

语调音高感知与音调音高感知的相互关系刍议

常欣¹, 周霏²

(1. 上海交通大学 外国语学院, 上海 200240;

2. 上海师范大学 心理学系, 上海 200234)

[摘要] 通过回顾、梳理与评估以往研究中支持音乐与语言存在重叠的显著区域——语调和音调中的音高感知过程以及二者之间的交互关系, 总结了语调和音调中的音高感知之间的相互关系的研究现状, 比较了二者认知神经机制的共享性与分离性, 主张共享知觉属性的相关假设有可能会进一步解释和细化语调和音调中的音高感知之间的相互影响, 并在此基础上对未来研究的方向和要点进行了展望。

[关键词] 音高; 音调; 语调; 感知

[中图分类号] B 842

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-9162(2018)03-0133-12

[DOI] 10.16783/j.cnki.nwnus.2018.03.017

音高是“声音中周期性的知觉相关物”, 这一知觉目标往往包含在音乐的旋律与和弦等音调和语言的声调之中^[1]。换句话说, 音高是听者将声音的特定频率与知觉目标关联在一起所产生的知觉对象。其中, 语调中的音高是一种抽象的语言目标, 是讲话者语音和词汇知识系统的一部分。音调中的音高是与之类似的音乐范畴——听者将音高映射到有意义的音乐单元的知识^[2]。

语言具有多层次的结构, 包括语音与音韵(声音结构和组织)、词素(词的结构)、句法(句子结构)、语义和语用(意义)。音高对这些结构都具有影响, 并且集中体现在语调的影响, 即使用音高信息辨别每个词汇。语调是语言的基本音高单位且存在于语音层面, 斡旋于信号的声学特性和词与词素的意义之间。音符是最小的“有意义”的音乐, 音符包含着除了音高外的多种信息, 如持续时间、音质、响度^[3]。虽然音乐音质很重要, 但是通常被认为其地位次于音高。事实上, 这是语言和音乐的一个关键区别: 语言范畴主要以音质为基础, 音乐范畴则主要基于音高^[4]。音符作为音乐音高的基础, 正如依赖于音高的单词的意义成分是语调那样。如同语调, 音调同样是一个规则制约的实体, 可以根据其在系统中的功能赋予各种名称, 如 B-

flat 也可以叫 do^[5]。

一、语调经验对词汇音高感知的影响

(一) 语言中的语调

任何一种语言的语调都含有基础频率 F0 (fundamental frequency), 这是其听觉信号的物理属性。值得注意的是, 语调不是单一的现象, 而是一种由多个知觉维度构成的抽象的语言客体, 不仅包括基础频率, 还包括频谱成分和时间成分(比如, 持续时间、波幅、乐音的升\降次数)。基于母语声调系统中各个维度的相对重要性, 听者在不同程度上将这些维度作为探知语调范畴的知觉线索。其中, 音高是语调的主要知觉成分。

根据语调是否包括类似音乐音高变化的特点, 人们将语言分为声调语言与非声调语言两大类。声调语言的根本特点是通过音高来传达词语的意义, 其音高的变化不仅可以区别词义, 而且给语言增加了音乐性。变化多并且明显的语言, 其音乐性就越强。世界上约有 60—70% 的语言是声调语言, 主要分布在东亚、东南亚、非洲以及美洲的土著语言中, 而以英语为著例的印欧语系则是一类典型的非声调语言。多达 80% 的声调语言仅有平调这样一类音高特征, 这种语言称作固定声调语言, 在非洲

[收稿日期] 2018-03-26

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目“晚期汉英二语者句法加工的调节机制: 行为与 ERP 研究”(31300928); 上海交通大学 2013 年度文理交叉项目“语言声调感知与音乐音调感知的关系: 行为与 ERPs”(14X1900 40003)

[第一作者简介] 常欣(1975—), 女, 甘肃成县人, 心理学博士, 上海交通大学副教授, 从事心理语言学研究

尤为多见。与之相比,拥有两种以上音高特征的语言叫做轮廓声调语言,常见于东亚和东南亚。这种语言至少包括升调、降调、降一升调或升一降调。比方说,我们熟悉的汉语普通话(汉藏语系)就是轮廓声调语言的一个著例,它有着4个声调:一声、降调、升调和降一升调。更有甚者,像粤语和侗族语言这样的轮廓声调语言,往往包括8种甚至13种声调^[6]。

Gandour 和 Harshman (1978) 发现,语调蕴含的音高涉及多重知觉维度:(1)方向:分为升调、降调和平调,无论其音高范围还是音高变化的程度;(2)平均音高或音程:根据 F0 的平均水平辨别声调的高低;(3)极点:用以区分终止于音高范围的两极的声调和终止于中点的声调;(4)斜率:通过音高变化的梯度区分声调,将音高梯度变化较大的声调(如 15, 51)与音高没有改变(如 11, 33, 55),以及音高梯度变化较小的声调(如 35, 53)区别开来;(5)长度:根据持续时间(许多语言中所具有的一种常见的与声调相关的要素)区分词汇。在此基础上,Gandour 和 Harshman (1978) 将语调的音高划分为两大范畴:静态范畴(高程、极点)和动态范畴(方向、斜率)^[7]。其后大量研究陆续发现,语调中音高的静态维度反映着一般的听觉能力,而动态维度则反映着语言的特异性感知能力。那些非声调语言者对于语调中音高的感知主要依赖于非语言特异性的静态维度;声调语言者对此则还具有感知音高的动态特征的能力^[8]。并且诸多研究从以下几个方面对声调语言者和非声调语言者的语调的音高加工过程进行了比较,试图探明不同的语调经验对音高加工过程的影响。

