

人工耳蜗植入患者术后汉语声韵调识别能力临床分析

陈艾婷,李楠,王倩,洪梦迪,焦青山,李思阳,李佳楠,杨仕明,冀飞

(中国人民解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科医学部 国家耳鼻咽喉疾病临床医学研究中心 聋病教育部重点实验室 聋病防治北京市重点实验室 军事声损伤防护实验室 国家老年疾病临床医学研究中心 解放军总医院医疗大数据中心,北京 100853)

摘要: **目的** 分析人工耳蜗(CI)植入患者术后普通话单音节声母、韵母、声调的识别能力差异,对比单双侧植入和植入时长对单音节识别的影响。**方法** 选取单侧和双侧CI患者共63例,其中男35例,女28例,平均年龄(23.45±16.30)岁,CI植入时长(2.81±2.41)年。使用信度效度经已认证的单音节识别测试材料进行测试,记录每个患者声母、韵母、声调和总体的识别率得分情况。**结果** 共获得70个测试结果:CI患者对声母、韵母和单音节总识别率均低于声调识别率且差异具有统计学意义($P=0.000\ 3$; $P=0.000\ 3$; $P=0.030\ 3$)。对单音节总识别率超过50%的CI患者,声调识别率相比声母、韵母、单音节识别率显著性增高($P<0.005$)。对于总识别率小于50%的患者,虽然声韵母识别率均低于声调识别率,但仅有韵母和声调之间差异具有统计学意义($P=0.018\ 9$)。单双侧CI患者声调识别率差异无统计学意义($P>0.05$),患者佩戴时长与单音节识别的相关性较弱。**结论** CI患者的声调识别效果较单音节以及声母和韵母更具有优势,声调识别会在使用CI一定时间后趋于较高水平。植入侧别对其影响较小。

关键词:人工耳蜗;声调识别;单音节识别;言语感知;言语识别
中图分类号:R764.9⁺3

Clinical analysis of Chinese Mandarin tone recognition capability in patients with cochlear implantation

CHEN Aiting, LI Nan, WANG Qian, HONG Mengdi, JIAO Qingshan, LI Siyang,
LI Jianan, YANG Shiming, JI Fei
(College of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Chinese PLA General Hospital; National Clinical Research Center for Otolaryngologic Diseases; Key Lab of Hearing Impairment Science of Ministry of Education; Beijing Key Lab of Hearing Impairment for Prevention and Treatment; Key Lab of Military Sound Impairment Prevention and Treatment; National Clinical Research Center for Geriatric Diseases, Chinese PLA General Hospital; Medical Big Data Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

Abstract: **Objective** To analyze the differences between the recognition abilities of compound vowels, initial consonants, and lexical tones for cochlear implants (CI) patients, and to compare the effects of unilateral or bilateral implantation as well as the implantation time on monosyllable recognition. **Methods** A total of 63 patients with unilateral and bilateral CI were recruited, including 35 males and 28 females with an average age of 23.45±16.30 and implantation duration of 2.81±2.41 years. All the patients were tested with Chinese Mandarin monosyllable recognition materials. Vowels, consonants, tones and overall recognition scores each patient were recorded. **Results** The recognition scores vowel, consonant, and monosyllable for CI patients were lower than that of lexical tone and the differences were statistically significant ($P=0.000\ 3$; $P=0.000\ 3$; $P=0.030\ 3$). For CI patients with total recognition score of more than 50% in

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFC2005200);国家老年疾病临床医学研究中心开放课题(NCRCG-PLAGH-2019007);解放军总医院医疗大数据研发项目(2018MBD-015);军事医学创新工程和青年培育项目(16QNP133);国家自然科学基金重大国际合作项目(81820108009);国家自然科学基金面上项目(81670940,81770991)。
第一作者简介:陈艾婷,女,硕士,主管技师;李楠,女,硕士,助理研究员。陈艾婷与李楠对本文有同等贡献,为并列第一作者。
通信作者:冀飞,Email: argfei301@163.com

monosyllable recognition test, the recognition score of tone was significantly higher than those of other components (all $P < 0.005$). For those patients with recognition score of less than 50%, results of consonant and vowel were lower than that of tone, but significant difference was only observed between consonant and tone ($P = 0.0189$). There was no significant difference in tone recognition score of patients with unilateral and bilateral CI. The correlation between implantation time and monosyllable recognition was weak. **Conclusions** The recognition of lexical tones for CI patients is better than that of monosyllable, initial consonants and compound vowels, the tone recognition score will maintain a relatively high level in a period of time after implantation. Implantation side and time produce a little effect on tone recognition.

