

普通话声调在耳语和正常发音时的语音对比分析

李彬¹, 张翠玲²

【摘要】 目的:分析确定耳语时用以区分普通话声调的语音特征。方法:录取两位讲普通话的健康成人在正常发音和耳语时的朗读发音,通过声学分析提取测量普通话声调的声学参量,对比两种发音方式下声调语音表征的异同点。随后,采用10位健康成人听写字词,以检测所提取声学参量在区别耳语声调时的作用。结果:耳语比正常发音时第二第三声明显变长($P < 0.01$),所有声调、声强均增大($P < 0.001$),而且各声调下元音低频共振峰提高,但其中高频共振峰显著降低($P < 0.03$)。但这些声学特征差异在听写耳语时不能有效协助区分声调,听辨正确率均不超过51.5%。结论:耳语声调缺失基频作为主要区别特征,因此会调动并修改次要特征如时长和声强等,并辅以元音共振峰变化作为补偿机制,但是在耳语下这些改变仍需丰富有效的语境才能实现声调区分。

【关键词】 耳语;普通话声调;时长;声强;元音共振峰

【中图分类号】 R49 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2016.06.002

Production and perception of Mandarin tones in whisper Li Bin, Zhang Cuiling. Department of Linguistics and Translation, City University of Hong Kong, Hong Kong, China

【Abstract】 Objective: To examine and compare phonetic realization of Mandarin tones in whisper and in normal phonation, so as to identify cues to tonal contrasts in whisper at the absence of fundamental frequency. **Methods:** We extracted and measured pitch correlates of characters and words produced by two Mandarin speakers, and assessed their roles in tone perception. **Results:** Acoustic analysis showed that "pitch" duration and intensity were retained and enhanced in whisper. First formants of vowels were raised but formants at higher range were lowered. Tones in whisper were, however, perceptually unintelligible in simple contexts. **Conclusion:** Lack of fundamental frequency in whisper triggers a compensation mechanism for tonal contrasts. Even non-pitch-related correlates such as vowel formants are used in the mechanism. Modifications to the cues, however, are not sufficient for perception when only limited contexts are provided.

【Key words】 Mandarin tones; whisper; duration; intensity; vowel formants

运用耳语进行听力检查是一种在国外普遍采用的听力检查方法^[1]。耳语时声带基本闭合不振动或者偶尔不规则振动,气流从气声门擦出,形成“啾啾”类噪音。由于发音机理的差别,耳语在声学上的表现与正常发音明显不同^[2-3]。耳语的声学能量很低,但共振峰频率、摩擦能量分布等区分元音辅音的重要语音信息特征仍清晰可辨。听话人亦可以借助这些信息听辨辅音^[4-5]。音调音高的声学表现如时长音强等在耳语中也有存留^[6],但声调发音和听辨都较难区分^[7-10],因此也有研究提出假设,汉语声调的次要语音特征在耳语中保留并加强^[9-11],以助声调区分。

纵观我国相关理论和临床研究,我们发现耳语测听法不普及^[12],进展比较缓慢^[13],只是近年来针对普通话人群的研究才逐渐开始增多^[14]。由于声调在普通话中区别语义,而耳语又恰恰缺失这一重要语音特征,那么要有效利用耳语测听法则必须首先对声调在耳语中的表现有清晰了解。因此,本文提出分析对比普通话声调在耳语和正常发音下的声学特征,冀以找出缺失区分音高的主要特征时,声调语言的其它哪些特征会发挥补偿作用。具体研究问题为:耳语时声调能否保持对立区分?具体表现在哪些声学特征上?相比正常发音有哪些异同点?耳语声调听辨是否困难?

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集发音人2名,一男(26岁)及一女(30岁),均为普通话二级水平。参加听写的听音人有10位,均讲普通话,为在读研究生,平均年龄(28.0±1.5)岁,女6位,男4位,报听力正常。

基金项目:国家社科基金重点项目(16AYY015);西南政法大学科研资助项目(2015-XZRCXM003)

