

• 主编特邀(Editor-In-Chief Invited) •

编者按:

音乐和语言都是人类意识活动的重要产物, 并对人类社会活动有无可比拟的意义。由于音乐和语言存在相似的构成要素和组织原则, 因此, 是否音乐和语言共有某种认知机制以及神经加工机制这一科学问题已成为学术界一个关注的焦点。音高既是调性音乐的一个关键要素, 也是言语的一个重要维度。先天失歌症是一种涉及音乐音高的加工障碍。探讨失歌症者在音高加工过程中的特征和机理不仅能深化音乐和语言之间的对比研究, 而且也能失语症的治疗提供必要的前提。

蒋存梅博士在其博士后工作期间潜心研究先天性失歌症者对音乐和语言音高的加工障碍, 并取得了一系列的研究成果。本综述在介绍失歌症诊断工具的基础上, 总结了失歌症者对音乐和语言音高加工的特征并探讨了可能的神经机理, 重点阐述了自己的研究工作在相应研究体系中的位置。本期刊邀请蒋存梅博士和她的合作导师杨玉芳研究员撰写此文, 是希望能给相关领域的研究者带来新的启发, 同时也希望其他领域的研究者也关注这种听觉认知障碍。

(责任编辑: 李量)

失歌症者对音乐和言语音高的加工*

蒋存梅¹ 杨玉芳²

(¹上海师范大学音乐学院, 上海, 200234) (²中国科学院心理研究所, 北京, 100101)

摘要 音高是音乐和言语领域中一个重要维度。失歌症是一种对音乐音高加工的障碍。探讨失歌症者对音乐和言语音高的加工有助于揭示音乐和言语音高加工是否共享特定的认知和神经机制。已有研究表明, 失歌症者对音乐音高加工存在障碍, 这种音高障碍在一定程度上影响到言语音高加工。同时, 声调语言背景无法弥补失歌症者的音高障碍。这些研究结果支持了资源-共享框架(resource-sharing framework), 即音乐和语言共享特定的认知和神经机制(Patel, 2003, 2008, in press), 并可能在一定程度上为失语症临床治疗提供借鉴。

关键词 先天失歌症; 音高障碍; 音乐; 言语; 音高加工

分类号 B842

作为人类社会有意识活动的产物, 音乐和语言是人类社会所特有的(Ayotte, Peretz, & Hyde, 2002; Patel, 2008)。近年来, 关于音乐和语言的对比研究引起学术界的广泛关注。以脑损伤病人对音乐和语言加工的研究为依据, 模块化观点(modularity view)认为, 音乐能力部分依赖于模块

的加工(Peretz, 2006; Peretz & Coltheart, 2003; Peretz & Morais, 1989), 尽管在言语和歌唱方面涉及多重的加工成分(Peretz, 2009)。这种模块化观点的形成主要基于音高的调性编码(tonal encoding of pitch), 强调音乐与语言并不分享共有的认知和神经加工机制。相反, 根据正常人对音乐和语言句法加工研究结果, 资源-共享框架(resource-sharing framework)认为, 尽管音乐和语言具有不同的表征, 但二者共享特定的神经机制(Patel, 2003, 2008, in press)。

音高是与知觉相关的声音频率(Warrent,

收稿日期: 2011-11-15

* 国家自然科学基金项目(31070989)资助。

通讯作者: 杨玉芳, E-mail: yangyf@psych.ac.cn

Uppenkamp, Patterson, & Griffiths, 2003)。它是音乐和言语领域中一个重要的声音维度。领域-转化效应(domain-transfer effects)研究支持资源-共享框架。研究者通过探究音乐训练或语言经验对音乐和语言声调加工的影响,验证音乐和言语音高加工之间的联系(Gottfried & Riester, 2000; Gottfried, Staby, & Ziemer, 2001; Lee & Hung, 2008; Wu & Lin, 2008)。先天失歌症(congenital amusia 下文简称为失歌症)是一种对音乐音高加工的障碍,俗称五音不全。这些失歌症者无法辨认音高之间的细微差异,唱歌走调却浑然不知。这种缺陷既不归因于脑损伤、听觉丧失、认知或社会情感的错乱,也不缘于缺少与音乐的接触(比如音乐训练、音乐欣赏活动等)(Peretz et al., 2002)。因此,对于失歌症者对音乐和言语音高的加工研究将推进音乐和语言的对比研究,这也是目前国际学术界对先天失歌症关注的主要原因。

“先天”一词似乎意味着“从出生开始呈现”(Peretz, 2008),但是,是否这种障碍是先天的,目前还未定论。这种措词更多是为了区别于获得性失歌症(acquired amusia, 也称为后天失歌症)。获得性失歌症缘于个体的脑损伤,即患者在脑损伤之前,他们具有正常的音高加工能力。

1 失歌症的诊断工具

在英国,4%的人患有失歌症(Kalmus & Fry, 1980),在美国,失歌症比率达到5%(Hyde & Peretz, 2004),根据最近的一项研究,在117名中国大学生中,失歌症发生率为3.4%(Nan, Sun, & Peretz, 2010)。

