

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905006

· 人工耳蜗专栏 ·

人工耳蜗植入患者对西洋乐器和民族乐器感知研究

蔡洁青¹, 柳依萌¹, 姚闰云¹, 温家康², 苏省², 林贝², 李语婕², 陈亚曦², 张宏征¹

(1. 南方医科大学珠江医院耳鼻咽喉科, 广东 广州 510282; 2. 南方医科大学, 广东 广州 510515)

摘要: **目的** 分析人工耳蜗植入患者对西洋乐器和我国民族乐器感知能力的差异, 探讨人工耳蜗植入者与听力正常者在音乐音色感知的规律特征和听配能差异。**方法** 耳蜗组 and 对照组受试者各 20 例, 使用音乐感知评估平台对两组受试者进行音色识别能力测试, 记录并比较两组音色识别正确率和总应答反应时间。**结果** ①耳蜗组音色识别正确率(80.42 ± 11.87)%, 显著低于对照组正确率(96.67 ± 4.19)%, 差异具有统计学意义($P < 0.01$)。②耳蜗组对我国民族乐器(琵琶、二胡)识别正确率 82.50%, 西洋乐器正确率 80.00%, 两者差异无统计学意义($P = 0.664$)。③耳蜗组对音色测试总应答反应时间(170.50 ± 21.81)s, 与对照组(161.85 ± 18.18)s 比较, 差异无统计学意义($t = 1.363, P > 0.05$)。**结论** 人工耳蜗植入患者对音乐音色的感知能力显著低于听力正常者, 在测听任务过程中所需听配能增加, 并且容易混淆管弦乐器。对比西洋乐器, 人工耳蜗植入患者对我国民族乐器的感知无明显优势。

关键词: 人工耳蜗; 听觉植入; 音色感知; 民族乐器; 西洋乐器; 听配能

中图分类号: R764.9+3

The timbre perception of western musical instruments and national instruments in cochlear implant users

CAI Jie-qing¹, LIU Yi-meng¹, YAO Min-yun¹, WEN Jia-kang², SU Sheng², LIN Bei², LI Yu-jie²,
CHEN Ya-xi², ZHANG Hong-zheng¹

(1. Department of Otorhinolaryngology, Zhujiang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510282, China; 2. Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: **Objective** To analyze the timbre perception of western musical instruments and Chinese national musical instruments in cochlear implant users, and investigate the different characteristics of musical timbre identification and listening effort between cochlear implant users and normal hearing listeners. **Methods** 20 cochlear implant users and 20 normal hearing listeners were enrolled in this study. The music perception assessment platform was used to evaluate their timbre recognition, and their accuracy of timbre recognition and the response time were recorded and analyzed. **Results** ① The accuracy of timbre recognition of cochlear implant subjects was (80.42 ± 11.87)%, which was significantly lower than that of the control group [(96.67 ± 4.19)%] ($P < 0.01$). ② The cochlear implant users got recognition correct rates of 82.50% for Chinese national musical instruments (pipa and erhu) and 80.00% for western musical instruments, the difference was statistically insignificant ($P = 0.664$). ③ For cochlear implant subjects, the average response time was (170.50 ± 21.81)s, while it was (161.85 ± 18.18)s in the control group, and the difference was also statistically insignificant ($t = 1.363, P > 0.05$). **Conclusions** The cochlear implant users perform significantly poorer with greater listening effort than normal hearing peers in the timbre perception test. They are easy to confuse the orchestral instruments. They have no obvious advantage on the perception of Chinese national musical instruments contrast to western musical instruments.