收稿日期:2016-05-25

作者单位:1. 香港城市大学翻译及语言学系,香港 九龙塘;2. 西南政法大学刑事侦查学院,重庆 401120

作者简介:李彬(1976-),女,助理教授,博士生导师,主要从事语音感知和语言习得研究。

1.2 方法 本研究设计分为两个部分:声学参量分析和耳语听辨。第一步声学分析测量耳语并与正常发音对比,以确定耳语声调的区别性特征。第二步听写测试耳语声调的正确辨识度。①录音材料:普通话单音节字,起始音为不送气双唇爆破音/p/,后接元音为/i/或/a/,此开音节组合在普通话中四个声调均可配合且有意义。由此得到八个字:逼 bī、八 bā,鼻 bí、拔 bá,比 bǐ、把 bǎ,毕 bì、爸 bà。另有两个干扰项,即以塞音/f/或/s/为起始音的单音节字。将所有字分别组双音节词,如老爸,老八等,并放入承载句“我不会写___这个字”。听写测试使用的汉字列表与声学分析中的材料相同,由单字和词组组成,例如逼、鼻、笔、毕,老爸、老八等,成对出现。②录音采样:录音在隔音棚完成,发音人分别采用正常发音和耳语发音将全部字、词、句用普通话各读 3 遍。录音时,麦克风距离发音人唇边约 15cm。采用记忆卡式数字录音机(Sony)记录,采样率为 44.1 kHz,精度为 16bit。③听写材料:使用女发音人的录音,包括其耳语和正常发音。首先让听音人浏览列表并确认无生字,然后让其戴耳机听写目标字或词。所有 10 位听音人均听写共两组测试材料(均来自数字化的录音材料):第 1 组为单字听辨,要求写出汉字或至少写出声调;第 2 组为听辨词组,如鼻尖、笔尖等。④声学分析测定指标:利用 Praat 5.1.43 进行声学分析^[15]。测量的声调声学参数为:a. 声调时长;b. 音强;c. 元音第一至第四共振峰的频率。声调时长为元音稳定段,即从辅音到元音过渡结束处开始到图谱上可视共振峰基本消失。音强和共振峰频率均取自元音稳定段内 10 个平均分布的点(包括起始和结束两点在内),以其为中心,节选 20ms 时段自动提取参数值(高斯窗口,窗长 5ms)。

1.3 统计学方法 采用 IBM SPSS Statistics 23 统计学软件进行统计学分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,单因素方差分析对比耳语与正常语音、各声调间、语境之间的差异。听写测试结果直接与听写材料比对,得出正确

率。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

对耳语和正常语音的声学谱图比较观察,耳语音强相对正常语音明显减弱,而其元音的声学特征(如共振峰形态)与正常语音相似。其次,正常声调间时长上的差异在耳语中也有类似表现,单字中更为明显。第三,正常发音的声调轨迹和音强曲线在耳语中仍有保留。见图 1。

2.1 时长 声调原始时长个体差异较大,为系统比较,我们计算分析了归一化时长,即声调原始时长与所在字时长的比值,并对结果分声调、语境进行单因素方差分析(组间因素为发音方式)。耳语单字的声调归一时长均较正常发音长,但差别不明显。耳语词组中第二、三声较正常发音显著变长($P < 0.01$)。见表 1。

表 1 2 个发音人的声调在单字和词组中的归一化时长比

		%, $\bar{x} \pm s$	
声调	语境	正常	耳语
第一声	单字	91.50 ± 1.69	92.00 ± 2.69
	词组	94.07 ± 1.58	95.56 ± 1.34
第二声	单字	89.83 ± 1.45	91.60 ± 2.94
	词组	85.12 ± 2.66	94.14 ± 0.94 ^a
第三声	单字	95.00 ± 0.70	95.00 ± 0.87
	词组	82.25 ± 1.15	94.25 ± 0.94 ^a
第四声	单字	91.25 ± 0.94	92.67 ± 0.58
	词组	89.75 ± 1.58	92.75 ± 1.03

与正常发音比较, ^a $P < 0.01$

2.2 音强 对比耳语与正常语音的音强,耳语的平均音强比正常发音显著减弱($F = 425.25, P < 0.001$)。正常声调间的音强差异显著($F = 5.079, P < 0.01$),而耳语时差异扩大($F = 72.962, P < 0.001$)。这些差异来自第三声和第四声,其中第三声平均音强低于其它三个声调,而且耳语时的差别更大(正常发音: $P < 0.05$,耳语: $P < 0.01$)。而第四声平均音强最高,但与其他声调的差异只有在耳语时才显著($P < 0.01$)。见表 2。

