

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202525198

· 论著 ·

基于6~8岁替牙期儿童颜面部特征及临床症状的重度腺样体肥大预测模型

王君怡¹, 张钦杰¹, 郭嘉¹, 谭皓月^{1,2}, 周祥¹, 刘雨滋¹, 贾欢^{1,2,3}

(1. 上海交通大学医学院附属第九人民医院耳鼻咽喉头颈外科, 上海 200011; 2. 上海交通大学医学院耳科学研究所, 上海 200011; 3. 上海交通大学医学院上海市耳鼻疾病转化医学重点实验室, 上海 200011)

摘要: **目的** 针对替牙期儿童重度腺样体肥大(AH)与颅颌面发育异常的关联, 研究无创面容测量、临床症状与AH的相关性, 并构建重度AH早期诊断的预测模型。**方法** 采用横断面研究设计, 纳入2023年8月—2024年12月于上海第九人民医院就诊的6~8岁替牙期儿童201例。收集儿童颅颌面形态参数: 侧面照片颜面测量角度及比值; 临床症状指标包括: 呼吸模式、扁桃体肥大程度、反复扁桃体发炎史、鼻炎/哮喘患病情况、OSA-18问卷得分、中耳炎史等。按照3:1比例将研究对象分为建模组149例, 验证组52例。基于鼻内镜检查将建模组分为轻/中度AH组($n=77$)与重度AH组($n=72$), 采用LASSO回归筛选阳性变量, 构建Logistic回归预测模型, 并应用ROC曲线(AUC)、校准曲线及决策曲线分析(DCA)验证模型效能。**结果** 与轻/中度AH儿童相比, 重度AH儿童呈现面凸度减小[(173.24 ± 2.71)° vs (171.01 ± 4.08)°, $P < 0.001$]、唇突比值增加(0.90 ± 0.09 vs 1.02 ± 0.11 , $P < 0.001$)、上颌凸度增加[(30.37 ± 6.52)° vs (35.98 ± 7.25)°, $P < 0.001$]等特征性面容改变。呼吸模式($OR < 1$, $P < 0.05$)、慢性扁桃体炎($OR = 6.035$, $P = 0.007$)、慢性鼻炎($OR = 5.183$, $P = 0.013$)、哮喘($OR = 14.927$, $P = 0.002$)、重度鼾症($OR = 5.803$, $P = 0.011$)也与重度AH之间存在关联性。基于上述因素构建的复合预测模型在建模组AUC=0.949, 验证组AUC=0.961, 提示该模型具有良好的区分度和临床适用性。**结论** 本研究发现替牙期儿童的面凸度、唇突比值、上颌凸度等面容特征是重度AH的早期敏感指标。基于此构建的面容-症状预测模型提供了一种无创、高效的筛查方法, 可以有效帮助重度AH的临床前诊断及广泛筛查。

关键词: 腺样体肥大; 颜面部特征; 睡眠呼吸暂停综合征; 预测模型; 面部摄影测量
中图分类号: R766.5

A prediction model for severe adenoid hypertrophy based on craniofacial characteristics and clinical symptoms in 6–8 year old children during mixed dentition stage

WANG Junyi¹, ZHANG Qinjie¹, GUO Jia¹, TAN Haoyue^{1,2}, ZHOU Xiang¹, LIU Yuzi¹, JIA Huan^{1,2,3}

(1. Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 2. Ear Institute Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 3. Shanghai Key Laboratory of Translational Medicine on Ear and Nose Diseases, Shanghai 200011, China)

Abstract: **Objective** Regarding the association between severe adenoid hypertrophy (AH) and craniofacial development abnormalities in children during the mixed dentition period, to investigate the correlation between non-invasive facial measurements, clinical symptoms and AH, and construct a predictive model for the early diagnosis of severe AH. **Methods** A cross-sectional study was adopted, including 201 children aged from 6 to 8 years in the mixed dentition stage who visited Shanghai Ninth People's Hospital from August 2023 to December 2024. The craniofacial morphological parameters including facial measurement angles and ratios from lateral photos, data of clinical symptom indicators including

breathing patterns, degree of tonsillar hypertrophy, history of recurrent tonsillitis, history of rhinitis/asthma, OSA-18 questionnaire scores, history of otitis media, etc were collected. All the study subjects were randomly divided into a modeling group ($n=149$) and a validation group ($n=52$) at a ratio of 3:1. The modeling group was further divided into a mild-to-moderate AH group ($n=77$) and a severe AH group ($n=72$) based on nasal endoscopy. LASSO regression was used to screen positive variables, and a Logistic regression prediction model was constructed. The model performance was verified via receiver operating characteristic (ROC) curves, calibration plots, and decision curve analyses (DCA). **Results**

Compared to the mild-to-moderate AH group, children with severe AH presented with decreased facial convexity [$(173.24 \pm 2.71)^\circ$ vs $(171.01 \pm 4.08)^\circ$, $P < 0.001$], enhanced lip prominence (0.90 ± 0.09 vs 1.02 ± 0.11 , $P < 0.001$), and increased maxillary convexity [$(30.37 \pm 6.52)^\circ$ vs $(35.98 \pm 7.25)^\circ$, $P < 0.001$], as well as other characteristic facial changes. Multivariate analysis revealed that the breathing patterns ($OR < 1$, $P < 0.05$), chronic tonsillitis ($OR = 6.035$, $P = 0.007$), chronic rhinitis ($OR = 5.183$, $P = 0.013$), asthma ($OR = 14.927$, $P = 0.002$), and severe snoring ($OR = 5.803$, $P = 0.011$) were also associated with severe AH. The composite prediction model based on these factors had an AUC of 0.949 in the modeling group and 0.961 in the validation group, indicating good discrimination and clinical applicability. **Conclusions** The facial convexity, lip prominence, and maxillary convexity in children during the mixed dentition stage are early sensitive indicators of severe AH. The facial-symptom prediction model constructed based on these factors provides a non-invasive and efficient screening method that can effectively assist in the preclinical diagnosis and wide screening of severe AH.