Keywords: Cochlear implant; Artificial auditory implantation; Timbre perception; Chinese national musical instrument; Western musical instrument; Listening effort

人工耳蜗植入是治疗重度及以上感音神经性耳聋的主要手段。随着言语编码策略及人工耳蜗植入装置的不断优化,人工耳蜗植入患者在安静环境下可获得良好的言语识别,但在噪声环境下听声效果和对音乐的感知效果并不理想^[1-3]。音乐是文化的外延,旨在情感表达和沟通,具有生理心理和社会适应等方面的作用^[4]。而音乐具有比言语声更为复杂多变和丰富的特征,其4大基本要素包括:节奏、音调、旋律和音色,其中音色是最为丰富的元素。音色是指一种令听者能够在响度、音高相同的情况下分辨出2个相似声音的听觉感知属性,其对理解和欣赏音乐至关重要^[5]。目前,国内多采用国外的评估平台来评价人工耳蜗植入患者音乐辨识能力,由于中西地域文化存在较大差异,研究人工耳蜗植入患者对我国民族乐器的感知情况有着重要意义。

目前人工耳蜗信号处理策略通常是提取声音信号的时间包络信息,而将瞬时精细结构信息去除,无法还原复杂的音乐信号。这种简化的信号输入导致人工耳蜗植入患者为了理解言语和音乐则需额外动用大脑认知系统的其他信息,包括注意力、短期记忆、工作记忆和应答等,即需增加听配能。因此,对人工耳蜗植入患者进行音乐感知行为学测试和听配能研究,能更好评估人工耳蜗植入患者康复效果和生活质量,目前国内对人工耳蜗植入患者乐器音色感知和听配能这方面研究较少。本研究选用平利川等^[6]

开发的音乐感知评估平台的乐器音色识别测试评估受试者音色感知能力和听配能,探讨人工耳蜗植入患者对西洋乐器和我国民族乐器感知能力的差异。

1 资料与方法

1.1 研究对象及分组

耳蜗组:20例人工耳蜗植入患者详细情况见表1,其中语前聋患者10例,语后聋10例,男14例,女6例;年龄10~51岁,平均(21.9±11.9)岁;人工耳蜗平均使用时间(6.5±5.1)年,其中1例为双耳植入人工耳蜗(测试过程中只使用一侧人工耳蜗),其余均为单耳植入人工耳蜗,测试过程中对侧耳未佩戴助听器。对照组:在正式测试前对受试者进行音乐经验问卷调查,剔除经过专业音乐训练的受试者,选取20例听力正常者,男10例,女10例;年龄(12~51)岁,平均(26.1±8.6)岁,双耳0.25~8 kHz 纯音气导听阈均≤25 dBHL,无耳疾病史。本课题获得南方医科大学珠江医院伦理委员会批准(伦理审查批件号:2017-EBYHZX-001),受试者均为自愿参加本次研究。

1.2 音乐经验问卷调查

使用《成人人工耳蜗使用者音乐体验问卷表》以了解人工耳蜗植入者聆听音乐的行为和经验。我们选取问卷表中4个问题:“是否经常听音乐”、“是

表1 20例人工耳蜗植入患者详细情况及音色测试结果

受试者	测试年龄(岁)	性别	耳聋类型	耳蜗使用时间(年)	植入前耳聋时长(年)	音色识别正确率(%)	总反应时间(s)
CI01	48	女	语后聋	5.5	15.0	75.00	166
CI02	30	男	语后聋	5.0	8.0	83.33	212
CI03	26	男	语前聋	6.8	17.0	100.00	150
CI04	15	男	语后聋	5.5	6.0	75.00	160
CI05	51	男	语后聋	1.9	5.0	83.33	157
CI06	17	男	语后聋	7.2	0.2	91.67	136
CI07	20	男	语后聋	1.4	12.0	75.00	160
CI08	18	男	语后聋	5.6	9.0	83.33	140
CI09	12	男	语后聋	1.7	7.0	83.33	142
CI10	19	女	语前聋	1.0	16.0	91.67	154
CI11	14	男	语后聋	0.2	10.0	100.00	202
CI12	14	女	语前聋	0.2	12.0	75.00	195
CI13	21	女	语前聋	16.0	5.0	66.67	194
CI14	20	女	语前聋	17.0	3.0	66.67	188
CI15	24	男	语前聋	16.0	8.0	83.33	178
CI16	40	女	语后聋	10.7	20.0	91.67	156
CI17	10	男	语前聋	7.0	3.0	66.67	171
CI18	11	男	语前聋	8.6	2.0	91.67	190
CI19	10	男	语前聋	7.8	2.0	66.67	181
CI20	17	男	语前聋	5.5	12.0	58.33	179