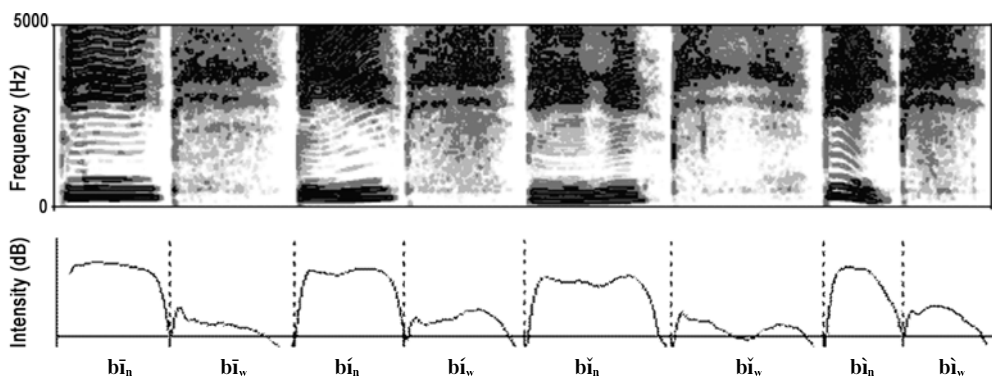


图 1 “bi”的语谱图(上),音强曲线(下)

下标 n 代表正常语音,下标 w 代表耳语

表2 2个发音人的声调在正常和耳语下的音强比较 dB, $\bar{x} \pm s$

声调	正常	耳语
第一声	58.28±1.56	37.29±3.20*
第二声	57.45±2.33	43.02±5.08*
第三声	52.22±4.74	34.17±5.99*
第四声	58.50±3.11	46.76±4.60*

与正常发音比较, * $P < 0.05$

2.3 共振峰值 由于男发音人的元音共振峰极不明显,因此未列入此项分析。我们测量了女发音人元音/i/和/a/的第一至第四共振峰(F1、F2、F3、F4),提取32个点(4个声调×2个元音×2个发音人×2个发音方式)的频率值。对比正常发音,耳语时元音共振峰低频值升高而高频值降低,绝大多数变化显著[均 $P < 0.05$,不显著的为元音/i/的第三声的F3($P = 1.00$)、元音/a/在第二声的F3($P = 0.585$)和第三声的F4($P = 0.724$)]。/i/和/a/的变化规律又有差别:耳语元音/i/的F1提高,F2~F4降低;而耳语元音/a/的F1、F2提高,F3、F4则降低。见图2,3。

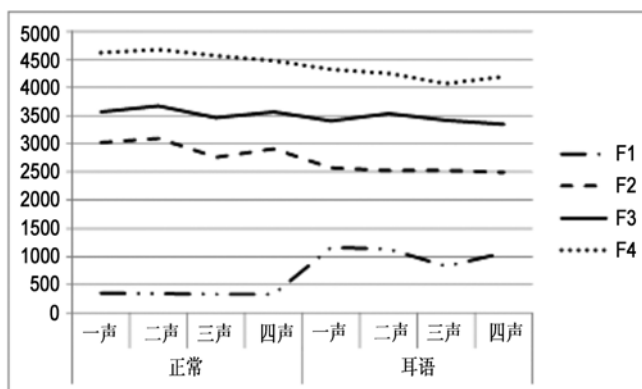


图2 女发音人元音 i 共振峰图示(Hz)

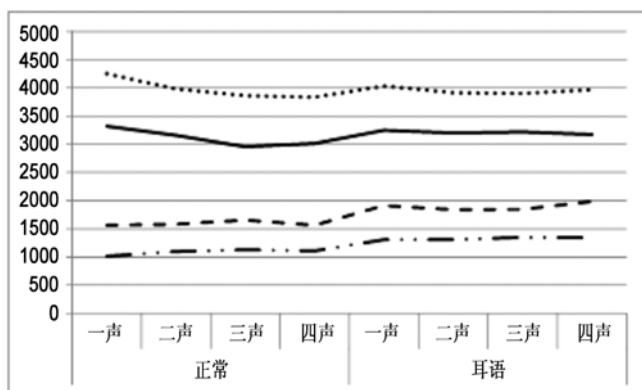


图3 女发音人元音 a 共振峰图示(Hz)

2.4 听写测试 10位听音人戴耳机听写目标字词或至少写出声调。所有听音人都很清楚可能出现的汉字,也明确听写的任务和目的,但是单字听辨中所有人的正确辨识率都未达到51.5%。随后继续听辨正常发音下的同一批汉字,所有人的正确辨识率均超过97.0%。由此可见,耳语听写正确率极低绝非听写汉字造成,而是发音方式影响其听觉辨识。耳语下听写词组的正确

