

不同腭咽闭合功能的腭裂患者鼻化度差异分析

尹佳仪 吴敏 黄汉尧 尹恒 郑谦

口腔疾病研究国家重点实验室,国家口腔疾病临床医学研究中心,四川大学华西口腔医院唇腭裂外科,成都 610041

通信作者:郑谦,Email:zq652@163.com

【摘要】 目的 探讨不同腭咽闭合功能的腭裂患者发音时鼻化度的差异。**方法** 2021—2024年于四川大学华西口腔医院唇腭裂外科招募205名研究对象,其中27名正常人、42例腭裂术前腭咽闭合不全患者、58例腭裂术后腭咽闭合完全患者和78例腭裂术后腭咽闭合不全患者。采用四川大学华西口腔医院普通话构音测量表作为语音样本,使用Nasometer II 6450鼻音计检测词表中84个常见汉语词语的鼻化度。**结果** 鼻化度总分与高鼻音程度正相关($\rho=0.778, P<0.001$),腭裂术后腭咽闭合完全患者鼻化度与正常群体鼻化度基本一致,仅有4个词语鼻化度差异有统计学意义[妈妈($P<0.001$)、拿($P<0.001$)、蜜蜂($P=0.036$)和你好($P=0.038$)]。腭裂术前腭咽闭合不全患者及腭裂术后腭咽闭合不全患者的鼻化度明显高于正常群体,正常群体和腭裂术前腭咽闭合不全患者之间仅有4个词语鼻化度差异无统计学意义[妈妈($P=1.000$)、拿($P=1.000$)、你好($P=1.000$)和鸟($P=1.000$)],正常群体和腭裂术后腭咽闭合不全患者之间仅6个词语鼻化度差异无统计学意义[拿($P=0.051$)、家庭($P=0.136$)、蜜蜂($P=1.000$)、你好($P=1.000$)、河马($P=0.091$)、需要($P=0.182$)和鸟($P=1.000$)]。含有元音/i/的词语可作为检测腭咽闭合不全的敏感指标,含有鼻辅音/m//n/的词语敏感性较差。**结论** 采用鼻音计测定特定语音样本的鼻化度,可反映腭裂患者腭咽闭合功能,腭咽闭合不全患者鼻化度高于正常群体和腭咽闭合完全患者。

【关键词】 腭裂; 语音评估; 鼻化度; 腭咽闭合功能

基金项目:国家自然科学基金(82301148);中国博士后科学基金(2024T170605);四川省卫生健康委员会科技项目(24QNMP060);四川省自然科学基金(2025ZNSFSC0758)

引用著录格式:尹佳仪,吴敏,黄汉尧,等.不同腭咽闭合功能的腭裂患者鼻化度差异分析[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2025,19(3):189-197.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.03.006

Nasalance of cleft palate patients with different velopharyngeal closure status

Yin Jiayi, Wu Min, Huang Hanyao, Yin Heng, Zheng Qian

State Key Laboratory of Oral Diseases, National Clinical Research Center for Oral Diseases and Department of Oral & Maxillofacial Surgery, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Zheng Qian, Email: zq652@163.com

【Abstract】 Objective To examine the characteristics of nasalance among normal population and cleft palate patients with different velopharyngeal closure status. **Methods** The research enrolled 205 participants, including 27 people without cleft palate, 42 patients with unoperated cleft palate and velopharyngeal incompetence (VPI), 58 patients with postoperative velopharyngeal competence (VPC) and 78 patients with postoperative VPI. The standard Putonghua speech test material which consisted of 84 Chinese vocabularies was used as speech material. Nasalance scores of words contained in the speech material were recorded using the Nasometer II 6450. **Results** The total nasalance scores exhibited a significant positive correlation with hypernasality ratings ($\rho=0.778, P<0.001$). Postoperative VPC patients demonstrated nasalance scores similar to those of normal individuals, with statistically significant differences observed in only four words: Ma1 ma ($P<0.001$), Na2 ($P<0.001$), Mi4 feng1 ($P=0.036$).

and Ni3 hao3 ($P=0.038$). Both preoperative and postoperative VPI patients presented significantly higher nasalance scores compared to the normal group. Specifically, comparisons between normal individuals and preoperative VPI patients revealed no significant differences for only four words: Ma1 ma ($P=1.000$), Na2 ($P=1.000$), Ni3 hao3 ($P=1.000$) and Niao3 ($P=1.000$). Comparisons between normal individuals and postoperative VPI patients showed no significant differences for six words: Na2 ($P=0.051$), Jia1 ting2 ($P=0.136$), Mi4 feng1 ($P=1.000$), Ni3 hao3 ($P=1.000$), He2 ma3 ($P=0.091$), Xu1 yao4 ($P=0.182$) and Niao3 ($P=1.000$). Words comprising vowel /i/ could be used as a sensitive index to detect the velopharyngeal dysfunction and nasal consonants /m//n/ demonstrated little diagnostic value. **Conclusions** The nasalance scores collected by Nasometer could reflect the velopharyngeal closure status of cleft palate patients. The nasalance scores of patients with velopharyngeal incompetence were higher than those of normal speakers and patients with velopharyngeal competence.

