3 软件进行数据分析和 Origin 2017 软件进行图形绘制。

## 2 结果

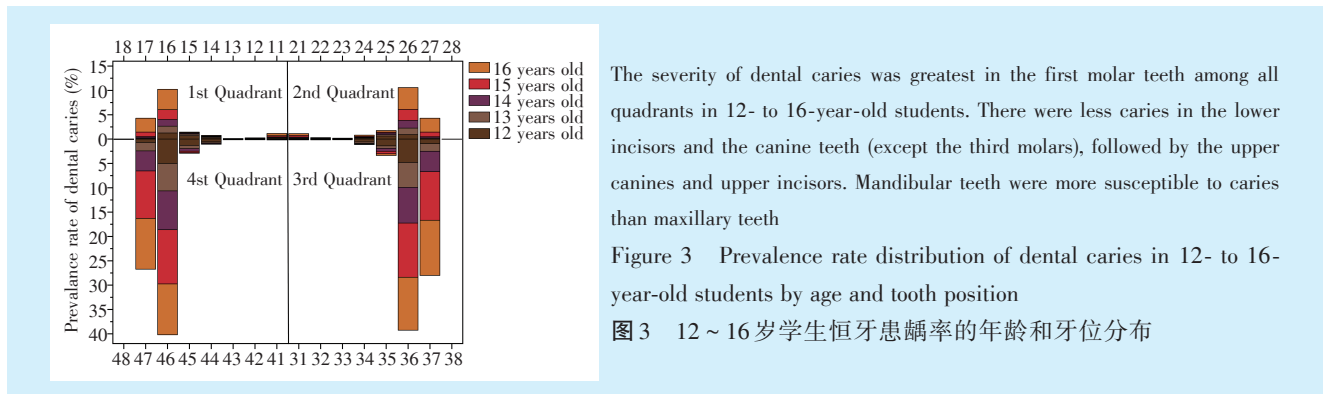
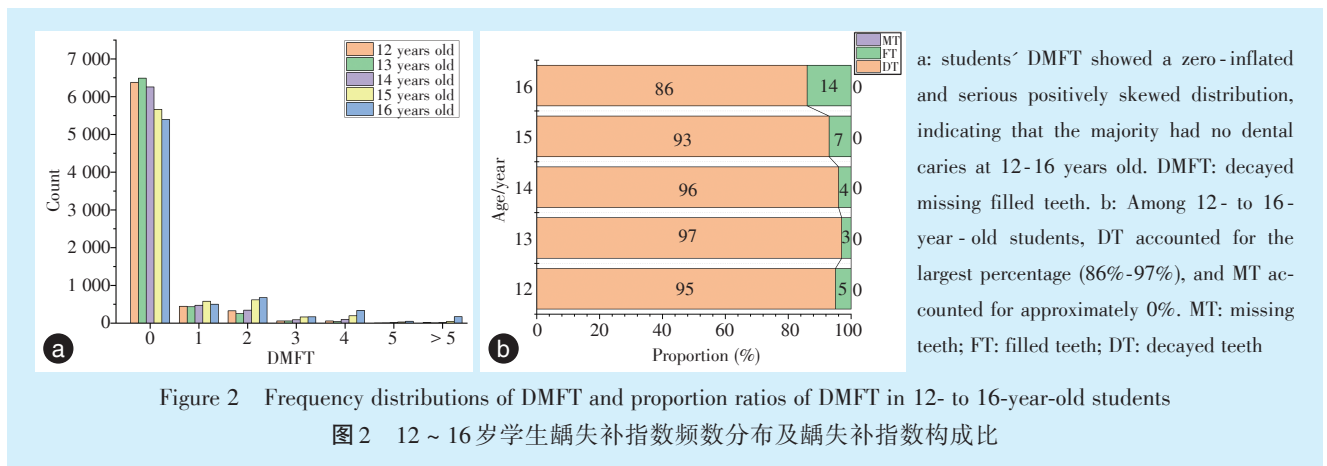
### 2.1 基本情况