(二) 声调/非声调语言的语调感知

1. 音高信息加工方式

声调语言者以词汇加工方式来加工音高信息,而非声调语言者则将语调当成是非语言的音高即音调予以处理。Gandour, Wong 和 Hutchins (1998) 发现,泰语者在基于语调来加工文字时显示出布罗卡区附近的大脑活动有所增强(通过 PET 检测其代谢活动),而英语者则没有出现同样的活动^[9]。布罗卡区与语言结构加工有关,这表明英语者未将语调当作语言信息来处理。说汉语普通话者对于声调加工具有左半球加工优势^[10]。结合半球分工的传统理论观点(词法和句法加工主要集中在左半球,而韵律加工主要集中在右半球),声调语言者与非声调语言者大脑加工的偏侧性差异表明,非声调语言者的确不以与词汇相关的方式加

工音高信息,而是把它当作音调或非语言音高。有趣的是,Wang, Sereno, Jongman 和 Hirsch (2003) 发现,学习汉语普通话的英语母语者会将语调加工迁移到左半球,这表明由于第二语调的加工经验,类似的大脑加工的偏侧化也会有所发生。此外,他们还跟踪了随着时间的推移学习者的语调感知和产出行为,发现它们不是简单地为音韵水平的范畴变化所驱动,而是同时通过语音敏感性的变化使然^[11]。

2. 音高加工模式的语音/音韵效应

Wayland 和 Guion (2003) 发现,从小生活在泰国的有经验的英语母语学习者在声调区别中显示出刺激间距音程(interstimulus interval, 简称 ISI)效应:比起单纯的英语者所遇到的困难,他们对较短的刺激间距音程感知得更好。尽管如此,这些人依然不能从长期记忆中使用音素范畴来像本地泰国听众那样在语音/音韵水平上对刺激进行编码^[12]。

在随后的研究中,Wayland 和 Guion (2004) 检验了这种语音/音韵辨别能力如何随着经验而变化——培训英语者和汉语(普通话和台湾话)者辨别泰语声调。在培训之前,仅仅就短期 ISI 而言,会说汉语者辨别泰语声调好于英语者;训练后汉语组比英语组在短期和长期 ISI 上都更加优秀。培训之前会说汉语的优势表明,就音高加工的语音模式而言,声调语言者优于非声调语言者。但是像非声调语言者一样,声调语言者也不能补充目标语言的音韵范畴。培训后,汉语组在语音和音韵条件下(尽管仍然低于本土组)都比英语组有优势,这表明随着经验的积累,他们获得了相关的语音知识,但是英语组却没有。在学习一种新声调时,声调语言者似乎在两个方面胜过非声调语言者:首先,他们可以迁移他们的语音知识(音高踪迹和其他线索);第二,通过将新声调映射到母语范畴或学习新的范畴,他们能更快地运用音韵知识,这种能力是非声调语言者所缺乏的,因为他们还没有获得必要的语音知识^[13]。

3. 音高感知能力

Krishnan, Xu, Gandour 和 Cariani (2005) 的研究发现,比之英语为母语的人,普通话者藉由听觉脑干更加活跃的活动产生了更加准确的音高编码。通过测量频率追随反应(the Frequency Following Response, FFR)以及反映着将神经放电模式解码作为人们的频率表征的一个脑电信号,他们发现,普通话者的 FFR 更强,并且普通话声调的基本频率和次谐波踪迹更加平滑^[14]。

英语者和普通话者之间音高加工的差异甚至扩展到了非言语声音中音高轮廓的辨别差异,不过英语者和普通话者在非言语频率辨别任务上没有差异^[15]。他们之间的唯一差别是对某些下降的和平缓的轮廓的辨别,英语者比普通话者更容易误认。基于信号检测分析的结果,研究者认为这可能是由于普通话组的反应偏向(即他们把纯声调处理为语音),而非敏感性差异使然。这个发现表明,要么是语言表征有关的音高属性的感知调谐对于一般性的音高信息加工有用,要么是非言语声音可以被加工成“语言”,如果非言语声音共享了语言表征属性的话。

后来的研究也发现,语言诱发的音高表征的调谐能力延伸到了与言语共享属性的非言语声音上。如在 Chandrasekaran, Krishnan 和 Gandour (2007) 的研究中,英语者和普通话者对于线性升高或下降的非言语音高的 FFR 反应没有差异,但是他们针对非言语音高的非线性变化的反应却有所不同,其反应模式更像是对于普通话声调的反应差异。相比英语者,(Chandrasekaran et al., 2007) 发现普通话者仅对曲线音高轮廓(curvilinear pitch contours)的失匹配负波 MMN(ERP 测量的脑电成分、脑磁图描记术或 MEG 测量的脑磁成分)效应更大^[16]。

