

- [29] 刘铤. 内耳病[M]. 北京, 人民卫生出版社, 2006: 530—534.
- [30] ASMA A, ANOUK H. The development of auditory skills in infants with isolated large vestibular aqueduct syndrome after cochlear implantation[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2010, 74: 474—481.
- [31] 万良财, 郭梦和, 钱宇虹, 等. 人工耳蜗植入在大前庭水管综合征患者中的应用[J]. 南方医科大学学报, 2009, 29(8): 1657—1659.
- [32] CHEN X Q, LIU B, LIU S, et al. The development of auditory skills in infants with isolated large vestibular aqueduct syndrome after cochlear implantation [J]. International J Pediatric Otorhinolaryngol, 2011, 75: 943—947.
- [33] 刘博. 大前庭水管综合征(II)——临床诊断与临床决策[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2008, 5(1): 52—55.

(收稿日期: 2012-04-10)

## 人工耳蜗植入者音乐感知能力的研究\*

刘子夜<sup>1</sup> 刘博<sup>1</sup> 王硕<sup>1</sup> 亓贝尔<sup>1</sup>

[关键词] 人工耳蜗; 音乐; 感知能力

[中图分类号] R764.35 [文献标志码] A [文章编号] 1001-1781(2012)22-1053-04

### A review of research on music perception ability for adult cochlear implant users

**Summary** A cochlear implant(CI) is a kind of surgically implanted electronic device that provides a sense of sound to a person who has severe to profound sensorineural hearing impairment. However, studies have shown that the performance in music perception for CI users has not been achieved to an ideal level. It is important to evaluate the ability to perceive music using well designed music perception test materials, in order to improve the quality of life for cochlear implant users. This paper reviewed the studies on assessing music perception ability for adult cochlear implant users from the existing literature.

**Key words** cochlear implant; music; music perception ability

人工耳蜗是帮助成人及儿童重度以上感音神经性聋患者获得或重新获得听觉的电子装置,其功能是取代病变的内耳毛细胞,直接用电信号刺激听觉神经细胞产生听觉<sup>[1]</sup>。多导人工耳蜗技术的发展已有30余年的历史,接受人工耳蜗植入者已逾10万人<sup>[2]</sup>。音乐是我们在日常生活中需要的一个重要角色,它具有明显的生理、心理和社会适应等多方面的作用。对于人工耳蜗植入者而言,目前的结果显示,在安静环境下他们的言语感知能力已经获得明显提高,但是在噪声环境下的言语感知和音乐感知能力仍与理想水平相差甚远<sup>[3-4]</sup>。因此对于人工耳蜗植入者而言,除了要提高言语交流能力外,提高他们在噪声环境下的言语感知能力和声调与音乐感知能力也非常重要。本文就近些年国内外学者针对人工耳蜗植入者音乐感知能力的研究进行综述。

#### 1 音乐感知能力与评价

##### 1.1 音乐和音乐感知能力

音乐是由有组织的乐音来表达人们思想感情、反映现实生活的一种艺术。而乐音是由周期性、有规律的声振动产生。音乐的基本构成元素主要包括:音调、节奏、音色、旋律。音调或称音高是指发声体振动频率的高低。在音乐领域中,音调指人对单个乐音基频的感知<sup>[5]</sup>。节奏是指不同音值的组合,它主要反映各音值之间的时间关系<sup>[6]</sup>。音色是指同一基音频率但有不同数目的泛音所形成的声音特性,它是由声源特定的声波波形所决定的<sup>[5-6]</sup>。旋律是经过艺术构思而形成的若干乐音的有组织、有节奏的和谐运动,它建立在一定的调式和节拍基础上,按一定的音高、时值和音量构成、具有逻辑因素的单声部集合体。所谓音乐感知能力就是将音乐的感觉与知觉结合起来,音乐感觉即人们借助于听觉器官辨别音高、音强、音长、音色细微差别的能力,音乐知觉是指人们对音乐的复杂形式(如节奏、旋律、和声等)的细微变化的辨别及对音乐作整体的感受<sup>[6]</sup>。

##### 1.2 音乐感知能力的评价

\* 基金项目:国家自然科学基金(No:81070796),北京市自然科学基金(No:7122034,7123210)

<sup>1</sup>北京市耳鼻咽喉科研究所 耳鼻咽喉头颈科学教育部重点实验室(首都医科大学)(北京,100005)