【Key words】 Cleft palate; Speech assessment; Nasalance; Velopharyngeal function

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (82301148); China Postdoctoral Science Foundation (2024T170605); Health Commission of Sichuan Province Medical Science and Technology Program (24QNMP060); Natural Science Foundation of Sichuan Province (2025ZNSFSC0758)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.03.006

唇腭裂是最常见的颌面部先天性畸形。腭裂患者通常会表现出多种语音障碍,如构音障碍、共振异常(高鼻音、低鼻音)和鼻漏气等。腭裂修复术为腭裂患者恢复正常语音功能提供了解剖学基础,但部分患者在术后由于腭咽闭合不全(velopharyngeal incompetence, VPI)、腭痿或不良的发音习惯,在发音时出现异常的鼻腔气流增加,导致以高鼻音为主要特征的语音障碍,提示患者有必要接受二期腭裂修复术或语音治疗^[1]。因此,语音功能评估对腭裂患者的语音治疗方案设计和治疗效果评估有重要意义^[2]。

腭裂修复术的重要评价指标之一是术后腭裂患者的语音是否清晰易懂。尽管手术为正常语音功能提供了生理基础,部分患者在术后仍存在不同程度的高鼻音、鼻漏气和代偿性构音^[3]。临床上,腭裂患者的语音功能主要由专业的语音治疗师通过主观判听进行评估,该方法无创伤、易推广^[4]。然而,不同唇腭裂治疗中心采用的主观判听流程和标准存在差异,导致不同中心的研究结果难以进行比较^[5]。此外,主观评估易受评估者经验影响,即使是经验丰富的语音治疗师也可能因为疲劳、环境噪声或受患者面部表情干扰导致评估结果出现偏倚^[6],因此有必要结合可量化、标准化的客观方法进行诊断^[7]。

随着计算机技术及语音信号处理技术的发展和應用,客观、无创的语音信号检测工具被广泛应用于病理语音的研究中^[8-9]。其中,鼻音计(nasometer)是一种常见的鼻音测量工具,可用于定量分析鼻化度(nasalance)。鼻化度指发音时鼻腔通过的能量

(鼻音能量)占整个发音能量(鼻音能量和口音能量)的百分比,其数值范围为0~100,数值越大提示鼻音能量占比越高^[10-11]。既往关于腭裂语音的研究对象多为英语母语者^[3],并形成了一系列标准化的语音样本,如用于检测高鼻音的“Zoo Passage”,用于检测口音、鼻音转换的“Rainbow Passage”,以及更适用于学龄前儿童的简化语音样本,如“SNAP-R”^[12-13]。Jiang等^[14]描述了普通话与英语的若干语音学特征差异:(1)普通话以单音节词为主;(2)普通话包含3对塞擦辅音(舌尖前塞擦音、舌尖后塞擦音和舌面前塞擦音),而英语仅有1对塞擦音;(3)普通话存在卷舌音这一特殊发音部位,而英语中缺乏此特征;(4)普通话具有包含4个声调及1个轻声的声调系统。这些语音特征上的差异可能导致英语母语人群与普通话母语人群的鼻化度基线存在差异。因此,建立符合普通话语音特征的标准化语音评估材料至关重要^[15-16]。已发表了一些普通话人群的鼻化度的研究, Kim等^[17]对400名无唇腭裂的成年人(100名来自北京、100名来自上海、100名来自重庆、100名来自广州)的研究显示,地域和性别对鼻化度有显著影响; Mohd Ibrahim等^[18]学者建立了一套普通话测试句并收集了正常马来西亚华裔儿童的鼻化度数据,为后续的语音病理学研究提供参考;高涛等^[2]探究了腭裂术后继发结构性语音障碍患者鼻化度和腭咽闭合状态的相关性,显示特定语音样本的鼻化度与腭咽闭合功能相关。

目前,关于腭裂患者鼻化度的研究仍存在一定局限性,普遍样本量较少,且对鼻化度差异的探究通

常仅纳入2个组别,如正常群体和未手术腭裂患者及正常群体和腭裂术后患者^[19],同时比较正常群体和腭裂术前、术后不同腭咽闭合状态患者的研究较为缺乏。因此,本研究拟采用鼻音计作为客观语音评估方法,探究普通话人群中正常群体和腭裂术前、术后不同腭咽闭合状态的腭裂患者发音时鼻化度的差异。

材料与方法

一、研究对象

采用前瞻性研究的方法,收集2021—2024年在四川大学华西口腔医院唇腭裂外科就诊患者的相关资料。纳入标准:(1)年龄≥6岁,以确保受试者发音稳定性,具备自主或经语义提示识读语音材料的能力,同时可较好配合鼻咽纤维镜检查;(2)无认知及听力障碍,能配合完成全部语音采集;(3)腭裂患者为非综合征型腭裂。排除标准:(1)有唇腭裂以外的其他先天性颌面部畸形;(2)语音评估当天有感冒、鼻塞症状;(3)有慢性鼻炎、喉炎等病史。本研究通过四川大学华西口腔医院伦理委员会审查(WCHSIRB-D-2021-205),已获得受试者本人或受试者家属签署的知情同意书。

二、语音评估

本研究采用的语音样本为“四川大学华西口腔医院普通话构音测量表”,根据汉语普通话的音韵学特征,选取21个普通话辅音与非鼻元音组合成84个常见汉语词语,并标注对应的拼音,以确保受试者能够正确识读(表1)。词表涵盖了普通话的全部21个辅音及大部分元音,包括单元音和复合元音,同时包含了普通话中4个基本声调以及轻声,确保在语音采集中能够充分反映受试者发音特征的全面性与代表性。具体而言,本中包含鼻辅音/m//n/的词语共8个,占词表9.5%,其余76个词语中分别有50%的词汇包含高元音,另外50%的词汇包含低元音,以达到高、低舌位元音的平衡。此外,为避免受试者朗读时的记忆效应或发音疲劳,本词表避免过多重复的音节。全部受试者在安静的语音治疗室中接受语音评估,2名经验丰富的语音治疗师通过主观判听对患者语音功能进行实时评估,结合鼻咽纤维镜结果诊断受试者腭咽闭合功能为腭咽闭合完全(velopharyngeal competence,VPC)或VPI;另外,参考腭裂语音评估系统(cleft audit protocol for speech-augmented,CAPS-A)的标准对受试者高鼻音程度进行评分,0=无,1=轻度,2=中度,3=重度^[20]。

