

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2024.04.014

学龄前健听儿童和人工耳蜗植入儿童 声调识别对比研究

Tone Recognition between Preschool Children with Normal Hearing and Children with Cochlear
Implant in Different Testing Conditions

孟超 郭倩倩 吕静 亓贝尔 陈雪清

MENG Chao, GUO Qian-qian, LV Jing, QI Bei-er, CHEN Xue-qing

【摘要】目的 探索安静、不同信噪比的言语谱噪声和二人谈话噪声条件下学龄前健听儿童和人工耳蜗植入儿童声调识别情况。**方法** 选取50例36~77个月的学龄前儿童,分为健听组27例和人工耳蜗植入组23例。健听组男13例,女14例,年龄 54.98 ± 9.62 个月;人工耳蜗植入组男13例,女10例,年龄 55.83 ± 12.96 个月。采用美国俄亥俄州立大学听力言语研究中心开发的声调测试软件在标准隔声室进行测试,获得安静、不同信噪比下的言语谱噪声和二人谈话噪声下的声调识别测试成绩,信噪比为12~-6 dB,以6 dB为一个步距。**结果** 同一测试条件下,噪声及安静环境下,健听组儿童声调识别得分均显著高于人工耳蜗植入组($P < 0.05$)。健听儿童言语噪声条件下声调识别得分较二人谈话噪声条件高,且各信噪比条件下差别均具有统计学意义($P < 0.05$)。人工耳蜗植入组儿童在SNR=0的条件下言语谱噪声和二人谈话噪声得分差异有统计学意义($P < 0.05$),其余信噪比条件下无统计学差异($P < 0.05$)。**结论** 安静、不同信噪比的言语谱噪声和二人谈话噪声条件下,学龄前健听儿童声调识别均好于人工耳蜗植入术后儿童。噪声类型对于健听儿童和人工耳蜗植入儿童的声调识别存在影响,二人谈话噪声影响更显著。

【关键词】 声调识别;噪声;人工耳蜗植入;健听儿童**【中图分类号】** R764.43**【文献标识码】** A**【文章编号】** 1672-4933(2024)04-0393-04

【Abstract】Objective To explore the tone recognition of preschool children with normal hearing and children with cochlear implant under different testing conditions. **Methods** 50 preschool children participated in this study. They were divided into a normal hearing group and cochlear implant group based on whether their hearing was normal. Among them, there were 13 males and 14 females in the normal hearing group, with age of 54.98 ± 9.62 months, 13 males and 10 females in the cochlear implant group, with age of 55.83 ± 12.96 months. The test method was developed by the Ohio University. All subjects were tested for tone recognition in three test environments: quiet environment, speech spectrum noise (SSN) and two-talker babbles (TTB), the signal-to-noise ratio under the two noise environments were -6dB, 0 dB, +6 dB and +12dB. **Results** Under the same test conditions, the tone recognition scores of children in the normal hearing group were higher than those in the cochlear implant group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). In the normal hearing group, tone recognition scores were higher in SSN compared with TTB and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). In the cochlear implant group, only under the condition of SNR=0 for SSN and TTB had statistically significant difference ($P < 0.05$). **Conclusion** Under different testing conditions, tone recognition in preschool children with normal hearing is better than that in cochlear implant children. The type of noise has an impact on tone recognition in children with normal hearing and cochlear implant children.

【Key words】 Tone recognition; Noise; Cochlear implant; Normal-hearing children

汉语作为一种声调语言,除声母、韵母等音素音位外,声调音位也是评价人工耳蜗植入术后患者听觉言语能力的重要指标。声调对词义和语义的理解有重要作用,且可以提高噪声环境下的言语识别率。因此,以汉语普通话为母语的人工耳蜗植入术后患儿的声调识别能力

成为评估其言语康复效果的重要指标之一^[1,2]。

声调的声学特征主要有基频、音高、音强和音长等,其中基频信息是声调识别的主要因素^[3,4];人工耳蜗植入患者声调识别主要取决于频域信息和时域信息的语音学特征^[5~7],目前,耳蜗刺激通道数的限制和细微结构等时

基金项目:首都卫生发展科研专项项目(首发2022-4-1093);首都卫生发展科研专项项目(首发2011-1017-01);北京市科技新星计划交叉合作课题(20220484211)