目前诊断失歌症的工具主要采用Peretz及其研究团队设计的蒙特利尔失歌症诊断测验组(Montreal Battery of Evaluation of Amusia, 简称MBEA)(Peretz, Champod, & Hyde, 2003)。这套测验主要涉及音乐的知觉和记忆,通过分辨和识别两种基本任务对被试的音乐能力进行测量。它包含6个分测验:音阶、轮廓、音程、节奏、节拍以及记忆辨认。前三个分测验属于音高层面测验,节奏和节拍属于时间层面测验。前三个分测验和节奏分测验要求被试分辨两个旋律是否相同,后两个分测验分别属于节拍识别和音调记忆任务。每个分测验包含30个旋律片段,所有旋律都属于调性音乐。除了节拍分测验外(各旋律片段平均时

长为11秒),其他分测验的旋律片段时长跨度从3.8到6.4秒,平均5.1秒(Peretz, et al., 2003)。一般来说,如果被试在六个分测验的平均成绩低于正常人成绩的两个标准差,则被诊断为失歌症者(Peretz et al., 2003)。此外,前三个旋律分测验成绩是否低于65分,也是诊断失歌症的标准之一(Liu, Patel, Fourcin, & Stewart, 2010)。由于该测验组具有较好的效度和信度,它不仅被用于诊断脑损伤病人是否患有获得性失歌症,也成为各实验室诊断先天失歌症的有效测量工具。

2 失歌症者对音乐音高的加工

2.1 失歌症者对精细音高差异的分辨

在调性音乐中,音高是音乐的重要构成因素。音乐旋律大多由小音程构成,70%相邻音为同音或1个或2个半音(Vos & Troost, 1989)。因此,音高分辨能力将在一定程度上影响高级水平的音乐结构表征(Stewart, 2011)。

第一个关于先天失歌症较为系统的个案研究来自Peretz等(2002)。莫尼卡(Monica)是一名正在攻读硕士学位的护士,自称在音乐方面具有障碍。心理物理学测验结果显示,尽管莫尼卡具有正常的听觉能力、记忆和语言技能,但她无法辨认不同的旋律,尤其在音高辨认方面具有极大的障碍,她无法感知小于一个全音的音高距离。同时,当两音配对中的第一个音重复两次,莫尼卡的音高分辨并没有得到提高。

在个案研究的基础上,Hyde和Peretz(2004)向两组被试(失歌症者和正常人各10名)呈现由五个音组成的音高序列。研究结果表明,失歌症者不能识别小于两个半音的音高差异。同时,即便Block的刺激得到重复,失歌症者的分辨也没有得到提高。Foxton, Dean, Gee, Peretz和Griffiths(2004)集中探究他们的音高分辨阈限。研究发现,与正常组相比,失歌症者对音高变化的觉察和音高方向的分辨显示出不足,分辨阈限高于一个半音。

由于以上研究所采用的被试都是以非声调语言(如英语)为母语,近年跨语言研究表明,声调语言背景对音乐音高的加工具有促进作用。Deutsch, Henthorn, Marvin和Xu(2006)的研究表明,中国中央音乐学院的学生具有绝对音高感的比例高于美国音乐学院的学生。同时,即便对于

美国音乐学院的学生, 与其他学生相比, 那些会流利说声调语言的学生具有更高的绝对音高感发生率(Deutsch, Dooley, Henthorn, & Head, 2009)。Pfordresher 和 Brown (2009) 研究表明, 以声调语言为母语的被试在音乐音高模仿和知觉能力优于母语为英语的被试。从这个角度上说, 声调语言背景可能将弥补失歌症的音乐音高缺陷。

基于此, 我们前期研究(Jiang, Hamm, Lim, Kirk, & Yang, 2011) 选取 22 名以汉语为母语的被试(失歌症者和正常被试各 11 名), 通过两音配对的分辨任务探讨失歌症者对音高差异的辨别能力。同时, 实验还通过四音序列分辨任务考察失歌症者音高加工是否存在促进效应。研究结果表明, 与非声调语言背景的失歌症者相似, 具有声调语言背景的失歌症者对两音配对和四音序列的分辨也存在障碍。虽然失歌症者对四音序列的分辨比两音配对任务更好, 但是这种提高并不意味着促进效应, 而是来源于额外的参考音及其他的音高变化线索。

2.2 失歌症者对旋律轮廓的加工

旋律轮廓实质上就是旋律线条。对于旋律轮廓的知觉, 已有研究主要围绕总体(global)和局部(local)两个因素论述(Dowling, 1978, 1998)。在旋律加工中, 音高变化方向的改变将产生轮廓的违反, 这种违反影响了旋律的总体特征; 相反, 如果旋律中某个音符发生变化, 它没有影响相邻音符的运动方向, 在这种情况下, 这种变化没有影响旋律的总体特性, 但它影响旋律的局部特性。因此, 对于音高方向的分辨是旋律轮廓加工的基础(Stewart, 2011)。