通信作者:刘博, E-mail: trlliubo@163.com

音乐感知能力主要通过主观问卷和音乐评估材料等方法进行评价。其中音乐感知主观调查问卷主要用于评价受试者的主观音乐聆听效果。音乐测试材料主要用于客观评估受试者对音乐基本构成元素的识别和辨别能力。在音乐感知能力评价中主要包括两部分内容:主观调查问卷和音乐测试材料。

主观调查问卷是不可缺少的评价方法之一,同时这也是用于评估人工耳蜗植入者音乐经验的一种常用方法,如 Veekmans 等<sup>[7]</sup>开发的 Munich Music Questionnaire (MUMU), Gfeller 等<sup>[8]</sup>开发的 Iowa Musical Background and Appreciation Questionnaire 等。以 MUMU 为例,它通过 25 个问题来评估成人人工耳蜗植入者植入前和植入后的音乐环境、音乐活动及音乐参与程度、音乐教育、音乐经验等相关背景的差异<sup>[9]</sup>。

音乐测试材料是音乐感知能力评价的重要方法。目前用于评估人工耳蜗植入者对音乐感知能力比较成熟的音乐测试材料主要包括:Fitzgerald 等<sup>[10]</sup>开发的 Musical Sounds in Cochlear Implants (Mu. S. I. C) 测试, Peretz 等<sup>[11]</sup>开发的 Montreal Battery for Evaluation of Amusia (MBEA) 测试, Nimmons 等<sup>[12]</sup>开发的 Clinical Assessment of Music Perception (CAMP) 测试等。① Mu. S. I. C 测试分别对音调、节奏、旋律、合弦、音色感知等六项客观因素进行评价,同时对情感感知和不和谐音感知等 2 项主观因素进行评价。Brockmeier 等<sup>[2]</sup>应用 Mu. S. I. C 评价工具对 31 例人工耳蜗植入者进行音乐感知能力评估,结果发现此表可用于全面评估人工耳蜗植入者的音乐感知能力。② MBEA 测试,更侧重于临床科研工作,它包括 6 个测试项目,主要针对音调、节奏和旋律 3 个元素进行评价。基于 160 例听力正常者的测试证明,MBEA 测试具有良好的灵敏度、可靠性和有效性<sup>[13]</sup>。③ CAMP 测试包括音调、旋律、音色辨别能力的测试。应用此方法对 8 例人工耳蜗植入者的研究结果表明,CAMP 是一种有效的测试人工耳蜗植入者音乐感知能力的临床测试方法。此外,平利川等<sup>[14]</sup>在 2010 年鉴于国外音乐测试手段基础上,进行了音乐感知评估系统的设计,其主旨在于为国内人工耳蜗使用者提供一套音乐评估的手段。

## 2 人工耳蜗植入者音乐感知能力的评价与研究

目前人工耳蜗已在国内外得到了比较广泛的应用,植入者的言语能力获得了较大的进步,但是大多数还不能满意地欣赏音乐,因此近些年对人工耳蜗植入者音乐感知能力的研究得以重视。对人工耳蜗植入者音乐感知能力的评价与上述评价指标一致,并着重对音调、节奏、音色和旋律等几方面的音乐感知能力进行评价。

### 2.1 音调感知能力

音调识别能力是音乐感知能力的基础。研究发现,声音的精细结构信息对于音调的感知具有重要的作用<sup>[15]</sup>。然而,现今的人工耳蜗技术提取了声音的时域包络信息和部分频域信息,丢弃了精细结构信息。因此,推测这是导致目前人工耳蜗植入者普遍存在音调感知能力差的主要原因。2002 年 Gfeller 等<sup>[16]</sup>报道了 46 名人工耳蜗植入者音调辨差,平均阈值为 7.6 个半音,阈值变化范围在 1~24 个半音;而其对照的听力正常组的音调辨差平均阈值为 1.1 个半音,变化范围为 1~2 个半音。2008 年 Nimmons 等<sup>[12]</sup>评估了 8 名人工耳蜗植入者的音调感知能力,结果显示目标测试音为 185 Hz 的音调辨差阈值为 1~9 个半音,在 262 Hz 时为 1~11.5 个半音,在 330 Hz 时为 1~9 个半音。2011 年 Brockmeier 等<sup>[2]</sup>用 MuSIC 测试了 31 例人工耳蜗植入者,音调辨差的平均阈值在目标音为 262 Hz 时为 10.3 个半音,在 440 Hz 时为 8.4 个半音,然而听力正常者的音调辨差阈值在 1 个半音之内。总之,前期研究表明,人工耳蜗植入者音调感知能力总体水平差于听力正常人群,具有明显的个体差异,有少数人工耳蜗植入者音调感知能力可达听力正常者水平。