Krishnan, Swaminathan 和 Gandour (2009) 的研究发现,讲普通话的听众表现出对于 F0 更加流畅的跟踪和更为稳定的音高表征。并且不仅体现为对基本频率更为稳定的音高表征,还延伸到了泛音的音高表征;普通话者的 FFR 更准确地编码了音高信息,并且将频谱信息一直表征到第五泛音。而英语听众对于频谱信息的表征仅仅达到第三泛音或第四泛音。他们认为,这些效应从根本上讲具有领域普适性,因为早期听觉系统塑造了多个后来与领域普适性机制加工的音高相连的声学维度^[17]。

如上所述,相对于非声调语言,声调语言拥有丰富的语调信息。这种语调的感知经验似乎对声音的加工有调节作用,使得声调语言者的音高加工模式不同于非声调语言者。更为重要的是,他们有着更强的音高辨别能力,并且这种优势扩展到了非言语音高。这暗示着语调感知经验可能影响包括音乐在内的其他声音感知。同样地,如果音乐经验也影响着此类声音感知水平,那么这样的影响则是双向的,即音乐经验经由一个类似的路线、以相似的方式影响着语言。

三、音乐经验对音高感知的影响

Burns 和 Ward (1999) 探测了具有音乐意义

单元的频率的组织过程。音乐中的音高范畴包括一组声调的有限集合,它们彼此的关系由其频率的比率或音程来界定。现代西方音乐将 8 度分为 12 个相等的音程,一个既定的音乐成分往往是基于由 12 个音阶组成的一个子集(12 声调音阶是一个值得关注的例外)。这种音阶是形成音乐的旋律和泛音结构的基础,并且这种旋律结构是联系音乐和语言之间的一个重要内容^[18]。

如前所述,语调经验对包括音乐在内的音高信息加工过程具有调节作用,那么音乐音高感知经验是否也存在类似的过程?研究者们通过对不同音乐经验背景的被试音高加工过程的研究,对这一问题进行了大量探讨。目前,研究者们主要通过研究音乐训练的作用以及比较音乐人与普通人的听觉差异来探究音乐经验对音高感知的影响。

(一) 音乐家与普通人的音高加工的差异

Micheyl, Delhommeau, Perrot 和 Oxenham (2006) 比较了职业音乐家和非音乐家的音高辨别能力。他们发现,虽然非音乐家仅仅通过几个小时的训练能够达到类似音乐家的水平,但是音乐家的差别感受阈限比较低。音乐家对于音高辨别的加工优势体现在纯声调与和谐复杂声调,尤其是更加复杂刺激的加工上^[19]。与非音乐家相比, Musacchia, Sams, Skoe 和 Kraus (2007) 在音乐家身上发现了关于 F0 的更大的 FFR 表征以及音乐刺激的早期反应,并且 F0 编码水平与音乐训练时间长度有关。因此,他们认为观察到的效应是由于音乐训练而非其先天因素使然^[20]。

Lee, Skoe, Kraus 和 Ashley (2009) 比较了音乐家和非音乐家的泛音(同时性)音乐音程的脑干编码状况。对于和谐(大六度)和不和谐(小七度)音程而言,音乐家的音程上段声调的泛音(特别是二次泛音)比非音乐家大得多。对此,他们认为,对于音程上段声调这种效应的特异性反映了心理物理学和神经学研究中的成分相关性和重要性。同样地,泛音尤其关乎和谐不和谐声音的觉察以及音质的感知。特别是次泛音感知的相应的结果与 Krishnan 等人所发现的语调感知的结果相似^[21]。Bidelman 和 Krishnan (2009) 的研究也发现二重听觉呈现的和谐音程反应要明显好于那些不和谐的音程。他们进而推断主宰音乐的基本音高关系可能根植于低级感觉加工以及偏好和谐音高关系的编码图式。可能是这个原因使得这样的和谐音程成为行为的偏向,并且这样的低级感觉加工架构可能为语言和音调感知所共享^[22]。

音乐家对以不同频率呈现的一种音乐特征——

轮廓的变化非常敏感,那些不规则的轮廓变化引发了更大的 MMN 效应,并且表现为跨乐调的不变性和泛化。不过值得注意的是,不是所有的音乐家的表现都同样明显。表现出这种效应的音乐家们通常不是配乐(例如,流行乐、爵士乐)学习或演奏者,而是那些典型地根据乐谱来演奏的古典音乐学习或演奏者们^[23]。

Ashley (2003) 的研究说明了音乐经验造成的差异仅仅涉及音乐音高的动态维度。在其实验中,听到 33 个随机分布在 7 个 8 度音节范围内的每 3 个合成乐器的音色后,要求被试就每个音符完成范畴性连续的音高音程判断任务。结果表明,音乐家似乎使用顺序、线性的度量指标来表征任务中的音程^[24]。与非音乐家相比,音乐家在旋律轮廓和音程结构上均显示出更大的 MMN 效应,但是却对纯声调的频率变化不够敏感^[25]。这表明音乐经验造成的差异仅仅涉及音乐音高的动态维度,而非更加精细的辨别。