MBEA 中的轮廓和音程分测验就属于轮廓违反和轮廓保持加工任务 (Peretz, et al., 2003)。如前所述, 所有失歌症者对这两个分测验的加工都显著低于正常人。近期研究已经显示, 失歌症者对音高的短时记忆存在障碍(Gosselin, Jolicoeur, & Peretz, 2009; Tillmann, Schulze, & Foxton, 2009; Williamson & Stewart, 2010)。如果说失歌症者对 MBEA 分测验的分辨障碍是由于旋律太长(平均 5.1 秒), 导致短时记忆介入的缘故, 那么, Foxton 等(2004) 研究则进一步论证失歌症者对旋律轮廓加工的障碍。实验包含由四音组成的序列(时长 1 秒), 这些序列既有轮廓违反, 也有轮廓保持。研究发现, 失歌症者对这些旋律轮廓任务的分辨都

低于正常被试。

在此基础上, 我们前期研究(Jiang, Hamm, Lim, Kirk, & Yang, 2010)探究以汉语为母语失歌症者对旋律轮廓加工。实验刺激是由五音序列构成, 每个序列时长为 2.2 秒。实验包括分辨和识别任务。研究结果表明, 在旋律轮廓知觉方面, 失歌症者对轮廓违反和轮廓保持的分辨和识别都存在困难。

3 失歌症者对言语音高的加工

如上所述, 音高既是调性音乐的重要组成部分, 也是言语领域的一个重要维度, 它与言语中的韵律(prosody)相关。不仅如此, 对于声调语言来说, 由于字词声调直接决定着语义。已有研究结果一致表明, 失歌症者不仅对精细音高的分辨存在困难, 而且对旋律轮廓的加工也产生障碍。那么, 是否失歌症的音高加工障碍延伸到言语领域? 对这个问题的探索将有助于回答言语与音乐在认知和神经加工基础是否具有相关的问题。

3.1 失歌症者对语调的加工

Ayotte 等(2002)研究表明, 由于失歌症者对旋律分辨的障碍, 导致他们在没有歌词的情况下, 无法辨认出熟悉的歌调以及唱歌跑调。然而, 他们对西方言语(主要指非调性语言, 诸如英语、法语等)语调的辨认并不表现出异常, 但是, 失歌症者对语调的非言语配对物(即通过合成技术, 由言语语调派生出的非言语刺激)的加具有困难。为什么失歌症者在知觉音乐和言语音高方面存在如此的差异? Peretz (2002)这样解释: 语调中不同音高距离通常在 6 个半音以上, 而音乐旋律中音高差异的最小距离在一个半音。这种音高距离的差异导致失歌症者音高知觉缺陷没有影响到言语的知觉。

如果这种解释是合理的话, 那么, 失歌症者对由言语语调派生出的非言语配对物的加工应该也是正常的, 因为这些音调的音高距离完全与言语语调一样, 也在 6 个半音以上。为了验证这个假设, Patel, Foxton 和 Griffiths (2005)通过语调及其派生的非言语配对物分辨对 7 名失歌症者进行测验。结果表明, 失歌症者对非言语配对物的加工比正常人差。此外, Patel, Wong, Foxton, Lochy 和 Peretz (2008)也发现, 30%的失歌症者对句子语调分辨存在障碍, 同时, 他们对自然言语语调分

辨比非言语配对物的分辨差。

Liu 等(2010)进一步探索英语为母语失歌症者对语调分辨和识别。研究结果表明,无论是自然言语,还是非言语配对物,失歌症者对语调的分辨和识别都存在障碍,而且这些加工困难主要体现在对音高距离较小刺激的加工。

有意思的是,在语言情感韵律的敏感性实验中,Thompson (2007)发现,失歌症者的加工表现逊于正常组,研究者认为,失歌症音高知觉缺陷不仅与音乐相关,也与言语语调相关。

以上语调研究都是以非声调语言为母语的失歌症者为研究对象。近年许多跨语言研究表明,声调语言背景对言语音高的加工也具有积极的影响(Bent, Bradlow, & Wright, 2006; Chandrasekaran, Krishnan, & Gandour, 2007, 2009; Krishnan, Xu, Gandour, & Cariani, 2005; Xu, Gandour, & Francis, 2006)。此外,遗传研究表明声调语言与2个成长基因(ASPM 和 microcephalin)相关(Dediu & Ladd, 2007)。该结果验证了语言的某些属性具有遗传学基础的论断(Ladd, Dediu, & Kinsella, 2008)。

基于此,我们前期研究(Jiang et al., 2010)以汉语为母语失歌症者为研究对象,探讨他们对汉语语调的加工。汉语语调材料是由2个字组成的动宾结构短语,比如,看书、听课等。非言语材料是用 Praat 软件从语调材料中提取基频而产生的(Boersma, 2001)。通过提取,声学参数被保留而其他语言信息被消除。我们逐一生成了每一个刺激的第1个字、第2个字(包括疑问和陈述句)的非言语配对物。实验任务包括分辨和识别。研究结果显示,与非声调为母语失歌症者相似,以汉语为母语失歌症者对自然语调及其非言语配对物的加工都存在障碍。