Keywords: Cochlear implants; Tone recognition; Monosyllable recognition; Speech perception; Speech recognition

人工耳蜗 (cochlear implants, CI) 植入是目前帮助重度或极重度感音神经性聋患者恢复听力最为有效的方式,其原理是通过声电转换的方式直接刺激听神经,将声信号携带的主要言语信息通过听神经传递到听觉中枢,从而产生听觉。患者的言语能力是衡量术后效果的重要指标。对于使用汉语普通话等声调语言的患者,CI 植入后对阴、阳、上、去四声的识别能力,是评价术后言语识别效果的指标^[1-2]。临床上有一些专门测试汉语声调识别的工具,如噪声下声调识别测试材料 (tone identification in noise test, TINT)^[3] 等。为测试 CI 植入者实际言语中的声调识别能力,也可以通过单音节、双音节等测试工具,分析其中声调的识别情况。单音节识别是临床一项重要且易于操作实施的言语测试评估手段,除了整体单音节识别得分,通过分析测试患者对单音节字中声母、韵母及声调的识别能力,也可反映术后言语识别相关能力的恢复效果。本研究旨在运用汉语普通话单音节识别测试,对 CI 植入患者的声母、韵母和声调的识别能力特征进行分析总结。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究共纳入 63 例 CI 植入患者,其中男 35 例,女 28 例;年龄 4 ~ 70 岁,平均年龄 (23.45 ± 16.30) 岁,植入年龄 (19.35 ± 16.38) 岁。其中语前聋 33 例,语后聋 30 例;单侧植入 56 例,双侧植入 7 例。平均佩戴 CI 时长 (2.81 ± 2.41) 年。患者听力下降的病因包括:大前庭水管综合征 (LVAS) 20 例,内耳畸形 7 例,听神经病 4 例,中耳炎及手术导致听力下降 3 例,突聋 2 例, GJB2 基因突变 2 例,脑膜炎后 2 例,腮腺炎后 1 例,听神经瘤手术术后 1 例,急性脑炎后 1 例,药物性聋 1 例,以及其他病因不明 19 例。纳入标准为:①2019—2020 年在本院听觉植入中心接受检查的单或双侧 CI 植入患者;②无认知障碍;③患者佩戴 CI 一侧的助听听阈落在正常言语谱内;

④日常交流语言为汉语普通话;⑤能配合完成全部听力和言语识别测试。

1.2 测试材料

采用《心爱飞扬》测试材料中的单音节识别字表进行言语识别测试。该材料共包含 22 个等价的单音节字表,每字表含有 25 个单音节汉字,测试顺序随机化处理,其信度和效度已经过临床验证^[4]。

1.3 测试流程

测试在符合国家标准 GB/T 16296.2—2016 规定的声场测听隔声屏蔽室内进行,所有测试均使用扬声器给声。测试时,患者面向扬声器静坐 (入射角度为 0°), 与其距离为 1 m, 头部保持正直, 双耳与扬声器中心点保持在同一水平高度。每次测试前对设备进行校准以确保结果准确无误。根据 GB/T 16296.3—2017^[5] 规定,本材料的言语识别基准曲线 (零级曲线) 是由足够量的耳科正常人 (各频率阈值 ≤ 10 dB) 进行测试得到的 50% 左右言语识别率时所需的言语级。为开展针对 CI 患者的言语识别测试,保证给声强度落在患者听觉舒适范围内,本研究采用的词表给声强度为 60 dBHL (言语听力级)。

正式测试开始前首先进行练习熟悉测试。给患者随机播放材料内附带的练习用单音节字表,同时进行解释说明,使其了解测试流程,避免因为不熟悉测试影响结果准确性,正式测试时更换为测试用字表。测试开始后,系统逐字播放材料,每个字之间有 4 s 间隔让患者复述扬声器发出的单音节字。每个单音节字测试项可作为一个整体进行计分,同时也可以分解为声母、韵母、声调 3 个音位分别判断正误。最终结果用百分数统计,具体计算方式为:

$$\text{单音节识别率} = \frac{\text{单音节正确数}}{\text{总字数}} \times 100\% ;$$

$$\text{声母识别率} = \frac{\text{声母正确数}}{\text{总字数}} \times 100\% ;$$

$$\text{韵母识别率} = \frac{\text{韵母正确数}}{\text{总字数}} \times 100\% ;$$

$$\text{声调识别率} = \frac{\text{声调正确数}}{\text{总字数}} \times 100\% .$$

在本研究中,测试人员按单音节、声母、韵母、声调分别进行打分和统计。按照单音节字总体识别得分结果,分别分析得分高于 50% 和低于 50% 的 CI 植入者的声、韵、调识别情况。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 21.0 进行统计学分析,采用 Turkey 多重分析比较声调与声、韵母及单音节字整体识别率的关系,使用 Pearson 相关性分析比较单双侧 CI 以及植入时间对单音节和声调识别的影响, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 CI 植入患者单音节识别率情况