共纳入研究对象 7 297 名, 男性 3 432 名, 占 47.03%, 女性 3 865 名, 占 52.97%, 其中曾经有乳牙

龋的 1 867 名, 占 25.59%, 无乳牙龋的 5 430 名, 占 74.41%。12 ~ 16 岁学生 DMFT 均呈严重的正偏态分布(图 2a), 且呈现零膨胀特征, 零值占比在 73.93% ~ 89.24%。

影响 12 ~ 16 岁学生 DMFT 得分的以 DT 为主, 构成比在 86% ~ 97%, FT 其次, 构成比在 3% ~ 14% 之间, 而 MT 仅在 13 岁和 14 岁时分别有 2 颗(图 2b)。

龋病好发牙位前三的依次是下颌第一恒磨牙、下颌第二恒磨牙、上颌第一恒磨牙(图 3)。



### 2.2 龋病发展轨迹分析

2.2.1 确定最优模型 无条件线性和非线性增长曲线模型各项拟合信息如表 1 所示, 随着类别增加, 各信息指数均出现不同程度的下降, 且非线性曲线在各类别上的信息指数均低于线性曲线, 绘制线性和非线性模型的  $aBIC$  指数陡坡图(图 4), 线性模型在潜类别数量  $C=2$  时出现强拐点, 而非线性模型在  $C=3$  时出现弱拐点。综合  $Entropy$  (评估分类的精确程度) 和  $LMR$ 、 $BLRT$  (比较拟合差异) 等指标, 最终确定 3 个潜类别的非线性 ZINB-LCGM, 分类准确性在 0.82 ~ 0.93。

2.2.2 ZINB-LCGM 拟合结果 计数部分结果显

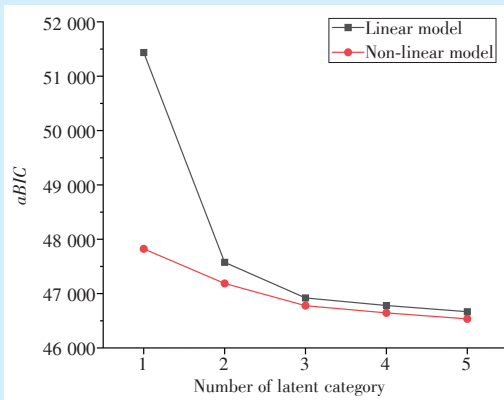
示, 在 3 个类别中, 第 1 类别组中包含 2 083 名学生 (28.55%), 初始 DMFT 水平中等, 后呈缓慢上升态势, 且增长速率逐渐加快, 定义为“缓慢增长型” ( $I = -0.07, P = 0.373; S = -0.07, P = 0.268; Q = 0.06, P < 0.001$ ); 第 2 类别中包含 4 733 名学生 (64.86%), 该群体占比最大, 曲线轨迹基本和  $x$  轴平行, DMFT 基本保持在 0 水平, 定义为“平稳型” ( $I = -2.81, P < 0.001; S = -0.36, P = 0.082; Q = 0.03, P = 0.526$ ); 第 3 类别组中包含 481 名学生 (6.59%), 该群体占比最小, 但 DMFT 初始水平最高, 且发展速度最快, 曲线轨迹明显高于其它两个类别, 定义为“快速增长型” ( $I = 0.70, P < 0.001$ ;

表1 线性和非线性ZINB-LCGM模型拟合信息及潜类别概率

Table 1 Fit indices and latent category probability of linear and non-linear ZINB-LCGM

	C	AIC	BIC	aBIC	Entropy	LMR	BLRT	Category probability
Linear	1	51 402.44	51 464.50	51 435.90	--	--	--	1.00
	2	47 549.61	47 597.87	47 575.63	0.78	< 0.001	< 0.001	0.35/0.65
	3	46 864.05	46 967.48	46 919.81	0.73	< 0.001	< 0.001	0.30/0.09/0.61
	4	46 714.33	46 838.44	46 781.24	0.65	< 0.001	< 0.001	0.27/0.10/0.09/0.54
	5	46 589.53	46 734.33	46 667.60	0.63	< 0.001	< 0.001	0.19/0.11/0.11/0.06/0.53
Non-linear	1	47 759.53	47 876.75	47 822.72	--	--	--	1.00
	2	47 130.38	47 233.80	47 186.14	0.78	< 0.001	< 0.001	0.36/0.64
	3	46 706.83	47 837.84	46 777.46	0.74	< 0.001	< 0.001	0.29/0.09/0.62
	4	46 558.99	46 717.58	46 644.49	0.72	< 0.001	< 0.001	0.22/0.09/0.61/0.09
	5	46 434.34	46 620.51	46 534.71	0.65	< 0.001	< 0.001	0.19/0.06/0.52/0.14/0.09