表1 四川大学华西口腔医院普通话构音测量表

辅音	词语和 对应拼音	词语和 对应拼音	词语和 对应拼音	词语和 对应拼音
b	爸爸 Ba4 ba	鼻子 Bi2 zi	布鞋 Bu4 xie2	菠萝 Bo1 luo2
	爬楼梯 Pa2 lou2 ti1	枇杷 Pi2 pa	葡萄 Pu2 tao	婆婆 Po2 po
m	妈妈 Ma1 ma	蜜蜂 Mi4 feng1	木头 Mu4 tou	蘑菇 Mo2 gu
	发夹 Fa4 jia1	佛 Fo2	斧头 Fu3 tou	飞机 Fei1 ji1
d	大象 Da4 xiang4	弟弟 Di4 di	肚子 Du4 zi	得到 De2 dao4
	塔 Ta3	踢球 Ti1 qiu2	兔子 Tu4 zi	特地 Te4 di4
n	拿 Na2	你好 Ni3 hao3	努力 Nu3 li4	鸟 Niao3
	喇叭 La3 ba	梨子 Li2 zi	鹿 Lu4	老虎 Lao3 hu3
g	嘎嘎 Ga1 ga1	哥哥 Ge1 ge	鼓 Gu3	高矮 Gao1 ai3
	卡车 Ka3 che1	可乐 Ke3 le4	裤子 Ku4 zi	看电视 Kan4 dian4 shi4
h	哈密瓜 Ha1 mi4 gua1	河马 He2 ma3	蝴蝶 Hu2 die2	红色 Hong2 se4
	家庭 Jia1 ting2	机器人 Ji1 qi4 ren2	菊花 Ju2 hua1	酒杯 Jiu3 bei1
q	跷跷板 Qiao4 qiao4 ban3	气球 Qi4 qiu2	去学校 Qu4 xue2 xiao2	墙壁 Qiang2 bi4
	虾子 Xia1 zi	西瓜 Xi1 gua1	需要 Xu1 yao4	谢谢 Xie4 xie
z	杂技 Za2 ji4	子女 Zi3 nv3	足球 Zu2 qiu2	责备 Ze2 bei4
	擦手 Ca1 shou3	刺猬 Ci4 wei	粗细 Cu1 xi4	测试 Ce4 shi4
s	洒水 Sa3 shui3	四个 Si4 ge	塑料 Su4 liao4	色彩 Se4 cai3
	炸鸡 Zha2 ji1	蜘蛛 Zhi1 zhu1	煮饭 Zhu3 fan4	折纸 Zhe2 zhi3
ch	叉子 Cha1 zi	吃蛋糕 Chi1 dan4 gao1	厨房 Chu2 fang2	车轮 Che1 lun2
	鲨鱼 Sha1 yu2	狮子 Shi1 zi	书包 Shu1 bao1	舌头 She2 tou
r	热 Re4	日历 Ri4 li4	乳牛 Ru3 niu2	人 Ren2

三、鼻化度检测

使用Nasometer II 6450鼻音计(KayPENTAX,美国)采集录音,按照产品说明将对设备进行调试,将头盔戴在受试者头上,将金属板置于受试者人中

表2 纳入研究的205名受试者基本情况

变量	正常组(n=27)	腭裂术前VPI组(n=42)	腭裂术后VPC组(n=58)	腭裂术后VPI组(n=78)
性别[n(%)]				
男性	12(44.4)	20(47.6)	36(62.1)	36(46.2)
女性	15(55.6)	22(52.4)	22(37.9)	42(53.8)
一期腭裂修复术年龄[岁, $\bar{x} \pm s$ (最小值~最大值)]	-	-	3.06 $\pm$ 4.45(0.5~28)	7.65 $\pm$ 7.43(1~31)
语音评估年龄[岁, $\bar{x} \pm s$ (最小值~最大值)]	14.78 $\pm$ 8.82(6~36)	19.61 $\pm$ 8.16(7~27)	13.53 $\pm$ 6.40(6~35)	18.76 $\pm$ 7.79(6~39)
腭裂类型[n(%)]				
软腭裂	-	2(4.8)	1(1.7)	1(1.3)
硬软腭裂	-	19(45.2)	10(17.2)	25(32.1)
单侧完全性腭裂	-	6(14.3)	30(51.7)	39(50.0)
双侧完全性腭裂	-	5(11.9)	14(24.1)	12(15.4)
腭隐裂	-	10(23.8)	3(5.2)	1(1.3)

注:VPI为腭咽闭合不全;VPC为腭咽闭合完全;-为无数据。

处,通过2个麦克风分别记录受试者发音时的鼻音能量和口音能量并生成鼻化度数值^[21-22]。嘱被试者按照词表进行自主朗读,当受试者无法识别一些词语时,语音治疗师将采取语义提示而非领读。每名受试者需完整重复2遍语音样本,取2次测量平均值作为词语的鼻化度纳入后续统计分析。特别强调,接受过腭裂修复术的患者进行录音采集的时间须与上次腭裂修复术的时间间隔至少1年。

四、统计学处理方法

本研究采用SPSS 26.0软件包对数据进行统计学分析。采集的词语鼻化度经过Shapiro-Wilk正态性检验发现不符合正态分布。应用箱线图对鼻化度总分与CAPS-A高鼻音评分之间的关系进行可视化,并采用Spearman秩相关系数检验鼻化度总分与高鼻音评分之间的相关性。采用Kruskal-Wallis检验比较4组之间的鼻化度差异。采用Hodges-Lehmann检验计算两组之间相同词语的鼻化度差值。多重比较采用Bonferroni法校正P值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、研究对象纳入情况

本研究共纳入205名研究对象,包括4个组。(1)正常组27名,无唇腭裂的受试者;(2)腭裂术前VPI组42名,未经腭裂修复术治疗,语音评估诊断为VPI的腭裂患者;(3)腭裂术后VPC组58名,经腭裂修复术治疗,在术后1年及以上语音评估诊断为VPC的腭裂患者;(4)腭裂术后VPI组78名,经腭裂修复术治疗,在术后1年及以上语音评估诊断为VPI的腭裂患者。纳入研究的受试者基本情况见表2。

二、不同腭咽闭合功能组间鼻化度差异分析

首先,为明确鼻化度分数和受试者鼻音程度的相关性,通过绘制箱线图观察鼻化度总分在不同CAPS-A高鼻音评分组间的分布情况。结果显示,鼻化度总分在高鼻音评分升高的过程中逐渐增加(图1)。Spearman秩相关分析结果表明,鼻化度总分与CAPS-A高鼻音评分之间正相关($\rho = 0.778, P < 0.001$),即随着高鼻音评分的增加,鼻化度总分显著升高,提示鼻音计检测能够较为客观地反映受试者高鼻音的严重程度。

