

语前聋儿童人工耳蜗植入患者的电极极间辨差阈与声调识别的初步研究

魏朝刚 曹克利 陈晓巍 金昕 郑振宇 曾凡钢

【摘要】目的 通过测试语前聋儿童植入电极极间辨别能力,观测汉语声调识别结果,以了解电极极间辨差阈与汉语普通话声调辨别结果的关系,使言语处理方案和电听觉图更加合理和个性化。方法 14 例语前聋儿童,Nucleus 24M 型(22 通道)人工耳蜗植入者参加本次测试。声调识别材料共 25 组,采用封闭项测试法进行测试,每组包括声母韵母相同、声调不同的 4 个汉字。选择 7 个电极与相近电极进行音高比较辨别测试,正确辨别出差异的最相近电极对为电极极间辨差阈。结果声调正确识别率为 $(62.8 \pm 14.7)\%$ ($\bar{x} \pm s$,下同),识别率最低为 35%,最高为 99%,全部高于机会水平。电极极间辨差阈为 3.4 ± 0.9 。E 14 和 E 17 电极的阈值最小,其次是 E 10 和 E 20,与其它电极差异有显著性。不同受试者的电极极间辨差阈差异也存在显著性。结论 人工耳蜗使用者的声调识别能力与电极极间辨别能力,有负相关趋势,但未见统计学上显著性差异,同时存在个体差异,有待进一步研究。

【关键词】 耳蜗植入; 电刺激; 电极; 语言学

Tone recognition and electrode discrimination in prelingually deafened cochlear implant listeners
WEI Chaogang*, CAO Keli, CHEN Xiaowei, JIN Xin, ZHENG Zhenyu, ZENG Fangang.
Cochlear Implant Center, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

Corresponding author: WEI Chaogang, Email: weicg@yeah.net

【Abstract】 Objective To investigate tone recognition and electrode discrimination in prelingually deafened children with the Nucleus device, and to develop guidelines for customized mapping in the implant users. **Methods** Fourteen prelingually deafened children with cochlear implants participated in this study. Tone recognition was measured with a four-alternative, forced choice procedure from 25 consonant-vowel syllables, each of which had four tonal variations. Electrode discrimination was measured using a same-difference procedure on 7 pairs of electrodes covering the entire electrode array. **Results** Tone recognition ranged from 35% to 99% correct with a mean of 62.8% and standard deviation of 14.7% in these users. Electrode discrimination had the mean threshold of 3.4 ± 0.9 , with the best performance from the middle electrodes (E 14 and E 17) at 2.6 and the followed performance at the most apical electrode (E 20). **Conclusion** The results showed significant individual differences from both tone recognition and electrode discrimination, but there is significant correlation between them.

【Key words】 Cochlear implantation; Electric stimulation; Electrodes; Phonetics

人工耳蜗目前在国内已得到较广泛的应用,而且绝大多数为语前聋儿童。在这些儿童中,言语识别能力的进步速度和识别水平差异很大,其中也包括对声调的识别。如何解释具有如此大差别的原因,是目前人工耳蜗

临床应用中所面临的一大难题。汉语是声调语言,声调具有表达词义的作用,相同声韵母组成的音节由于声调不同表达的字词和词义也不同。因此研究语前聋儿童的声调识别能力,对于了解儿童人工耳蜗植入者的汉语言语识别特点和发展规律具有重要意义。

本研究希望通过测试语前聋儿童对其植入电极极间辨别能力,观测四声声调识别结果,以了解电极极间辨别能力与汉语普通话声调辨别结果的关系和影响,为人工耳蜗在语前聋儿童的应用以及言语处理方案的设定积累经验。

作者单位:100730 北京,中国医学科学院中国协和医科大学北京协和医院人工耳蜗中心(魏朝刚、曹克利、陈晓巍、金昕、郑振宇); Hearing and Speech Research Laboratory, University of California, Irvine, CA 92697 USA(曾凡钢)