3.2 失歌症者对汉语声调的加工

如上所述,汉语是一种声调语言,其语义的理解依赖于对于声调的知觉。比如,在汉语中,ma¹表示母亲,ma²相当于麻,ma³指的是马,而ma⁴表示责骂。为了考察非声调语言背景失歌症者对汉语声调的加工是否存在障碍,Nguyen, Tillman, Gosselin 和 Peretz (2009)使用不同声调的汉语词汇对20名法语为母语的失歌症者进行研究。实验结果显示,尽管失歌症组中只有15%的被试得分比控制组被试的平均分低2个标准差,但总体失歌症被试的知觉水平还是比控制组被试

差。Tillmann 等(2011)研究支持了Nguyen 等(2009)的结论,他们发现,不论呈现汉语或泰语声调配对,非声调语言背景失歌症者的分辨能力都低于正常控制组被试。

以上两个研究的被试不会说汉语,因此声调不会与有意义的语言相关。由于缺乏了语义参与,因此他们所表现出的加工障碍不足为奇。西方有学者推测,声调语言为母语的失歌症者可能对语言语境中的音高变化具有正常的敏感性(Stewart, 2006),或者早期就接触声调语言的经历也许能弥补这种音高障碍(Peretz, 2008)。然而,我们在之前的研究(Jiang et al., 2010)中发现,以汉语为母语的失歌症者言语语调的加工低于控制组。那么,母语为汉语的失歌症者是否对汉语声调的知觉也存在障碍。

针对这个问题,Nan 等(2010)探究22个母语为汉语的失歌症者对汉语词汇声调分辨和识别能力。研究表明,失歌症被试在声调识别任务中的表现比控制组差。此外,在声调分辨任务中,当词语不同时,失歌症被试对词语的分辨表现出障碍,但当词语相同时,失歌症被试的分辨能力正常。进一步分析结果表明,在声调识别以及不同词语分辨任务中,6名失歌症者的知觉能力显著低于其他的失歌症被试,但是,在相同词语分辨任务中,他们的加工与其他失歌症被试不具有差异。

问题是,为什么失歌症被试在词语相同任务中仍然保持着正常的分辨能力,而当词语不同时却表现出分辨力的障碍。在Nan 等(2010)研究中,两个分辨任务的最大差异在于配对的单音节词语是否具有相同的音段信息。已有研究(Lee & Nusbaum, 1993)表明,以汉语为母语的听者以一种整合的方式加工汉语的音段和超音段信息。当听者同时加工汉语刺激的两个方面,如果他们需要注意到刺激的其中一个方面,就会增加选择性注意的难度(Garner, 1970)。从这个角度上说,Nan 等(2010)研究中发现的分辨任务上的差异可能体现出失歌症者“注意控制的障碍”。因此,母语为汉语的失歌症者是否存在汉语声调加工障碍还需进一步探究。

范畴知觉反映出言语的基本特性(Chang et al., 2010; Liberman, Cooper, Shankweiler, & Studdert-Kennedy, 1967; Patel, 2008)。同时,跨语言研究结果表明,母语为汉语的听者对汉语声调

的知觉具有范畴性,而非声调语言为母语的听者并不呈现出声调知觉的范畴性(Chan, Chuang, & Wang, 1975; Peng et al., 2010; Wang, 1976; Xu et al., 2006)。由此,我们采用传统范畴知觉范式中的识别和辨别任务,通过两组声调连续体(Tone 1-Tone 2, Tone 1-Tone 4)探讨汉语为母语失歌症者对声调的加工(Jiang, Hammn, Lim, Kirk, & Yang, under review)。研究结果表明,与正常人不同,失歌症者对范畴内和范畴间配对的分辨不具有差异,由此导致两组的分辨峰度存在差异。该结果暗示失歌症者对声调的知觉是连续的,不具有范畴性。

值得补充的是,几乎所有失歌症者都报告他们唱歌经常走调。是否失歌症者对音高的知觉障碍影响到他们的歌唱?研究表明,失歌症者对熟悉曲调的歌唱具有困难(Ayotte et al., 2002; Dalla Bella, Giguere, & Peretz, 2009),而且失歌症者的歌唱能力与音高知觉能力相关(Bella, et al., 2009)。然而, Loui, Guenther, Mathys 和 Schlaug (2008)发现,尽管失歌症者对于音高方向的分辨具有障碍,但是,他们具有正常的音高方向模仿能力。为了进一步考察这个问题, Hutchins, Zarate, Zatorre 和 Peretz (2010)让被试模唱(vocal pitch matching)听到的音高。研究表明,失歌症者对音高的模唱能力显著低于控制组被试。

这种歌唱能力的障碍是否影响失歌症者的言语产生? Liu 等(2010)发现,非声调语言背景失歌症者对语调的模仿具有困难。然而, Nan 等(2010)的研究认为,以汉语为母语失歌症者能够读出和重复汉语声调。五音不全(tone-deaf)的个案研究(Dalla Bella, Berkowska, & Sowinski, 2011)进一步表明,尽管五音不全者存在歌唱障碍,但是,他们具有正常的言语产生能力。显然,关于这个问题的研究将进一步揭示音乐歌唱和言语产生是否共享特定的认知和神经加工机制。

4 失歌症者对音高加工的神经基础

众所周知,音乐加工是大脑颞叶的功能之一,音高加工主要定位在右脑听觉皮层,但是,如上所述,个案结果表明功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, 简称 fMRI)并没有揭示出失歌症者在听觉皮层的加工异常(Peretz et al., 2002)。这无疑加大了失歌症神经机制研究的