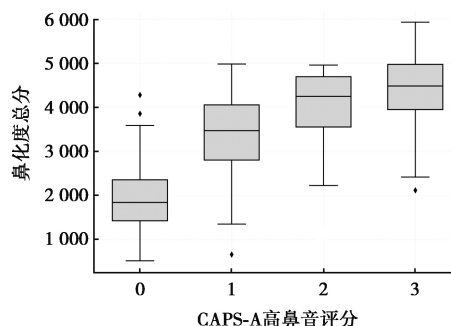


图1 受试者鼻化度总分与CAPS-A高鼻音评分的关系 通过箱线图展示鼻化度总分在不同CAPS-A高鼻音评分(0=无,1=轻度,2=中度,3=重度)中的分布情况;箱线图展示鼻化度总分的中位数、上下四分位数、最大值与最小值,散点表示单个受试者数据;随着高鼻音评分的增加,鼻化度总分逐渐升高。

Kruskal-Wallis检验结果显示,84个词语在4组间鼻化度的整体差异均具有统计学意义($df = 3, P \leq 0.001$)。进一步的两两组间比较结果显示,正常组和腭裂术前VPI组之间仅有4个词鼻化度差异无统计学意义,分别为妈妈($P = 1.000$)、拿($P = 1.000$)、你好($P = 1.000$)和鸟($P = 1.000$);正常组和腭裂术后VPC组之间80个词差异均无统计学意义,其余4个

鼻化度差异有统计学意义的词分别为妈妈($P < 0.001$)、拿($P < 0.001$)、蜜蜂($P = 0.036$)和你好($P = 0.038$);正常组和腭裂术后VPI组之间有78个词的鼻化度表现出差异有统计学意义,6个词鼻化度差异无统计学意义,分别为拿($P = 0.051$)、家庭($P = 0.136$)、蜜蜂($P = 1.000$)、你好($P = 1.000$)、河马($P = 0.091$)、需要($P = 0.182$)和鸟($P = 1.000$);腭裂术前VPI组和腭裂术后VPC组全部84词的鼻化度差异均有统计学意义;腭裂术后VPC组和腭裂术后VPI组之间仅有2个词鼻化度差异无统计学意义,分别为妈妈($P = 0.876$)、拿($P = 0.141$);另外,腭裂术前VPI组和腭裂术后VPI组之间79个词鼻化度差异无统计学意义,5个词鼻化度差异有统计学意义,分别为妈妈($P = 0.007$)、家庭($P = 0.003$)、炸鸡($P = 0.039$)、蜜蜂($P = 0.011$)和蘑菇($P = 0.027$)。

为进一步探究语音样本中检测腭咽闭合功能

敏感性较高和较低的词语,采用Hodges-Lehmann估算对诊断为VPC的两组(正常组和腭裂术后VPC组)和诊断为VPI的两组(腭裂术前VPI组和腭裂术后VPI组)分别进行两两比较,计算两组间词语鼻化度的中位数差值及95%置信区间,并选取中位数差值最大(表3)和最小(表4)的10个词语,并通过Mann-Whitney检验计算 P 值。在此基础上进一步筛选4个比较组中相同的词语,共筛选出5个检测腭咽闭合功能敏感性高的词语,包括狮子、鼻子、粗细、蜘蛛和自己(图2),以及7个检测腭咽闭合功能敏感性低的词语,包括鸟、你好、哈密瓜、拿、妈妈、乳牛和河马(图3)。5个高敏感性词语的箱线图显示,词语鼻化度极差大小为腭裂术后VPI组 > 腭裂术前VPI组 > 腭裂术后VPC组 > 正常组,腭裂术后VPC组词语鼻化度的中位数和最小值与正常组接近,词语鼻化度最大值及四分位数范围略大于正常

表3 根据Hodges-Lehmann估算结果筛选出两组鼻化度中位数差值最大的10个词

正常组-腭裂术前VPI组			正常组-腭裂术后VPI组			腭裂术后VPC组-腭裂术前VPI组			腭裂术后VPC组-腭裂术后VPI组		
词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值
自己	-48(-55,-40)	<0.001	自己	-39(-47,-30)	<0.001	粗细	-39(-45,-32)	<0.001	粗细	-30(-35,-25)	<0.001
粗细	-47(-53,-39)	<0.001	鼻子	-37(-43,-30)	<0.001	自己	-38(-45,-30)	<0.001	鼻子	-29(-34,-23)	<0.001
鼻子	-44(-51,-37)	<0.001	狮子	-37(-43,-29)	<0.001	飞机	-38(-44,-31)	<0.001	蜘蛛	-29(-34,-23)	<0.001
蜘蛛	-43(-50,-36)	<0.001	粗细	-37(-44,-31)	<0.001	蜘蛛	-37(-43,-30)	<0.001	狮子	-29(-35,-23)	<0.001
狮子	-43(-50,-37)	<0.001	弟弟	-35(-42,-27)	<0.001	狮子	-37(-43,-30)	<0.001	弟弟	-28(-35,-21)	<0.001
肚子	-43(-50,-36)	<0.001	梨子	-35(-43,-27)	<0.001	鼻子	-36(-42,-29)	<0.001	自己	-28(-36,-21)	<0.001
兔子	-43(-48,-37)	<0.001	刺猬	-35(-40,-29)	<0.001	弟弟	-35(-42,-27)	<0.001	四个	-28(-32,-22)	<0.001
气球	-42(-48,-35)	<0.001	蜘蛛	-35(-42,-28)	<0.001	气球	-35(-41,-28)	<0.001	飞机	-28(-34,-22)	<0.001
飞机	-42(-47,-34)	<0.001	肚子	-35(-40,-29)	<0.001	四个	-35(-41,-28)	<0.001	折纸	-28(-33,-23)	<0.001
测试	-42(-46,-35)	<0.001	气球	-34(-39,-28)	<0.001	鼓	-35(-42,-28)	<0.001	踢球	-27(-31,-21)	<0.001