作者单位:首都医科大学附属北京同仁医院/北京市耳鼻咽喉科研究所/耳鼻咽喉头颈外科教育部重点实验室(首都医科大学) 北京100730

作者简介:孟超 硕士 主管技师;研究方向:临床听力学

通讯作者:陈雪清, E-mail: xueqingchen@ccmu.edu.cn

域信息的缺乏,使人工耳蜗植入术后患者声调识别能力较健听儿童存在差异。不同年龄段人工耳蜗植入儿童,低年龄段儿童声调识别高于高年龄段儿童,但都较健听儿童声调识别差^[8]。人工耳蜗植入患者声调识别较健听儿童差,特别是噪声环境下^[9]。魏兴梅等^[10]针对6岁以上的12例人工耳蜗植入术后儿童不同测试环境下声调识别情况研究显示,噪声环境和助听模式影响声调识别。此外,双模式助听优势需要有效的残余听力才能发挥作用^[11]。

目前,针对人工耳蜗植入术后患者的声调识别研究,测试条件主要是安静或稳态噪声环境(如言语噪声),然而,日常生活中的噪声除稳态噪声(如空调声)等,还包括较多的非稳态噪声(如谈话声)。4人谈话噪声(four-talker babbles)对人工耳蜗植入儿童言语识别的影响比言语噪声(speech spectrum noise, SSN)大^[12]。由于2人谈话噪声(two-talker babbles, TTB)的语音和语言信息可辨别,除了能量掩蔽外,还存在信息掩蔽,使得人工耳蜗植入儿童的言语识别更易受噪声影响^[13~15]。目前,有关非稳态噪声下的声调识别研究还较为缺乏,且受试者年龄跨度较大。本研究旨在探索安静、言语谱噪声和二人谈话噪声条件下学龄前健听儿童和人工耳蜗植入儿童声调识别情况,为助听后儿童康复效果评估体系的完善提供理论依据,也为开发适于声调语言的人工耳蜗编码策略提供科学依据。

1 对象及方法

1.1 研究对象

选取50例生理年龄36~77个月的学龄前儿童,其中健听组27例(男13例,女14例),生理年龄36.00~70.80个月,平均54.98±9.62个月。人工耳蜗植入组(CI组)23例(男13例,女10例),均为单侧人工耳蜗植入,生理年龄36.00~76.80个月,平均55.83±12.96个月;人工耳蜗使用时间为7.00~61.08个月,平均31.80±17.45个月,助听听阈33.10±5.21 dB HL。健听组入组标准为:(1)双耳均通过新生儿听力筛查;(2)双耳均通过高危因素表排查^[16];(3)双耳通过电耳镜外耳道检查;(4)双耳通过耳声发射听力筛查;(5)双耳通过声阻抗中耳功能筛查;(6)无耳聋相关病史;(7)无听力、言语及语言发育迟缓;(8)无医学、心理、精神、智力及发育障碍。CI组入组标准:(1)双耳重度、极重度感音神经聋,语前聋;(2)3岁内行人工耳蜗植入,开机时间大于6个月;(3)耳蜗结构正常或仅有前庭导水管扩大且电极全部植入;(4)双耳通过电耳镜外耳道检查;(5)双耳通过声阻抗中耳功能筛查;(6)听力、言语及语言发育与病史相当的人工耳蜗植入儿童相比无发育迟缓;(7)无其他医学、心理、精神、智力及发育障碍。儿童

及监护人均知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 测试材料 本研究选用的实验材料由美国俄亥俄州立大学听力言语中心徐立教授团队编制。每个测试项由2个元音和辅音相同而声调不同的测试词组成,并配以图片供儿童选择,测试机会值为50%。测试词为12个按照学龄前儿童认知和词汇量设定的单音节点词(见表1),考察儿童对一声和二声、一声和三声、一声和四声、二声和三声、二声和四声、三声和四声6种声调组合的识别能力。每次声调识别测试包含48个测试项:12组测试词(2个测试词/组×6个声调组合)×2次给声(男声一次,女生一次)×2次重复。