Keywords: Adenoid hypertrophy; Craniofacial characteristics; Obstructive sleep apnea; Prediction model; Facial photogrammetry

腺样体是位于鼻咽的淋巴组织^[1],该淋巴组织在儿童3~6岁时经历生理性增生高峰,10岁后逐步萎缩。过度增生的腺样体可导致后鼻孔及咽鼓管咽口的阻塞,进而引起鼻咽气道狭窄及呼吸阻力增加^[2]。这一病理变化干扰了儿童正常的通气模式及睡眠结构,造成睡眠结构紊乱及通气障碍,进一步迫使儿童的呼吸模式由鼻呼吸向口呼吸转变^[3]。而长期的口呼吸会造成患儿唇周肌肉张力失衡,舌体低位使下颌骨失去正常向前生长动力^[4],最终形成特征性的“下颌后缩、上颌前突、腭弓高拱、唇封不严”的腺样体面容^[5-6]。此外,肥大的腺样体堵塞咽鼓管咽口,会导致咽鼓管内外压差失衡,出现中耳积液^[7];以及长期的后鼻孔阻塞导致的鼻涕倒流及鼻腔黏膜变应性水肿^[8]。尽管腺样体肥大(adenoid hypertrophy, AH)伴随的这些临床表现严重影响儿童的生活健康及生长发育,但由于腺样体位置的隐匿性、临床症状的复杂性及其伴随症状常被家长误解为“牙列畸形^[9]、呼吸道感染、耵聍栓塞”等表面问题,而忽视了其根本病因,从而导致儿童就诊的延误,这种延误可能进一步引起患儿不可逆的面容改变^[9]、生长发育受限及器质性听力问题,增加医疗治疗费用^[10],严重影响儿童的生活质量和长期健康^[11]。近年来,一些学者提出通过简便、无创的方式筛查AH导致的阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea, OSA)患儿^[12-13],以期早期预

警,及时干预。多项研究表明,列线图风险预测在OSA筛查中展现出良好的应用前景^[14-15],但现有研究未纳入基于牙龄的颌面发育调研,存在由于儿童面容生长发育导致的结果偏倚。纵向研究表明,乳牙晚期、替牙期(6~8岁)是儿童面容发育的高峰时期,在此期间,乳恒牙更替,面部颌骨生长迅速,此时期的牙列发育畸形,异常咬合关系、呼吸模式等均会导致儿童出现不可逆的面容变化^[15]。

现阶段临床上针对替牙期重度AH患儿的复合风险预测模型未见报道。本研究首次重点围绕替牙期腺样体肥大儿童的临床症状及面容发育,构建复合风险预测模型。通过多维度分析,开发出一种简便、可靠且适用于临床的筛查工具,帮助患儿家属尽早识别那些已表现出面容发育异常、临床症状变化的儿童,在疾病早期进行筛查,联合多学科联合诊疗,有效改善患儿的生活质量并避免并发症的发生。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集2023年8月—2024年12月在上海交通大学医学院附属第九人民医院耳鼻咽喉头颈外科门诊就诊的儿童。纳入标准:①6~8岁替牙期儿童;②有鼻内镜或鼻咽侧位片X线检查报告;③临床资料完整;④同意照片拍摄,有侧面照片。排除标准:

①先天性面部发育畸形、唇腭裂、克鲁综合症儿童；
②有面部外伤、口腔正畸矫正史；③鼻内镜或鼻炎侧位片X线检查报告不全。

本研究按照《赫尔辛基宣言》中规定的伦理原则进行,并获得了上海交通大学医学院附属第九人民医院医学伦理委员会的批准(伦理号:SH9H-2023-T348-1)。所有参与者和/或其法定代理人都被告知了研究目的、程序、潜在风险和益处,并同意参与研究。

1.2 研究方法

1.2.1 资料收集 收集受试者基本资料、生活质量情况、实验室检查资料。基本资料包括:年龄、性别、体质指数(body mass index,BMI)。

问卷资料包括病程、临床症状表现、合并哮喘/鼻炎等过敏性疾病情况、OSA-18 问卷得分等。OSA-18 问卷得分 > 90 分诊断为重度鼾症^[16-17];清水鼻涕、鼻塞症状持续超过3个月,药物治疗无改善为慢性鼻炎^[3]。

实验室检查资料包括扁桃体肥大程度(I~Ⅲ度),腺样体肥大程度^[18]。

1.2.2 颜面部测量 收集患儿颜面侧面二维照片,要求受试者拍摄过程中,露出双耳,自然状态,双目目视前方,两唇自然闭合,牙齿处于习惯性咬合,嘴唇及颊部肌肉放松^[19]。测量角度、比值测量参数见

图1、表1。

颜面特征测量用软件进行测量标定,由一名专业耳鼻咽喉科医生测量,另一位专业耳鼻咽喉科医生进行复核。

1.2.3 研究分组 根据入组患儿鼻内镜检查或鼻咽侧位片报告,根据腺样体肥大堵塞后鼻孔程度或A/N 比值,将入组患儿分为轻/中度肥大组(腺样体堵塞后鼻孔 < 75%)和重度肥大组(腺样体堵塞后鼻孔 ≥ 75%)。

根据中等量数据集建模验证数据划分比例参考^[20],将纳入的201例患儿按照3:1的比例进行随机分组,建模组149例用于预测模型的构建,验证组52例用于预测模型的外部验证。

1.3 统计学处理

采用SPSS 25.0 软件和R4.4 软件进行统计分析。计数资料在两组上进行 χ^2 检验和Fisher 精确检验,用 $n(\%)$ 来表示;连续性资料在两组上符合正态分布和方差齐性采取 t 检验,用 $\bar{x} \pm s$ 来表示,不符合正态分布采用 $M[P_{25}, P_{75}]$ 表示;应用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator,LASSO)回归对患儿侧面颜面部特征指标进行筛选;单因素分析后具有统计学意义的变量纳入多因素Logistic 回归分析中,方法选择“Forward:LR”,筛选影响AH的危险因素,并建立风险