注:VPI为腭咽闭合不全;VPC为腭咽闭合完全。

表4 根据Hodges-Lehmann估算结果筛选出两组鼻化度中位数差值最小的10个词

正常组-腭裂术前VPI组			正常组-腭裂术后VPI组			腭裂术后VPC组-腭裂术前VPI组			腭裂术后VPC组-腭裂术后VPI组		
词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值	词语	中位数 (95%置信区间)	P 值
家庭	-17(-24,-11)	<0.001	木头	-11(-17,-4)	0.002	看电视	-19(-25,-13)	<0.001	木头	-13(-17,-8)	<0.001
木头	-17(-24,-9)	<0.001	哈密瓜	-10(-15,-4)	0.003	人	-19(-26,-13)	<0.001	家庭	-12(-17,-7)	<0.001
哈密瓜	-15(-21,-8)	<0.001	乳牛	-9(-14,-3)	0.005	塔	-16(-21,-12)	<0.001	蜜蜂	-12(-16,-7)	<0.001
乳牛	-11(-17,-5)	0.001	家庭	-8(-15,-2)	0.018	哈密瓜	-15(-19,-11)	<0.001	乳牛	-12(-17,-8)	<0.001
蜜蜂	-9(-14,-5)	<0.001	拿	8(2,15)	0.012	乳牛	-15(-20,-9)	<0.001	河马	-11(-15,-7)	<0.001
河马	-9(-14,-3)	0.004	妈妈	7(3,12)	0.001	河马	-12(-17,-8)	<0.001	哈密瓜	-10(-14,-6)	<0.001
拿	5(0,11)	0.072	河马	-7(-12,-2)	0.010	你好	-11(-16,-7)	<0.001	你好	-9(-13,-5)	<0.001
你好	-3(-9,4)	0.319	蜜蜂	-2(-8,-4)	0.511	鸟	-10(-15,-5)	<0.001	鸟	-7(-12,-3)	0.002
鸟	-3(-10,6)	0.567	你好	-1(-6,5)	0.843	妈妈	-9(-13,-5)	<0.001	拿	-5(-10,-1)	0.026
妈妈	1.5(-4,6)	0.575	鸟	1(-6,9)	0.809	拿	-9(-13,-4)	<0.001	妈妈	-3(-6,1)	0.113

注:VPI为腭咽闭合不全;VPC为腭咽闭合完全。

组;腭裂术前VPI组和腭裂术后VPI组的词语鼻化度中位数、四分位数及最大值明显高于正常组和腭裂术后VPC组;另外,腭裂术前VPI组的词语鼻化度最大值及最小值均高于正常组和腭裂术后VPC组,而腭裂术后VPI组部分词语的鼻化度最小值与正常组和腭裂术后VPC组鼻化度接近。7个低敏感性的

词语箱线图显示,正常组和腭裂术后VPC组的鼻化度中位数和最大值明显高于5个高敏感性词语的鼻化度中位数和最大值,且腭裂术后VPI组鼻化度依然呈现出较大的极差。值得注意的是,4组中共同的5个高敏感性词语均包含元音/i/,而共同的7个低敏感性词语均包含鼻辅音/m/n/。

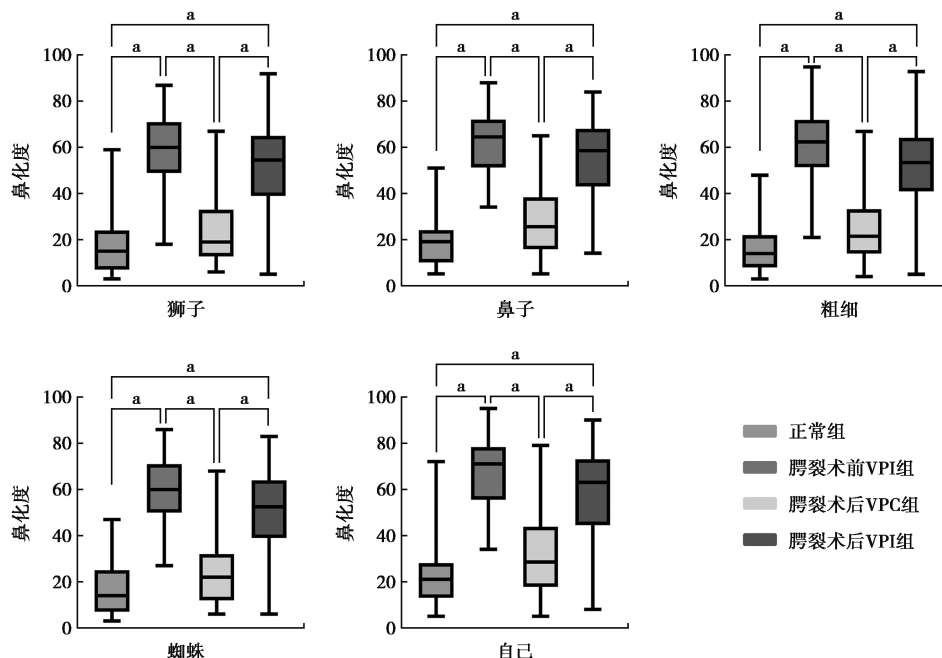


图2 4组中共同的5个高敏感性词语及词语鼻化度箱线图 经Hodges-Lehmann估算和Mann-Whitney检验筛选出的5个检测腭咽闭合功能敏感性高的词语,包括狮子、鼻子、粗细、蜘蛛和自己。箱线图展示词语鼻化度的中位数、上下四分位数、最大值与最小值,散点表示单个受试者数据,* $P < 0.001$ 。VPI为腭咽闭合不全,VPC为腭咽闭合完全。

