

维吾尔族腭咽闭合不全患者浊塞音的声学特征分析

亚尔肯·阿吉 许辉 木合塔尔·霍加 努尔麦麦提·尤鲁瓦斯

【摘要】 目的 分析维吾尔语中浊塞音在维吾尔族腭裂术后腭咽闭合不全患者发音中的声学特征。**方法** 从我科建立的“维吾尔族儿童跟读语音语料库”及“维吾尔族腭裂术后患者跟读语音语料库”中选取维吾尔族正常儿童 31 例(正常组)和维吾尔族腭咽闭合不全患儿 28 例(VPI 组)。采集 2 组受试者跟读包含浊塞音/b/、/d/、/g/的 9 个词的录音样本,并应用 PRAAT 软件分别比较和分析 2 组受试者录音样本中的辅音时长(CD)、音强(CA)、第一共振峰(VF1)、第二共振峰(VF2)、第三共振峰(VF3)、第四共振峰(VF4)以及噪音起始时间(VOT)。**结果** 2 组受试者跟读浊塞音/b/的参数比较,VPI 组的 VF1、VF3 和 VF4 均显著低于正常组,差异均有统计学意义($P<0.05$);VPI 组的 CD 显著长于正常组,差异有统计学意义($P<0.05$)。2 组受试者跟读浊塞音/d/和/g/的参数比较,VPI 组的 VF1、VF3 和 CD 与正常组比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。正常组/b/、/d/和/g/ 3 个浊塞音的 VOT 分别为(0.12±0.05)s、(0.10±0.03)s 和(0.09±0.03)s,出现率均为 100%,浊塞音 VOT 和出现百分比与 VPI 组比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 维吾尔语中 3 个浊塞音/b/、/d/、/g/在腭咽闭合不全患儿与正常儿童语音声学特征之间存在显著差异。

【关键词】 腭咽闭合不全; 浊塞音; 维吾尔语; 语音语料库; 声学特征

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2015211C203)

Acoustic features of the plosives of Uyghur speakers with velopharyngeal insufficiency Yaerken Aji*, Xu Hui, Muhetaer Huojia, Nuermaimaiti Youluwasi. *Department of Stomatology, People's Hospital of the Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Urumqi 830001, China

Corresponding author: Muhetaer Huojia, Email: muhtarhoja@yahoo.com

【Abstract】 Objective To analyze the acoustic features of plosive consonants in Uyghur as spoken by persons with post-palatoplasty velopharyngeal insufficiency. **Methods** Thirty-one Uyghur-speaking children without a speech disorder were selected as a control group, while 28 others with velopharyngeal insufficiency (VPI) formed the VPI group. All were recorded speaking 9 Uyghur words which contain the plosive consonants /b/, /d/ and /g/. The consonants' duration (CD), amplitude (CA), their first formants (VF1), second formants (VF2), third formants (VF3) and fourth formants (VF4) as voiced as well as the voice onset time (VOT) were measured and analyzed using the PRAAT software for the two groups. **Results** The VF1, VF3 and VF4 of the plosive consonant /b/ were significantly lower for those in the VPI group than among the controls, and the CD of /b/ was significantly longer. There were also significant differences between the two groups in terms of the VF1s, VF3s and CDs of the other plosive consonants. The VOTs of the consonant /b/, /d/ and /g/ were (0.12±0.05)s, (0.10±0.03)s and (0.09±0.03)s, respectively, with an occurrence rate of up to 100% in the control group, significantly different from those in the VPI group ($P<0.05$). **Conclusion** The acoustic features of the three plosive consonants /b/, /d/ and /g/ can distinguish Uyghur-speaking children with velopharyngeal insufficiency from those with normal speech.