难度。

Peretz, Brattico 和 Tervaniemi (2005) 运用事件相关电位(event-related potential, 简称 ERP)考察失歌症者对音乐音高的加工。结果表明,失歌症者在 N100 上并没有表现出异常。但是,与正常组相比,失歌症者在 N200 和 P300 上呈现出更大的振幅,尤其表现在音程距离较大的音调中。研究者认为这可能由于任务的难度造成的,并不是失歌症者音高加工障碍的真正原因。该研究暗示了失歌症者音高加工的神经异常可能不发生在听觉皮层。

此外, Hyde, Zatorre, Griffiths, Lerch 和 Peretz (2006)发现,与正常组相比,在右脑额下回(inferior frontal gyrus) (BA47)区域,失歌症者大脑白质浓度减少,灰质浓度增多。在另一个研究中, Hyde 等(2007)还发现,失歌症者右脑额下回和听觉区域的皮层比正常组更厚。研究者认为,失歌症者皮层异常(诸如不正常的神经元迁移)可能危害右脑额颞部位的神经通道。尽管 Mandell, Schulze 和 Schlaug (2007)的研究结论有些不同,即在左脑颞上沟(superior temporal sulcus, 简称 STS) (BA22)和 IFG (BA47)区域,失歌症者大脑灰质浓度明显减少,但研究者认为,两个研究结果的差异归因于如下原因:第一,通过改变胼胝体纤维的成分,大脑某一侧的灰质数量可能间接影响另一侧相同区域的白质数量;第二,潜在的神经异常是双侧的,由于被试的数量和分析技术的差异,它对白质和灰质的影响亦存在差异(Mandell et al., 2007)。

在前期 ERP 研究基础上, Peretz, Brattico, Jarvenpaa 和 Tervaniemi (2009)再次运用 ERP 技术探究失歌症者大脑对音高加工是否存在异常。研究表明,失歌症者大脑已具备正常的加工音高差异的神经回路。由于失歌症者大脑没有引发出晚期 P600 脑电成分,研究者认为失歌症者的早期音高加工并没有导向晚期高级、意识参与的加工阶段。这也是失歌症者大脑对音高加工与正常人大脑加工的差异。

近年成像研究还发现,失歌症者的弓形纤维束比正常人少(Loui, Alsop, & Schlaug, 2009)。同时,失歌症者右侧额下回与相对应听觉皮层的联系出现异常(Hyde, Zatorre, & Peretz, 2011)。该研究结果进一步证实,失歌症者大脑已具备正常的

加工音高差异的神经回路。

以上关于失歌症者对音高加工的神经基础研究都集中在对音乐音高的加工,但是,尚未出现失歌症者对言语音高加工的神经基础研究。因此,我们前期研究(Jiang et al., under review)通过ERP技术,探讨失歌症者对汉语言语的理解。实验材料包含112个问答句对。每个句对出现两次,答句句尾分别以陈述和疑问语气朗读,由此形成224个句对。尽管每句对两个条件的文字相同,但是其中一半句对句尾的语调是合适的,另一半语调是不合适的。被试需要对答句语调合适性进行判断。研究结果表明,在言语理解中,失歌症者对判断语调合适性存在困难。当控制组被试对不合适语调引发出较大的P600和较小的N100效应,失歌症被试对语调合适和不合适两个条件的脑电反应不具有差异。该研究暗示,音乐和言语的音高加工可能在一定程度上共享特定的认知和神经机制。

5 结论及展望

不可否认,近十年来,失歌症的音高加工研究取得一定的进展。已有研究一致认为,不论失歌症者是以非声调语言,还是声调语言为母语,他们都存在对音乐音高加工的障碍。即便在失歌症音高障碍是否延伸到语言领域问题上,已有研究存在一些差异,但是,近三年失歌症者对言语音高加工研究都表明,失歌症者的音高障碍已经在一定程度上影响到他们的言语加工。同时,我们的系列研究(Jiang et al., 2010, 2011; Jiang et al., under review; Jiang et al., under review)以及Nan等(2010)研究都发现,声调语言背景并不弥补失歌症的音高障碍,而且,这种障碍也已经影响声调语言为母语失歌症者对言语音高的加工。

尽管如此,学界对失歌症的研究尚属开端阶段,关于失歌症音高障碍的本质还未定论,许多问题还需进一步探索。

第一,失歌症的音乐训练效应。如上所述,Peretz等人(2002)个案研究显示,失歌症者的音高加工障碍与音乐训练无关。换句话说,无论音乐教育如何参与,失歌症者的音高加工缺陷都难以提高。上述论调引起国际上许多音乐教育者的反对。事实上,从神经学角度来说,早期的听觉经历将不同程度地影响大脑听觉皮层的结构和功能

(Schlaug, 2004)。尽管一些关于失歌症的研究试图在实验设计中加入音乐训练的因素,但结果都不能提供具有说服力的实证依据。由于音乐训练变量难以控制,因此,对这个问题的最终定论还有待于今后的研究。