纳入本研究的 63 例 CI 患者,共获得术后不同时期测试的 70 个结果,平均汉语普通话单音节字识别得分为 $(73.41 \pm 18.85)\%$,其中得分不小于 50% 共 59 个 (84.3%) ,小于 50% 共 11 个 (15.7%) 。分别分析各音位的识别情况,CI 患者的声调识别得分可达 $(82.74 \pm 18.90)\%$,优于声母 $(68.74 \pm 20.15)\%$ 和韵母 $(68.74\% \pm 21.70)\%$ 。Turkey 多重比较分析结果显示,CI 患者的声调识别得分高于单音节字总体识别得分 $(P = 0.0303)$ 、声母识别得分 $(P = 0.0003)$ 和韵母识别得分 $(P = 0.0003)$ 。

仅对总识别率超过 50% 的结果(59 个)而言,Turkey 多重分析显示声调识别均优于声母 $(P < 0.0001)$ 、韵母 $(P < 0.0001)$ 、单音节字整体 $(P < 0.0016)$ 的识别得分,差异均具有统计学意义。而总体识别率小于 50% 的结果(11 个),虽然其声调识别较其他仍处于优势地位,但统计学结果显示仅与韵母识别之间具有显著统计学差异 $(P = 0.0189)$ 。见图 1,表 1。

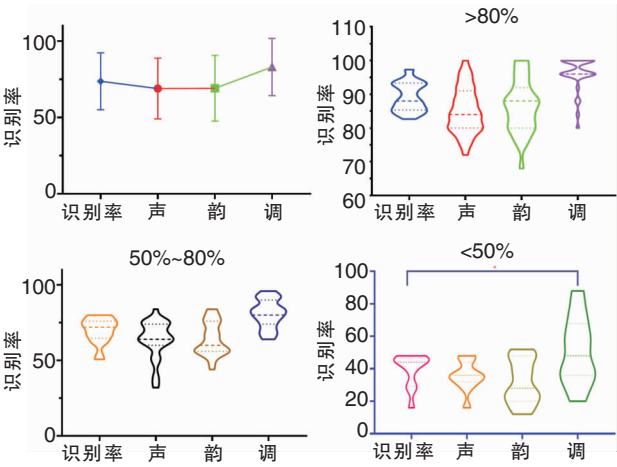


图1 单音节字的声母、韵母、声调和总体识别率得分情况

表1 声调与声母、韵母、单音节整体之间统计学结果

单音节 识别率	P		
	声调 vs 单音节字	声调 vs 声母	声调 vs 韵母
>80%	<0.0001 *	<0.0001 *	<0.0001 *
50% ~80%	0.0004 *	<0.0001 *	<0.0001 *
<50%	0.2727	0.0884	0.0189 *

注: * $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2.2 单、双侧 CI 患者单音节识别结果比较分析

本文对比了单双侧 CI 植入对声调识别率的影响,结果发现双侧 CI 患者对声调的平均识别率达到 $(77.33 \pm 12.95)\%$,单侧植入患者为 $(71.48 \pm 15.74)\%$,但统计学结果显示单双侧 CI 患者声调识别率无显著性差异 $(P > 0.05)$ 。见图 2。