### 2.2 节奏感知能力

节奏是音乐的另一重要元素。在没有音调信息的情况下,单独依靠节奏也可以识别乐曲。由于人工耳蜗植入者感知节奏变化是由时域间隔或(和)振幅调节进行编码的,而节奏传递的时域信息一般发生在 0.2~20.0 Hz 的频率<sup>[17]</sup>,这段频率信息是可以通过人工耳蜗设备较好的传递给人工耳蜗植入者的,因此人工耳蜗植入者与听力正常人群在节奏感知方面,无明显差别<sup>[18-19]</sup>。1991 年 Gfeller 等<sup>[18]</sup>报道,人工耳蜗植入者节奏辨别正确率达 88%,且节奏辨别能力与其使用的人工耳蜗设备无明显相关性。2008 年 Looi 等<sup>[20]</sup>研究显示,15 例人工耳蜗植入者节奏辨别正确率达 93%,与听力正常者水平相近。2010 年 Brockmeier 等<sup>[2]</sup>通过 Mu. S. I. C. 测试比较其音乐感知能力发现,听力正常者与单侧人工耳蜗植入者和声电联合刺激模式使用者在节奏辨别方面,无明显差别。总之,前期研究表明人工耳蜗植入者节奏感知水平近似于听力正常人群。

### 2.3 音色感知能力

音色是指声音的感觉特性,即使在音高和声音强度一致的情况下,根据不同的音色也能区分出是不同演奏乐器或发声人<sup>[21]</sup>。音色的感知取决于对频率信息的感知,目前人工耳蜗技术提供的电极数为 12~22 个不等,而在声音处理时同时使用的电极数更少。因此只能提供粗略的频谱信息,这可能

是成年人人工耳蜗植入者音色感知能力差的主要原因。在前期研究中对音色的感知主要是通过对乐器识别和乐器数辨别 2 项测试方法进行的。Gfeller 等<sup>[21]</sup>对 51 例人工耳蜗植入者和 20 例听力正常者进行 8 种不同乐器的识别测试,听力正常者正确率达 90.9%,人工耳蜗植入者平均正确率为 46.6%。Brockmeier 等<sup>[22]</sup>对 31 例人工耳蜗植入者和 67 例听力正常者进行 MuSIC 测试,其中乐器识别测试中听力正常者明显好于人工耳蜗植入者,其平均正确率分别为 86.9% 和 47.1%,并且结果表明人工耳蜗植入者对于钢琴比管乐器和弦乐器更容易识别;乐器数辨别结果显示听力正常者辨别乐器数量的能力明显好于人工耳蜗植入者。综上所述,人工耳蜗植入者音色识别能力显著差于听力正常人群。

#### 2.4 旋律感知能力

旋律的感知主要依赖于音调的感知能力,而歌词或节奏的存在,也许有助于人工耳蜗植入者识别旋律。由于人工耳蜗植入者的音调感知能力差于听力正常人,因此他们的旋律感知能力普遍低于听力正常者的旋律感知能力。2002 年 Gfeller 等<sup>[16]</sup>对 49 例人工耳蜗植入者和 18 例听力正常者进行 12 种熟悉旋律的感知测试;在节奏存在的情况下,人工耳蜗植入者旋律感知的平均正确率为 20%;而在没有节奏的情况下,感知旋律的平均正确率为 10%。听力正常组有节奏和无节奏的旋律感知平均正确率分别为 90% 和 77%。2004 年 Kong 等<sup>[22]</sup>用同样方法测试了 6 例人工耳蜗植入者和听力正常者,所得结果与上述类似。听力正常者在 2 种条件下都得到了近乎完美的得分,而人工耳蜗植入者在有节奏的旋律测试中正确率为 63%,在无节奏的旋律测试中正确率仅不到 12%。2007 年 Galvin 等<sup>[23]</sup>针对 11 例人工耳蜗植入者进行了熟悉旋律识别测试,有节奏的旋律感知正确率为 60%,而无节奏的旋律感知正确率仅为 28%。