Ungan 等人 (2013) 随后发现,音乐家和非音乐家之间的反应差异并不局限在相对复杂的音乐旋律。他们采用 ERP 技术调查了音乐家与非音乐家对于声调的一个熟悉——节奏变化——的察觉是否存在差异。在 4 个实验中,研究者分别测试了各自含有两个检测难度的两种节奏单元所带来的变化,分别记录了 12 名音乐家和非音乐家在 Fz、F4、Cz 以及 Pz 上的 ERPs,同时记录了反应时和正确率。结果发现音乐家的反应时较短、正确率较高,P3 对于节奏变化的峰值出现较早较大^[26]。这种 ERPs 的组间差异表明:不仅是相对复杂的音乐旋律,而且简单的节奏单元的变化也会导致音乐家和非音乐家之间 P3 的反应差异。

为了评估音乐训练对于音调模式偏差的检测影响,Kuchenbuch, Paraskevopoulos, Herholz 和 Pantev (2012) 利用脑磁图技术 (MEG) 比较了音乐家和非音乐家之间 MMN 的磁当量的差异。结果表明两组均在知觉条件和简单的音调 oddball 条件(控制条件)下出现了明显的 MMN。然而,在知觉条件下两组的失匹配负波潜伏期与偏侧化均具有明显差异,音乐家的 MMN 出现得更早,而且主要在左侧脑区,只是其振幅没有差异。该结果进一步表明声调模式的加工对于音乐训练者而言发生得更早、更具偏侧化^[27]。

(二) 音乐训练对音高感知的影响

尽管关于音乐家与普通人对音高信息加工差异的研究某种程度上体现的就是音乐音高感知经验的影响,但仍然不足以推翻备择假设,那就是这种音

高感知的优势可能源于之前存在的先天性差异以及其他因素的影响,而这种优势可能进一步驱使人们进行音乐训练。因此,对被试进行音乐训练的纵向研究变得十分必要^[28]。正式的音乐训练不仅包括产出音乐的练习,还包括良好的听觉感知或区分能力的发展。这些高度发达的运动和知觉技能似乎驱动着音乐家们大脑中的神经可塑性和行为的变化^[29]。

一些研究注意到这个问题,如 Moreno 与 Besson (2006) 探讨了对 8 岁儿童进行为期 8 个星期的短期音乐训练是否会影响他们对言语音高变化的感知。ERP 数据比较显示,即使是相对短期的音乐音高感知训练对言语音高的感知也有一定影响^[30]。Moreno 等人 (2009) 在之前研究的基础上,进一步对 32 名儿童进行为期 6 个月的纵向研究。将这些没有受过音乐训练的儿童以伪随机方式分派进行 6 个月的音乐和绘画训练。相对于接受绘画训练的儿童,受过音乐训练的儿童在之后的同样测验中有更好的阅读和音高感知能力。尤其值得注意的是,根据对行为和 ERP 数据的分析,6 个月的音乐训练足以引发行为上和神经机制上的改变。这些结果表明了音乐对语言的正迁移,探明了音乐训练的显著影响,更进一步表明相对短期的音乐训练可以对儿童大脑的功能组织产生显著的影响^[31]。Chobert, François, Velay 和 Besson (2012) 采用纵向研究方法对 37 名儿童进行了时间更长(12 个月)的音乐训练,也得出了类似结论。相对于儿童,对成年人进行长期音乐训练的纵向研究,由于早期存在的差异较大以及诸多因素的不可控性,显得困难重重^[32]。

正如上面所讨论的,在音高信息的加工方式上,音乐家与声调语言者似乎在某些方面具有相似之处。相对于普通人,音乐音高感知经验对音乐家的音高加工方式产生了影响,并如同语调感知经验对声调语言者音高加工的调节效应一样,呈现出跨领域效应。这似乎也表明,音乐音高加工经验对于听觉系统的影响具有普适性,从而进一步引发了人们深入研究音乐语言双向影响的兴趣。

四、音乐音高感知与语言音高感知的相互影响

(一) 音乐经验对语调感知的影响

现有的研究已证实,音乐音高感知的经验对言语能力有着广泛的影响,包括影响语音加工和早期阅读能力^[33]、外语发音技巧^[34]、语调分析技能^[35]、噪声背景下的言语感知认知等^[36]。

在词汇音高感知方面, Krishnan, Xu, Gandour 与 Cariani (2005) 证实普通话者比英语者听觉脑干的音高编码更加准确^[37]。Song, Skoe, Wong 和 Kraus (2008) 也证实学习过普通话声调的英语者对于 F0 编码的变化也出现了类似的作为^[38]。Wong 和 Perrachione 等人 (2007) 比较了具有不同程度的音乐训练的英语者对于普通话声调的 FFR 反应。除了更快和更准确的声调感知, 音乐家的 FFR 描绘了更为准确可靠的 F0 轮廓的神经表征。具体地, 声调 3 (英语听众最困难的声调) 编码准确性与声调感知和多年的音乐训练相关显著^[39]。进一步支持这一观点的是来自 Wayland, Herrera 和 Kaan (2010) 有关音乐经验对于音高的动态表征具有特别的提升作用的研究。他们发现音乐家比非音乐家更善于加工语调的轮廓范畴, 但是在简单的频率辨别任务中却没有差异; 通过培训, 两组在语调范畴任务上均有同样的提高, 这说明即使是短期的音乐音高感知训练, 也对语调的加工能力有提高作用^[40]。