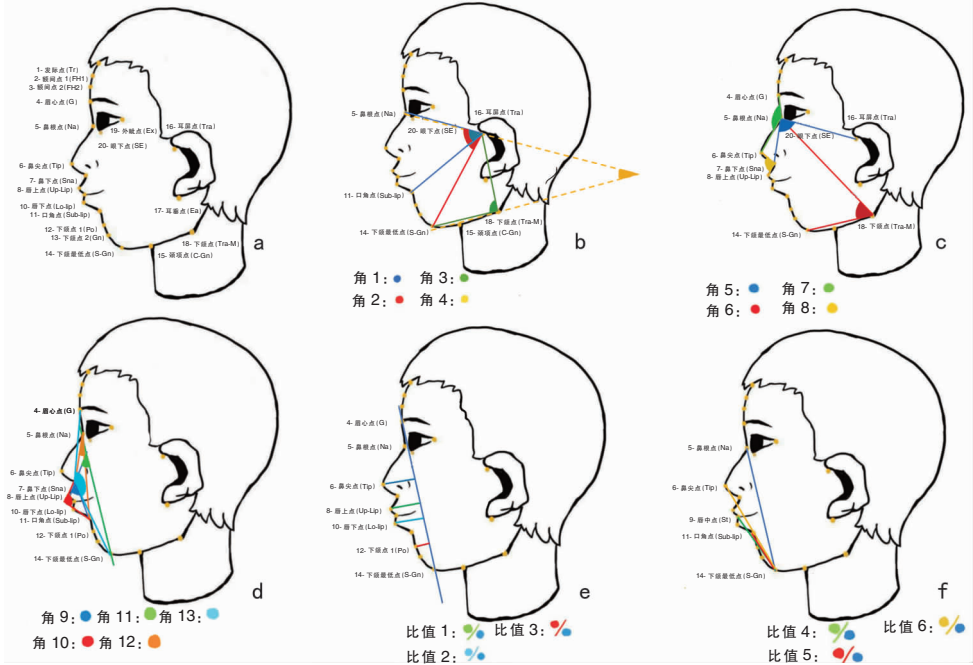


图1 颜面部测量示意图 a:颜面部标记点;b~d:颜面部角度;e、f:颜面部比值

表 1 颜面部测量角度与比值

颜面部测量参数	定义	临床意义
角 1	耳屏点、鼻根点、口角点与下颌最低点连线的 1/3 所成角度	下颌相对于颅面部的先后位置关系
角 2	耳屏点、鼻根点、下颌最低点连线之间所成角度	下颌相对于颅面部的先后位置关系
角 3	耳屏点、下颌最低点 下颌角点连线之间的角度	反映下颌的突缩程度
角 4	耳屏点和鼻根点连线与下颌角和下颌最低点连线的交角	反映下颌的突缩程度及面长形态
角 5	耳屏点、鼻根点、鼻小柱下点连线所成角度	上颌相对于颅面部的先后位置关系
角 6	鼻根点、下颌角、下颌最低点连线所成角	反映下颌的突缩程度及面长形态
角 7	眉心、鼻根点、鼻尖点之间的连线	鼻额角,反映鼻梁高度
角 8	鼻尖点、鼻小柱下点、上唇点连线之间的交角	鼻唇角,反映上唇前突度
角 9	上唇点、鼻小柱下点、口角点	反映上唇前突度
角 10	上唇点、鼻小柱下点连线与与下唇点、口角点连线之间的交角	反映上下唇突情况
角 11	上唇点、鼻小柱下点连线与鼻根点、下颌最低点连线之间的交角	反映上唇前突度
角 12	鼻小柱下点、鼻根点、口角点连线之间的交角	反映上颌相对于颅部的先后位置关系
角 13	眉心、鼻小柱下点、口角点与下颌最低点连线的 2/3 连线之间的交角	反映面突情况
上唇突度(比值 1)	上唇点到眉心、下颌最低点连线之间距离/鼻尖点到眉心、下颌最低点连线之间距离	反映上唇前突情况
下唇突度(比值 2)	下唇点到眉心、下颌最低点连线之间距离/鼻尖点到眉心、下颌最低点连线之间距离	反映下唇前突情况
下颌突度(比值 3)	口角点与下颌最低点连线的 1/3 到眉心、下颌最低点连线之间距离/鼻尖点到眉心、下颌最低点连线之间距离	反映下颌后缩情况
下颌长度(比值 4)	唇中点到下颌最低点连线的距离/鼻根点到下颌最低点连线的距离	反映下面脸长情况
下颌长度(比值 5)	口角点到下颌最低点连线的距离/鼻根点到下颌最低点连线的距离	反映下颌长度形态
鼻根突度(比值 6)	鼻尖点到下颌最低点连线的距离/鼻根点到下颌最低点连线的距离	反映鼻长形态

预测列线图模型;采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验、绘制校准曲线、受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评估模型的一致性 & 区分度;通过临床决策曲线分析(decision curve analysis,DCA)评估模型临床有效性。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

建模组患儿 149 例,按鼻内镜检查报告腺样体肥大程度分为轻/中度 AH 组 77 例、重度 AH 组 72 例。结果显示,两组患儿睡眠方式、呼吸方式、鼻炎、哮喘、上呼吸道感染及鼾症程度差异具有统计学意义($P < 0.05$),而性别、BMI 差异无统计学意义($P > 0.05$)。建模组临床资料见表 2,两组基本信息

比较见表 3。

2.2 颜面部测量

对入组患儿进行侧面照片面容特征角度、比值数据测量,结果如表 4 所示,我们发现两组儿童在特征的面容角度和比值上存在统计学差异($P < 0.05$)。重度 AH 组下颌后缩指标(角 1),上颌前突指标(角 5、11、12),上唇前突指标(比值 1),面凸度指标(角 13)与轻中度 AH 组之间存在明显差异。

对于线性模型,复杂度与模型中变量数量直接相关,变量越多,模型的复杂性就越高,如果采用传统的二元 Logistic 回归来选择变量,可能会发生过拟合及多重共线性。因此,为有效避免上述问题,本研究选择了 LASSO 回归进行变量选择。经过交叉验证选择的最佳正则化参数 $\lambda = 0.05$,结果发现 LASSO 回归在预测准确性和变量选择方面具有更好的性能,减少了过拟合现象。见图 2。