【Key words】 Velopharyngeal insufficiency; Plosive consonants; Uyghur language; Speech corpuses; Acoustic features

Fund program: Natural Science Foundation of the Xinjiang Uygur Autonomous Region (grant 2015211C203)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.03.005

作者单位:830001 乌鲁木齐,新疆维吾尔自治区人民医院口腔科(亚尔肯·阿吉,木合塔尔·霍加),口腔颌面外科(许辉);新疆大学信息科学与工程学院(努尔麦麦提·尤鲁瓦斯)

通信作者:木合塔尔·霍加,Email:muhtarhoja@yahoo.com

唇腭裂是口腔颌面部常见的先天性畸形之一,我国为唇腭裂高发的国家,发病率达 1.3‰,新疆地区发病率为 1.96‰,而新疆唇腭裂患者中有 50%以上为维吾尔族^[1]。目前,国内关于维吾尔族腭裂患儿语音评估和治疗方面的研究较少,尚未建立完善的维吾尔语

腭裂患者语音评估标准和语音治疗方法。因此,经手术治疗后仍存在腭咽闭合不全(velopharyngeal incompetence,VPI)的维吾尔族腭裂患者,很难进行系统的语音评估和治疗。

维吾尔语是主要在新疆地区通用的一种语言,属于阿尔泰语系突厥语族,是黏着性语。现代标准维吾尔语有 24 个辅音音位^[2]。辅音中 3 个浊塞音/b/、/d/和/g/的发音方式是主动发音器官与被动发音器官紧密接触后突然打开让气流冲出,爆发成音,且各自的发音部位也有所不同。其中/b/是双唇浊塞音,发音时双唇紧闭,造成气流阻塞,然后突然打开,让气流冲出,爆发成音;/d/是舌尖中浊塞音,发音时舌尖抵上齿根,阻住气流,然后突然打开,让气流冲出,爆发成音,气流较强;/g/是舌根浊塞音,发音时舌根抵住软硬腭交接处,阻住气流,然后突然打开,让气流冲出,爆发成音^[3]。

本研究从新疆维吾尔自治区人民医院颌面外科建立的“维吾尔族儿童跟读语音语料库及维吾尔族腭裂术后患者跟读语音语料库”中选出含有/b/、/d/、/g/3 个浊塞音语料进行了声学特征分析,归纳出了浊塞音的 4 个特征:时长、音强、共振峰分布模式和嗓音起始时间,并将正常儿童与腭裂术后腭咽闭合不全患儿的浊塞音声学参数进行相互比较,旨在探讨维吾尔族腭咽闭合功能障碍患者浊塞音声学特征及其异常语音产生的原因。

资料与方法

一、研究对象及分组

正常受试者入选标准:①年龄 4~15 岁;②无智力及听力障碍,无严重牙列畸形;③近期无上呼吸道疾病及其他影响语言功能疾病;④可顺利配合跟读采集语音样本,并由其监护人签署知情同意书。

VPI 受试者入选标准:①年龄 4~15 岁;②腭裂手术封闭裂隙>12 个月;③接受腭裂术后经常规检查、发音测试、吹气试验、冷镜试验以及纤维电子鼻咽镜等检查明确为腭咽闭合不全;④非综合征型腭裂患者,能配合跟读;⑤录音时无影响发音的上呼吸道疾病;⑥无其它可能影响语音的重要异常,如智力缺陷、听力障碍;⑦其监护人签署知情同意书。

选取来自南北疆且符合上述正常受试儿童入选标准的维吾尔族儿童 31 例作为正常组,其中男 16 例,女 15 例;年龄 5~12 岁,平均 7.6 岁;另选取在新疆维吾尔自治区人民医院口腔科接受腭裂手术治疗且符合上述 VPI 受试者入选标准的维吾尔族患儿 28 例作为 VPI 组,其中男 14 例,女 14 例;年龄 5~13 岁,平均 8.8 岁。2 组受试者的例数、性别、年龄等一般资料组间比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

二、语料来源

为了更明确地讨论腭裂术后腭咽闭合不全患者浊塞音发音中的特征,本研究选择了新疆维吾尔自治区人民医院颌面外科和新疆大学多语种信息技术实验室合作建立“维吾尔族儿童跟读语音语料库”和“维吾尔族腭裂术后患者跟读语音语料库”。从语音语料库中选取拟进行声学分析的录音文件,使用 Cool Edit Pro 2.1 版数字声音编辑和制作软件选取所需的单词,再运用 Praat 5.1.43 版语音分析软件以单词、音节和字母 3 个层进行手工标注,共选取 9 个带浊塞音/b/、/d/、/g/的典型词作为研究的实验依据制作成幻灯片(表 1)。