表1 测试词表

声调组合	测试词	拼音	测试词	拼音
一声和二声	窗	chuāng	床	chuáng
一声和三声	三	sān	伞	sǎn
一声和四声	猫	māo	帽	mào
二声和三声	鼻	bí	笔	bǐ
二声和四声	娃	wá	袜	wà
三声和四声	鼠	shǔ	树	shù

1.2.2 测试方法 测试在符合国家标准的隔声室内进行。扬声器与患者耳等高且成0°角,测试距离为1米,给声强度70 dB SPL。正式测试前,使用练习词表进行测试练习。正式测试时,分别在安静、SSN和TTB条件下进行声调识别测试,信噪比(signal-noise ratio, SNR)选择12~-6 dB,以6 dB为一个步距,每个儿童进行9组声调识别测试。为避免疲劳效应,9组测试条件测试顺序随机给出。儿童在1~2小时完成测试,视情况中间可休息5~10分钟,全部测试完毕,系统自动算分,得出不同测试条件下声调识别百分数。

1.3 统计方法

采用SPSS 19.0统计软件包对数据进行统计分析。对于符合正态性和方差齐性的数据采用独立样本 t 检验或配对 t 检验进行两组均数比较;不符合上述条件的数据选用Mann-Whitney U检验进行组间均数比较或Games-Howell检验进行多组均数两两比较分析。显著性检验标准为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 不同测试条件下两组儿童声调识别得分和组间对比

健听组和CI组儿童不同测试条件下声调识别得分和组间对比见表2。3种测试条件下,健听组声调识别得分均高于CI组儿童,且差异具有统计学意义($P<0.05$)。

表2 不同测试条件下健听组和CI组儿童声调识别得分[$\bar{x}\pm s$ (%)]

分组	安静环境	言语噪声				2人谈话噪声			
		12	6	0	-6	12	6	0	-6
健听组	97.38±3.20	98.92±1.57	97.37±2.98	96.61±3.52	86.54±5.38	97.58±2.69	94.68±3.71	90.74±5.58	72.19±8.93
CI组	89.36±4.93	84.18±12.27	80.16±11.56	75.94±11.36	58.14±12.74	83.33±9.49	77.64±11.27	65.66±9.62	55.41±9.29
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

* $P<0.05$

2.2 不同测试条件下两组儿童声调识别得分组内对比

不同测试条件下健听组和CI组儿童声调识别得分均值变化趋势见图1。健听组儿童相同信噪比条件下的SSN声调识别得分高于TTB条件下,且得分差异均具有统计学意义($P<0.05$)。CI组除SNR=0时SSN和TTB条件下声调识别得分的差异有统计学意义($P<0.05$),其余各信噪比条件下,两种测试环境声调识别得分均无统计学差异。相同测试条件,不同信噪比条件下两组儿童声调识别得分两两对比情况见表3、4。

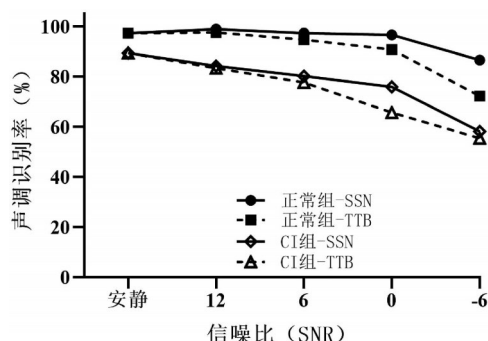


图1 不同测试条件下正常组和CI组儿童声调识别得分均值变化趋势

3 讨论

3.1 不同测试条件下两组儿童声调识别得分和组间对比
表2显示,不论安静还是噪声条件下,健听组儿童声

调识别得分均较CI组高,且差别具有统计学意义($P<0.05$)。与Mao^[9]和Zhu^[17]等研究结果一致。由于声调具有基频和音长、音高、音强等信息,使得声调的信息冗余度大,所以健听儿童声调识别显示,声调具有很好的抗噪性。但是人工耳蜗植入者该能力较差^[18,19]。可能的原因是目前人工耳蜗编码策略提供的对于声调识别起重要作用的基频(F_0)和精细结构等信息有限,对感音神经性聋患者,可听的声音在受损的听觉系统产生畸变,且其频率辨别和时域精细结构能力也较健听人群退化^[20]。本研究两组受试者在听觉年龄上也存在一定差异,CI组儿童的声调识别能力可能随干预时间的延长逐渐提高,对两组受试者声调识别的差异性存在干扰。此外,本研究受试者为单侧CI,虽然部分患者对侧使用了助听器,但由于残余听力较差,而双模式优势需要有效的残余听力^[11],双耳听觉优势不一定能发挥,导致CI组声调识别得分较低。因此,未来需进一步跟踪研究,细化研究分组。