### 3 与人工耳蜗植入者音乐感知相关的其他研究

#### 3.1 人工耳蜗植入者音乐感知与言语声调感知关系的研究

目前人工耳蜗植入者已经能够很好的感知言语,但是对于声调语言国家的言语声调感知能力尚不理想<sup>[24]</sup>。前期研究表明,声音的精细结构信息对音乐音调感知与言语声调感知都具有十分重要的作用,且两者都是对于基频信息的感知<sup>[15,24-25]</sup>,因此可能具有相似的感知机制。然而,针对人工耳蜗植入者音调感知与声调感知相关关系的研究很少。2011 年 Wang 等<sup>[24]</sup>对 19 例中国人工耳蜗植入者进行了音调辨别和声调辨别的测试,其中人工耳蜗植入者音调辨别均值为 6 个半音,声调辨别平均正确率达 58.3%,结果表明人工耳蜗植入者音

调感知能力越好,声调感知能力也越好,提示音乐音调感知和言语声调感知可能共享相似的感知机制。同年,Wang 等<sup>[26]</sup>对 21 例人工耳蜗植入者进行了音乐和言语声调感知的测试,同样报道了人工耳蜗植入者音调感知能力与声调感知能力呈正相关关系,此外还发现了言语声调感知与旋律和音色感知分别呈正相关关系。总之,了解音乐感知与言语声调感知的关系有益于声调语言国家的人工耳蜗植入者提高音乐和声调感知能力,但两者之间的相关关系仍需要更深入的研究。

#### 3.2 人工耳蜗植入者与其他助听装置使用者之间音乐感知能力的比较研究

目前关于人工耳蜗植入者音乐感知能力的研究多数集中在单侧人工耳蜗植入者上,对于单侧人工耳蜗、双耳双模式聆听、联合声电刺激、助听器等不同助听装置使用者间音乐感知能力比较的相关研究并不多。2009 年 Sucher 等<sup>[27]</sup>对 9 例语后聋人工耳蜗植入者在 3 种听觉条件下进行了音乐和音质感知研究,相对于单独使用助听器和单独使用人工耳蜗植入者而言,双模式聆听患者对音乐和音质的感知能力更强,拥有更多的优势。2010 年 Brockmeier 等<sup>[19]</sup>应用 Mu. S. I. C. 测试比较了 13 例联合声电刺激者与单侧人工耳蜗植入者及听力正常者的音乐感知能力的研究。结果表明,联合声电刺激者音乐感知水平虽未及听力正常者,但好于单侧人工耳蜗植入者,这与其在术后 250 Hz 和 500 Hz 的良好听阈有关。这表明低频听力对音乐感知是有帮助的。Looi 等<sup>[28]</sup>在 2007 年报道,相对于具有相似听力损失程度的助听器使用者,人工耳蜗植入者聆听音乐更愉快。Looi 等<sup>[20]</sup>又在 2008 年进行了人工耳蜗植入者和助听器使用者音乐感知能力的比较,在节奏、乐器识别方面 2 组受试者表现无明显差别,在音调和旋律感知方面助听器使用者表现好于人工耳蜗植入者,但 2 组均差于听力正常人群。因此,无论使用何种助听装置,使用者感知音乐能力均不理想,这就需要我们更深一步的研究。

人工耳蜗的研究虽然已经有几十年的历史,但人工耳蜗植入者感知音乐的能力仍然很不理想,言语感知的相关研究一直是研究的热点领域,并且目前的人工耳蜗装置已经能够在安静环境下很好的感知言语,但相对而言,音乐感知的研究是在近几十年来才开始受到较多关注,相关文献较少,国内更甚,所以围绕这一领域我们还有很多研究课题需要摸索和探讨,并且使耳聋患者准确的感知包括音乐在内的全部声音必然是将来研究的热点和方向。

#### 参考文献

- [1] 韩德民. 人工耳蜗[M]. 北京:人民卫生出版社, 2003:18-18.