ZINB-LCGM: latent class growth model on zero-inflated negative binomial distribution. C: number of latent categories; AIC: Akaike information criterion; BIC: Bayesian information criterion; aBIC: sample-size adjusted Bayesian information criterion; LMR: Lo-Mendell-Rubin likelihood ratio test. BLRT: bootstrap likelihood ratio test.



An inflection point occurred when the number of categories was 2 in the linear model and 3 in the nonlinear model, indicating an optimized category from a pre-specified category established.

aBIC: adjusted Bayesian information criterion

Figure 4 Scree plot by aBIC

图4 aBIC 碎石图

$S = 0.06, P = 0.216; Q = 0.03, P = 0.001$ 。

膨胀部分结果显示,模型截距因子  $\Pi$  默认固定为 0,斜率  $SI$  及二次斜率  $QI$  在各类别中限制为

相等 ( $SI = -0.45, P < 0.001; QI = -0.13, P < 0.001$ ) (表2)。

2.2.3 性别和乳牙龋对恒牙龋病轨迹的影响 以 DMFT 发展轨迹的不同潜类别作为因变量,以不同性别(对照=女)和有无乳牙龋(对照=有)两个影响因素作自变量进行无序多分类 Logistic 回归分析。结果提示,模型拟合统计量似然比  $\chi^2=1\ 203.08$ ,自由度  $df=4, P < 0.001$ ,可认为回归方程成立。以“平稳型”DMFT 轨迹作为参照组时,男性相比于女性、无乳牙龋组相较于有乳牙龋组的 DMFT 轨迹更不容易表现为“缓慢增长型”和“快速增长型”,OR 值分别是 0.60 (0.50 ~ 0.73)、0.64 (0.54 ~ 0.74) 和 0.37 (0.25 ~ 0.53)、0.60 (0.47 ~ 0.77) (表3)。

2.2.4 不同亚组恒牙龋病轨迹差异 男、女性的轨迹差异:在“平稳型”人群中,男、女性 DMFT 轨迹基本相同,在各年龄段处于 DMFT=0 水平;在“缓慢增长型”人群中,女性 DMFT 轨迹的初始水平尚无差距,但发展速率高于男性,因此随着年龄的增长,此类人群中男、女的 DMFT 差距越来越大;在“快速

表2 ZINB-LCGM 模型潜增长因子估计值

Table 2 Estimated latent factors of the ZINB-LCGM for 12- to 16-year-old students

Categories	Latent factor	Count part			Latent factor	Inflation part	
		Logit	$e^{Logit}$	P		Estimated	P
Slow growth pattern (n = 2 083)	I	-0.07	0.93	0.373	II	—	—
	S	-0.07	0.93	0.268	SI	-0.45	< 0.001
	Q	0.06	1.06	< 0.001	QI	-0.13	< 0.001
Stable pattern (n = 4 733)	I	-2.81	0.06	< 0.001	II	—	—
	S	-0.36	0.70	0.082	SI	-0.45	< 0.001
	Q	0.03	1.03	0.526	QI	-0.13	< 0.001
Rapid growth pattern (n = 481)	I	0.70	2.01	< 0.001	II	—	—
	S	0.06	1.06	0.216	SI	-0.45	< 0.001
	Q	0.03	1.02	0.001	QI	-0.13	< 0.001

表3 龋病发展轨迹的无序多分类Logistic回归分析  
Table 3 Multinomial Logistic regression analysis of caries trajectory

Categories <sup>1</sup>	Independent variable	<i>b</i>	<i>S<sub>e</sub></i>	$\chi^2$	<i>P</i>	OR (95% CI)
Slow growth pattern	Intercept	-0.25	0.07	13.05	< 0.001	
	Sex	-0.51	0.10	25.33	< 0.001	0.60 (0.50-0.73)
	Deci <sup>2</sup>	-0.45	0.08	32.38	< 0.001	0.64 (0.54-0.74)
Rapid growth pattern	Intercept	-1.51	0.11	202.39	< 0.001	
	Sex	-1.01	0.19	29.12	< 0.001	0.37 (0.25-0.53)
	Deci <sup>2</sup>	-0.51	0.13	15.94	< 0.001	0.60 (0.47-0.77)