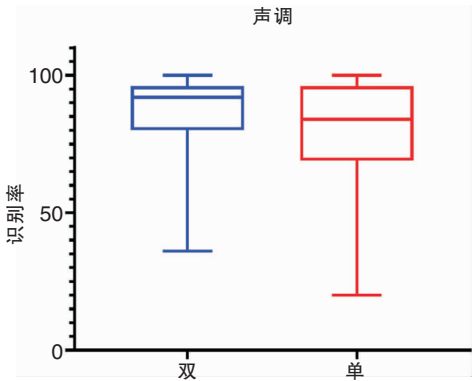


图2 单双侧 CI 患者声调识别率比较

2.3 不同植入时间对单音节识别的影响

研究结果显示患者佩戴 CI 的时长与单音节和韵母识别率具有弱相关性,而与声母和声调之间无明显相关性,见表 2。

3 讨论

汉语普通话是一种声调语言,其声调具有区别语意的功能。与西方非声调语言不同,对声调的正确识别是汉语普通话言语理解的关键。基频 F_0 被认为是汉语声调中重要的特征成分之一,根据 F_0 变化轨迹之间的差异,汉语普通话声调分为阴平、阳平、上声和去声。汉语声调的特征包括音高、曲拱和音长,分别区别声调的高低、发音走向和持续时间,聆听者主要通过曲拱信息的变化感知声调差异,因此曲拱在声调的判断上起决定性作用^[6-7]。感音神经性聋是临床上一种常见的听力损失类型,主要是由于耳蜗、听神经或中枢功能减退而产生的听力下降。前期研究显示,伴随感音神经性聋患者听力下

表 2 使用 CI 时间与单音节、声母、韵母和声调识别率的相关性分析

相关性	使用 CI 时间(年) vs. 单音节识别率	使用 CI 时间(年) vs. 声母识别率	使用 CI 时间(年) vs. 韵母识别率	使用 CI 时间(年) vs. 声调识别率
Pearson 相关性系数	0.2049	0.1623	0.2462	0.1574
P	0.0888	0.1795	0.0399	0.1932

降,其识别声调的能力也在逐渐衰退,原因与耳蜗精细结构的破坏有关^[8-9]。对于听神经病患者而言,有文献报道其单音节和声调的识别率均低于感音神经性聋患者,这可能是由于听神经受累或放电同步性变差导致^[10]。

从声学角度看,根据波形的幅值和相位,言语信号可以分为时域包络信息和精细结构信息,这两种成分在言语感知方面起关键作用^[9]。2003 年,Xu 等^[11]使用“声嵌合”技术发现单音节字 90% 以上的声调识别和精细结构息息相关。除此之外,有研究报道精细结构的破坏是感音神经性聋患者无法正确识别言语的主要原因之一,其中声调的感知由于 F₀ 的不完整而对应下降,患者会逐渐使用时域包络信息进行辅助识别,来弥补声调感知因素的缺失^[8, 10, 12]。

CI 植入是目前为止对重度和极重度感音神经性聋患者恢复听力成效最好的方式,其最终目的是防止因患者听力问题导致的言语能力下降或缺失从而 影响生活质量,因此术后言语效果评估极为重要。对于声调语言来说,识别音节的声调与识别其元音的重要性基本等价^[13]。本研究主要针对 CI 患者单音节声、韵、调的识别能力进行对比分析,结果发现 CI 植入患者的平均声调识别率为 83.06%,明显高于声母和韵母识别率(68.94%、69.11%),说明 CI 患者的声调识别效果较单音节其他成分更具有优势,耳蜗功能受损对音位的影响要远大于声调。有研究显示 CI 植入者的声调感知能力并不理想,结果与本文结果有所不同,可能是使用的材料不同导致^[14]。

Schatzer 等^[15]发现患者使用 CI 获得听力后,可能在不断康复训练的过程中重新习得使用精细结构信息识别声调的能力,这可能解释了本研究中当听力得到一定程度的恢复时,声调的识别率会趋于准确的现象,但是这种改善较为缓慢^[16]。另一种心理学研究理论也相对印证和解释了本文结果,人脑的记忆模式能够帮助其感知声调特性,将接收到的声调信息与脑内存储的声调记忆进行比对,选择最为接近的一种并做出判断^[17]。本研究的患者语后聋患者 30 例,以及多名语前聋患者(如大前庭水管综合征)植入前通过助听器已有部分言语发育,他们

的声调记忆模式的特点和能力已经具备或初步习得,因此当此类患者重获听力时,能够对声调做出较为准确的判断。

本研究显示单侧和双侧 CI 植入者的声调识别能力不具有显著性统计学差异,说明双耳听觉对单音节的声调感知可能不具备特殊意义和效果。大量前期研究表明,伴随佩戴时间的延长和科学有效的康复训练,会使患者的言语识别能力有大幅度提高^[18-20],因此考虑到开机时长可能是一个影响结果的重要因素,本研究将 CI 使用时间与单音节识别比较分析,结果显示相关性并不强,造成此结果的原因可能是:①单音节的声调感知相较语句简单;②本研究所有患者佩戴 CI 的平均时长较长,对声调的平均识别能力已经达到较高的水平。若能得到更多的横断面数据,例如 CI 开机后 1、3、6、12 个月的单音节声韵调识别率数据,研究二者的相关性可能更有说服力。

CI 对声调语言的编码策略需被进一步重视,尤其对于没有接触过声调信息刺激的语前聋患者,有针对性的言语编码策略能够有效的加强捕捉言语信号中各类信息的能力,从而减轻患者言语理解的 压力。这不仅对于使用声调语言的 CI 患者有重要意义,同时对 CI 患者的音乐感知能力也有改善的意义。

参考文献:

[1] Chen F, Wong LLN, Hu Y. Effects of lexical tone contour on mandarin sentence intelligibility[J]. J Speech Lang Hear Res, 2014, 57(1): 338–345.