否经常唱歌”、“享受聆听音乐程度”及“是否会演奏乐器”来评价两组受试者音乐聆听经验,前3个问题的给分标准从1分(“根本没有”)到10分(“非常多”),第4个问题则回答“是”或“否”。人工耳蜗植入者就以上4个问题,针对其在人工耳蜗植入后情况进行打分,听力正常者则根据其目前聆听音乐情况进行给分。通过比较得分来评价耳蜗组与对照组聆听音乐经验是否匹配。

1.3 音乐音色感知测试

使用平利川等^[6]设计的音乐感知评估平台中的乐器音色识别测试评价两组受试者的音乐音色感知能力。笔者选取代表4大乐器家族的12种乐器为测试项目,分别是打击乐器:木琴、鼓;键盘乐器:钢琴;弦乐器:琵琶、二胡、小提琴、大提琴、吉他;管乐器:长笛、单簧管、小号、圆号。12种乐器分别演奏音调 and 响度相同的时长约为10 s的不同旋律片段(“献给爱丽丝”、“汉宫秋月”、“霸王卸甲”、“Fainting Sheep”),测试材料采用电子合成音。测试在标准隔音室中进行,本底噪声 < 30 dBA,扬声器置于受试者前方1 m,中心位置与受试者坐姿时耳部高度一致,零角度正面给声,播放音强度控制在65~70 dBA。人工耳蜗受试者佩戴人工耳蜗在声场下聆听扬声器播放测试内容,听力正常者双耳聆听测试内容。在正式测试前,受试者有2 min的熟悉时间,可聆听乐器演奏曲目和熟悉测试程序。采用四选一方法进行测试,受试者在每个测试项播放结束后选择自己认为正确的乐器图片,只播放1次。所有12条曲目测试结束后,统计总应答反应时间和正确识别率[(正确识别条目数/12)×100%]。

1.4 统计学方法

使用SPSS 20.0软件进行数据统计分析,ANOVA方差分析两组受试者年龄和音乐经验是否匹配。经One-sample Kolmogorov-Smirnov检验分析人工耳蜗植入患者及听力正常者的音色测试结果呈非正态分布,则采用Mann-Whitney *U*检验方法分析两组间音色测试结果的差异,采用Samples-*t*检验方法

对两组间总应答反应时间进行比较。Spearman相关性检验分析人工耳蜗植入患者音乐测试结果与耳聋时长、耳蜗使用时间和音乐经验是否具有相关性。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组受试者年龄及音乐经验比较

人工耳蜗植入患者与听力正常者两组在年龄和音乐经验比较差异无统计学意义($P > 0.05$),显示两组受试者的年龄和音乐经验相匹配。具体数据见表2。

2.2 乐器音色识别测试结果

两组受试者的乐器音色识别正确率和总应答反应时间见表1、表3和表4。耳蜗组音色识别正确率(80.42±11.87)%,显著低于对照组正确率(96.67±4.19)%,差异具有统计学意义($Z = -4.383, P < 0.01$)。语后聋人工耳蜗植入者音色识别正确率是(84.17±8.29)%,语前聋人工耳蜗植入者音色识别正确率(76.67±14.05)%,两者与对照组相比较差异均有统计学意义($Z_{语后} = -3.660, Z_{语前} = -3.658, P < 0.01$)。耳蜗组对我国民族乐器(琵琶、二胡)识别正确率(82.50±10.61)%,西洋乐器正确率(80.00±14.91)%,两者无明显差异($P = 0.664$);对照组对民族乐器识别正确率100.00%,西洋乐器正确率(96.00±6.99)%。耳蜗组对每种乐器音色识别的准确性均低于对照组,耳蜗组对鼓、小号识别得分最高,正确率均为100%;大提琴(65.00%)、圆号(70.00%)、单簧管(70.00%)识别较差,小提琴(60.00%)最差。