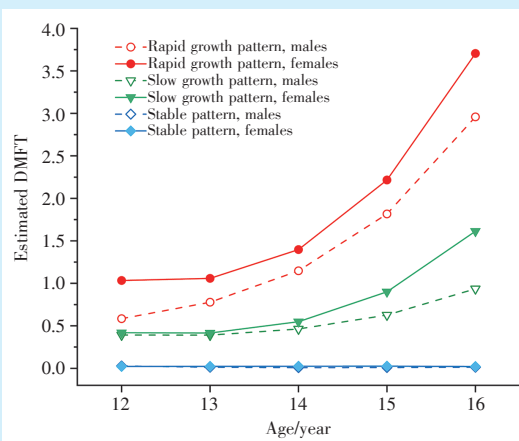
1: reference is "stable pattern". 2: Deci is abbreviation of "deciduous teeth caries". CI: confidence interval

增长型”人群中,女性 DMFT 轨迹的初始水平高于男性,而发展速率差距不大(图5)。

有、无乳牙龋的轨迹差异:在“平稳型”人群中,轨迹几乎重合,在各年龄段均处于 DMFT=0 水平;在“缓慢增长型”人群中,轨迹初始水平呈现出曾经有乳牙龋的人群高于无乳牙龋的人群,但二者的发展速率差别不大;在“快速增长型”人群中,有乳牙龋人群 DMFT 轨迹的初始水平高于无乳牙龋人群,二者 DMFT 的差距随着年龄的增长先减小后增大。无论何种类别,无乳牙龋组的 DMFT 轨迹都在有乳牙龋组的下方(图6)。

### 3 讨论

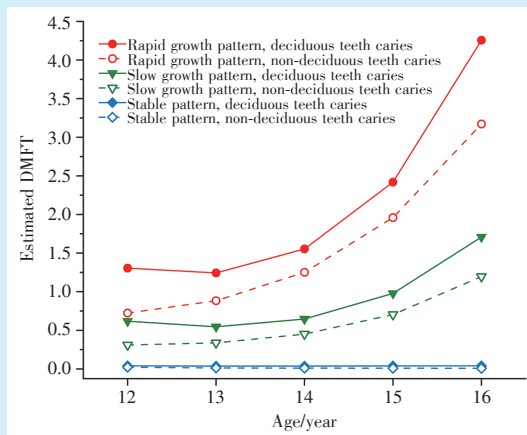
基于学校常见病监测资料,本研究发现浏阳



Intuitively, solid lines (females) and dotted lines (males) had a similar trajectory both in three latent categories, but dotted lines were slightly lower than those solid lines. Nevertheless, the disparity between solid lines and dotted lines were different in three latent categories. DMFT: decayed missing filled teeth

Figure 5 DMFT trajectories in 12- to 16-year-old students of different genders

图5 12~16岁学生不同性别龋失补指数发展轨迹



Intuitively, solid lines (with deciduous teeth caries) and dotted lines (without deciduous teeth caries) had a similar trajectory both in three latent categories, but dotted lines (without deciduous teeth caries) were slightly lower than those solid lines (with deciduous teeth caries). Nevertheless, the disparity between solid lines and dotted lines were different in three latent categories. DMFT: decayed missing filled teeth

Figure 6 DMFT trajectories in 12- to 16-year-old students with and without deciduous teeth caries

图6 12~16岁有无乳牙龋学生的龋失补指数发展轨迹

市 12~16 岁学生的 DMFT 构成以龋坏牙 (DT) 为主,这与第三次和第四次全国口腔健康流行病学调查中的结论一致<sup>[11]</sup>。该年龄段学生龋病的牙位分布是左右基本对称,下颌多于上颌,其中最好发于第一恒磨牙,与研究结果一致<sup>[12]</sup>,除了牙齿萌出时间不同以及牙体解剖结构不同等原因外,还可能由于牙冠形成期和免疫系统等因素共同作用,如第一恒磨牙的牙冠形成期正值免疫系统尚未成熟的时期(从出生至 3 岁),在这期间,感染、饮食和代谢紊乱等都会影响釉质矿化程度,更容易发生龋病<sup>[13]</sup>。