Delogu, Lampis 和 Belardinelli (2010) 要求非声调语言者检测汉语普通话音节列表中音段或声调内容的变化。他们发现所有被试对音段变化的检测都要优于声调变化, 但是在语调的检测上, 音乐智力测验中具有更好的旋律记忆成绩的被试表现更好。这表明音乐音高感知经验改善了语言的词汇音高知觉, 而非其他的音韵能力^[41]。对这个群体的进一步研究表明, 音乐经验同样会影响外语的非声调 (音段) 感知。此现象也可由音乐的非声调因素来驱动^[42]。在音高感知的脑区定位方面, Chandrasekaran, Kraus 和 Wong (2012) 确定了连接涉及听觉的脑干区域与听觉皮层的下丘脑, 将该脑区作为此类音高表征以及成功感知外语声调的重要脑区^[43]。

(二) 声调语言经验对音调感知能力的影响

如上所述, 似乎非声调语言的音乐家们在一些方面也会像声调语言者那样来感知语调的音高。也就是说, 音乐经验可以提高对语言中音高动态属性的感知。然而, 就语言经验是否增强了音乐音高知觉这个议题而言, 目前人们对此却所知甚少。当然也有一些研究进行了探讨, 如 Pfordresher 和 Brown (2009) 发现, 声调语言 (包括普通话、粤语和越南话) 非音乐人比英语者能够更为准确地识别和模仿两音符旋律, 但是在绝对音符错误的认知上却没有差异^[44]。同样地, 声调语言者更准确地识别了音程, 但在具体音符上与非声调语言者之间却没有差异。Bidelman, Gandour 和 Krishnan

(2011a) 的研究发现, 相对于非音乐家, 普通话者和音乐家对音乐序列中音高变化有更强的脑干表征。然而在行为层面, 这种优势并没有得到体现, 和非音乐家一样, 普通话者对音乐音高变化辨别的能力都没能达到音乐家的水平^[45]。

通过声调语言经验与非声调语言经验的比较, Peng, Deutsch, Henthorn, Su 和 Wang (2013) 考察了语言经验对非语言音高感知的影响。他们发现母语为声调语言的学习音乐的大学生的绝对音高能力显著好于母语为非声调语言的学习音乐的大学生。此外, 语言经验还影响着纯音扫描的感知, 进而把语言经验对音高感知的影响力拓展到了非语言且非熟悉的声音范畴中。对此, Peng 等人认为这些结果表明语言经验也在影响着一般的听觉感知过程, 同时表明语调感知对包括音乐在内的其他声音知觉过程具有一定的影响^[46]。

从目前的研究中不难看出, 同样以音高为基础的音调和语调经验, 在许多方面存在交互影响, 而目前相对极少语言经验影响音调感知的研究则表明: 相对于音调感知对语调感知的影响, 语调感知对于旋律感知的影响很狭窄。但是, 随着更多更深层次研究的开展, 所获得的实证数据是否依然支持这样的结论还具有相当大的不确定性。即便如此, 这个研究领域也需要更多的研究将这个观点进一步具体化。

五、语调感知与音调感知的可能关系 ——共享抑或分离的知觉经验

早期的神经心理学研究认为, 语调和音调的感知过程是相互独立的, 相关证据主要来自脑损伤导致的失乐症病人的临床表现。通过对失乐症患者的临床观测, 研究者们认为大脑具有专司音乐功能的神经网络, 因而其功能独立于语言和自然声音的认知功能^[47]。Peretz 和 Babai (1992) 曾经观测过一位患者 G. L., G. L. 曾因双侧颞叶受损长期表现出对音乐结构失去感知力的症状。他能区别单个音高, 也能分辨短小旋律的旋律轮廓, 却对音调分不清楚。这并非其一般的听觉记忆损伤所致, 他在标准化失语症测试中得分处于正常范围, 这说明他患有失音症而非失语症^[48]。其他事例也说明, 在音位层面, 音乐和语言也是相互分离的。例如, 患有典型双侧后颞叶损伤的人不能理解口语材料, 但是对自然中的其他声音 (包括音乐) 的感知却没有障碍^[49]。

更多的 fMRI 研究则表明, 语调和音调的感知加工过程在某些方面存在明显的重叠^[50]。Merrill

等人（2012）跟踪了歌曲和演讲中大脑对于音高表征的层级性，发现语言和音乐表征在颞皮层存在大量的重叠；而在额叶和顶叶，语言和音乐表征的脑区则明显不同^[51]。Bidelman 等人（2011a）记录了中国人、英国业余音乐家以及非音乐家们分别对于一个音调音程的迭代涟漪噪音的同系物以及一种词汇语调（中国普通话的二声）做出频率跟随反应。使用自相关算法，以音调跟踪准确度（整个等高线）和音长（每段 50 毫秒）作为指标计算脑干反应。结果发现，中国人和音乐家要比非音乐家具有更高跨领域音调跟踪准确度，听觉脑中音高的神经编码可以分别经由语言或音乐的长时经验来塑造，这说明语调和音调的早期感觉加工具有同质性^[52]。Bidelman 等人（2013）采用横断实验设计，比较了音乐家和粤语者在对于语言听觉语调敏感度、音乐知觉以及一般认知能力（如流体智力、工作记忆等）方面的差异。结果音乐家在所有的知觉任务中表现优异，粤语者比英语非音乐家的成绩要好。这表明语言的声调背景会对音调辨别能力有一定的帮助。此外，音乐家和说粤语者都比非音乐家的工作记忆容量高，说明除了能够提高基本知觉能力以外，较为丰富的语调背景（如粤语）和音乐训练可能均与一般认知能力的提高有关^[53]。Bidelman 等人的发现支持这样的观点：音调和语言音调的知觉过程之间是双向影响的，二者具有共同的神经基础。