表 1 包含浊塞音/b/、/d/和/g/的词

序号	维吾尔文	标注用拉丁文	汉语
1	بار	bar	在
2	بۇ	bu	这
3	بىل	bil	知道
4	دادا	dada	爸爸
5	ئۈدۈل	udul	对面
6	دىل	dil	心
7	گال	gal	嗓子
8	گۈل	gvl	花
9	كىگىز	kigiz	毡子

三、评估内容和方法

所有语音测试均在新疆维吾尔自治区人民医院耳鼻喉科专用录音间进行,该录音间墙面采用隔音材质制作,录音环境安静,密闭,可尽可能地减少了噪声和杂音的影响。录音方式为跟读,2 组受试者均取坐位,确保其体位舒适,精神放松,然后戴上耳机,调整麦克风与受试者口唇距离为 15 cm,嘱其观看幻灯片上所显示的 9 个包含浊塞音/b/、/d/、/g/的词,进行跟读。跟读时要求受试者音量适中,每次重复跟读 2 次,采样精度为 16 位,采集的语音样本为 WAV 格式,然后将采集好的样本送至新疆大学多语种信息技术实验室中进行分析,采用 Praat 5.1.43 版语音分析软件分别测量并比较 2 组受试者语音样本的声学参数,具体采集数据如下。

1.辅音时长(duration of the consonants,CD):是指语音声波延续时间的长短,单位为 s。

2.音强(amplitude of the consonants,CA):又称为短时平均能量,代表声音的强度,在辅音目标位置测量,单位为 dB。

3.浊辅音共振峰(formants of voiced consonants,VF):是频谱图的局部最大点,是声音的频谱中能量相对集中的一些区域。共振峰在语图上明显地呈现为粗黑的横杠。浊塞音的语图上可以看到四个共振峰,分

别为第一共振峰(VF1)、第二共振峰(VF2)、第三共振峰(VF3)和第四共振峰(VF4)。共振峰能够反映声道共振腔的物理特征,是音质的决定因素,单位为 Hz。

4. 噪音起始时间(voice onset time, VOT): 是指破裂音除阻到声带振动起始点的时间,声带振动起始点一般定义为第二共振峰,单位为 s。

四、统计学处理

采用 SPSS 19.0 版统计学软件进行数据分析,所得数据用($\bar{x} \pm s$)表示,2 组间数据比较采用方差分析,均采用双侧概率检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组受试者跟读浊塞音/b/的参数比较

VPI 组的 VF1、VF3 和 VF4 均显著低于正常组,差异均有统计学意义($P < 0.05$); VPI 组的 CD 显著长于正常组,差异有统计学意义($P < 0.05$); 2 组受试者的 CA 和 VF2 组间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),详见表 2。

二、2 组受试者跟读浊塞音/d/的参数比较

VPI 组的 VF1、VF3 和 CD 与正常组比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$); 2 组受试者的 CA、VF2 和 VF4 组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),详见表 3。

三、2 组受试者跟读浊塞音/g/的参数比较

VPI 组的 VF1 与 VF3 显著低于正常组,差异均有统计学意义($P < 0.05$); VPI 组的 CD 显著长于正常组,差异有统计学意义($P < 0.05$); 2 组受试者的 CA、VF2 和 VF4 组间比较,差异无统计学意义($P >$

0.05), 详见表 4。

四、2 组受试者浊塞音 VOT 比较

正常组/b/、/d/和/g/ 3 个浊塞音的 VOT 值均 > 0 s, 出现率均为 100%; VPI 组在浊塞音/b/和/g/的发音时的 VOT 均为 0 s, 在发浊塞音/d/时, 仅有 1 例受试者的 VOT > 0 s, 2 组间的浊塞音 VOT 和出现百分比比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

讨 论

本研究分析并比较了 31 例正常儿童和 28 例腭裂术后腭咽闭合不全患儿的/b/、/d/、/g/3 个浊塞音的声学特征, 结果发现, 正常儿童和腭裂术后腭咽闭合不全患儿在 3 个浊塞音的 VF、CA、CD 上存在区别。