12~16 岁人群基本上已经完成混合牙列期向恒

牙列期的转换,处于恒牙龋病发展的起始阶段,研究表明,早期患龋对以后龋病的发展仍有着深刻的影响<sup>[5]</sup>,且龋病的流行高峰越来越年轻化<sup>[14]</sup>,因此,了解恒牙列初期龋病的发展轨迹有利于未来龋病风险评估和预测。本研究将12~16岁学生分为“快速增长型”、“缓慢增长型”、“平稳型”等3种不同的类别,彼此遵循不同的发展轨迹。“快速增长型”虽然人数占比最少(6.59%),但龋病的初始水平最高,发展速度最快,这一类人群的“高龋”状态更容易导致牙齿脱落和牙周疾病,是学校常见病干预的重点对象,应予以更多的关注,可考虑选用简单风险评估工具如龋病诺模图等<sup>[15]</sup>筛选这种龋患较严重的人群,诺模图是根据回归模型等确定重要的指标或因素,并赋予权重,形成简单的可视化图表量化个体患龋风险,可用于大规模人群龋病的初步筛查。若对这类“高龋”人群尽早采取如窝沟封闭术或涂氟等干预措施<sup>[16]</sup>,可以避免更大的健康损失;“缓慢增长型”与“快速增长型”轨迹接近,但初始水平和发展速度略小于“快速增长型”;“平稳型”学生人数最多(64.86%),龋病轨迹接近DMFT=0水平,牙齿相对健康,这类人群可合理延长口腔检查时间间隔,以免造成资源浪费。此外,本研究中膨胀部分结果斜率SI为-0.45,说明随着年龄的增大,DMFT为0值的似然性逐渐降低,牙齿更易脱矿和再矿化失衡,发生龋病的可能性越来越高,提示可能有必要实施全生命周期的龋病管理<sup>[17]</sup>。

不同性别的龋病发展轨迹间存在差异<sup>[18]</sup>,男性龋病更容易呈现“稳定型”的发展趋势,而女性龋病则更容易呈现“快速增长型”和“缓慢增长型”的发展趋势,表明女性较男性有更强的龋病易感性,在口腔健康方面处于不利地位<sup>[19]</sup>,有学者认为性别间的龋病差异是遗传和非遗传因素共同作用的结果<sup>[20]</sup>,遗传性因素如龋病相关的基因位点等,而非遗传性因素如口腔内唾液的流速、饮食习惯等。有研究指出,中国的女性学生群体倾向摄入更多的糖和碳酸饮料<sup>[21]</sup>,而糖和碳酸饮料等食物是龋病发生的四联因素之一<sup>[1]</sup>,这也可能是导致女性较男性易患龋的原因。

乳牙龋仍会影响未来恒牙龋病的发展<sup>[5,22]</sup>,部分家长可能会因为儿童乳牙在生长发育过程中会发生替换而忽视乳牙龋的危害,但Logistic回归分析显示有乳牙龋者的恒牙龋轨迹更易表现为“快速增长型”和“缓慢增长型”,而无论何种类型的轨

迹,有乳牙龋组的DMFT水平均不同程度地高于同龄无乳牙龋组,但二者恒牙龋的发展速率差别却不大,可能是因为在混合牙列期的致龋因素除了作用于乳牙外,也致使新萌出的恒牙患龋,有研究指出,早期儿童龋(early childhood caries, ECC)使恒牙龋患病风险提升两倍以上,同样,乳牙龋数量以及发展阶段均会增加恒牙龋患病风险<sup>[22]</sup>,提示需将儿童龋病预防关口前移,早期干预,保证儿童咀嚼器官的健康生长和发育,诱导良好的恒牙列生成。

本研究的优势是基于较大样本的连续龋齿监测数据,利用ZINB-LCGM分析龋病轨迹,相较于传统的龋病轨迹模型,如多层线性模型等<sup>[23]</sup>,释放了群体同质的假设前提,从个体的角度出发进行分析,还可较好地处理过度离散且含有大量零值的龋齿计数资料,捕捉连续测量资料中复杂的基本特征,描述不同人群的龋病发展轨迹差异。