第二,失歌症者的音高记忆。音高知觉与记忆密不可分(Deutsch, 1982)。已有行为研究已经表明,失歌症者对音乐音高的记忆存在障碍(Gosselin, et al., 2009; Tillmann et al., 2009; Williamson & Stewart, 2010)。这种音高记忆障碍似乎并不完全源自对音高知觉的缺陷,但失歌症者的记忆容量局限似乎增加了他们的音高障碍(Gosselin et al., 2009; Williamson & Stewart, 2010)。类似地,本目前期研究(Jiang et al., 2011)也发现,参考音的重复并不对失歌症者的音高加工具有促进作用。因此,失歌症者的音高记忆值得进一步研究。

第三,失歌症的遗传学基础。近年来,学界开始出现关于失歌症的遗传学研究。Drayna, Manichaikul, Lange, Snieder 和 Spector (2001)通过双生子探究基因和环境对音乐音高加工能力的作用。研究结果表明,失歌症者对音乐音高知觉能力的差异在很大程度上缘于遗传的差异。类似地,在9名失歌症者的家庭中,Peretz, Cummings 和 Dubé (2007)也发现遗传因素对失歌症的影响。尽管如此,真正具有创新性的失歌症基因研究结果尚未出现,这有待于今后跨学科的研究合作。

总之,对于失歌症者音高加工的研究将揭示失歌症音高障碍的本质,为音乐教育提供重要依据,同时,对于失歌症者音高加工的研究将深化音乐和语言的对比研究。上述研究结果支持了资源-共享框架(resource-sharing framework),即音乐和语言共享特定的认知和神经机制(Patel, 2003, 2008, in press),并可能在一定程度上为失语症临床治疗提供借鉴。

参考文献

- Ayotte, J., Peretz, I., & Hyde, K. (2002). Congenital amusia: A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, 125, 238-251.
- Bent, T., Bradlow, A. R., & Wright, B. A. (2006). The influence of linguistic experience on the cognitive processing of pitch in speech and nonspeech sounds. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception*

- and Performance*, 32(1), 97–103.
- Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9-10), 341–345.
- Chan, S. W., Chuang, C. K., & Wang, W. S. Y. (1975). Cross-linguistic study of categorical perception for lexical tone. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, S119–S119.
- Chandrasekaran, B., Krishnan, A., & Gandour, J. T. (2007). Experience-dependent neural plasticity is sensitive to shape of pitch contours. *Neuroreport*, 18(18), 1963–1967.
- Chandrasekaran, B., Krishnan, A., & Gandour, J. T. (2009). Relative influence of musical and linguistic experience on early cortical processing of pitch contours. *Brain and Language*, 108(1), 1–9.
- Chang, E. F., Rieger, J. W., Johnson, K., Berger, M. S., Barbaro, N. M., & Knight, R. T. (2010). Categorical speech representation in human superior temporal gyrus. *Nature Neuroscience*, 13(11), 1428–1432.
- Dalla Bella, S., Giguère, J. F., & Peretz, I. (2009). Singing in congenital amusia. *Journal of the Acoustical Society of America*, 126(1), 414–424. doi: 10.1121/1.3132504.
- Dalla Bella, S., Berkowska, M., & Sowinski, J. (2011). Disorders of pitch production in tone deafness. *Frontiers in Psychology*, 2, 164.
- Dediu, D., & Ladd, D. R. (2007). Linguistic tone is related to the population frequency of the adaptive haplogroups of two brain size genes, *ASPM* and *Microcephalin*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104(26), 10944–10949.
- Deutsch, D. (Ed.). (1982). *The Psychology of Music* (1st ed.). New York: Academic Press.
- Deutsch, D., Dooley, K., Henthorn, T., & Head, B. (2009). Absolute pitch among students in an American music conservatory: Association with tone language fluency. *Journal of the Acoustical Society of America*, 125, 2398–2403.
- Deutsch, D., Henthorn, T., Marvin, E., & Xu, H. (2006). Absolute pitch among American and Chinese conservatory students: Prevalence differences, and evidence for a speech-related critical period. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119(2), 719–722.
- Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. *Psychological Review*, 85, 341–354.
- Dowling, W. J. (1998). Dichotic recognition of musical canons: Effects of leading ear and time lag between ears. *Percept Psychophys*, 23, 321–325.
- Drayna, D., Manichaikul, A., de Lange, M., Snieder, H., & Spector, T. (2001). Genetic correlates of musical pitch recognition in humans. *Science*, 291, 1969–1971.
- Foxton, J. M., Dean, J. L., Gee, R., Peretz, I., & Griffiths, T. D. (2004). Characterization of deficits in pitch perception underlying 'tone deafness'. *Brain*, 127, 801–810.
- Garner, W. R. (1970). The stimulus in information processing. *American Psychologist*, 25, 350–358.
- Gosselin, N., Jolicoeur, P., & Peretz, I. (2009). Impaired memory for pitch in congenital amusia. In S. DallaBella, N. Kraus, K. Overy, C. Pantev, J. S. Snyder, M. Tervaniemi et al. (Eds.), *Neurosciences and Music Iii: Disorders and Plasticity* (Vol. 1169, pp. 270–272).
- Gottfried, T. L., & Riester, D. (2000). Relation of pitch glide perception and mandarin tone identification. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 2604.
- Gottfried, T. L., Staby, A. M., & Ziemer, C. J. (2001). Musical experience and mandarin tone discrimination and imitation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 2545.
- Hutchins, S., Zarate, J. M., Zatorre, R. J., & Peretz, I. (2010). An acoustical study of vocal pitch matching in congenital amusia. *Journal of the Acoustical Society of America*, 127(1), 504–512. doi: 10.1121/1.3270391
- Hyde, K. L., Lerch, J. P., Zatorre, R. J., Griffiths, T. D., Evans, A. C., & Peretz, I. (2007). Cortical thickness in congenital amusia: When less is better than more. *Journal of Neuroscience*, 27(47), 13028–13032.
- Hyde, K. L. & Peretz, I. (2004). Brains that are out of tune but in time. *Psychological Science*, 15(5), 356–360.
- Hyde, K. L., Zatorre, R. J., Griffiths, T. D., Lerch, J. P., & Peretz, I. (2006). Morphometry of the amusic brain: A two-site study. *Brain*, 129, 2562 – 2570. doi: 10.1093/brain/aw1204
- Hyde, K. L., Zatorre, R. J., & Peretz, I. (2011). Functional MRI evidence of an abnormal neural network for pitch processing in congenital amusia. *Cerebral Cortex*, 21, 292–299.
- Jiang, C., Hammn, J., Lim, V., Kirk, I., Chen, X., & Yang, Y. (under review). Abnormal Speech Comprehension of Tonal Language Information in Congenital Amusics.
- Jiang, C., Hamm, J. P., Lim, V. K., Kirk, I. J., & Yang, Y. (2010). Processing melodic contour and speech intonation in congenital amusics with Mandarin Chinese. *Neuropsychologia*, 48(9), 2630–2639.
- Jiang, C., Hamm, J. P., Lim, V. K., Kirk, I. J., & Yang, Y. (2011). Fine-grained pitch discrimination in congenital amusics with Mandarin Chinese. *Music Perception*, 28(5), 519–526.
- Jiang, C., Hammn, J., Lim, V., Kirk, I., & Yang, Y. (under review). Impaired Categorical Perception of Lexical Tone in Mandarin Speaking Congenital Amusics.
- Kalmus, H., & Fry, D. B. (1980). On tune deafness