与此相反，也有研究者认为，音乐的音调感知加工和语言的音调感知加工基于不同的大脑资源。Nan 等人（2009）采用中文四字成语和四音符的和谐音乐小节作为实验材料，将成语和音乐小节的末尾音作了音调的改变使之不协调，由中国女性音乐家被试来判断语言和音乐是否和谐。他们发现音调不和谐与语调不和谐两种情况下都出现了分布于前额部位的晚期正成分（LPC），但是两者又有区别——语言材料引发了 N400 成分，而音乐则没有；语言材料引发的 LPC 呈左半球偏侧化，音乐材料引发的 LPC 呈右半球偏侧化。据此研究者认为，音调的加工所涉及的大脑资源随着音调的功能不同而有所区别，音调感知加工和语调感知加工的神经基础不同^[54]。Kuchenbuch 等人（2012）利用脑磁图技术（MEG）探讨了长期的音乐训练对于想象声调模式（想象条件）与知觉模式（知觉条件）下认知加工过程的影响。为了评估音乐训练对于声调模式偏差的检测影响，比较了音乐家和非音乐家之间失匹配负波的磁当量的差异。结果表明两组均在知觉条件和简单的音调 oddball 条件（控制条件）

下出现了明显的失匹配负波。然而，失匹配负波的潜伏期与偏侧化在知觉条件下两组具有明显差异，音乐家的失匹配负波出现得更早，而且主要在左侧脑区，只是其振幅没有差异^[55]。该结果进一步表明声调模式的加工对于音乐训练者而言发生得更早、更具偏侧化。Ungan 等人（2013）采用 ERP 技术调查了音乐家与非音乐家对于声调的一个熟悉——节奏变化——的察觉是否存在能力差异。刺激是伴随一个休息间隔的三个连续等距的击鼓形成的节奏单元。Ungan 等人利用 3 种不同的间隔一击鼓周期形成三种节奏单元。在 4 个实验中，研究者分别测试了各自含有两个检测难度的两种节奏单元所带来的变化。分别记录了 12 名音乐家和非音乐家在 Fz、F4、Cz 以及 Pz 上的 ERPs，同时记录了反应时和正确率。结果发现音乐家的反应时较短、正确率较高，P3 对于节奏变化的峰值出现较早较大。这种 ERPs 的组间差异表明不仅是相对复杂的音乐旋律，而且简单的节奏单元的变化也会导致音乐家和非音乐家之间 P3 的反应差异。在说明 P3 反应可以预言音乐家们在感觉或认知方面对于节奏变化的优势的同时，也进一步质疑了音调和语调感知加工的神经共享性^[56]。Bidelman 等人（2011b）的研究则在整合行为与脑成像研究数据的基础上，针对以往大量研究只是确立了音乐经验对语言的迁移效应的基础上得出音乐与语言同源的观点，重点探讨了语言专家（如，声调语言者）对于音调知觉加工是否会有优势这一问题。他们采用调谐和失谐音乐和弦比较了操英语的音乐家和操普通话的中国人之间的脑干反应，继而确定是否下皮层加工的增强会提高对于音调的知觉辨认能力。结果发现，与非音乐家相比，音乐家和中国人在确定音乐序列的音调时都有较强的脑干反应。与此相反，两个行为的音调辨别任务揭示，中国人和非音乐家都不能像音乐家那样准确地辨别音调的变化。只有音乐家显示神经测量和行为测量之间的连接具有联系。而中国人关于音调知觉下皮层的神经电生理活动测量与行为测量出现了分离^[57]。

明显地，在音调和语调感知加工的关系这一领域，我们可以看出，持两者共享神经基础观点的研究者提出的多是能力相关关系的证据，而认为两者基于不同神经基础的研究者主要是直接比较音乐和语言的音调感知加工的电生理数据。实际上，上述两种观点并不相互冲突，音乐和语言的音调感知加工极有可能在神经基础上既有重叠又有区别。因此，对于音乐和语言的音调感知，不论两者是否存在关系，都需要直接比较二者实时加工过程的进一

步的神经生理学的研究证据,进而说明音调和语调的感知加工是否存在重叠的神经基础。值得关注的是,以往绝大多数相关研究要么关注不同的音乐学习者(音乐人和非音乐人)对于语调变化的感知能力,要么关注音乐经验对(被试不会的)语言的迁移效应,要么探讨语言专家(如,声调语言者)对于音乐语调知觉加工是否会有优势等问题,但是极少涉及不同背景(音乐人、语言专家、一般人)语调和音调感知过程的认知神经机制的直接比较,因而很容易出现全或无的论断,无法有力地说明二者之间的关系。