表2 建模组不同程度AH患儿临床资料比较 [例(%)]

临床资料	例数	AH 情况		$\chi^2(t)$	<i>P</i>
		轻/中度(<i>n</i> = 77)	重度(<i>n</i> = 72)		
性别				0.002	0.963
男	81(54.36)	42(54.55)	39(54.17)		
女	68(45.64)	35(45.45)	33(45.83)		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	7.73 ± 0.43	7.75 ± 0.43	7.71 ± 0.45	0.112	0.911
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	21.31 ± 4.21	21.14 ± 4.69	21.50 ± 3.64	(-0.523)	0.602
睡眠方式				6.749	0.034
仰卧	56(37.58)	35(45.45)	21(29.17)		
侧卧	36(24.16)	20(25.97)	16(22.22)		
俯卧	57(38.26)	22(28.57)	35(48.61)		
呼吸方式				44.805	<0.001
口呼吸	89(59.73)	26(33.77)	63(87.50)		
鼻呼吸	38(25.50)	33(42.86)	5(6.94)		
交替呼吸	22(14.77)	18(23.38)	4(5.56)		
扁桃体肥大				10.173	0.021
I度	52(34.90)	37(48.00)	15(20.80)		
II度	45(30.20)	24(31.20)	21(29.20)		
III度	52(34.90)	16(20.80)	36(50.00)		
慢性扁桃体炎				20.542	<0.001
无	103(69.13)	66(85.71)	37(51.39)		
有	46(30.87)	11(14.29)	35(48.61)		
中耳炎				4.396	0.052
无	145(97.32)	77(100.00)	68(94.44)		
有	4(2.68)	0(0.00)	4(5.56)		
慢性鼻炎				8.739	0.003
无	64(42.95)	42(54.55)	22(30.56)		
有	85(57.05)	35(45.45)	50(69.44)		
哮喘				15.216	<0.001
无	114(76.51)	69(89.61)	45(62.50)		
有	35(23.49)	8(10.39)	27(37.50)		
反复上呼吸道感染				4.988	0.026
无	104(69.80)	60(77.92)	44(61.11)		
有	45(30.20)	17(22.08)	28(38.89)		
重度鼾症				26.269	<0.001
无	44(29.53)	37(48.05)	7(9.72)		
有	105(70.47)	40(51.95)	65(90.28)		

注:重度鼾症判断以OSA-18问卷得分>90分为评价标准;BMI(体质指数);AH(腺样体肥大)。下同。

表3 建模组与验证组基本信息比较 [例(%), $\bar{x} \pm s$]

基本信息	建模组(<i>n</i> = 149)	验证组(<i>n</i> = 52)	$\chi^2(t)[z]$	<i>P</i>
AH 分组			0.001	0.976
轻/中度	77(51.68)	27(51.92)		
重度	72(48.32)	25(48.08)		
性别			1.585	0.208
男	81(54.36)	23(44.23)		
女	68(45.64)	29(55.77)		
年龄(岁)	7.73 ± 0.43	7.48 ± 0.16	0.657	0.512
BMI(kg/m ²)	21.31 ± 4.21	22.00 ± 2.01	(-1.124)	0.262
睡眠方式			1.898	0.387
仰卧	56(37.58)	15(28.85)		
侧卧	36(24.16)	17(32.69)		
俯卧	57(38.26)	20(38.46)		
呼吸方式			1.119	0.571
口呼吸	89(59.73)	29(55.77)		
鼻呼吸	38(25.50)	17(32.69)		
交替呼吸	22(14.77)	6(11.54)		

续表 3

基本信息	建模组(<i>n</i> = 149)	验证组(<i>n</i> = 52)	$\chi^2(t)[z]$	<i>P</i>
慢性扁桃体炎			0.641	0.423
无	103(69.13)	39(75.00)		
有	46(30.87)	13(25.00)		
中耳炎			0.180	0.650
无	145(97.32)	50(96.15)		
有	4(2.68)	2(3.85)		
重度鼻炎			0.410	0.522
无	64(42.95)	25(48.08)		
有	85(57.05)	27(51.92)		
哮喘			1.702	0.192
无	114(76.51)	35(67.31)		
有	35(23.49)	17(32.69)		
上呼吸道反复感染病史			0.112	0.738
无	104(69.80)	35(67.31)		
有	45(30.20)	17(32.69)		
重度鼾症			0.028	0.866
无	44(29.53)	16(30.77)		
有	105(70.47)	36(69.23)		
角 1(°)	55.33 ± 3.79	54.39 ± 4.28	(1.484)	0.139
角 2(°)	52.97 ± 3.60	53.03 ± 3.83	(−0.105)	0.916
角 3(°)	158.10 ± 4.13	157.56 ± 4.11	(0.809)	0.420
角 4(°)	36.07 ± 6.22	35.85 ± 5.91	(0.223)	0.824
角 5(°)	76.61 ± 14.07	74.90 ± 10.95	(0.799)	0.425
角 6(°)	74.64 ± 5.26	75.27 ± 5.18	(−0.749)	0.455
角 7(°)	166.02 ± 3.36	166.63 ± 2.84	(−1.166)	0.245
角 8(°)	143.72 ± 15.54	146.41 ± 4.88	(−1.226)	0.222
角 9(°)	16.55 ± 2.71	16.87 ± 3.02	−(0.717)	0.474
角 10(°)	69.88 ± 11.43	68.95 ± 10.34	(0.518)	0.605
角 11(°)	33.08 ± 7.41	33.75 ± 8.50	(−0.542)	0.588
角 12(°)	10.08[8.34,11.60]	9.80[8.24,12.80]	[−0.325]	0.745
角 13(°)	172.16 ± 3.61	172.31 ± 2.61	(−0.273)	0.785
上唇突度(比值 1)	0.96 ± 0.12	0.99 ± 0.13	(−1.489)	0.138
上唇突度(比值 2)	0.84 ± 0.13	0.84 ± 0.15	(−0.006)	0.995
下颌突度(比值 3)	0.53 ± 0.11	0.53 ± 0.09	(0.307)	0.759
下颌长度(比值 4)	0.42 ± 0.02	0.42 ± 0.02	(0.352)	0.725
下颌长度(比值 5)	0.27 ± 0.03	0.26 ± 0.03	(0.529)	0.598
鼻根突度(比值 6)	0.75 ± 0.02	0.75 ± 0.02	(−0.167)	0.867