3.2 不同测试环境下两组儿童声调识别得分情况

3.2.1 健听组儿童在SSN条件下声调识别得分随信噪比的下降呈缓慢下降趋势,SNR≥0时声调识别得分率均维持在95%以上,仅在SNR=-6时声调识别得分表现出明显下降。稳态噪声条件下健听儿童声调识别表现出很好的稳定性,在SNR=-6时出现明显下降^[9],与本研究结果一致。说明稳态噪声条件下,健听儿童声调识别有很好的抗噪性。

表3 两组儿童安静和不同信噪比言语噪声条件下声调识别得分比较

信噪比	健听组				CI组			
	安静	12	6	0	安静	12	6	0
12	0.182	/	/	/	0.999	/	/	/
6	1.000	0.712	/	/	0.786	0.673	/	/
0	0.918	0.123	0.909	/	0.271	0.112	0.610	/
-6	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注:表中数据为不同信噪比声调识别得分对比P值,下同

表4 两组儿童安静和不同信噪比2人谈话噪声条件下声调识别得分比较

信噪比	健听组				CI组			
	安静	12	6	0	安静	12	6	0
12	0.999	/	/	/	0.989	/	/	/
6	0.046	0.388	/	/	0.454	0.271	/	/
0	0.000	0.000	0.077	/	0.001	0.000	0.002	/
-6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005

图1和表3、4显示,TTB条件下健听儿童的声调识别得分随信噪比的下降呈明显下降趋势,且SSN条件下声调识别得分均较TTB得分高($P<0.05$),说明非稳态噪声对于健听儿童的声调识别干扰性更大。可能的原因是TTB的语音和语言信息可辨别^[14],因此不但有能量掩蔽(energy masking)还存在信息掩蔽(information masking),对儿童的外周及中枢听觉系统造成干扰;而SSN仅具有能量掩蔽效应,仅掩蔽外周听觉系统^[21~23]。因此,对比SSN,儿童更难从TTB中感知言语信息。TTB下的声调识别也受儿童选择性听觉注意力影响,反映了儿童中枢听觉处理的不成熟。选择性听觉注意力随大脑中枢言语功能的发育而增长,12~14岁达到成熟稳定状态^[21],而本研究中的儿童为学龄前儿童,因此,TTB下的声调识别表现不如SSN环境。

3.2.2 不同测试条件CI组儿童声调识别得分情况 图1显示CI组儿童在SSN和TTB条件下声调识别得分随信噪比的下降呈逐渐下降趋势,在SNR=0时,SSN条件下声调识别得分较TTB得分高($P<0.05$),其余信噪比条件下差异均无统计学差异;表3和4可以看出,SSN条件下,当SNR=-6dB时,声调识别得分与其它信噪比条件相比表现出差异性;而TTB条件下,当SNR=0dB时,声调识别得分与其它信噪比条件相比表现出差异性。说明不同噪声类型对CI组儿童声调识别的影响也存在和健听组儿童类似的规律,即TTB对人工耳蜗植入儿童的声调识别影响较SSN大。但由于人工耳蜗编码策略提供的对于声调识别起重要作用的基频(F_0)和精细结构等信息有限,因此同一信噪比条件下两种噪声的声调识别得分差异性并不如健听儿童显著。

4 结论和展望

安静环境下、不同信噪比的SSN和TTB条件下,学龄前健听儿童声调识别均较人工耳蜗植入儿童好。不同噪声类型对于健听儿童和人工耳蜗植入儿童声调识别的影响存在差异,TTB对声调识别影响更显著。如何提高人工耳蜗植入患者声调识别能力,需从干预方式、编码策略等方面进一步改进。

由于实验数据有限,本研究对听力年龄、助听模式等影响因素未做进一步细化,未来可以从听力年龄、干预模式(单侧CI、双模式或双侧CI)、听损程度等方面继续探究噪声类型对助听后儿童声调识别的影响。

参考文献

- [1] 孙喜斌,于丽政,曲成毅,等.中国听力残疾构成特点及康复对策[J].中国听力语言康复科学杂志,2008,27(2):21-24.
- [2] 刘建菊.人工耳蜗植入儿童听觉康复效果评估标准的修订及应用研

究[D].华东师范大学,2013.