[2] 张家騄,齐士铃,宋美珍,等. 汉语声调在言语可懂度中的重要作用[J]. 声学学报, 1981, (4):237–241.

[3] 亓贝尔,Andreas Krenmayr,董瑞娟,等. 听力正常人噪声下汉语普通话声调识别成绩-强度函数的研究[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2016, 23(1): 4–7.

[4] 冀飞,郝昕,陈艾婷,等. 汉语普通话单音节测听字表的等价性研究[J]. 中华耳科学杂志, 2008,6 (1): 17–20.

[5] GB/T 16296.3—2017 声学测听方法 第 3 部分:言语测听[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2017.

[6] 亓贝尔,刘鹏,傅新星,等. 听力正常人汉语普通话声调知觉

特征研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2016,30(19): 1507-1511.

[7] 于秒, 丁潼飞. 汉语词汇识别的声调时长效应[J]. 心理与行为研究, 2019, 17(1): 26-32.

[8] Wang S, Xu L, Mannell R. Relative contributions of temporal envelope and fine structure cues to lexical tone recognition in hearing-impaired listeners[J]. J Assoc Res Otolaryngol, 2011, 12(6):783.

[9] 王硕. 感音神经性听力损失对患者使用时域包络与精细结构信息感知言语的影响[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2013, 48(2): 171-174.

[10] 冀飞, 陈艾婷, 赵阳, 等. 听神经病患者普通话单音节识别错误模式分析[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2010, 45(4): 277-281.

[11] Xu L, Pfingst BE. Relative importance of temporal envelope and fine structure in lexical-tone perception[J]. J Acoust Soc Am, 2003, 114 (6 Pt 1): 3024-3027.

[12] Kuo YC, Rosen S, Faulkner A. Acoustic cues to tonal contrast sin Mandarin: implications for cochlear implants[J]. J Acoust Soc Am, 2008, 123(5): 2815.

[13] Surendran D, Levow GA. The functional load of tone in mandarin is as high as that of vowels[C]. International Conference on Speech Prosody, 2004, 99-102.

[14] 杨丽萍, 卢岭, 刘莉, 等. 人工耳蜗使用者汉语声调感知与音乐感知相关性研究[J]. 中华耳科学杂志, 2019, 17(6): 905-909.

[15] Schatzer R, Krenmayr A, Au DK, et al. Temporal fine structure in cochlear implants: preliminary speech perception results in Cantonese-speaking implant users[J]. Acta Otolaryngol, 2010, 130(9): 1031-1039.

[16] 亓贝尔, 古鑫, 董瑞娟, 等. 言语编码策略升级对成年人工耳蜗使用者听觉效果影响的研究[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2017, 24(10): 519-524.

[17] Schulze K, Tillmann B. Working memory for pitch, timbre, and words[J]. Memory, 2013, 21(3): 377-395.

[18] 周丽君, 翟磊, 陈滨, 等. 语前聋儿童人工耳蜗植入术后听觉言语识别能力发展水平评估[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2011, 19(2): 165-167.

[19] Zheng Y, Soli SD, Tao Y, et al. Early prelingual auditory development and speech perception at 1-year follow-up in Mandarin-speaking children after cochlear implantation[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2011, 75(11):1418-1426.

[20] Daniel M, Zeitler. Cochlear implantation in prelingually deafened adolescents[J]. Arch Pediatr Adolesc Med, 2012, 166(1): 35-41.

(收稿日期:2020-10-27)

本文引用格式:陈艾婷,李楠,王倩,等. 人工耳蜗植入患者术后汉语声韵调识别能力临床分析[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2020, 26(6): 615-619. DOI:10. 11798/j. issn. 1007-1520. 202006003

Cite this article as:CHEN Aiting, LI Nan, WANG Qian, et al. Clinical analysis of Chinese Mandarin tone recognition capability in patients with cochlear implantation[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2020, 26(6): 615-619. DOI:10. 11798/j. issn. 1007-1520. 202006003