表4音色识别混淆结果显示:耳蜗组对乐器音色混淆率最高为15.00%,分别是将二胡错选为小提琴、圆号错选为二胡及单簧管错选为小提琴;对照组易混淆长笛和单簧管,错选率为10.00%。部分耳蜗组受试者将大提琴错选为圆号、单簧管,将小提琴错选为圆号、长笛等;而对照组不会出现这种混淆情况。

表2 人工耳蜗植入患者与听力正常者年龄及音乐经验比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	是否经常听音乐(分)	是否经常唱歌(分)	享受音乐程度(分)	是否演奏乐器(例)	
						是	否
耳蜗组	20	21.9±11.9	6.50±2.67	3.95±1.85	6.95±2.37	3	17
对照组	20	26.1±8.6	6.40±1.96	5.20±2.59	6.60±2.16	4	16
$F(\chi^2)$		1.675	0.018	3.090	0.238	(0.169)	
<i>P</i>		0.203	0.893	0.087	0.629	0.681	

表3 人工耳蜗植入患者与听力正常者音色测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	音色识别正确率(%)	总应答反应时间(s)	民族乐器识别正确率(%)	西洋乐器识别正确率(%)
耳蜗组	20	80.42 ± 11.87	170.50 ± 21.81	82.50 ± 10.61	80.00 ± 14.91
对照组	20	96.67 ± 4.19	161.85 ± 18.18	100.00	96.00 ± 6.99
Z(t)		-4.383	(1.363)	-1.633	-2.542
P值		0.000	0.181	0.102	0.011

表4 12种乐器音色在耳蜗组和对照组的识别情况 (%)

乐器	组别	识别情况											
		木琴	琵琶	二胡	吉他	小号	圆号	鼓	大提琴	小提琴	长笛	单簧管	钢琴
木琴	耳蜗组	85.00	10.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	对照组	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
琵琶	耳蜗组	10.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	对照组	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二胡	耳蜗组	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	15.00	0.00	5.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
吉他	耳蜗组	0.00	10.00	0.00	70.00	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	10.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
小号	耳蜗组	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
圆号	耳蜗组	0.00	0.00	15.00	0.00	5.00	70.00	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鼓	耳蜗组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
大提琴	耳蜗组	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	10.00	0.00	65.00	5.00	0.00	10.00	5.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
小提琴	耳蜗组	0.00	0.00	10.00	5.00	0.00	10.00	0.00	0.00	60.00	10.00	5.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	90.00	0.00	5.00	0.00
长笛	耳蜗组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	5.00	85.00	0.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
单簧管	耳蜗组	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	10.00	70.00	0.00
	对照组	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	80.00	0.00
钢琴	耳蜗组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	95.00
	对照组	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

耳蜗组对音色测试总应答反应时间为(170.50 ± 21.81)s,高于对照组(161.85 ± 18.18)s,但差异无统计学意义($t = 1.363, P > 0.05$)。语后聋人工耳蜗植入患者总应答反应时间(163.10 ± 25.24)s与对照组相比,差异无统计学意义($F = 0.024, P > 0.05$);语前聋人工耳蜗植入者总应答反应时间(177.90 ± 15.66)s,显著高于对照组($F = 5.667, P = 0.024$)。未发现耳蜗组的乐器音色识别正确率与总应答反应时间存在相关性($r = -0.324, P > 0.05$)。

2.3 音色识别相关因素分析

如图1所示,语前聋人工耳蜗植入患者音色识别正确率与听音乐经验呈显著正相关($r = 0.758, P < 0.05$),而语后聋人工耳蜗植入患者音色识别正确率与听音乐经验无显著相关性($r = 0.065, P > 0.05$)。语前聋和语后聋人工耳蜗植入者音色识别正确率、总应答反应时间与唱歌经验、耳聋时长、耳蜗使用时间均无显著相关性($P > 0.05$)。