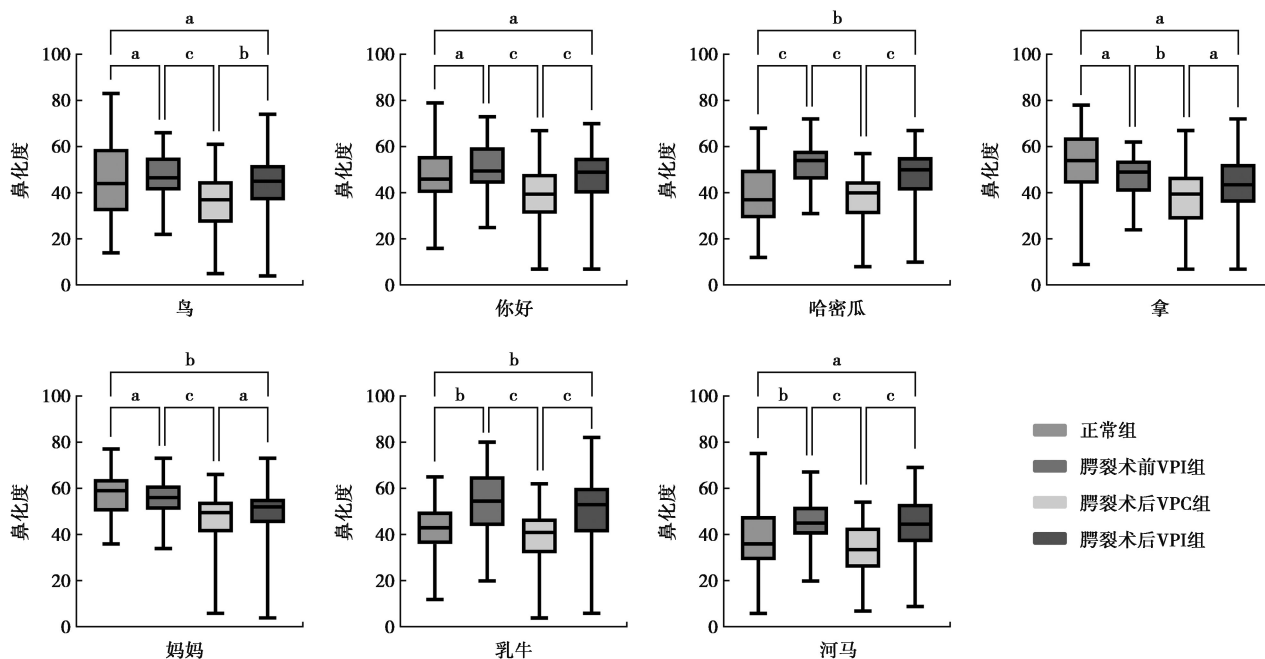


图3 4组中共同的7个低敏感性词语及词语鼻化度箱线图 经Hodges-Lehmann估算和Mann-Whitney检验筛选出的7个检测腭咽闭合功能敏感性低的词语,包括鸟、你好、哈密瓜、拿、妈妈、乳牛和河马。* $P > 0.05$,^b $P < 0.05$,^c $P < 0.001$ 。VPI为腭咽闭合不全,VPC为腭咽闭合完全。

讨 论

在临床研究中,通过鼻音计测量的鼻化度可作为腭裂患者语音评估的客观指标,用于:(1)评估患者高鼻音严重程度;(2)在为患者设计语音治疗方案时提供参考;(3)通过手术前后或语音训练前后鼻化度变化评估治疗效果^[23-25]。本研究共纳入205名母语为普通话的受试者,分为正常组、腭裂术前VPI组、腭裂术后VPC组和腭裂术后VPI组,采用鼻音计探究不同腭咽闭合状态的腭裂群体的鼻化度差异。

一、鼻化度和腭咽闭合功能

本研究结果显示,随着CAPS-A高鼻音评分的升高,受试者的鼻化度总分随之逐渐增加,且Spearman秩相关分析结果表明鼻化度总分与CAPS-A高鼻音评分正相关,提示患者的鼻化度分数与高鼻音的严重程度密切相关。腭裂术前VPI组和腭裂术后VPI组的词语鼻化度普遍高于正常组和腭裂术后VPC组,而腭裂术后VPC组大部分词语鼻化度数值及分布与正常组差异无统计学意义,说明腭咽闭合状况与鼻化度数值密切相关,VPI患者的鼻化度较高,与既往的研究结果一致^[4,13]。进一步分析发现,腭裂术前VPI组不含鼻辅音词语的鼻化度中位数、四分位数、最大值及最小值均大于正常组和腭裂术后VPC组,腭裂术后VPI组的鼻化度中位数和四分位数与腭裂术前VPI组相近,鼻化度极差更大,部分词语鼻化度最小值与正常组和腭裂术后VPC组接近,这提示腭裂修复术改善了腭裂患者的腭咽闭合结构,一定程度上缓解腭裂患者的共振异常,尽管术后主观判听和鼻咽纤维镜镜检查诊断仍为VPI,但鼻腔共振的细微变化可通过鼻音计检测到。

二、检测腭咽闭合功能敏感词

Hodges-Lehmann检验结果显示,腭裂术前VPI组和腭裂术后VPI组包含前高元音*/i/*的词语鼻化度显著高于正常群体及腭裂术后VPC组,且鼻化度数值呈现较大的组内变异性,因此包含*/i/*的语音样本可作为评估腭咽闭合状态的敏感指标。时秀娟^[26]同样发现腭裂儿童普通话元音的鼻化度普遍高于正常儿童,其中最为明显的是前高元音*/i/*。Gibbon等^[27]使用腭电图(electropalatography, EPG)记录了苏格兰正常儿童和腭裂患儿读5个元音时舌与腭的接触变化,结果显示腭裂患儿相较正常儿童在读元音*/i/*时有更明显的腭部收缩以及更大的舌-腭接触面

积,导致在*/i/*的发音过程中鼻腔共鸣增加。综上,高元音*/i/*发音时舌体位置较高,且腭裂患者在产生高元音*/i/*时中通常伴随更明显的口腔空间缩窄、鼻腔共鸣增强,因此包含元音*/i/*的词语对腭咽闭合功能异常更为敏感。

