

# 失歌症者音高加工的行为 和神经基础研究述评

| 文 > 蒋存梅

“Congenital amusia”一词可译为先天失歌症(下文简称为失歌症),俗称五音不全。这是一种对音乐音高加工的障碍表现。这些失歌症者无法辨认音高之间的细微差异,唱歌走调自己却浑然不知。在他们看来,所有歌曲听起来都是一样的。而在他们的家庭中,至少有一位成员也有类似情况。长期以来,失歌症不仅困扰着失歌症者,而且它还是音乐教育和音乐心理学界难以逾越的问题之一。近十几年来,失歌症者的音高加工成为西方音乐心理学界的热点问题。在中国,五音不全现象并不少见,但是针对这一现象的研究目前尚未出现。基于失歌症研究对音乐教育和音乐心理学的重要意义,对失歌症的研究就显得十分迫切。

在英国,有4%的人患有失歌症,而在美国的失歌症比率则达到5%。“先天”一词似乎意味着“从出生开始呈现”,但是,是否这种障碍是先天的,目前还在争议之中。然其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,并不属于失歌症者。先天失歌症本质上属于发展性的音高加工障碍,即发展性失歌症(devel-

opmental amusia)。据伊莎贝尔·佩雷兹(Isabelle Peretz)等人的个案研究,先天失歌症是一种终生的缺陷,它既不归因于脑损伤、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)。

佩雷兹及其研究团队设计了蒙特利尔

① 国内心理学界有学者将“amusia”译为失乐症,笔者觉得欠妥。尽管失歌症者存在音高加工障碍,但研究显示,他们并不失去对音乐情感的把握能力。(参见 McDonald, C., & Stewart, L., “Uses and functions of music in congenital amusia”, *Music Perception*, 25(4), 2008, pp. 345-355.)

② Stewart, L. & Walsh, V., “Congenital amusia: All the songs sound the same”, *Current Biology*, 12(12), 2002, pp. 420-421.

③ Kalmus, H., & Fry, D. B., “On tune deafness (dysmelodia): Frequency, development, genetics and musical background”, *Annals of the Human Genetics*, 43(4), 1980, pp. 369-382.

④ Hyde, K. L., & Peretz, I., “Brain that are out of tune but in time”, *Psychological Science*, 15(5), 2004, pp. 356-360.

⑤ Peretz, I., Gosselin, N., Tillmann, B., Cuddy, J. L., Gagnon, B., Trimmer, C. G., Paquette, S., & Bouchard, B., “On-line identification of congenital amusia”, *Music Perception*, 25(4), 2008, pp. 331-343.

⑥ Peretz, I., Ayotte, J., Zatorre, R. J., Mehler, J., Ahad, P., Penhune, V. B., & Jutras, B., “Congenital amusia: A disorder of fine-grained pitch discrimination”, *Neuron*, 33(2), 2002, pp. 185-191.

失歌症诊断测验组(Montreal Battery of Evaluation of Amusia,简称 MBEA)。这个测验组包含 6 个分测验:旋律轮廓、音程、音阶、节奏、节拍以及记忆辨认。前四个分测验各包含 31 项的旋律分辨任务,后两个分测验则包含 30 项的识别任务。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,也成为目前全世界各实验室诊断先天失歌症的有效测量工具。

已有关于失歌症的研究主要集中于失歌症者的行为和神经基础研究。在下文中,笔者将就这些研究进行述评。

## 一、失歌症者音高加工的行为研究

### (一) 失歌症者无法感知音高之间的细微差异

第一例关于先天失歌症较为系统的个案研究来自佩雷兹及其团队。研究报告了一名中年妇女,名叫莫尼卡(Monica)。她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。研究者发现,她的智商达到 111,居于中上水平。脑成像显示结果正常。据莫尼卡自述,从儿童到少年时期,她一直是教堂合唱队队员,高中还参加过学校乐队。研究者通过多项测验(即 MBEA 的前身)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,无法感知小于一个全音的音高距离。