综上所述,迄今为止,这个问题的答案还是开放的,虽然现有的数据能够说明,语调和音调的感知加工过程有着一定的区域專屬性,但在有些方面却是共享的。为了折中这两种矛盾的观点,Patel提出了一个概念上的资源共享理论框架,以期指导后继的相关研究^[58]。其原则有二:1. 语言和音乐包含各自特定领域的表征,这种表征贮存在长期记忆并分属不同的记忆联结网络,因而导致语调和音调感知加工的分离;2. 当语调和音调感知加工的特定领域表征中涉及类似的认知过程时,它们之间就会存在神经资源的共享性。在这个框架下,音高作为语言和音乐加工中共同的重要基础性成分,其在语言和音乐领域分别对应的语调与音调的感知过程之间便会存在着紧密联系^[59]。这种联系甚至从儿童早期就已存在,并且可能不仅发生在皮层层面,甚至在皮层下水平都共享着相同的神经环路^[60]。

具体解释语调和音调感知过程之间共享性的理论,主要包括反转层级结构理论^[61]、共享声音范畴学习机制假说^[62]以及歌剧假说^[63]三种理论模型。

反转层级结构理论(Reverse Hierarchy Theory, RHT)主张知觉学习涉及的神经变化始于可以解决一个任务的最高的认知水平,此时伴随着为了给任务提供更准确的感觉输入时所需要的较低区域的变化。由于人类知觉系统中前馈和反馈连接的存在,知觉的神经可塑性便可以在任何水平上发生。RHT兼容了共享声音范畴学习机制假说。后者主张,尽管语言和音乐具有非常不同的结构,它们却分享着声音范畴学习的认知和神经生理机制。亦即语言和音乐是两个不同的声音范畴系统,通过同样的或一些相似的知觉过程所习得。反转层级结构理论和共享声音范畴学习机制假说(the Shared Sound Category Learning Mechanism Hypothesis, SSCLMH)为音乐和语言感知的神经资源共享性模式提出了一个假设的模板,而歌剧

假说(the Opera Hypothesis)则主要阐明了二者的感知过程共享性存在的原因:它认为音乐体验之于语言感知的跨界是因为:(a)语言和音乐之间神经资源网络的重叠;(b)音乐范畴表征的精度;(c)由音乐创建的情感性连接;(d)音乐训练的重复性质;(e)音乐训练需要的注意。在歌剧假说看来,音乐与语言共享相同的感受与认知过程,并且在这个共享神经机制中,音乐比语言涉及的层级更高,因此音乐训练有可能促进言语的感知。当这些更高级的神经机制与由音乐创建的情感、音乐训练的重复性以及注意的集中相结合时,激活了神经可塑性并导致大脑结构与功能的改变。

对于语调和音调感知过程是否存在共享神经资源这个议题,现有研究主要是通过从各个角度比较不同语言经验(声调语言与非声调语言)和不同音乐经验(音乐家与非音乐家)对音高感知的共性与差异,来探究二者可能的共享神经机制以及神经可塑性的跨领域效应。例如,Bidelman, Gandour和Krishnan(2011b)分别考察了音乐和语言这两个领域,记录了一般中国人(C组)、英语为母语的音樂家(M组),英语为母语的而非音乐家(E组)对一段音乐音程(M3)和语调(普通话2声,T2)中出现的迭代波纹噪音同系物(IRN)的频率追随反应(FFR)。相对于E组被试而言,普通话者和音乐家的音调跟踪反应正确率显著更高;音调反应强度方面,母语为英语的两组被试中,音乐家的反应优于无音乐训练者。在音乐家和普通话者的反应中,对应T2刺激中快速转换部分的音调强度反应值上,普通话者的成绩更好;但在与M3刺激中第二个音节以及T2刺激中两个全音阶相对应部分的音调强度反应上,音乐家被试的成绩更好。他们据此认为音调训练对听觉神经系统功能的可塑性具有跨领域效应:对于训练有素的音乐专家或语言专家而言,其音调编码能力均可顺利地在音乐领域和言语领域进行迁移和转换^[64]。

总之,关于语调和音调的感知是否属于共同知觉经验的一部分,是否共享着相同的神经基础,而这种共享又发生在何种层级和程度上,一直是音乐语言加工领域研究的热点。虽然现有的理论已经建立起一个基本的框架,但这方面还有很多问题有待未来的研究进一步予以澄清和整合。

六、展望

虽然目前对语调和音调的音高加工这个领域的研究取得了越来越多富有建设性的成果,但是仍然存在一些亟需将来研究予以完善的问题。

(一) 音调经验与语调经验的双向影响关系有待深化

语调和音调的感知都依赖于动态音高信息。音乐经验会影响语调(音高)感知,声调语言者与非声调语言者对于音调的感知不同,但是这些影响尚未完全解释清楚。其中,一个亟待解释的核心问题是在“语调感知—音调感知”这种双向影响方式中“声音的哪些声学元素对于语言和音乐而言是关键要素”^[65]。由于声调语言者比非声调语言者对语言的动态特征更为敏感,声调语言者的音乐感知效应很可能也会在依赖于动态音高信息的音乐特征上有所发现。