本研究存在以下不足:第一,本研究获取的数据年限尚短,本研究仅将龋病发展聚焦在12~16岁,在推及恒牙刚萌出时和未来几十年的龋病发展变化方面存在局限;第二,本研究使用恒牙龋病的数量来评价恒牙龋病的严重程度,而未考虑单颗牙齿龋坏的程度如浅龋、中龋、深龋等,不同龋坏程度所造成的健康损失可能不一样<sup>[22]</sup>,建议后续龋齿的研究使用统一评价标准,如国际龋齿评判标准(international caries detection and assessment, ICDAS)等<sup>[24]</sup>;第三,由于本研究利用的是中小学生学习常见病监测数据,未包括上学前的龋齿检查记录,可能低估学生乳牙患龋率,此外,本研究将乳牙龋仅区分为有和无,未考虑乳牙龋的严重程度,而不同程度的乳牙龋对恒牙龋病的影响可能不同<sup>[5]</sup>;第四,龋病是一种动态变化的多因素疾病,本研究中仅纳入性别和乳牙龋变量,却没有其它重要影响因素<sup>[25]</sup>,如口腔健康行为和社会经济状况等,后续研究将进一步纳入其它重要影响因素进行分析;第五,有研究认为DT、MT、FT三项指标求和所得的综合指标在评价恒牙龋病时存在有局限性,因为DT和MT是增加疾病负担的指标,FT是降低疾病负担的指标,且DT和MT、MT和FT间有显著相关关系<sup>[26]</sup>,后续研究将结合多项指标综合评价个体恒牙龋状态。

**【Author contributions】** Tan YP, Yang TB processed the research and drafted the article. Xu X, Zhang H, Xun H were responsible for da-