- [3] 梁之安.汉语普通话中声调的听觉辨认依据[J].生理学报,1963,(2):85-91.
- [4] Quentin S, John F, Culling AJ. Auditory Segregation of Competing Voices: Absence of Effects of FM or AM Coherence[J]. Philos T R Soc B, 1992, 1278: 357-366.
- [5] Fu Q, Zeng FG. Identification of temporal envelope cues in Chinese tone recognition[J]. Asia Pacific J Speech Lang Hear, 2000, 5(5): 45-57.
- [6] 徐立.言语识别中的时域及频域信息[J].中华耳科学杂志,2006,4(4):335-342.
- [7] 陈雪清,刘海红,刘博,等.时域和频域信息对汉语普通话声调识别的影响[J].中国听力语言康复科学杂志,2008,30(5):18-20.
- [8] 张国军,钟一鸣,吴雪梅.语前聋儿童人工耳蜗植入一年后声调识别能力分析[J].中华耳科学杂志,2021,19(6):886-889.
- [9] Mao YT, Li X. Lexical tone recognition in noise in normal-hearing children and prelingually deafened children with cochlear implants[J]. Int J Audiol, 2017, 56(2): 23-30.
- [10] 魏兴梅,拱月,陈彪,等.双耳双模式助听患者汉语普通话声调识别特征[J].听力学及言语疾病杂志,2017,25(2):180-185.
- [11] Hoppe U, Hocke T, Digeser F. Bimodal benefit for cochlear implant listeners with different grades of hearing loss in the opposite ear[J]. Acta Oto-Laryngol, 2018, 138(8): 1-9.
- [12] Ren CC, Yang J, Zha D, et al. Spoken word recognition in noise in Mandarin-speaking pediatric cochlear implant users[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2018, 113(10): 124-130.
- [13] Corbin NE, Bonino AY, Buss E, et al. Development of open-set words recognition in children: speech-shaped noise and two-talker speech maskers[J]. Ear Hear, 2016, 37(1): 55-63.
- [14] Wang X, Xu L. Mandarin tone perception in multiple-talker babbles and speech-shaped noise[J]. J Acoust Soc Am, 2020, 147(4): 307-313.
- [15] Wang XH, Xu L. Speech perception in noise: Masking and unmasking[J]. J Otol, 2021, 16(2): 109-119.
- [16] Finitzo T, Sininger Y, Brookhouser P, et al. Year 2007 position statement: Principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs[J]. Pediatrics, 2007, 120(4): 898-921.
- [17] Zhu S, Wong LL, Chen F. Development and validation of a new Mandarin tone identification test[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2014, 78(12): 2174-2182.
- [18] Chen F, Wong LL, Hu Y. Effects of lexical tone contour on Mandarin sentence intelligibility[J]. J Speech Lang Hear Res, 2014, 57(1): 338-345.
- [19] Wang W, Zhou N, Xu L. Musical pitch and lexical tone perception with cochlear implants[J]. Int J Audiol, 2011, 50(4): 270-278.
- [20] 伏臻,吴玺宏,陈婧.感音神经性听力损失患者的频率调制辨别和声调识别[J].中国听力语言康复科学杂志,2018,16(2):94-98.
- [21] Nilsson M, Soli S, Sullivan J. Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise[J]. J Acoust Soc Am, 1994, 95(2): 1085-1099.
- [22] 任寸寸,林颖,刘莎,等.多人谈话噪声及年龄对儿童言语识别中词汇学效应的影响[J].听力学及言语疾病杂志,2017,25(3):221-225.
- [23] 任寸寸,刘莎,刘海红,等.噪声对低龄正常儿童言语感知的影响[J].听力学及言语疾病杂志,2015,23(3):236-239.

收稿日期 2024-03-23

责任编辑 蒋 春