注:角 12 不符合正态分布,采用 $M[P_{25},P_{75}]$ 表示。下同。

表 4 建模组不同程度 AH 患儿颜面角度与比值比较 ($\bar{x} \pm s$)

颜面角度及比值	轻/中度(<i>n</i> = 77)	重度(<i>n</i> = 72)	<i>t</i> (<i>z</i>)	<i>P</i>
下颌后缩角(°)				
角 1	55.84 ± 3.89	54.79 ± 3.63	1.699	0.091
角 2	53.40 ± 3.85	52.51 ± 3.28	1.518	0.131
角 3	158.24 ± 3.86	157.94 ± 4.43	0.441	0.660
角 4	35.87 ± 5.69	36.28 ± 6.78	−0.393	0.695
上颌前突角(°)				
角 5	74.35 ± 13.29	79.04 ± 14.57	−2.053	0.042
面长角(°)				
角 6	74.47 ± 5.35	74.83 ± 5.19	−0.421	0.675
鼻额角(°)				
角 7	166.28 ± 2.52	165.74 ± 4.08	0.988	0.325
鼻唇角(°)				
角 8	144.68 ± 12.38	142.68 ± 18.37	0.784	0.434
唇突角(°)				
角 9	16.45 ± 2.89	16.65 ± 2.52	−0.439	0.661
角 10	69.10 ± 10.48	70.71 ± 12.39	−0.858	0.392
上颌凸度(°)				
角 11	30.37 ± 6.52	35.98 ± 7.25	−4.970	<0.001
角 12	9.46[7.65,11.10]	10.52[9.00,11.99]	(3.195)	0.001

续表 4

颜面角度及比值	轻/中度(<i>n</i> = 77)	重度(<i>n</i> = 72)	<i>t</i> (<i>z</i>)	<i>P</i>
面凸度(°)				
角 13	173.24 ± 2.71	171.01 ± 4.08	3.942	<0.001
上唇突度比值				
比值 1	0.90 ± 0.09	1.02 ± 0.11	-6.793	<0.001
下唇突度比值				
比值 2	0.82 ± 0.12	0.86 ± 0.15	-1.803	0.073
下颌突度比值				
比值 3	0.52 ± 0.11	0.54 ± 0.10	-0.964	0.337
下颌长度比值				
比值 4	0.41 ± 0.02	0.42 ± 0.02	-1.097	0.274
比值 5	0.26 ± 0.03	0.27 ± 0.03	-0.526	0.600
鼻根突度比值				
比值 6	0.75 ± 0.02	0.75 ± 0.02	1.470	0.144

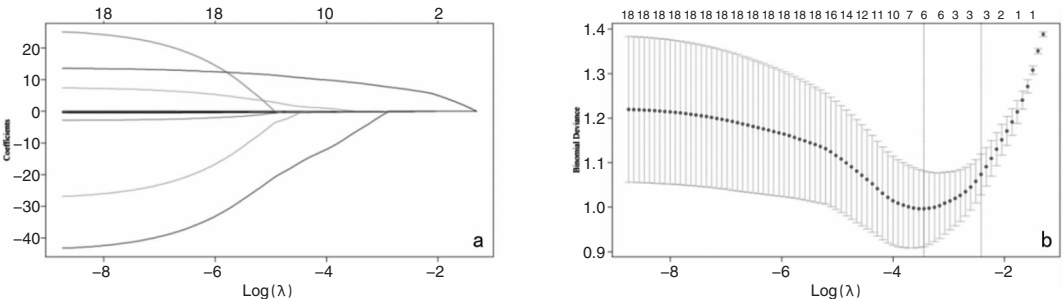


图 2 LASSO 回归方法选择重度 AH 的面容预测因子 a:19 个变量的 LASSO 系数分布图;b:采用十折交叉验证和最小均方误差确定最佳惩罚系数 λ

2.3 重度 AH 预测模型构建

以有无重度 AH 肥大为因变量(“无”赋值 0、“有”赋值 1),同时纳入单因素分析中有显著差异的变量:睡眠方式、呼吸方式、扁桃体肥大、慢性扁桃体炎、慢性鼻炎、哮喘、上呼吸道反复感染病史、重度鼾症、病程及 LASSO 回归筛选出上颌凸度(角 11)、面凸度(角 13)、唇突比值(比值 1)进行逐步 Logistic 回归分析,结果显示呼吸方式($OR < 1, P < 0.05$)、慢性扁桃体炎($OR = 6.035, P = 0.007$)、慢性鼻炎($OR = 5.183, P = 0.013$)、哮喘($OR = 14.927, P = 0.002$)、重度鼾症($OR = 5.803, P = 0.011$)、角 11($OR = 1.149, P = 0.010$)、角 13($OR = 0.755, P = 0.018$)、比值 1($OR = 2.328, P = 0.009$)是 AH 的独立影响因素。结果见表 5。

基于 Logistic 回归分析得到的 5 个临床症状相关的独立危险因素(呼吸方式、慢性扁桃体炎、慢性鼻炎、哮喘、重度鼾症)及基于 LASSO 回归分析所得 3 个面容特征相关的独立危险因素(面凸度、上颌凸度、唇突比值)建立复合重度 AH 预测模型,绘制可视化风险预测模型列线图(图 3),在列线图中对应

的 8 个指标的分数相加以计算总分,可以推导出该患者重度 AH 患病的风险概率。

2.4 预测模型评价

在建模组内,基于多因素 Logistic 回归的结果进行 ROC 曲线分析,其中模型 1:呼吸方式;模型 2:慢性扁桃体炎、鼻炎、哮喘、鼾症;模型 3:上颌凸度、面凸度、上唇突度比值;模型 4:模型 1 + 2 + 3。同理,在验证组中对 Logistic 回归分析结果进行 ROC 曲线分析,结果显示不同模型在建模组和验证组内均具有较好的预测和诊断价值,其中模型 4 的 AUC 和 ACC 均为最大,说明模型 4 较模型 1、2、3 具有更好的预测价值。