三、语音评估材料设计

语音评估是腭裂语音序列治疗的重要环节,目前,国内尚无统一的普通话语音检测样本,临床上应用的语音样本形式多样,包括单音节重复、词语、句子和自发对话等。一些学者认为,较长的语音样本(如句子和对话)相较较短的语音样本(如音节和词语)能更准确地评估受试者语音功能。然而受试者的语速、代偿性构音和语音错误等也可能导致长语音样本的检测结果出现偏倚,因此语音样本长度不宜过长^[28]。本研究采用“四川大学华西口腔医院普通话构音测量表”,在构建词表时未使用鼻元音,并且在收集患者语音样本时采用患者自主朗读而非跟读的方式,以获得患者的自发性语音。收集的鼻化度结果可为确立标准的普通话语音样本提供参考,以期建立一个通用的标准化腭裂语音评价标准。

四、研究局限性

本研究仍存在以下局限性:(1)研究采用的语音评估材料包含84个词语,全部完成采集耗时较长,特别是对于低年龄儿童,可能疲劳会导致检测结果有误^[29],需要对构音测量表进一步完善、简化。(2)在受试者招募过程中仅通过询问病史及临床症状排除了明显的耳鼻喉疾病,未对所有受试者进行耳鼻喉专科的辅助检查,因此可能存在未被识别的耳鼻喉疾病(如腺样体肥大、轻度鼻息肉及鼻咽部结构异常等)对语音评估结果造成干扰。(3)由于招募条件不同,各组间年龄分布未能匹配,且组内受试者的年龄跨度较大,由于发育过程中声腔结构的改变,不同年龄段的鼻化度可能存在差异^[30]。另外,受试者的文化程度差异对语音测试可能有潜在影响,在后续的研究中将对受试者进行更严格的筛选,匹配各组受试者年龄范围及文化程度。(4)受限于当前样本量,本研究未进行更细致的亚组分类及影响鼻化度的潜在因素分析。后续研究拟进一步扩大样本规模,探究语音评估年龄、性别、腭裂类型、一期腭裂修复术年龄和腭裂修复术术式等对鼻化度的影响。(5)由于腭裂术后需要间隔至少1年再进行语音评估,且腭裂患者存在较高失访率,故

本研究数据收集期间获得的同一患者腭裂术前及腭裂术后的语音评估数据较少。后续研究将继续扩大样本规模,以开展术前术后自身对照分析,探究影响患者手术前后鼻化度变化的潜在因素^[31-33]。

尽管存在部分局限性,本研究仍然系统分析了正常人群和不同腭咽闭合状态腭裂患者的鼻化度特征,明确了高元音/i/对腭咽闭合功能异常的敏感性,为临床提供了初步的普通话鼻化度参考数据和评价方法依据。鼻音计能够客观、敏感地识别腭裂患者术前术后腭咽闭合功能的变化,为术后语音功能评估及治疗提供了可靠的工具。未来进一步完善鼻音计评估材料并扩大研究规模,有望为腭裂患者的术后语音治疗策略制订及效果监测提供更精准的指导与依据。

综上所述,本研究采用鼻音计检测普通话人群中正常群体和腭裂患者鼻化度,结果显示腭裂术前VPI患者及腭裂术后VPI患者的鼻化度明显高于正常群体和腭裂术后VPC群体。包含元音/i/的语音样本可作为检测VPI的敏感指标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 尹佳仪:资料整理、统计分析及论文撰写;吴敏:资料收集、协助论文撰写;黄汉尧:实验设计、研究指导、论文审阅及经费支持;尹恒:实验设计、资料收集、协助论文撰写;郑谦:研究指导、论文审阅

参 考 文 献

- [1] 焦雪琴. 儿童腭裂术后普通话语流中语音发音缺陷实验分析[D]. 天津:天津师范大学, 2020.
- [2] 高涛, 马莲, 罗奕, 等. 鼻音计鼻音化率值与腭咽闭合状态关系的探讨[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2023, 21(4): 372-376. DOI: 10.19438/j.cjoms.2023.04.009.
- [3] Larangeira FR, Dutka J de CR, Whitaker ME, et al. Speech nasality and nasometry in cleft lip and palate [J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2015, 82(3): 326-333. DOI: 10.1016/j.bjorl.2015.05.017.
- [4] Fujiki RB, Kostas G, Thibeault SL. Relationship between auditory-perceptual and objective measures of resonance in children with cleft palate: Effects of intelligibility and dysphonia [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2024, 61(8): 1245-1256. DOI: 10.1177/10556656231162238.
- [5] Henningsson G, Kuehn DP, Sell D, et al. Universal parameters for reporting speech outcomes in individuals with cleft palate [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2008, 45(1): 1-17. DOI: 10.1597/06-086.1.
- [6] Liu Y, Lee SAS, Chen W. The correlation between perceptual ratings and nasalance scores in resonance disorders: A systematic review [J]. J Speech Lang Hear Res, 2022, 65(6):

2215-2234. DOI: 10.1044/2022_JSLHR-21-00588.