在个案研究的基础上,杰西卡·福克斯通(Jessica M Foxton)等以 10 名失歌症者为被试对象,探究他们的音高知觉能力。在音高分辨阈限、音调辨认(四个音一组)、声部分辨(pitch stream segregation task)三个实验任务中,研究者发现,与正常组相比失歌症者在音高分辨和音调辨认方面显示出不足,分辨阈限高于一个半音(即阈限处于两个半音

的音高距离),但声部分辨表现正常。该结果验证了细微的音高差异是失歌症者知觉上的障碍。

失歌症者无法分辨音乐音高之间的细微差异,这个结论已经得到许多实验的支持,目前已成定论。但是,失歌症者在节奏加工方面是否也存在障碍?据海德·克莉丝塔(Krista L.Hyde)等人的研究结果显示,失歌症者并不存在节奏的知觉障碍。<sup>⑦</sup>然而,福克斯通等人的研究则得出相反的结论。<sup>⑧</sup>笔者认为,不同的结论缘于两个实验刺激的差异。海德等人使用的实验刺激仅仅存在节奏的变化,音高始终不变。然而,在福克斯通等人的研究中,实验刺激既包含节奏变化,也包含音高的变化。从某种意义上说,这里节奏知觉的不足可能缘于音高的变化,即音高加工的障碍影响到节奏的加工。当然,对这个问题的定论有待于今后进一步研究。

### (二) 失歌症者的音高知觉缺陷是否仅限于音乐领域?

音高既是音乐的一个构成要素,也是语言领域的一个重要维度。对于言语来说,音高变化直接影响到言语韵律。人们常常将音

<sup>⑦</sup> Peretz,I.,Champod,A.S.& Hyde,K.,“Varieties of musical disorders: The montreal battery of evaluation of amusia”,*Ann.N.Y.Acad.Sci.*,999(1),2003,pp.58-75.

同注。

Foxton,J.M.,Dean,J.L.,Gee,R.,Peretz,I.& Griffiths,T.,“Characterisation of deficits in pitch perception underlying ‘tone deafness’”,*Brain*,127(4),2004,pp.801-810.

Hyde,K.L.& Peretz,I.,“‘Out-of-pitch’ but still ‘in-time’”. An auditory psychophysical study in congenital amusic adults.”*Ann.N.Y.Acad.Sci.*,999 (1),2003,pp.173-176;Mc Donald,C.& Stewart,L.,“Uses and functions of music in congenital amusia”,*Music Perception*,25(4),2008,pp.345-355.

<sup>⑧</sup> 同注 中第 1 篇文章。

<sup>⑨</sup> Foxton,J.M.,Nandy,R.K.& Griffiths,T.D.,“Rhythm deficits in ‘tone-deafness’”,*Brain and Cognition*,62(1),2006,pp.24-29.

乐的旋律轮廓与言语的语调相类比。既然有研究已经得出失歌症者在分辨细微音高差异方面具有困难,那么这种缺陷是否也体现在言语领域?

由于失歌症者音高分辨的局限,导致他们在没有歌词的情况下无法辨认出熟悉的歌调,同时也导致他们唱歌跑调。<sup>⑬</sup>然而,他们对西方语言(主要指非调性语言,诸如英语、法语等)语调的辨认并未表现出异常。<sup>⑭</sup>那么,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?佩雷兹是这样解释的:语调中不同音高距离通常在六个半音以上,而音乐旋律中音高差异的最小距离则为一个半音。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。<sup>⑮</sup>

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音调片断(music-like pattern)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,也在六个半音以上。为了验证这个假设,帕特尔(Aniruddh D Patel)等人以语调及其派生的音调片断的分辨作为实验任务,对7名失歌症者进行测验。结果表明,失歌症者对音调的分辨较差。<sup>⑯</sup>此外,帕特尔等人还对10名英国失歌症者和11名加拿大失歌症者进行了考察。实验结果显示,30%的失歌症者对句子语调分辨弱于音调片断的分辨。<sup>⑰</sup>有意思的是,在语言情感韵律的敏感性实验中,汤普森·威廉(William F Thompson)发现,在47名被试中,失歌症者的操作表现逊于正常组。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。<sup>⑱</sup>