率也均未超过40.5%,但随后的正常发音下同一批词组的听写正确率为95.0%。

3 讨论

正常发音时普通话声调主要以基频变化来区别,但耳语却缺少这一重要特征,因此本文分析对比了耳语和正常发音下声调的时长、声强和元音共振峰,冀以找出耳语下发挥补偿作用的特征及其效果。首先,与正常发音不同,耳语各声调在单字和词组内时长近似,表明耳语下协同发音减弱,不同语境下声调都保持单字状态。其次,耳语音强较正常明显减弱,但变化幅度不同,因此耳语声调间的差异反而扩大。第三,元音共振峰在耳语时低频升高而高频降低,正常发音下共振峰与声调无直接关联,但耳语时声带保持闭合,同时其它发音器官协同配合,从而改变声道形状长度,因此影响了元音。总之,耳语下声调首要特征缺失会激发补偿机制而改变其它声学特征。但听写测试结果表明耳语下如果没有丰富的语境提示,仅凭借声学特征的补偿变化仍无法区分声调。

我们的研究对进一步了解言语治疗和康复有一定的临床启示。首先,声调区分在耳语时调动并加强了次要声学信息,那么在言语恢复训练或者声调辨别训练时,可以给予时长和音强等其他辅助辨音因素作为患者的训练提示。其次,耳语听力检查法作为一种在国外普遍采用的听力检查方法,似乎在我国并没有得到广泛应用。我们的发现可以为评估耳语检查法在普通人群中可行性提供参考,为我国听力检查的发展提供新的思路。

【参考文献】

- [1] Pirozzo S, Papinczak T, Glasziou P. Whispered voice test for screening for hearing impairment in adults and children: systematic review[J]. BMJ, 327(7421):967-967.
- [2] 张翠玲, 张红兵, 曹巧玲. 耳语伪装语音的声学研究[J]. 中国刑警学院学报, 2005, 4: 43-46.
- [3] Tartter VC. What's in a whisper[J]? Journal of the Acoustical Society of America, 1989, 46: 468-470.
- [4] 张翠玲. 法庭语音技术研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2009, 293-310.
- [5] Ito T, Takeda K, Itakura F. Analysis and recognition of whispered speech[J]. Speech Communication, 2005, 45(2): 139-152.
- [6] Heeren W, Heuven VJ. Perception and production of boundary tones in whispered Dutch. In ISCA (Ed.), Proceedings of Interspeech[M], Brighton, 2009, 2411-2414.
- [7] Abramson A. Tonal experiments with whispered Thai. In A. Valdam (Ed.), Papers on Linguistics and Phonetics in Memory of Pierre Delattre[M]. The Hague: Mouton, 1973, 31-44.
- [8] Miller JD. Word tone recognition in Vietnamese whispered speech[J]. Word, 1961, 17(1):11-15.

- [9] Li B, Guo Y. Mandarin Tone Contrast in Whisper. In ISCA (Ed.), Proceedings of the Third International Symposium on Tonal Aspects of Languages[M], Hong Kong, 2012, 26-29.
- [10] Liu S, Samuel AG. Perception of Mandarin lexical tones when F0 information is neutralized[J]. Language and Speech, 2004, 47(2): 109-138.
- [11] Kong YY, Zeng FG. Temporal and spectral cues in Mandarin tone recognition[J]. Journal of the Acoustical Society of America, 2006, 120(5): 2830-2840.
- [12] 郝昕. 言语测听的历史与现状[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2005, 2(1): 20-24.
- [13] 李剑挥, 郝昕, 冀飞, 等. 一组汉语普通话双音节测听词表的等价性分析[J]. 中华耳科学杂志, 2010, 8(1): 75-75.
- [14] 张华, 王靓, 王硕, 等. 普通话言语测听单音节词表的编辑与初步等价性评估[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2006, 41(5): 341-345.
- [15] Boersma P, Heuven V. Praat, a system for doing phonetics by computer[J]. Glot International, 2001, 5(9/10): 341-345.