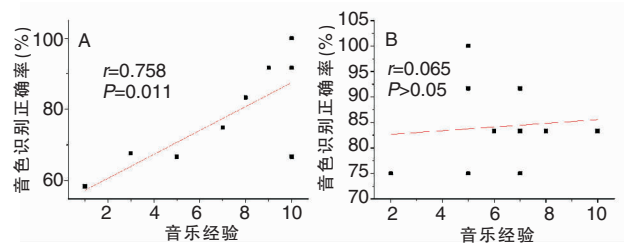


图1 语前聋人工耳蜗植入患者(A)和语后聋人工耳蜗植入患者(B)的音乐经验与音色识别正确率的关系

3 讨论

本研究目的在于评价人工耳蜗植入者对我国民族乐器和西洋乐器的感知能力,结果显示语前聋和语后聋人工耳蜗植入者对乐器音色的感知能力均显著低于听力正常者,与以往研究结果基本一致^[7-10]。然而,据以往研究报道,人工耳蜗植入者音色识别正

准确率约为40%~60%^[7-8, 11],本研究结果(平均正确率80.42%)好于以往研究结果,可能与测试材料及题目选项设置有关,本研究选用分别由12种乐器演奏音调 and 响度相同的不同旋律片段并采用四选一方法进行测试,机会水平为25.00%,可能降低了测试难度,在后续研究中进一步改善并加以验证。但这也提示:人工耳蜗植入者对乐器的识别没有想象中的糟糕。

目前,用于人工耳蜗植入患者音乐感知能力的评估软件大多来自国外,由于中西地域文化存在较大差异,研究人工耳蜗植入患者对我国本土化测试材料的感知情况有着必要性及重要意义。本研究所用的评估平台加入了我国本土化元素(如琵琶、二胡等民族乐器),结果显示人工耳蜗植入患者对民族乐器识别正确率稍高于西洋乐器,但对比西洋乐器,人工耳蜗植入患者对我国民族乐器的感知并无明显优势。本研究中选用的民族乐器较少(琵琶、二胡),在后续研究中可增加民族乐器数量(如古筝、箫、胡琴等)进一步验证;本研究的人工耳蜗受试者偏年轻化,部分受试者对琵琶、二胡不甚熟悉,这也是研究结果的影响因素之一。由于国内外对民族乐器的研究很少,本研究结果是否具有普遍性还需进一步探讨。

本研究中的音色识别混淆结果显示:人工耳蜗植入患者对打击乐器鼓、木琴和键盘乐器钢琴比管弦乐器更容易识别,与Kang^[8]、Brockmeier^[12]等研究结果一致。钢琴是更为常见普遍的乐器,人们对钢琴的聆听经验亦最为丰富,所以比较容易识别。而对于鼓、木琴节奏感较强的打击乐器,时域信息对识别这种乐器起主要作用;小提琴、大提琴属于弦鸣乐器,其演奏方式与吉他、琵琶等有所不同,是通过拉弓摩擦琴弦引起振动发音,使得泛音更为丰富、所包含的频域信息更多^[13],这可能是人工耳蜗植入患者对提琴等弦乐器错选率高、呈现弥漫性错误的原因之一。本研究中耳蜗组对每种乐器音色识别的准确性均低于对照组,且错选更为分散,易混淆管弦乐器。同种家族乐器的发音原理和频谱特征有相似之处,正如正常听力者也容易混淆同种家族乐器,但可能由于现有人工耳蜗装置对音色信号的时频信息精细结构表征不足,影响对乐音基频和谐波的感知,以致混淆不同家族乐器。Gfeller等^[11]的研究结果也发现正常听力者更容易混淆相同乐器家族的乐器,而人工耳蜗植入患者则是弥漫性错误、甚至混淆不同家族的乐器;人工耳蜗植入患者认为弦乐器族的音质更糟糕,且对于如长笛、小提琴等高频乐器更难