通信作者:魏朝刚,Email:weicg@yeah.net

材料与amp;方法

一、受试者

选取在我院行多道人工耳蜗植入的语前聋儿童 14 例参加本次测试。其中男 6 例,女 8 例,年龄最大 14 岁,最小 7 岁,平均年龄 10.2 岁。人工耳蜗植入时平均年龄 9.8 岁,装置使用时间最短 4 个月,最长 40 个月,平均 11.2 个月。使用的装置均为澳大利亚 Cochlear 公司生产的 CI24M 多道人工耳蜗,言语处理器为 Sprint,言语编码策略 ACE (advanced combination encoders),电刺激模式 MP1 + 2。

二、电极极间辨别

将受试者的体外言语处理器通过 Nucleus 公司的 PPS 接口设备与计算机相连。选中电极 E 20、E 17、E 14、E 10、E 7、E 4 和 E 1 作为测试基准电极,分别与其他电极组成电极极间辨别测试对,如 E 20 和 E 15, E 20 和 E 18 等。E 22 为蜗尖电极, E 1 为蜗底电极。每对测试电极对中刺激电极出现顺序为随机,刺激强度为 T-C 值动态范围 90 % 时所对应的量值。

三、言语测试材料

声调识别测试材料为自编声调测试字表,选用汉语 38 个韵母中的 25 个韵母编制成 25 组 4 声调测试用字表。每组由声母韵母相同、声调不同的 4 个汉字组成,25 组共计 100 个测试汉字。未收录的韵母主要是由于: 与声母组成的音节 4 声不全; 3 个(i, er, ê 使用率很低的特殊韵母; 部分辨认难度较大的后鼻音韵母。测试时选读每组中的 1 个汉字,每组 4 个备选答案(阴平、阳平、上声和去声 4 个声调)中仅有 1 个正确,100 个测试汉字以随机顺序出现。答案选择的机会水平为 25 %。语音材料由男声普通话发音,声音文件经数字化采集后存贮于光盘中。

四、测试方法

1. 电极极间辨别测试:应用 Nucleus 公司的专用 Mapping 软件 Nucleus R126 (V1.3) 进行电极极间辨别测试,一般于重新调机后的第 3 天实施本测试。在该软件中,以上述的电极极间辨别测试对,随机给予刺激,令受试者辨别两个电刺激的音调高低。当刺激蜗底方向电极时受试者感受为高音调,刺激蜗尖方向电极时感受为低音调。受试者的判断与此相一致时记为正确,不相一致或称两个电极刺激的音调无差别时记为错误。每个辨别测试对重复 20 次。当正确辨别率 70 % 时,判断能区别刺激是源

于两个电极。能正确判别是 2 个电极的最相邻的电极对,即为电极极间辨别阈值。

2. 言语测试:测试在安静实验室中进行。将汉语声调测试材料制作成专用测试软件,由计算机运行。语音通过 Creative SB Live 声卡播放,两音箱放音。两音箱与受试者头部分别成 45° 角,与头部距离 1 m。音量调至舒适响度,以受试者自述清晰无失真为准。语音测试材料朗读一次,同时计算机屏幕上出现四个备选答案,用鼠标点击选取其中一个作为识别结果。选取完成后播放下一个测试语音,直至全部 100 个测试汉字完成。计算机自动记录测试结果,计算正确识别率并盘贮存。

为了解测试儿童是否具有参与测试所必须的理解和认知能力,每例受试儿童测试前,均进行了音高辨别测试,同时从 100 个测试字库中任意选取 20 个汉字让受试患儿辨认。全部受试患儿均能独立完成测试,完全具备参与测试的能力。测试前给予指导及短暂练习,理解和熟悉方法后进行正式测试。每个受试者分 2~3 次完成全部测试,每次测试不超过 3 h,中间经常辅以休息或玩耍,以保证小儿能积极合作。测试过程中提供结果反馈并鼓励小儿猜测。