显然,以上研究结论存在矛盾和冲突。这些研究都以非声调语言为母语的失歌症者为被试(比如英语和法语)。近年来,许多研究结果表明声调语言背景对正常人音高加工具有积极影响。<sup>⑲</sup>由此,笔者在中国科学院心理研

究所的博士后研究项目,以汉语背景下失歌症者音乐和语言音高加工为研究中心,并与新西兰奥克兰大学和英国伦敦大学的心理

<sup>⑬</sup> Ayotte, J., Peretz, I. & Hyde, K., "Congenital amusia: A group study of adults afflicted with a music-specific disorder", *Brain*, 125(2), 2002, pp. 238-251.

<sup>⑭</sup> 同注、⑬。

<sup>⑮</sup> Peretz, I., "Brain specialization for music", *The Neuroscientist*, 8(4), 2002, pp. 372-380.

<sup>⑯</sup> Patel, A.D., Foxton, J.M. & Griffiths, T.D., "Musically tone-deaf individuals have difficulty discriminating intonation contours extracted from speech", *Brain and Cognition*, 59(3), 2005, pp. 310-313.

<sup>⑰</sup> Patel, A.D., Wong, M., Foxton, J.M., Lochy, A. & Peretz, I., "Speech intonation perception deficits in musical tone deafness", *Music perception*, 25(4), 2008, pp. 357-368.

<sup>⑱</sup> Thompson, W.F., "Exploring variants of amusia: Tone deafness, rhythm impairment, and intonation insensitivity", *Paper presented at the International Conference on Music Communication Science*, Sydney, Australia, 2007.

<sup>⑲</sup> Bent, T., Bradlow, A.R. & Wright, B.A., "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), 2006, pp. 97-103; Chandrasekaran, B., Krishnan, A. & Gandour, J.T., "Mismatch negativity to pitch contours is influenced by language experience", *Brain Research*, 1128(1), 2007, pp. 148-156; Chandrasekaran, B., Krishnan, A. & Gandour, J.T., "Experience dependent neural plasticity is sensitive to shape of pitch contours", *Neuroreport*, 18(18), 2007, pp. 1963-1967; Chandrasekaran, B., Krishnan, A. & Gandour, J.T., "Relative influence of musical and linguistic experience on early cortical processing of pitch contours", *Brain and Language*, 2(1), 2008, pp. 1-9; Krishnan, A., Xu, Y., Gandour, J.T. & Cariani, P., "Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience", *Brain Research Cognitive Brain Research*, 25(1), 2005, pp. 161-168; Xu, Y., Gandour, J.T. & Francis, A.L., "Effects of language experience and stimulus complexity on the categorical perception of pitch direction", *Journal of the Acoustical Society of America*, 120(2), 2006, pp. 1063-1074.

学学者开展研究合作。我们的研究团队在2009年对汉语背景失歌症者对音乐和语言音高加工能力进行考察。目前行为研究结果显示,以汉语为母语的失歌症者不仅在音乐音高加工存在障碍,而且这种障碍已经波及到汉语言语的加工。该结论暗示了潜藏在失歌症者音高加工神经基础的复杂性以及基因研究的重要性。

## 二、失歌症者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,但如上的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。<sup>⑩</sup>这无疑加大了失歌症神经机制研究的难度。

在8名失歌症者和10名正常人组成的被试中,通过21个音调片断(每个片断均包含5个音高),佩雷兹等人运用事件相关电位(event-related potential,简称ERP)分析得出,对于一个半音之内的音高变化,失歌症者的脑电没有反应。同时,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。<sup>⑪</sup>为了探索失歌症者的大脑皮层,海德等人运用像素形态分析技术(voxel-based morphometry,简称VBM)探究失歌症者的大脑中白质(white matter)与灰质(grey matter)分布浓度。研究表明,与正常组相比,在右脑额下回(inferior frontal gyrus,简称IFG)(BA47)区域,失歌症者大脑白质浓度减少,灰质浓度增多。<sup>⑫</sup>在另一项研究中海德等人

又发现,失歌症者右脑IFG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)可能会危害右脑额颞部位的神经通道。<sup>⑬</sup>