- (dysmelodia): Frequency, development, genetics and musical background. *Annals Human Genetics*, 43(4), 369–382.
- Krishnan, A., Xu, Y. S., Gandour, J. T., & Cariani, P. (2005). Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience. *Brain Research Cognitive Brain Research*, 25(1), 161–168.
- Ladd, D. R., Dediu, D., & Kinsella, A. R. (2008). Languages and genes: Reflections on biolinguistics and the nature-nurture question. *Biolinguistics*, 2(1), 114–126.
- Lee, C. Y., & Hung, T. H. (2008). Identification of Mandarin tones by English-speaking musicians and nonmusicians. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124(5), 3235–3248.
- Lee, L., & Nusbaum, H. C. (1993). Processing interactions between segmental and suprasegmental information in native speakers of English and Mandarin Chinese. *Perception & Psychophysics*, 53(2), 157–165.
- Lieberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74(6), 431–461.
- Liu, F., Patel, A. D., Fourcin, A., & Stewart, L. (2010). Intonation processing in congenital amusia: Discrimination, identification and imitation. *Brain*, 133, 1682–1693.
- Loui, P., Alsop, D., & Schlaug, G. (2009). Tone deafness: A new disconnection syndrome? *Journal of Neuroscience*, 29, 10215–10220.
- Loui, P., Guenther, F. H., Mathys, C., & Schlaug, G. (2008). Action-perception mismatch in tone-deafness. *Current Biology*, 18(8), R331–R332. doi: 10.1016/j.cub.2008.02.045
- Mandell, J., Schulze, K., & Schlaug, G. (2007). Congenital amusia: An auditory-motor feedback disorder? *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 323–334.
- Nan, Y., Sun, Y. N., & Peretz, I. (2010). Congenital amusia in speakers of a tone language: Association with lexical tone agnosia. *Brain*, 133, 2635–2642.
- Nguyen, S., Tillmann, B., Gosselin, N., & Peretz, I. (2009). Tonal Language Processing in Congenital Amusia. In S. DallaBella, N. Kraus, K. Overy, C. Pantev, J. S. Snyder, M. Tervaniemi et al. (Eds.), *Neurosciences and Music Iii: Disorders and Plasticity* (Vol. 1169, pp. 490–493).
- Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6(7), 674–681.
- Patel, A. D. (2008). *Music, language, and the brain*. New York: Oxford University Press.
- Patel, A. D. (in press). Language, music, and the brain: A resource-sharing framework. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. Hawkins, & I. Cross (Eds.), *Language and music as cognitive systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Patel, A. D., Foxton, J. M., & Griffiths, T. D. (2005). Musically tone-deaf individuals have difficulty discriminating intonation contours extracted from speech. *Brain and Cognition*, 59(3), 310–313.
- Patel, A. D., Wong, M., Foxton, J., Lochy, A., & Peretz, I. (2008). Speech intonation perception deficits in musical tone deafness (congenital amusia). *Music Perception*, 25(4), 357–368.
- Peng, G., Zheng, H. Y., Gong, T., Yang, R. X., Kong, J. P., & Wang, W. S. Y. (2010). The influence of language experience on categorical perception of pitch contours. *Journal of Phonetics*, 38(4), 616–624.
- Peretz, I. (2002). Brain specialization for music. *The Neuroscientist*, 8, 372–380.
- Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100, 1–32.
- Peretz, I. (2008). Musical disorders: From behavior to genes. *Current Directions in Psychological Science*, 17(5), 329–333.
- Peretz, I. (2009). Music, language and modularity framed in action. *Psychologica Belgica*, 49(2-3), 157–175.
- Peretz, I., Ayotte, J., Zatorre, R. J., Mehler, J., Ahad, P., Penhune, V. B., et al. (2002). Congenital amusia: A disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron*, 33(2), 185–191.
- Peretz, I., Brattico, E., Järvenpää, M., & Tervaniemi, M. (2009). The amusic brain: In tune, out of key, and unaware. *Brain*, 132, 1277–1286.
- Peretz, I., Brattico, E., & Tervaniemi, M. (2005). Abnormal electrical brain responses to pitch in congenital amusia. *Annals of Neurology*, 58(3), 478–482.
- Peretz, I., Champod, A. S., & Hyde, K. (2003). Varieties of musical disorders: The Montreal battery of evaluation of amusia. In G. Avanzini, C. Faienza, D. Minciocchi, L. Lopez, & M. Majno (Eds.), *Neurosciences and Music* (Vol. 999, pp. 58–75).
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688–691.
- Peretz, I., Cummings, S., & Dubé, M. P. (2007). The genetics of congenital amusia (tone deafness): A family-aggregation study. *American Journal of Human Genetics*, 81(3), 582–588.
- Peretz, I., & Morais, J. (1989). Music and modularity. *Contemporary Music Review*, 4, 277–291.
- Pfordresher, P. Q., & Brown, S. (2009). Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Attention Perception Psychophysics*, 71(6), 1385–1398.
- Schlaug, G. (2004). The brain of musicians. In I. Peretz & R.