结 果

电极极间辨别测试:全组 14 例受试者,电极极间辨别阈值最小为 1,最大为 7。1 表示受试者能辨别出两个相邻电极刺激时的音调差异,7 表示受试者能辨别出与之相距 7 个电极的音调差异。受试者各基准测试电极极间辨别阈值($\bar{x} \pm s$)分别是 E1 为 4.0 ± 1.0 , E4 为 4.1 ± 0.9 , E7 为 3.9 ± 1.3 , E10 为 3.7 ± 1.6 , E14 为 2.5 ± 1.1 , E17 为 2.6 ± 1.1 , E20 为 3.2 ± 1.1 。

各电极平均极间辨别阈值为 3.4,可以看出 E14 和 E17 的辨别阈值最小,其次是 E10 和 E20 (图 1),阈值为 1 的均于此区间内。若将 E14 和 E17 合

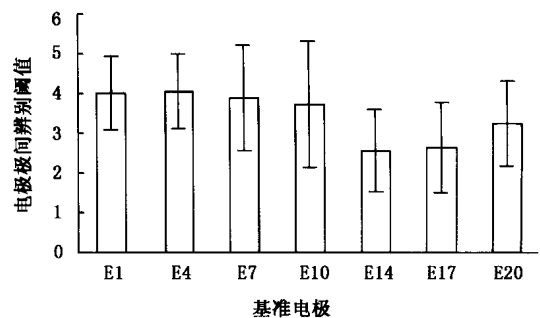


图 1 各受试者不同电极极间的辨别阈值

并作为 1 组,其他基准电极合并作为另 1 组,经方差分析检验,2 组之间差异有极显著性($t = 4.267, P < 0.01$)。不同受试者其电极极间辨别阈值也存在差异。受试者 P2、P3、P7 和 P8 的辨别阈值最小,同时他们在 E14、E17 电极的辨别阈值也最小,P2(女,9.5 岁,植入时年龄为 9 岁,使用时间为 9 个月)的辨别阈值($\bar{x} \pm s$,下同)为 2.2 ± 1.0 ,P3(男,9 岁,植入时年龄为 8 岁,使用时间为 10 个月)为 2.7 ± 1.0 ,P7(女,15 岁,植入时年龄为 14.5 岁,使用时间为 6 个月)为 2.0 ± 0.5 ,P8(男,13 岁,植入时年龄为 12.5 岁,使用时间为 7 个月)为 2.2 ± 1.1 。经方差分析检验,P7 和 P8 与其他受试者间差异多有显著性($t = 3.809, P < 0.01$)。其他受试者间差异没有显著性($t = 2.274, P = 0.063$) (图 2)。

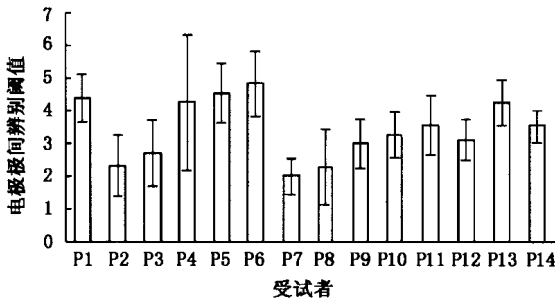


图 2 不同受试者的电极极间辨别阈值

在声调辨别测试中,全组受试者的声调辨别正确率($\bar{x} \pm s$)为 $(62.8 \pm 14.7)\%$ 。识别率最低为 35%,最高为 99%。全部高于机会水平,均从人工耳蜗中获得收益(图 3)。