ta collection and analysis. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

### 参考文献

- [1] Bawaskar HS, Bawaskar PH. Oral diseases: a global public health challenge[J]. *Lancet*, 2020, 395(10219): 185-186. doi: 10.1016/S0140-6736(19)33016-8.
- [2] Mathur VP, Dhillon JK. Dental caries: a disease which needs attention[J]. *Indian J Pediatr*, 2018, 85(3): 202-206. doi: 10.1007/s12098-017-2381-6.
- [3] Alsuraim BS, Han DH. Effect of globalization on global dental caries trend[J]. *Medicine*, 2020, 99(35): e21767. doi: 10.1097/MD.00000000000021767.
- [4] Hall-Scullin E, Whitehead H, Milsom K, et al. Longitudinal study of caries development from childhood to adolescence[J]. *J Dent Res*, 2017, 96(7): 762-767. doi: 10.1177/0022034517696457.
- [5] Lin YT, Chou CC, Lin YT. Caries experience between primary teeth at 3-5 years of age and future caries in the permanent first molars[J]. *J Dent Sci*, 2021, 16(3): 899-904. doi: 10.1016/j.jds.2020.11.014.
- [6] Haworth S, Esberg A, Lif Holgerson P, et al. Heritability of caries scores, trajectories, and disease subtypes[J]. *J Dent Res*, 2020, 99(3): 264-270. doi: 10.1177/0022034519897910.
- [7] Fernandez GA, Vatcheva KP. A comparison of statistical methods for modeling count data with an application to hospital length of stay[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2022, 22(1): 211. doi: 10.1186/s12874-022-01685-8.
- [8] Bakhshi E, Yazdanipour MA, Rahgozar M, et al. Overall effects of risk factors associated with dental caries indices using the marginalized zero-inflated negative binomial model[J]. *Caries Res*, 2019, 53(5): 541-546. doi: 10.1159/000498892.
- [9] Grimm KJ, Ram N. Latent growth and dynamic structural equation models[J]. *Annu Rev Clin Psychol*, 2018, 14: 55-89. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-050817-084840.
- [10] Muthen LK, Muthen BO. *Mplus User's Guide* [M]. 8th ed. Los Angeles: Muthen & Muthen, 2012
- [11] Quan JK, Wang XZ, Sun XY, et al. Permanent teeth caries status of 12- to 15-year-olds in China: findings from the 4th national oral health survey[J]. *Chin J Dent Res*, 2018, 21(3): 181-193. doi: 10.3290/j.cjdr.a41080..
- [12] de Farias AL, Rojas-Gualdrón DF, Giroto Bussaneli D, et al. Does molar-incisor hypomineralization (MIH) affect only permanent first molars and incisors? New observations on permanent second molars[J]. *Int J Paediatr Dent*, 2022, 32(1): 1-10. doi: 10.1111/ipd.12780.
- [13] Que L, Jia M, You Z, et al. Prevalence of dental caries in the first permanent molar and associated risk factors among sixth-grade students in São Tomé Island[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 483. doi: 10.1186/s12903-021-01846-z.
- [14] Righolt AJ, Jevdjevic M, Marcenes W, et al. Global-, regional-, and country-level economic impacts of dental diseases in 2015[J]. *J Dent Res*, 2018, 97(5): 501-507. doi: 10.1177/0022034517750572.
- [15] Duan S, Li M, Zhao J, et al. A predictive nomogram: a cross-sectional study on a simple-to-use model for screening 12-year-old children for severe caries in middle schools[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 457. doi: 10.1186/s12903-021-01819-2.
- [16] James P, Harding M, Beecher T, et al. Impact of reducing water fluoride on dental caries and fluorosis[J]. *J Dent Res*, 2021, 100(5): 507-514. doi: 10.1177/0022034520978777.
- [17] 周学东, 程磊, 郑黎薇. 全生命周期的龋病管理[J]. *中华口腔医学杂志*, 2018, 6(53): 367-373. doi: 10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.06.002.  
Zhou XD, Chen L, Zhen LW. Strategies of caries management in whole life cycle[J]. *Chin J Stomatol*, 2018, 6(53): 367-373. doi: 10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.06.002.
- [18] Shaffer JR, Wang X, McNeil DW, et al. Genetic susceptibility to dental caries differs between the sexes: a family-based study[J]. *Caries Res*, 2015, 49(2): 133-140. doi: 10.1159/000369103.
- [19] Chen C, Zhang F, Wang R. Dental caries experience and related risk indicators of 12-year-old students in Jilin, China[J]. *Medicine*, 2020, 99(28): e20988. doi: 10.1097/MD.00000000000020988.
- [20] Wu L, Li Z, Zhou J, et al. An association analysis for genetic factors for dental caries susceptibility in a cohort of Chinese children [J]. *Oral Dis*, 2022, 28(2): 480-494. doi: 10.1111/odi.13758.
- [21] Yang Q, Xi Y, Liu H, et al. Free sugars intake among Chinese adolescents and its association with dental caries: a cross-sectional study[J]. *Nutrients*, 2021, 13(3): 765. doi: 10.3390/nu13030765.
- [22] Lam PPY, Chua H, Ekambaram M, et al. Does early childhood caries increase caries development among school children and adolescents? A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(20): 13459. doi: 10.3390/ijerph192013459.
- [23] Li F, Wu SC, Zhang ZY, et al. Trend on dental caries status and its risk indicators in children aged 12 years in China: a multilevel analysis based on the repeated national cross-sectional surveys in 2005 and 2015[J]. *BMC Public Health*, 2021, 21(1): 2285. doi: 10.1186/s12889-021-12262-x.
- [24] Gudipani RK, Alkuwaykibi AS, Ganji KK, et al. Assessment of caries diagnostic thresholds of DMFT, ICDAS II and CAST in the estimation of caries prevalence rate in first permanent molars in early permanent dentition - a cross-sectional study[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 133. doi: 10.1186/s12903-022-02134-0.
- [25] Almerich-Torres T, Montiel-Company JM, Bellot-Arcés C, et al. Caries prevalence evolution and risk factors among schoolchildren and adolescents from Valencia (Spain): trends 1998-2018[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(18): 6561. doi: 10.3390/ijerph17186561.
- [26] Liang J, Wu B, Plassman B, et al. Racial disparities in trajectories of dental caries experience[J]. *Community Dent Oral Epidemiol*, 2013, 41(6): 517-525. doi: 10.1111/cdoe.12045.

(编辑 张琳, 李剑波)



官网