然而,曼德尔·杰克(Jake Mandell)等人运用VBM技术却得出不同的结论。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。曼德尔等人对两项研究结果的差异进行解释:第一,通过改变经胼胝体纤维的成分,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。<sup>⑭</sup>

最近,在前期ERP研究的基础上,佩雷兹等人以160个旋律片断为刺激,再次运用ERP技术探究失歌症者大脑音高加工的异常。研究表明,失歌症者大脑已具备正常的加工细微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

<sup>⑩</sup> 同注。

<sup>⑪</sup> Peretz, I., Brattico, E. & Tervaniemi, M., "Abnormal electrical brain responses to pitch in congenital amusia", *Ann Neurol*, 58(3), 2005, pp. 478-482.

<sup>⑫</sup> Hyde, K.L., Zatorre, R.J., Griffiths, T.D., Lerch, J.P. & Peretz, I., "Morphometry of the amusic brain: A two-site study", *Brain*, 129(10), 2006, pp. 2562-2570.

<sup>⑬</sup> Hyde, K.L., Lerch, J.P., Zatorre, R.J., Griffiths, T.D., Evans, A.C. & Peretz, I., "Cortical thickness in congenital amusia: When less is better than more", *The Journal of Neuroscience*, 27(47), 2007, pp. 13028-13032.

<sup>⑭</sup> Mandell, J., Schulze, K., Schlaug, G., "Congenital amusia: An auditory-motor feedback disorder?" *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25(3-4), 2007, pp. 323-334.

加工的差异之处。<sup>25</sup>

有趣的是,近年来学界开始出现关于失歌症的遗传学研究。卓亚纳·丹尼斯(Dennis Drayna)等人以双生子来探究基因和环境对音乐音高加工能力的作用。研究者以136名同卵双生子和148名异卵双生子为被试对象,运用DTT(Distorted Tunes Test)进行测验。研究结果表明,对于同卵双生子来说DTT的成绩相关系数是.67,异卵双生子的相关系数是.44。该研究暗示了音乐音高知觉能力的差异在很大程度上缘于遗传的差异。<sup>26</sup>在9名失歌症者的家庭中,佩雷兹等人选取71名成员进行测试,研究结果也验证遗传因素对失歌症的作用。<sup>27</sup>

### 三、未来的研究趋势

以上研究无论是从行为,还是从神经基础角度出发来论证失歌症者对音乐和语言音高加工,其最终目的都在于揭开失歌症者音高加工障碍的本质根源。不容置疑,已有研究在相当程度上推进了失歌症特性的行为和神经基础研究,并已开启失歌症遗传学研究的新领域。尽管如此,关于失歌症的研究仍存在许多问题尚未解决。

第一,失歌症者音高加工的行为研究。从音乐艺术角度来说,音高知觉仅仅是音乐认知和情绪体验等活动的初始,属于音乐能力中的基本维度。这种障碍究竟多大程度上影响失歌症者的音乐活动,目前尚未出现较为系统的实证研究成果。其中,唱歌走调属于失歌症的主要障碍之一,尽管目前该项目的研究团队已经在国际上形成,但系统的研究结论尚未出现。此外,失歌症者音高加工障碍是否影响音乐情绪的体验?麦克唐纳·克莱儿(Claire McDonald)和劳伦·斯图尔特(Stewart Lauren)的研究已经表明,失歌症者尽管在音高加工方面存在缺陷,但是他们对

于音乐情绪的把握能力并没有丧失。<sup>28</sup>而关于这个问题的最终定论尚需更多的佐证。

又,佩雷兹等人的个案研究显示,失歌症者的音高加工障碍与音乐训练无关。换句话说,无论音乐教育手段如何参与,失歌症者的音高加工缺陷都难以弥补。然而,从神经学的角度来说,早期的听觉经历能不同程度地影响大脑听觉皮层的结构和功能。<sup>29</sup>于是,佩雷兹等人的论调引起了国际上许多音乐教育者的反对。然而,尽管一些关于失歌症的研究项目试图在实验设计中加入音乐训练的因素,但其结果都不能提供具有说服力的实证依据——当然这其中会有音乐训练变量难以控制的原因。所以对这个问题的最终定论也有待于今后的进一步研究。