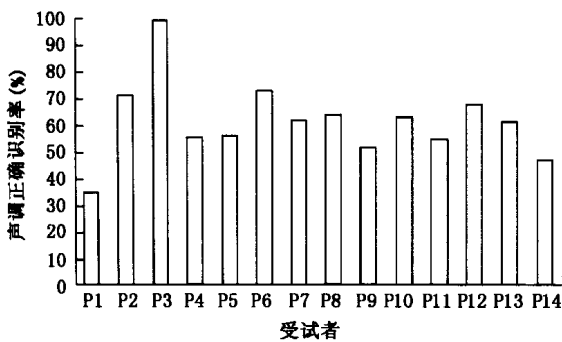


图 3 受试者声调正确识别率

声调识别率最高的 P2 和 P3,其电极极间辨别阈值也小,特别是 E14 和 E17。电极极间辨别阈值较好的 P7 和 P8,其声调识别率也在平均水平之上。

根据各受试者的阈值和正确识别率的结果,进行直线回归和相关分析,相关系数 $r = -0.36431$,

$P = 0.212$ 。发现两者间存在负相关趋势,但未见统计学意义(图 4)。

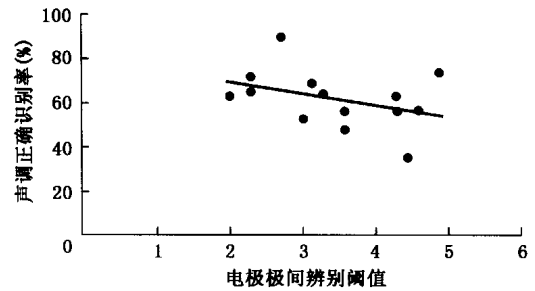


图 4 电极极间辨别阈值与声调识别间关系

讨 论

运用多电极和(或)多通道来刺激听神经的多道人工耳蜗,是人工耳蜗应用中的一个重大进步。多通道电极阵模拟了正常耳蜗声音频率的感受方式,电刺激从蜗尖电极向蜗底电极方向过渡时,则受试者的音调感受也从低频逐步向高频过渡,这样就使言语处理器能为植入者提供丰富的空间和频率信息。对电刺激的辨别能力,包括分辨电刺激的强度、时长、刺激率、刺激部位及变化趋势,可能就决定了植入者的言语识别能力和人工耳蜗使用效果。因此基于这个认识,我们完成了电刺激率与声调识别的研究,而本组主要是探讨电极极间辨别与声调识别的关系。

Nucleus 公司生产的 24M 多道人工耳蜗,当 22 个蜗内电极以 MP1+2 的电极模式并全部工作组成 22 个电刺激通道时,则使用厂家默认的一个频率通道分配表。也就是说按该频率分配表,语言处理器在对语音进行处理后,是将相应的电刺激信号传送至相关电极来刺激听神经。每一电极的频段宽度并不相等,从蜗尖电极到蜗底电极的频段宽度逐步加大。因此研究单一频段或电极对声调识别的作用具有重要意义。

Busby 等^[1]曾进行过电极极间辨别阈值的研究。他们的结果表明,植入电极阵的顶部和中部其电极极间辨别阈值约 1~2,即相邻电极或相隔一个电极时就能分辨为是 2 个电极的刺激,而本组受试者的平均阈值为 3.4, Busby 等的结果明显优于本组结果。这可能与试验方法不尽相同有关。本组测试时,不仅要辨别是两个刺激音,还要正确辨别出哪一个音调高或低才记为正确辨别,因此辨别难度相对较大。Busby 等认为,绝大多数早期耳聋的受试者具有成功辨别刺激电极位置的能力,这种能力与听

力损失的时间长短、植入时的年龄有关,本组实验结果与此相类似。Dawson 等^[2]对儿童也进行了类似实验。他们发现当耳蜗顶部电极的极间辨别能力差时,其封闭项列的言语识别得分低。而 Henry 等^[3]则进一步报告,开放项列音素识别得分与中、低频段电极的辨别能力密切相关,中低频的范围是指 170 ~ 2680 Hz。

电刺激所诱发的音调和音色感知是耳蜗植入者在识别语音和其他声音信号时的重要所在^[4]。本组也曾进行过人工耳蜗使用者电刺激速率辨别与声调识别关系的研究^[5],结果表明电刺激率的辨别能力与声调识别之间具有相关性,电刺激率辨别阈值越小声调正确识别率表现则越高,而且与 100 次/s 和 200 次/s 刺激率关系最为密切。