2 组受试者浊塞音在低频区均有较强的共振峰, 但是 VPI 组 3 个浊塞音的 VF1 均低于正常组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 这可能是由于浊塞音发音时需要通过腭咽闭合造成气流的阻塞, 再突然的打开让气流送出, 而 VPI 患者由于生理性缺陷, 不能形成有效的口腔与鼻腔的分隔, 腭咽闭合功能无法满足浊塞音对腭咽闭合功能的要求。VF2 的变化受舌后缩和唇展度的影响, 而浊塞音发音时舌后缩的发生可能不如元音发音时明显, 因此 2 组受试者 3 个浊塞音的 VF2 组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。2 组受试者 3 个浊塞音的 VF3 组间差异有统计学意义($P < 0.05$), 提示腭咽闭合不全患儿浊塞音发音时阻碍部位异常。另外, 2 组受试者浊塞音/b/的 VF4 组间差异有统计学意义($P < 0.05$), 而发/d/和/g/音时, VF4 组间差异均无统计学意义($P > 0.05$), 该结果表明, 浊塞音有弱化或脱落现象。

表 2 2 组受试者浊塞音/b/参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CD(s)	CA(dB)	VF1(Hz)	VF2(Hz)	VF3(Hz)	VF4(Hz)
正常组	31	0.044±0.010	66.97±7.15	673.98±45.19	1724.63±362.98	2986.02±236.01	3986.74±230.36
VPI 组	28	0.082±0.025 ^a	66.44±9.14	606.16±51.01 ^a	1496.62±125.53	2690.65±164.95 ^a	3726.87±164.95 ^a

注: 与正常组比较, ^a $P < 0.05$

表 3 2 组受试者浊塞音/d/参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CD(s)	CA(dB)	VF1(Hz)	VF2(Hz)	VF3(Hz)	VF4(Hz)
正常组	31	0.047±0.012	71.05±4.82	722.75±79.94	1788.58±169.25	2547.71±323.84	3911.03±158.78
VPI 组	28	0.082±0.038 ^a	71.05±7.87	615.46±106.32 ^a	1887.40±304.85	2962.84±271.56 ^a	4045.01±342.39

注: 与正常组比较, ^a $P < 0.05$

表 4 2 组受试者浊塞音/g/参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CD(s)	CA(dB)	VF1(Hz)	VF2(Hz)	VF3(Hz)	VF4(Hz)
正常组	31	0.054±0.011	69.35±3.92	682.79±96.34	2005.49±372.24	3048.25±436.34	4033.86±363.80
VPI 组	28	0.106±0.026 ^a	67.53±7.59	583.80±84.17 ^a	1811.99±302.69	2584.20±328.02 ^a	3930.84±202.45

注: 与正常组比较, ^a $P < 0.05$

表 5 2 组受试者浊塞音 VOT 比较

组别	例数	VOT (s, $\bar{x}\pm s$)	出现例数	出现百分比 (%)
正常组				
/b/	31	0.12±0.05	31	100
/d/	31	0.10±0.03	31	100
/g/	31	0.09±0.03	31	100
VPI 组				
/b/	28	0	0	0
/d/	28	0.02±0.00	1	3.6
/g/	28	0	0	0

2 组受试者 3 个浊塞音中的 CA 组间差异均无统计学意义($P>0.05$),本课题组认为,这可能是由于 CA 与声带的震动有关,而腭咽闭合不全患者的声带并没有异常,声带可以正常震动,因此不受腭咽闭合功能的影响;另外,CA 在像汉语等有声调的语言中具有重要地位,而在维吾尔语、英语等无声调的语言中没有特殊的重要性。VPI 组受试者 3 个浊塞音中的 CD 在均比正常组长,差异均有统计学意义($P<0.05$),这可能是由于腭裂术后腭咽闭合不全患者辅音发音的准备间期较长,或发音时用力过大有关,腭裂术后腭咽闭合全患者发声时,肌肉在一定的姿态很难保持足够的时间,从而导致了 CD 的延长。