辨识。

音色,也称音质或音品,是区别具有相同音调、响度和时长的2个声音之所以不同的属性。音色主要由刺激声的频谱特性决定,也与刺激声频谱的频率位置和波形有关,音色的感知取决于对声音中时域和频域信息精细结构的获取与处理^[9, 14]。人工耳蜗植入患者对音色感知较差的原因,可能是人工耳蜗提供有限的电极通道数及现有言语编码策略的局限性,不能很好地传递音色信号的时域及频域信息。除此之外,还存在多种因素影响人工耳蜗植入患者音色感知能力,如耳聋病因、术前助听器佩戴、植入年龄、康复训练、音乐聆听经验和文化教育背景等^[15]。本研究结果显示语前聋人工耳蜗植入患者音色识别能力与聆听音乐经验呈显著正相关,会演奏乐器的人工耳蜗植入患者的音色识别得分较高,而未发现人工耳蜗植入患者音色识别正确率与唱歌经验、耳聋时长、耳蜗使用时间之间存在相关性。

仅应用音色识别正确率不足以主观反映其音色感知能力,本研究通过比较总应答反应时间探讨受试者的听配能差异。听配能是指在完成听觉任务中,由听者主观支配使用的各种形式的资源,包括躯体资源、认知资源及情绪资源等。前期研究报道,目前有3种方法被用于评估听配能:自我评价、心理生理学和行为学测试,有学者应用双任务范式通过测量反应时间评估听配能^[16]。国外学者用应答反应时间及瞳孔直径等指标研究听配能,结果显示听力损失儿童听配能增加,异常的人工耳蜗刺激增加儿童对工作记忆的需求^[17-18]。Picou等^[19]报道有听力损失患者在某些环境(如嘈杂环境)比在安静环境中聆听需要更多的注意力。Gordon等^[20]指出人工耳蜗植入患者较长的反应时间,在某种程度上可能反映了由于感觉剥夺引起广泛皮层重组导致额叶活动中断。持续动用额外的听配能往往使人疲惫、精神压力倍增,降低生活质量,因此对人工耳蜗植入患者在测听行为中听配能的支配情况进行研究,能更全面评估其生活质量及康复效果。本研究结果显示语后聋人工耳蜗植入患者反应时间与正常听力者者相近,而语前聋人工耳蜗植入患者反应时间显著高于正常听力者,这可能是语后聋患者有一定的听觉经验并形成记忆痕迹,而语前聋患者长时间的听觉剥夺引起听觉皮层重组,所以在听觉任务中所需听配能增加。因本研究纳入例数较少且同质性欠佳,而受试者的答题习惯不同、个体差异大,这些因素都可能影响研究结果。笔者在后续研究中将增加样本

量并选用更为客观的观察指标(如瞳孔直径、脑电反应等)继续研究人工耳蜗植入患者的听配能支配情况。

4 结论

人工耳蜗植入患者对音乐音色的感知能力显著低于听力正常者,在测听任务过程中所需听配能增加,人工耳蜗植入患者呈现弥漫性错误,甚至混淆不同家族的乐器(尤其是管弦乐器之间)。对比西洋乐器,人工耳蜗植入患者对我国民族乐器的感知并无明显优势。本研究结果为设计适合我国人工耳蜗植入患者的音乐评估平台并系统全面评估其音乐感知能力和听觉认知能力提供一定参考。

参考文献:

- [1] 屈歌,于萍,李佳楠,等.人工耳蜗植入者音乐感知研究进展[J].中华耳科学杂志,2015,13(4):742-745.
Qu G, Yu P, Li JN, et al. Contemporary research on music perception in cochlear implant users[J]. Chinese Journal of Otolaryngology, 2015,13(4):742-745.
- [2] Jiam NT, Caldwell MT, Limb CJ. What does music sound like for a cochlear implant user[J]. Otol Neurotol, 2017,38(8):e240-e247.
- [3] Limb CJ, Roy AT. Technological, biological, and acoustical constraints to music perception in cochlear implant users[J]. Hear Res, 2014,308:13-26.
- [4] 刘子夜,刘博,钟佳利,等.文化差异与音乐感知的相关性分析[J].听力学及言语疾病杂志,2014,22(4):351-355.
Liu ZY, Liu B, Zhong JL, et al. The Correlation analysis on cultural differences and music perception[J]. Journal of Audiology and Speech Pathology,2014,22(4):351-355.
- [5] 冯海泓,原猛,陈友元.人工耳蜗植入者音乐感知研究[J].声学技术,2012,31(1):53-60.
Feng HG, Yuan M, Chen YY. Review of music perception of cochlear implant users[J]. Technical Acoustics,2012,31(1):53-60.
- [6] 平利川,原猛,郝昕,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.
Ping LC, Yuan M, Xi X, et al. Design of a music perception assessment system for mandarin-speaking cochlear implant users[J]. Technical Acoustics,2010,29(5):512-517.
- [7] McDermott HJ. Music perception with cochlear implants: a review[J]. Trends Amplif, 2004,8(2):49-82.
- [8] Kang R, Nimmons GL, Drennan W, et al. Development and validation of the University of Washington Clinical Assessment of Music Perception test[J]. Ear Hear, 2009,30(4):411-418.
- [9] Kong YY, Mullangi A, Marozeau J, et al. Temporal and spectral cues for musical timbre perception in electric hearing[J]. J Speech Lang Hear Res, 2011,54(3):981-994.
- [10] Galvin JJ 3rd, Fu QJ, Oba S. Effect of instrument timbre on melodic contour identification by cochlear implant users[J]. J Acoust Soc Am, 2008,124(4):EL189-195.
- [11] 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(4):349-356.
- [12] Brockmeier SJ, Fitzgerald D, Searle O, et al. The MuSIC perception test: a novel battery for testing music perception of cochlear implant users[J]. Cochlear Implants Int, 2011,12(1):10-20.
- [13] Meister H, Landwehr M, Lang-Roth R, et al. Examination of spectral timbre cues and musical instrument identification in cochlear implant recipients[J]. Cochlear Implants Int, 2014,15(2):78-86.
- [14] Prentiss SM, Friedland DR, Fullmer T, et al. Temporal and spectral contributions to musical instrument identification and discrimination among cochlear implant users[J]. World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2016,2(3):148-156.
- [15] 龚树生,王梦.影响人工耳蜗植入术后效果的相关因素[J].中国听力语言康复科学杂志,2015,13(4):241-244.
Gong SS, Wang M. Factors affecting the postoperative outcome of cochlear implantation[J]. Chinese Scientific Journal of Hearing and Speech Rehabilitation,2015,13(4):241-244.
- [16] Gagné JP, Besser J, Lemke U. Behavioral assessment of listening effort using a dual-task paradigm[J]. Trends Hear, 2017,21:2331216516687287.
- [17] Steel MM, Papsin BC, Gordon KA. Binaural fusion and listening effort in children who use bilateral cochlear implants: a psychoacoustic and pupillometric study[J]. PLoS One, 2015,10(2):e0117611.
- [18] Pals C, Sarampalis A, Baskent D. Listening effort with cochlear implant simulations[J]. J Speech Lang Hear Res, 2013,56(4):1075-1084.
- [19] Picou EM, Ricketts TA. The effect of changing the secondary task in dual-task paradigms for measuring listening effort[J]. Ear Hear, 2014,35(6):611-622.
- [20] Gordon KA, Wong DD, Papsin BC. Bilateral input protects the cortex from unilaterally-driven reorganization in children who are deaf[J]. Brain, 2013,136(Pt 5):1609-1625.

(收稿日期:2019-10-01)

本文引用格式:蔡洁青,柳依萌,姚闽云,等.人工耳蜗植入患者对西洋乐器和民族乐器感知研究[J].中国耳鼻咽喉颅底外科杂志,2019,25(5):476-481. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905006

Cite this article as:CAI Jie-qing, LIU Yi-meng, YAO Min-yun, et al. The timbre perception of western musical instruments and national instruments in cochlear implant users[J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2019,25(5):476-481. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905006