在本次试验中,呈现出电极极间辨别能力与声调识别两者间呈负相关趋势,但未见统计学意义。可能与本组受试者使用人工耳蜗时间长短不一,获益程度大小不等有关。部分受试者使用时间短,所以电极极间辨别阈值和声调识别结果受到一些偶然因素影响,例如精神状态、情绪、合作程度等。

基频和第一共振峰的频带范围大约位于电极 E20 ~ E12 左右。因此在此电极区间的极间辨别能力阈值小,说明其对电刺激有较精细的辨别能力,能分辨出是相邻或相近电极的刺激信号,对基频和第一共振峰附近频率的信号分辨和感知良好,能充分利用语音信号中的空间信息。这就可以解释本组受试者电极的极间辨别能力好特别是 E20 ~ E14 区间则声调正确识别率得分高。Henry 等^[6]1997 年的研究表明,言语识别与蜗内电极阵中的顶端和中段

电极的辨别能力有关,而不是与底部电极的辨别力有关,这与我们的发现也是相一致的。

Turner 等^[7]认为对于识别和理解语言,人工耳蜗使用者的不同频率段信号可能发挥的作用不一样。假若我们能知道哪些电极重要的话,那么设计言语处理方案时,可能就会将语音信号向这些重要而且分辨能力强的电极集中,限制那些不重要或者分辨能力差的电极,使人工耳蜗装置暨言语处理方案更加个性化,最大限度发挥作用,这也是本项研究的初衷。

参 考 文 献

- 1 Busby PA, Clark GM. Electrode discrimination by early-deafened subjects using the cochlear limited multiple-electrode cochlear implant. *Ear Hear*, 2000, 21:291-303.
- 2 Dawson PW, McKay CM, Busby PA, et al. Electrode discrimination and speech perception in young children using cochlear implants. *Ear Hear*, 2000, 21:597-607.
- 3 Henry BA, McKay CM, McDermott HJ, et al. The relationship between speech perception and electrode discrimination in cochlear implantees. *J Acoust Soc Am*, 2000, 108:1269-1280.
- 4 Dorman MF, Smith LM, Smith M, et al. Frequency discrimination and speech recognition by patients who use the Ineraid and continuous interleaved sampling cochlear-implant signal processors. *J Acoust Soc Am*, 1996, 99:1174-1184.
- 5 魏朝刚,曹克利,王直中,等. 多通道人工耳蜗使用者电刺激率辨别与声调识别的关系. *中华耳鼻咽喉科杂志*, 1999, 34:84-88.
- 6 Henry BA, McKay CM, McDermott HJ, et al. The relationship between speech perception and electrode discrimination in cochlear implantees. *J Acoust Soc Am*, 2000, 108:1269-1280.
- 7 Turner CW, Kwon BJ, Tanaka C, et al. Frequency-weighting functions for broadband speech as estimated by a correlational method. *J Acoust Soc Am*, 1998, 104:1580-1585.

(收稿日期:2003-08-04)

(本文编辑:姬广茜)

学术动态

第二届中国西部耳鼻咽喉-头颈外科学术会议通知

由中华医学会广西分会和广西医科大学第一附属医院主办的第二届中国西部耳鼻咽喉-头颈外科学术会议定于 2004 年 6 月 15 ~ 18 日在广西滨海城市北海市举行,届时邀请国内、外著名专家做专题学术报告,同期举办耳鼻咽喉-头颈外科医疗器械展。欢迎耳鼻咽喉-头颈外科医、护、技人员和相关企业参加会议。会议授予国家级继续医学教育学分 10 分。凡未在刊物上公开发表的论文均可投稿,需提供论文全文及 800 字左右的摘要各 1 份(附论文及摘要软盘)。来稿请寄广西南宁市滨湖路 6 号广西医科大学第一附属医院教务部汤春园女士收,论文截稿时间 2004 年 3 月 30 日。邮编 530021,咨询电话 0771-5356585。