- Zatorre (Eds.), *The Cognitive neuroscience of music* (pp. 366–382). New York: Oxford University Press.
- Stewart, L. (2006). Congenital amusia. *Current Biology*, *16*, R904–R905.
- Stewart, L. (2011). Characterizing congenital amusia. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(4), 625–638.
- Thompson, W. F. (2007). *Exploring variants of amusia: Tone deafness, rhythm impairment, and intonation insensitivity*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Music Communication Science.
- Tillmann, B., Burnham, D., Nguyen, S., Grimault, N., Gosselin, N., & Peretz, I. (2011). Congenital amusia (or tone-deafness) interferes with tone language perception. *Frontiers in Psychology*, *2*, doi: 10.3389/fpsyg.2011.00120.
- Tillmann, B., Schulze, K., & Foxton, J. M. (2009). Congenital amusia: A short-term memory deficit for non-verbal, but not verbal sounds. *Brain and Cognition*, *71*(3), 259–264.
- Vos, P. G., & Troost, J. M. (1989). Ascending and descending melodic intervals: Statistical findings and their perceptual relevance. *Music Perception*, *6*, 383–396.
- Wang, W. S. Y. (1976). Language change. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *280*(OCT28), 61–72.
- Warrent, J. D., Uppenkamp, S., Patterson, R. D., & Griffiths, T. D. (2003). Separating pitch chroma and pitch height in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*, 10038–10042.
- Williamson, V. J., & Stewart, L. (2010). Memory for pitch in congenital amusia: Beyond a fine-grained pitch discrimination problem. *Memory*, *18*(6), 657–669.
- Wu, X. H., & Lin, H. (2008). Perception of mandarin tones by mandarin and English listeners. *Journal of Chinese Language and Computing*, *18*(4), 175–187.
- Xu, Y. S., Gandour, J. T., & Francis, A. L. (2006). Effects of language experience and stimulus complexity on the categorical perception of pitch direction. *Journal of the Acoustical Society of America*, *120*(2), 1063–1074.

Pitch Processing of Music and Speech in Congenital Amusia

JIANG Cun-Mei¹; YANG Yu-Fang²

⁽¹⁾ Music College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

⁽²⁾ Institute of Psychology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China)

Abstract: Pitch processing is an important dimension in music and speech. Congenital amusia is a deficit in the perception and production of musical pitch. Testing the pitch processing of music and speech in amusia helped clarify the question of whether or not music and language share cognitive and neural resources. It has been shown that amusics have problems in processing musical pitch, and the pitch deficits have affected their pitch processing of speech. Moreover, tonal language experience may not compensate for pitch deficits in amusia. The findings support the resource-sharing framework suggesting shared cognitive and neural resources in music and language (Patel, 2003, 2008, in press), and may provide evidence for clinical practice in aphasia to a certain extent.

Key words: congenital amusia; pitch deficits; music; speech; pitch processing