- [2] BROCKMEIER S J, FITZGERALD D, SEARLE O, et al. The MuSIC perception test: a novel battery for testing music perception of cochlear implant users [J]. *Cochlear Implants International*, 2011, 12: 10—20.
- [3] 张宁, 刘莎, 徐娟娟, 等. 人工耳蜗使用者噪声环境下言语识别能力研究 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2011, 25(22): 1030—1033.
- [4] FERRERMAN B L, DOMICO E H. Speech recognition in background noise of cochlear implant patients [J]. *Otolaryngol Head Neck Surgery*, 2002, 126: 257—263.
- [5] 田勇泉, 韩德民, 孙爱华, 等. 耳鼻咽喉头颈外科学 [M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 278—278.
- [6] 阎林红. 关于音乐感知能力的研究——音乐表演艺术从业者的心理基础 [J]. *中国音乐*, 1995, 4(1): 16—19.
- [7] VEEKMANS K, RESSELL L, MUELLER J, et al. Comparison of music perception in bilateral and unilateral cochlear implant users and normal-hearing subjects [J]. *Audiol Neurootol*, 2009, 14: 315—326.
- [8] GFELLER K, WITT S. Iowa musical background and appreciation questionnaire (IMBAQ) [EB]. Iowa City: University of Iowa, 1998.
- [9] BROCKMEIER SJ. Munich music questionnaire (MUMU) [EB], 2000, MED-EL GmbH.
- [10] FITZGERALD D, FITZGERALD H, BROCKMEIER S J, et al. Musical sounds in cochlear implants (Mu. S. I. C.) test [EB]. 2006, Innsbruck, MED-EL GmbH.
- [11] PERETZ I, CHAMPOD A, HYDE K. Varieties of musical disorders: the montreal battery of evaluation of Amusia [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2003, 999: 58—75.
- [12] NIMMONS G L, KANG R S, et al. Clinical assessment of music perception in cochlear implant listeners [J]. *Otol Neurotol*, 2008, 29: 149—155.
- [13] PERETZ I, COLTHEART M. Modularity of music processing [J]. *Nat Neurosci*, 2003, 6: 688—691.
- [14] 平利川, 原猛, 郗昕, 等. 人工耳蜗使用者音乐感知评估系统的设计 [J]. *声学技术*. 2010, 29(5): 512—517.
- [15] SMITH Z M, DELGUTTE B, OXENHAM A J, et al. Chimeric sounds reveal dichotomies in auditory perception [J]. *Nature*, 2002, 416: 87—90.
- [16] GFELLER K, TURNER C, MEHR M, et al. Recognition of familiar melodies by adult cochlear implant recipients and normal-hearing adults [J]. *Cochlear Implants Int*, 2002, 3: 29—53.
- [17] MC DERMOTT H J. Music perception with cochlear implants; a review [J]. *Trends Amplif*, 2004, 8: 49—82.
- [18] GFELLER K, LANSING C R. Melodic, rhythmic, and timbral perception of adult cochlear implant users [J]. *J Speech Hear Res*, 1991, 34: 916—920.
- [19] BROCKMEIER S J, PETERREINS M, LORENS A, et al. Music perception in electric acoustic stimulation users as assessed by the Mu. S. I. C. test [J]. *Otorhinolaryngol*. 2010; 67: 70—80.
- [20] LOOI V, MCDERMOTT H, MCKAY C, et al. Music perception of cochlear implant users compared with that of hearing aid users [J]. *Ear Hearing*, 2008; 29: 421—434.
- [21] GFELLER K, WITT S, WOODWORTH G, et al. Effects of frequency, instrumental family, and cochlear implant type on timbre recognition and appraisal [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2002, 111: 349—356.
- [22] KONG Y Y, CRUZ R, JONES J A, et al. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing [J]. *Ear Hear*, 2004, 25: 173—85.
- [23] GALVIN J J, FU Q J, NOGAKI G, et al. Melodic contour identification by cochlear implant listeners [J]. *Ear Hear*, 2007, 28: 302—319.
- [24] WANG W Q, ZHOU N, XU L, et al. Musical pitch and lexical tone perception with cochlear implants [J]. *International J Audiology*, 2011, 50: 270C27.
- [25] XU L, BRYAN E P. Relative importance of temporal envelope and fine structure in lexical-tone perception [J]. *Acoustical Society America*, 2003, 114: 3024—3027.
- [26] WANG S, LIU B, ZHOU Y, et al. Music and lexical tone perception in Chinese adult cochlear implant users [J]. *Laryngoscope*, 2012, 122: 1353—1360.
- [27] SUCHER C M, MCDERMOTT H J. Bimodal stimulation, benefits for perception and sound quality [J]. *Cochlear Implants Int*, 2009, 10: 91—96.
- [28] LOOI V, MCDERMOTT H, MCKAY C, et al. Comparisons of quality ratings for music by cochlear implant and hearing aid users [J]. *Ear Hear*, 2007, 28: 59S—61S.

(收稿日期: 2012-03-19)