本研究结果还显示,正常组发三个浊塞音的 VOT >0 s,而 VPI 组只有在发浊塞音/d/时有 1 例患儿的 VOT >0 s,其余语图中 VOT 均为 0 s,这可能是由于腭咽闭合不全患者不能建立成阻有关。辅音发音分为成阻、持阻和除阻 3 个阶段。所谓成阻是指舌头某部分开始上举直到与上腭构成阻塞和阻碍;持阻是指保持阻塞一段时间以便口内蓄足一定压;除阻是指构成阻塞的两部分突然放开,一股强气流释放出来,好像爆破音一样^[4]。浊塞音的发音也分这三个阶段,腭裂患者由于腭咽闭合不全可能导致不能成阻,如果成阻不能建立,持阻和除阻也相继不存在。正常人浊塞音的调制过程中有明确的成阻阶段和瞬间爆发的除阻阶段,也就是除阻到声带振动之间的这段距离称为噪音起始时间。腭裂术后腭咽闭合患者由于腭咽闭合功能不良,无法在口腔内维持一定的压力,发浊塞音时,无法产生除阻过程,因而不能显示 VOT。

目前,对于我国少数民族腭裂患者的语音评估方面的研究较少。1995 年,我国建立了“汉语腭裂语音

清晰度测试表”,已被临床上作为汉语腭裂语音评估的主观评估标准和较可靠的客观评估方法^[5]。维吾尔语与汉语存在着较大的区别^[6],不能套用其他语言语音评估标准用于维吾尔语腭裂患者的语音评估。本课题组前期的工作表明,正常语音的维吾尔族儿童与成年人相比,具有不同的声学特征,以元音共振峰为例,儿童的第二共振峰均值高于成年人^[7],即依据成年人声学特征和常用词汇建立的语料库无法对儿童进行声学分析和评估。因此,本研究中使用的语料来自自我科与新疆大学合作建立的“维吾尔族儿童跟读语音语料库”和“维吾尔族腭裂术后患者跟读语音语料库”。

综上所述,腭裂术后腭咽闭合功能不全患儿浊塞音声学参数与正常儿童存在较大差异,而建立规范的腭裂患者语音语料库可对腭裂患者病理性语音的研究提供客观依据和数据支持。

参 考 文 献

[1] Mijiti A, Ling W, Guli, et al. Association of single-nucleotide polymorphisms in the IRF6 gene with non-syndromic cleft lip with or without cleft palate in the Xinjiang Uyghur population [J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2015, 53(3):268-74.DOI: 10.1016/j.bjoms.2014.12.008.

[2] Yakup M, Abliz W, Sereno J, et al. How is letter position coding attained in scripts with position-dependent allography? [J].Psychon Bull Rev, 2014, 21(6):1600-1606. DOI: 10.3758/s13423-014-0621-6.

[3] 艾斯卡尔·艾木都拉,赛尔达尔·雅力坤,祖丽皮亚·阿曼,等.维吾尔语浊塞音的声学特征分析[J].清华大学学报自然科学版, 2013, 53(6):828-834.

[4] Eshghi M, Preisser J S, Bijankhan M, et al. Acoustic-temporal aspects of stop-plosives in the speech of Persian-speaking children with cleft lip and palate[J]. Int J Speech Lang Pathol, 2016, 26(9):1-9.DOI:10.1080/17549507.2016.1221458.

[5] 王国民,朱川,袁文化,等.汉语语音清晰度测试字表的建立和临床应用研究[J].上海口腔医学,1995(3):125-127.

[6] Yakup M, Abliz W, Sereno J, et al. Extending models of visual-word recognition to semicursive scripts: Evidence from masked priming in Uyghur[J]. J Exp Psychol Hum Percept Perform, 2015, 41(6):1553-1562.DOI:10.1037/xhp0000143.

[7] 许辉,木合塔尔·霍加,祁恩春,等.新疆维吾尔族腭裂患者元音共振峰分析[J].新疆医科大学学报,2012, 35(5):638-641.DOI: 10.3969/j.issn.1009-5551.2012.05.018.

(修回日期:2017-02-12)
(本文编辑:阮仕衡)