- [7] Watterson T, Wendel J, Grames LM, et al. The reliability of visual ratings of velopharyngeal physiology for speech [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2021, 58(5): 546-556. DOI: 10.1177/1055665620961911.
- [8] 毛渤淳, 马平川, 郭春丽, 等. 基于汉语普通话共振峰参数的腭裂高鼻音自动识别研究[J]. 中华整形外科杂志, 2020, 36(11): 1246-1252. DOI: 10.3760/cma.j.cn114453-20190716-00220.
- [9] Kang MJ, Ryu JY, Lee JS, et al. Acoustic analysis of nasalance and formants in VPI patients: Implications for clinical practice and mobile application development [J]. J Craniomaxillofac Surg, 2025; S1010-5182(25)00114-3. DOI: 10.1016/j.jcms.2025.03.018.
- [10] Yang X, Pratama GB, Choi Y, et al. Measurement of nasalance scores without touching the philtrum for better comfort during speech assessment and therapy: A preliminary study [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2021, 58(4): 446-454. DOI: 10.1177/1055665620953340.
- [11] Barbier H, Redouloux L, Chapuis - Vandenbogaerde C, et al. Normative data on nasalance scores for French speaking children [J]. J Stomatol Oral Maxillofac Surg, 2025, 126(3): 102089. DOI: 10.1016/j.jormas.2024.102089.
- [12] Alfwaress F, Kummer AW, Weinrich B. Nasalance scores for normal speakers of american english obtained by the Nasometer II using the MacKay - Kummer SNAP - R test [J]. Cleft Palate Craniofac J, 2022, 59(6): 765-773. DOI: 10.1177/10556656211025406.
- [13] Fersing C, Thevarajah D, Sanquer E, et al. Validation of an objective assessment tool for velopharyngeal insufficiency in cleft lip and palate children [J]. J Stomatol Oral Maxillofac Surg, 2024, 125(5S1): 101968. DOI: 10.1016/j.jormas.2024.101968.
- [14] Jiang C, Whitehill TL, McPherson B, et al. Consonant accuracy in Mandarin-speaking children with repaired cleft palate [J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2015, 79(12): 2270-2276. DOI: 10.1016/j.ijporl.2015.10.022.
- [15] Liu Y, Lee SAS. English nasalance values of chinese learners of english [J]. Folia Phoniatr Logop, 2021, 73(5): 422-431. DOI: 10.1159/000510940.
- [16] She JHM, Ching ESM, Yu WS, et al. Cross-linguistic nasalance comparisons: A review of speech sample sets and preliminary consideration of effect of lexical tone [J]. Folia Phoniatr Logop, 2024; 1-21. DOI: 10.1159/000541513.
- [17] Kim HK, Yu XM, Cao YJ, et al. Dialectal and gender differences in nasalance for a mandarin population [J]. Clin Linguist Phon, 2016, 30(2): 119-130. DOI: 10.3109/02699206.2015.1116111.
- [18] Mohd Ibrahim H, Lim HW, Ahmad Rusli Y, et al. Speech stimuli and nasalance scores for the assessment of resonance in in mandarin speaking malaysian children [J]. Clin Linguist Phon, 2020, 34(6): 554-565. DOI: 10.1080/02699206.2019.1668480.
- [19] Ha S, Jung S, Koh KS. Effect of vowel context on test - retest

- nasalance score variability in children with and without cleft palate [J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2018, 109: 72-77. DOI:10.1016/j.ijporl.2018.03.018.
- [20] Sell D, John A, Harding-Bell A, et al. Cleft audit protocol for speech (CAPS-A): A comprehensive training package for speech analysis[J]. *Int J Lang Commun Disord*, 2009, 44(4): 529-548. DOI:10.1080/13682820802196815.
- [21] de Boer G, Bressmann T. Comparison of nasalance scores obtained with the nasometers 6200 and 6450 [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2014, 51(1):90-97. DOI:10.1597/12-202.
- [22] Rollins M, Oren L. Effects of nasal emission and microphone placement on nasalance score during /s/[C]//179th Meeting of the Acoustical Society of America. *Acoustics Virtually Everywhere*, 2020:060001. <https://pubs.aip.org/asa/poma/article/959610>. DOI:10.1121/2.0001353.
- [23] Ünal - Logacev Ö, Kummer AW, Çetin C, et al. Nasometric evaluation of resonance disorders: A norm study In Turkish [J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2020, 131: 109888. DOI:10.1016/j.ijporl.2020.109888.
- [24] Tezuka M, Kamikuri Y, Ishihata K, et al. Comparison of recurrence rate and speech outcome between two different techniques for cleft palatal fistula closure: A retrospective cohort study [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2022, 50(1): 86-92. DOI: 10.1016/j.jcms.2021.09.018.
- [25] Bertucci V, Stevens K, Sidhu N, et al. The impact of fan-type rapid palatal expanders on speech in patients with unilateral cleft lip and palate [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2023, 60(7): 875-887. DOI:10.1177/10556656221084541.
- [26] 时秀娟. 腭裂语音的鼻化度在临床诊断中的作用[J]. *中国语言战略*, 2023, 10(1): 74-83.
- [27] Gibbon F, Smeaton-Ewins P, Crampin L. Tongue-palate contact during selected vowels in children with cleft palate [J]. *Folia Phoniatr Logop*, 2005, 57(4): 181-192. DOI: 10.1159/000085186.
- [28] Marino VCC, Dutka JCR, Manicardi FT, et al. Influência de estímulos de fala na identificação perceptivo - auditiva da hipernasalidade em indivíduos com fissura labiopalatina [J]. *Codas*, 2020, 32(6): e20190269. DOI: 10.1590/2317-1782/20202019269.
- [29] Lohmander A, Persson C, Willadsen E, et al. Scandcleft randomised trials of primary surgery for unilateral cleft lip and palate: 4. Speech outcomes in 5-year-olds - velopharyngeal competency and hypernasality [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2017, 51(1): 27-37. DOI:10.1080/2000656X.2016.1254645.
- [30] Pereira VJ, Ching ESM, She JHM, et al. Effect of age and gender on nasalance across the lifespan: A systematic review [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2024: 10556656241276675. DOI: 10.1177/10556656241276675.
- [31] Pua E, Holt Y, Kollara L, et al. Evaluating nasalance values among bilingual mandarin - english speakers [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2019, 56(4): 462-470. DOI: 10.1177/1055665618791942.
- [32] Kara M, Calis M, Kara I, et al. Does early cleft palate repair make difference? Comparative evaluation of the speech outcomes using objective parameters [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2020, 48(11): 1057-1065. DOI:10.1016/j.jcms.2020.09.003.
- [33] Richard A, Brontoladi S, Sanquer E, et al. Does the type of cleft have an impact on language results? Validation of the Nasalance test in French [J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2025, 126(6): 102159. DOI:10.1016/j.jormas.2024.102159.

(收稿日期:2025-03-18)

(本文编辑:王嫚)