进一步分别采用 H-L 拟合优度检验对预测模型一致性和区分度进行检验。H-L 拟合优度检验显示,回归模型 $\chi^2 = 8.975, P = 0.344$,表明预测模型与实际数据拟合良好,具有较好的模型一致性(图 5)。DCA 显示当阈值概率在 0.1 ~ 0.87 时,预测模型具有较好的临床实用性,表明该模型能够有效帮助医生在该概率范围内做出更为准确的临床决策。见图 6。

表 5 建模组二元 Logistic 回归分析

影响因素	回归系数	标准误差	Wald χ^2	P	OR	95% CI
呼吸方式	-1.926	0.846	5.178	0.023	0.146	0.028 ~ 0.766
慢性扁桃体炎	1.798	0.671	7.166	0.007	6.035	1.618 ~ 22.503
慢性鼻炎	1.645	0.661	6.187	0.013	5.183	1.418 ~ 18.949
哮喘	2.703	0.852	10.074	0.002	14.927	2.812 ~ 79.231
重度鼾症	1.758	0.693	6.442	0.011	5.803	1.493 ~ 22.563
上颌凸度(角 11)	0.139	0.054	6.669	0.010	1.149	1.034 ~ 1.277
面凸度(角 13)	-0.281	0.119	5.615	0.018	0.755	0.598 ~ 0.953
唇突比值(比值 1)	0.845	0.321	6.920	0.009	2.328	1.240 ~ 4.369

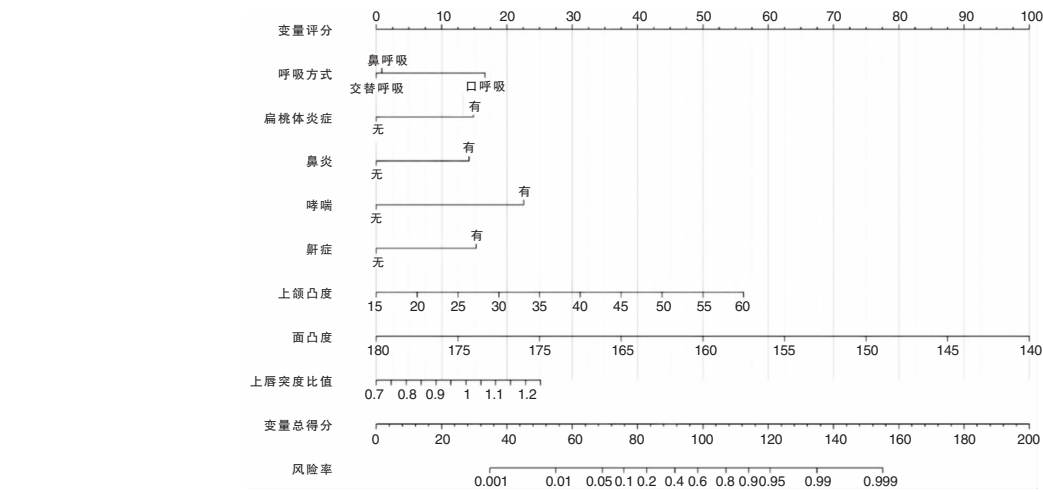


图 3 重度 AH 预测列线图

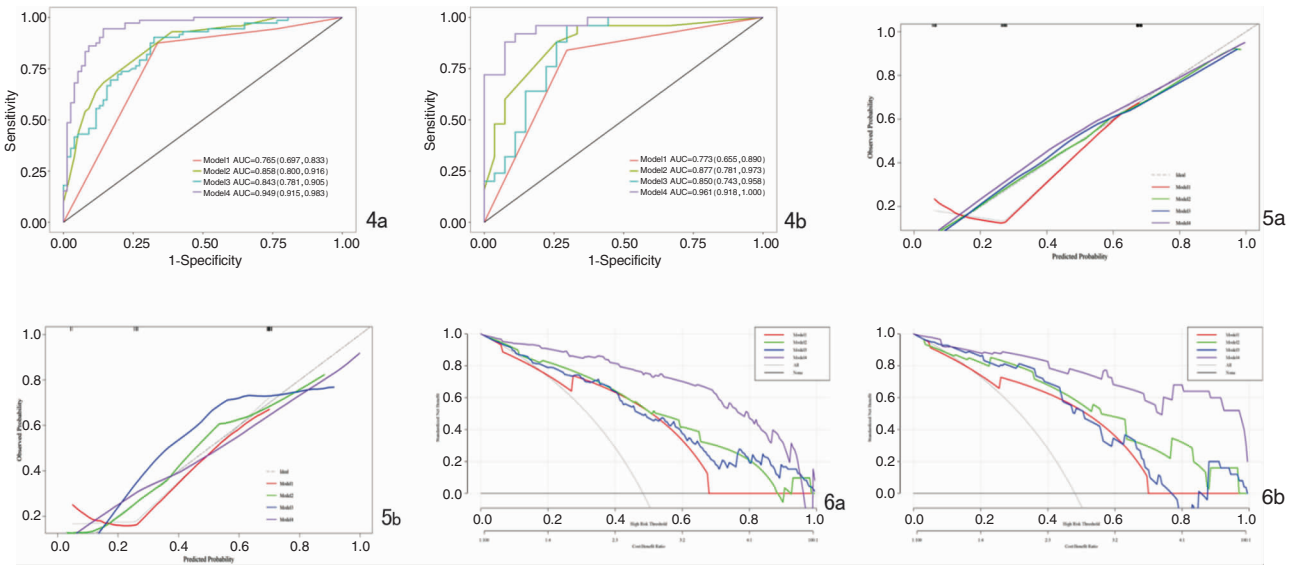


图 4 ROC 曲线分析 4a:建模组;4b:验证组 图 5 校准曲线 5a:建模组;5b:验证组 图 6 DCA 曲线 6a:建模组; 6b:验证组 注:ROC(受试者工作特征);DCA(决策曲线分析)。