第二,关于失歌症者音高加工障碍潜在的神经基础研究。虽然学界已有关于失歌症者神经机制研究主要从大脑听觉皮层结构及功能角度的探讨,但由于大脑各结构及其功能的研究尚处于探索阶段,且许多大脑结构往往又承担多种加工任务,具有多种功能。因此,从这个角度上看,在深化失歌症者大脑听觉皮层结构和功能研究的同时,还应增加新的研究视角。换句话说,要从较为稳

<sup>25</sup> Peretz,I.,Brattico,E.,Jarvenpaa,M.& Tervaniemi,M.,“The amusic brain: In tune,out of key,and unaware”,*Brain*,132,2009, pp.1277-1286.

<sup>26</sup> Drayna,D.,Manichaikul,A.,Lange,M.D.,Snieder,H.& Spector,T.,“Genetic correlates of musical pitch recognition in humans”,*Science*,291(5510),2001,pp.1969-1971.

<sup>27</sup> Peretz,I.,Cummings,S.& Dubé,M.P.,“The genetics of congenital amusia(or tone-deafness): A family aggregation study”,*Annals of the Human Genetics*,81(3),2007,pp. 582-588.

<sup>28</sup> 同注 中第2篇文献。

<sup>29</sup> Schlaug,G.,“The brain of musicians”.In peretz,I.& Zatorre,R.ed.,*The Cognitive Neuroscience of Music*.New York: Oxford University Press,2004, pp. 366-382.

定的行为研究结论入手,来寻找失歌症者潜在的音高加工神经机制。比如,2007年道格拉斯·卡蒂(Katie M Douglas)和比尔基·大卫(David K Bilkey)发表在《自然》的研究显示,失歌症者具有空间加工的障碍。<sup>⑩</sup>如果对这种与音高加工障碍相关的认知活动的潜在神经基础做进一步探究,无疑将拓宽并深化对失歌症音高加工神经基础的认识。另外,尽管部分研究已经开始从遗传基因角度探讨失歌症的潜在根源,但是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,失歌症属于一种音乐加工的障碍,对它的探索无疑将为音乐教育提供重要的依据,也将在一定程度上深化音乐认知和审美活动的研究。同时,由于失歌症也涉及到语

言音高的加工,因此它也成为研究大脑加工音乐和语言的关键所在。从这个角度上说,失歌症的研究将可能对失语症的临床治疗提供帮助,并从更高层面上拓宽音乐治疗的领域。

作者附言:在本文投稿前,笔者的博士导师张前教授阅读过本文,并提出了宝贵意见,在此表示谢意!

作者单位:福建师范大学音乐学院  
中国科学院心理研究所博士后

<sup>⑩</sup> Douglas,K.M.& Bilkey,D.K.,“Amusia is associated with deficits in spatial processing”,*Nature Neuroscience*,10(7),2007,pp.915-921.

## 《中国音乐年鉴》出版座谈会

2010年4月10日,庆祝《中国音乐年鉴》第20、21卷出版座谈会在中国艺术研究院音乐研究所举行。座谈会由音乐研究所所长田青研究员主持,参加会议的嘉宾有中国艺术研究院领导,《中国音乐年鉴》历任主编、副主编、编辑部成员以及关心《年鉴》的专业界人士。

“为明天记录今天”是此次座谈会的主题,它蕴含着“述前事、思后来”的记史理念,也是《中国音乐年鉴》一贯秉承的办刊精神。座谈会上,与会人员追忆了《年鉴》过去二十来年的艰难办刊历程,更多议题则关注于在办刊条件大为改善之后刊物发展的方方面面,如“史工”、“年鉴学派”、“为明天记录今天”等办刊精神在新时期的深层解读和内涵延伸,关于纸质媒体应对网络信息挑战所应采取的策略等。部分与会人员更为关注当下编辑部需要改进的问题,包括了作者队伍建设、撰写体例制定、刊物格式统一,以及关注新兴研究领域的研究成果等等。(汪静渊)