· 经验交流 ·

小组语言训练对脑瘫患儿交流功能的影响

郑钦, 李润利, 吴燕秋, 程慧

【关键词】 脑瘫; 小组语言训练; 交流障碍; 交流功能分级系统

【中图分类号】 R49; R742.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2016.06.024

2012年10月~2014年10月期间我院收治的57例合并语言交流障碍的脑瘫患儿,均符合小儿脑瘫的诊断标准^[1],并排除合并听力障碍、癫痫、自闭症等障碍患者。随机分成2组:观察组29例,男19例,女10例;年龄(4.8±0.7)岁;韦氏智能量表测定的智商为73.7±20.0;对照组28例,男18例,女10例;年龄(4.9±0.7)岁,智商73.3±15.4。对照组采用一对一的语言训练,观察组根据语言交流能力水平,将同一水平的患儿以2~4人为1个小组,进行语言训练。训练内容及方法包括:①日常交往能力训练:在训练开始时让患儿之间相互打招呼、问好、握手、拥抱等。②口部运动功能训练:让同组患儿一起做张嘴、鼓腮、噘嘴、圆唇、展唇、弹舌、咂唇、咀嚼训练等,让程度相当的患儿进行比赛,适时地给予贴纸奖励。③言语呼吸训练:进行腹式呼吸训练;增加肺活量训练,如吹羽毛、吹纸片、吹蜡烛、吹哨子等;最长声时的训练,如发长音/a—/;数数训练,即一口气尽可能多的数数等。④构音训练:对于构音错误的患儿,治疗师给予辅助,纠正其发音部位,并让每个患儿之间进行音位对比训练。⑤情景交流训练:治疗师准备一个主题,如出示“超市购物”的图片,让儿童自由发言再互相补充,程度好的尽可能用完整的句子表达,程度差的给予图片或肢体语言提示,鼓励患儿主动表达;或设计一些情景进行角色扮演,丰富儿童的想象力,诱导交流动机。治疗时尽量采用安全座椅,保证患儿有一个稳定、舒适的姿势,每次训练设计3~4个内容,根据患儿的表现和兴趣及时调整训练的进度;治疗结束后,让家长在日常生活中巩固所学的语言技能。每次治疗30 min,一周连续5次,3个月为1个疗程,治疗2个疗程,共6个月。

采用脑瘫患者交流功能分级系统(communication function classification system, CFCS)进行评价^[2]。治疗结束后,观察组显效10例、有效16例、无效3例;对照组显效6例、有效13例、

无效9例;观察组言语交流康复总有效率明显高于对照组(89.66%、67.86%, $P<0.05$)。

语言障碍是脑瘫患儿常见并发症,其发生率为80.4%^[3]。由于语言障碍,患儿不能像正常同龄儿童一样表达和理解语言以及用语言进行交流,不仅影响患儿的语言理解和表达,还将影响患儿与他人、与社会间的交往,阻碍患儿智力及社会适应能力的发育^[4]。语言训练是改善患儿语言能力与交流能力的有效方式,临床上以一对一的语言训练方式为主,虽对患儿能力训练有显著的治疗效果,但患儿单独面对治疗师,常有被动、恐慌、消极、依赖性等负面情绪,严重影响患儿的正常心理发育,同时患儿的社交能力未得到训练,容易出现孤僻、退缩行为,影响了患儿与同伴、不熟悉对象之间的交流能力。小组语言训练不仅可以刺激儿童口语表达的积极性,更能很大程度上提高患儿的非语言沟通技能,如眼神的交流,肢体语言的表达,以及表情的丰富性等。通过小组训练,患儿的社交能力显著提高,交流动机、交流态度有了明显的变化,充分调动了患儿交流表达的积极性,从而取得了良好的效果。提升了部分能入学患儿日后适应学校环境的能力,使其更易融入社会。由此可见,在脑瘫合并语言障碍患儿的语言康复训练中,通过小组方式训练能够达到更好的效果。

【参考文献】

- [1] 中国康复医学会儿童康复专业委员会,中国残疾人康复协会小儿脑瘫康复专业委员会. 小儿脑性瘫痪的定义、分型和诊断条件[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(5): 309.
- [2] Hidecker MJC, Paneth, et al. Developing and validating the Communication Function Classification System(CFCS) for individuals with cerebral palsy[J]. Developmental Medicine and Child Neurology, 2011, 53(8): 704-710.
- [3] 李胜利. 言语治疗学[M]. 北京:华夏出版社, 2004, 10-15.
- [4] 卫冬洁. 脑瘫儿童语言障碍及康复[J]. 中国康复理论与实践, 2005, 11(9): 779-780.

收稿日期:2016-04-20

作者单位:上海市残疾人康复职业培训中心,上海 200127

作者简介:郑钦(1982-),女,主管技师,主要从事言语、听觉康复方面的研究。