3 讨论

AH 是近年来临床最常见的儿童耳鼻咽喉科疾病,目前临床对 AH 的诊断金标准主要依赖于鼻内

镜检查 and 鼻咽侧位片^[20],然而,这些方法需要专业医疗设备和医生团队,且对儿童配合度要求较高或存在辐射风险,部分家长对检查存在顾虑,难以普及推广于疾病筛查^[21]。因此,本团队针对这一临床需求,开发基于临床症状和面容特征的复合预测模型,

构建了一种无创、高效的筛查方法,能够有效实现重度 AH 的临床前诊断及广泛筛查。

儿童颜面部的发育体现在面宽、面高、面深 3 个方面,主要与牙齿萌出和牙槽生长相关^[22-23]。因而,替牙期的儿童颜面部受发育影响较大,替牙期的面容发育异常往往会造成不可逆的颜面畸形。有学者通过对替牙期儿童锥形束 CT 骨性结构测量发现,AH 张口呼吸儿童的上颌骨宽度减小,上颌骨高度增加,髁突位置更加靠后上^[24]。有学者研究表明,AH 堵塞后鼻孔引起的病理性口呼吸会影响硬腭向下发育,造成腭盖高拱,闭唇肌肉功能下降,口周肌肉张力平衡破坏^[25]。且长期的腺样体病理性增生还会造成替牙期儿童颅颌面生长发育受阻,导致其出现唇封不严,下颌后下旋转,下颌发育不良的“腺样体面容”^[13]。香港学者采用头颅照片测量研究了 OSA 儿童颜面形态,进一步证实了重度 OSA 儿童颜面部会表现出上颌突度角增大,下颌比值减小的面容特征^[25]。Lion 等采用数字化三维模型测量方法进一步分析了 OSA 长期张口呼吸儿童的上牙弓尺寸及硬腭形态^[26]。研究发现,张口呼吸儿童的上牙弓较对照组更为狭窄,且上切牙区的硬腭高度显著增加,尤其在第一磨牙区表现更为明显。针对儿童颜面部照片测量,本研究发现,重度 AH 儿童面容形态较无 AH 儿童会出现典型的上颌前凸度(角 11)增加,面凸度(角 13)减小,唇突比值(比值 1)增加表现。因而,本研究将面凸度增加($OR=1.149$)、上颌凸度减小($OR=0.755$)、唇突比值增加($OR=2.328$)等作为面容特征因素列入重度 AH 风险量化预测,这些面容具体特征的建立有利于后续人工智能辅助诊断技术的研发及基于面容特征的重度 AH 的疾病筛查。

进一步对于重度 AH 儿童与正常儿童临床症状分析发现,重度 AH 儿童较轻/中度 AH 儿童更常表现张口呼吸、夜间俯卧睡眠的生活方式改变且更易出现慢性鼻炎、哮喘及慢性扁桃体炎、扁桃体肥大、反复上呼吸道感染临床症状变化,这与现有学者研究结果相一致^[21]。该症状的产生与腺样体过度病理性增生引起的长期上气道阻塞,导致后鼻孔通气不畅,鼻腔分泌物排出受阻所致有关^[27]。而过敏反应使得鼻腔黏膜高度敏感,进而继发鼻黏膜水肿,诱发鼻炎,进一步加重患儿鼻呼吸困难,形成张口呼吸的恶性循环^[28]。长期的上呼吸道高反应性诱使炎症因子积聚,进一步引起扁桃体肥大,增加扁桃体炎的可能性^[24]。同时,重度 AH 的患儿往

往倾向于俯卧睡眠,以减轻气道的压迫。因此,本研究进一步将呼吸方式($OR<1$)、慢性扁桃体炎($OR=6.035$)、慢性鼻炎($OR=5.183$)、哮喘($OR=14.927$)、重度鼾症($OR=5.803$)等作为重度 AH 相关独立临床症状影响因子列入风险量化预测模型。决策曲线分析显示,该复合模型在不同风险阈值下均能提供较好的临床决策支持,且结合临床症状及面容特征进行预测,有效降低了忽视仅存在鼾症、鼻炎等症状而无面容变化的患儿的可能性,有助于提高重度 AH 儿童的早期识别率,使临床医生能够在初诊阶段利用简单的面部照片测量,问卷填写进行筛查并制定个性化干预方案,从而避免疾病进展及其对儿童颅面发育及生活质量的长期影响。

尽管本研究验证了该预测模型的有效性,但仍存在一定局限性。①研究数据来源于单一中心病例样本,可能存在偏差,且样本量较少,后续研究中需要进一步扩大样本量,结合多中心诊疗研究来评估模型预测能力。②未能动态跟踪评估 AH 对颅颌面发育的长期影响,未来应通过纵向研究进一步探讨 AH 患儿的颜面部发育轨迹及疾病进展^[21]。扩大针对不同年龄段儿童进行分层预测^[29]。并纳入遗传因素、生活环境因素分析^[30],以评估家族聚集性对重度 AH 的影响。此外,未来可结合人工智能和深度学习技术,提高面容特征识别的精确度,实现 AH 的智能化筛查和个性化诊疗。

综上所述,本研究基于面部摄影测量及临床症状问卷构建重度 AH 预测模型,为临床提供了一种更简便、无创的早期 AH 筛查方法。与传统鼻内镜、影像学检查相比,该方法更具可操作性,可广泛应用于早期居家筛查,帮助早期识别高风险儿童并进行个性化干预。未来结合多中心研究和人工智能技术,该模型有望进一步优化,推广应用于大规模儿童健康筛查体系,为改善儿童呼吸健康和颅面发育提供科学依据。

参考文献:

[1] Pereira L, Monyror J, Almeida FT, et al. Prevalence of adenoid hypertrophy: A systematic review and meta-analysis [J]. Sleep Med Rev, 2018, 38: 101–112.

[2] Landry SA, Beatty C, Thomson LDJ, et al. A review of supine position related obstructive sleep apnea: Classification, epidemiology, pathogenesis and treatment [J]. Sleep Med Rev, 2023, 72: 101847.

[3] McNicholas WT, Pevernagie D. Obstructive sleep apnea: Transi-

- tion from pathophysiology to an integrative disease model[J]. J Sleep Res, 2022, 31(4): e13616.
- [4] Cha MY, Hong YJ, Choi JE, et al. Classification of early age facial growth pattern and identification of the genetic basis in two Korean populations[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 13828.
- [5] 盖云,蒋芝月,刘曙,等. 青春期错(牙合)畸形患者髁突位置与性别、颌面骨骼形态的相关性分析[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2022,20(1):42-47.
- [6] 夏云,曹巧,雷盛钦. 儿童腺样体术后圆枕增生与变应性鼻炎的关系[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024,30(5):27-30.
- [7] American Academy of Family Physicians, American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, American Academy of Pediatrics Subcommittee on Otitis Media with Effusion. Otitis media with effusion[J]. Pediatrics, 2004, 113(5): 1412-1429.
- [8] Lee SY, Guilleminault C, Chiu HY, et al. Mouth breathing, “nasal disuse”, and pediatric sleep-disordered breathing[J]. Sleep Breath, 2015, 19(4): 1257-1264.
- [9] 高茜冰,管明. 儿童阻塞性睡眠呼吸暂停对颌面发育的影响和机制[J]. 临床耳鼻咽喉颈外科杂志, 2024,38(8):758-761, 768.
- [10] Park JY, Shin HR, Kim MH, et al. A novel machine learning model for screening the risk of obstructive sleep apnea using craniofacial photography with questionnaires[J]. J Clin Sleep Med, 2025,21(5): 843-854.
- [11] 张迪,杨卫东. 头颅侧位片和鼻内镜检查诊断儿童腺样体肥大的价值观察[J]. 中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志, 2024,32(4):266-267,272.
- [12] Liu JL, Li SH, Cai YM, et al. Automated radiographic evaluation of adenoid hypertrophy based on VGG-Lite[J]. J Dent Res, 2021, 100(12): 1337-1343.
- [13] Lin L, Zhao T, Qin D, et al. The impact of mouth breathing on dentofacial development: A concise review[J]. Front Public Health, 2022, 10: 929165.
- [14] Sutherland K, Lee RWW, Chan TO, et al. Craniofacial phenotyping in Chinese and Caucasian patients with sleep apnea: Influence of ethnicity and sex[J]. J Clin Sleep Med, 2018, 14(7): 1143-1151.
- [15] Baroni M, Ballanti F, Franchi L, et al. Craniofacial features of subjects with adenoid, tonsillar, or adenotonsillar hypertrophy[J]. Prog Orthod, 2011, 12(1): 38-44.
- [16] Polytarchou A, Moudaki A, Van de Perck E, et al. An update on diagnosis and management of obstructive sleep apnoea in the first 2 years of life[J]. Eur Respir Rev, 2024, 33(171): 230121.
- [17] Constantin E, Tewfik TL, Brouillette RT. Can the OSA-18 quality-of-life questionnaire detect obstructive sleep apnea in children?[J]. Pediatrics, 2010, 125(1): e162-e168.
- [18] Fageeh YA. Clinical impact of preoperative tonsil and adenoid size on symptomatic outcomes following adenotonsillectomy in pediatric patients[J]. Cureus, 2023, 15(10): e47093.
- [19] 张硕楠,王爽,张思宇. 不同年龄阻塞性睡眠呼吸暂停患者睡眠结构参数差异及其与日间脑功能状态的关系[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024,30(5):55-62,69.
- [20] 金作林. 颌面部生长发育与早期生长改良[J]. 国际口腔医学杂志, 2021,48(1):7-11.
- [21] Dai R, Yang K, Zhuang J, et al. Enhanced machine learning approaches for OSA patient screening: Model development and validation study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 19756.
- [22] 宋镜明,赵祝,宋扬,等. 安氏Ⅱ类错颌患者上下颌骨生长发育特点的研究[J]. 实用口腔医学杂志, 2012,28(2):209-213.
- [23] Bae J, Kim DK. Risk factors for residual mouth breathing in children who had completely resolved obstructive sleep apnea after adenotonsillectomy[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020, 277(10): 2913-2919.
- [24] 中国医师协会儿科医师分会儿童耳鼻咽喉专业委员会,中国妇幼保健协会儿童变态反应专业委员会,亚太医学生物免疫学会儿童耳鼻咽喉头颈外科分会. 儿童腺样体肥大临床诊治管理专家共识[J]. 中国实用儿科杂志, 2025,40(2):89-95, 99.
- [25] Yuen HM, Chan KC, Chu WCW, et al. Craniofacial phenotyping by photogrammetry in Chinese prepubertal children with obstructive sleep apnea[J]. Sleep, 2023, 46(3): zsac289.
- [26] Lv R, Liu X, Zhang Y, et al. Pathophysiological mechanisms and therapeutic approaches in obstructive sleep apnea syndrome[J]. Signal Transduct Target Ther, 2023, 8(1): 218.
- [27] Neiva PD, Franco LP, Kirkwood RN, et al. The effect of adenotonsillectomy on the position of head, cervical and thoracic spine and scapular girdle of mouth breathing children[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2018, 107: 101-106.
- [28] 傅文婷,燕浩艺,鲍祥源,等. 儿童鼻窦炎影像学研究进展[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024,30(2):60-64.
- [29] 张曼菲,金莹玉,张红佳,等. 不同原因张口呼吸对儿童颌面部发育的影响[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023,37(8): 626-631.
- [30] 戴晓丽,宾翔,周永. 儿童阻塞性睡眠呼吸障碍患者腺样体和扁桃体增生的临床特征及其相关性研究[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024,30(2):97-101.

(收稿日期:2025-04-21)

本文引用格式:王君怡,张钦杰,郭嘉,等. 基于6~8岁替牙期儿童颜面部特征及临床症状的重度腺样体肥大预测模型[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2025,31(5):47-56. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202525198

Cite this article as:WANG Junyi, ZHANG Qinjie, GUO Jia, et al. A prediction model for severe adenoid hypertrophy based on craniofacial characteristics and clinical symptoms in 6-8 year old children during mixed dentition stage[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2025, 31(5): 47-56. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202525198