如果对应的属性确乎依赖于类似的领域普适性听觉机制,那么,语言或音乐学习的交叉效应应该受限于所对应的那些受到调整的音高维度,同时不会影响其他维度的感知^[66]。例如,无论是否接受过音乐培训,特别重视方向的声调语言会影响其使用者如何感知音乐的旋律或轮廓;同样地,强调音程的音乐训练会导致语言音高效率敏感性发生变化。这样的声调和旋律音高经验感知效应的一般性假设并非具有普适性。

另一个问题是,研究者们对于更难解释的另一个方向的效应(语调之于音调)的探讨太少。也许就像歌剧假说预测的那样,这样的效果可能比之音调之于语调会弱一些。Stevens, Keller 和 Tyler (2004) 在音乐和语言之间勾画了一条明确的平行轮廓。他们发现:在检测轮廓声调和两音符旋律的音程时,泰国人要比英国人的反应速度快。他们声称,这只是表明了一个特定的效果,而非音高感知的一般性提高^[67]。然而,由于没有发现不同的旋律变化之间的差异(轮廓/音程),因而这个结果并不能排除一般性音高协调能力的介入。但是,Pfordresher 和 Brown (2009) 则发现,声调语言非音乐家比英语非音乐家能够更准确地辨别旋律和音程。然而,由于采用了短刺激(两个音符),轮廓感知和音程感知之间的关系并非完全藉由该研究结果能够予以解释^[68]。

考虑到许多音高信息敏感度的跨语言差异的具体性质,如果普通话者对于词汇升调和旋律音程表现出特殊的敏感度,将之归因于其语言中升调的重要性,这一点并不奇怪。同样地,由于测试刺激的限制,很难说为什么讲韩语、普通话者的模式相同,考虑到基于其语言的韵律模式,不同的非声调语言可以显示出音高感知的差异。尽管如此,种族、文化、教育和遗传等因素可能确实在音高感知中发挥着一定的作用^[69]。但是,在可以决定这些

其他因素的量级之前,必须通过控制严密的实验研究来说明语言经验的作用。

此外,以往绝大多数相关研究要么关注不同的音乐经验者(音乐人和非音乐人)语调的感知过程,要么关注音乐经验对语调感知过程的迁移效应,要么关注语调专家(基本上集中于汉语普通话者和粤语者)对于音调感知过程是否存在加工优势。未来需要更多地将语调感知和音乐感知任务放在一起进行直接比较,以期考察二者的竞争性和交互作用。

(二) 丰富各种声音系统感知过程的比较

还需注意的是,绝大多数相关研究对于音乐和音乐家的描述与操纵都从属西方(欧洲)的音乐传统。为了更为全面更加准确地揭示语调感知与音调感知之间可能存在的关系,需要充分考虑其他音乐系统的属性可能产生的影响。此外,随着日益深入的全球化进程,虽然西方音乐已经成为流布世界各地的文化,但是可能会与来自不同文化背景的听众的本土音乐系统以复杂的方式相互影响^[70]。因此,涉及不同音乐的跨文化研究变得愈发必要且非常重要。未来该领域的工作必须考虑更大范围的音乐经验,包括西方文化和世界各地的音乐实践的多样性。

语调感知研究中使用最多的语言经验对照的方式是比较声调语言与非声调语言的感知特点,只有极少数的研究同时对照了其他声调系统,对于音高维度不同的声调语言之间、语调、音调与非生物体声音之间的关系还缺乏深度的探索。例如 Peng 等人(2010)发现粤语和普通话被试就对连续变调表现出不同的区别模式^[71]。Bidelman, Hutka 和 Moreno (2013) 采用横断实验设计,比较了音乐家和粤语者在对于语言听觉语调敏感度、音乐知觉以及一般认知能力(如流体智力、工作记忆等)方面的差异。结果音乐家在所有的知觉任务中表现优异,粤语者比英语非音乐家的成绩要好。这表明语言的声调背景会对音调辨别能力有一定的帮助。此外,音乐家和说粤语者都比非音乐家的工作记忆容量高,说明除了能够提高基本知觉能力以外,较为丰富的语调背景(如粤语)和音乐训练可能均与一般认知能力的提高有关^[72]。与普通话相比,粤语拥有更多的声调变化。此外,粤语具有多重平调,故而粤语者特殊的音高感知能力在分辨语调与音调时必然会发挥重要作用。粤语中这种对音高感知的高度可能增强了粤语者分辨钢琴音符的能力^[73]。因此人们不禁要问,具有更丰富声调的粤语带给其使用者的更好的音高感知能力是否具有普遍性?不

同的声调语言之间的感知差异究竟有多大? 这个领域还有许多有趣的主题有待进一步研究。此外, 未来的研究范围有必要更多从诸如听觉障碍者、失聪症患者、儿童发展等特殊被试这样的视角展开, 以及通过非生命体声音与人类声调训练的比较探讨物种特有发声系统感知工程如何影响大脑发展的神经生理研究, 多角度地探索音调感知与语调感知的相关性。

总之, 音高是语言和音乐共有的一个重要的感知成分。尽管语调与音调的表面声学特征非常不

同, 但是二者分享着重要和抽象的结构特征。这两个领域各自的经验均会产生许多知觉系统的平行效应。基于知觉学习的一般理论, 与这些平行效应相关的一个理论框架业已确定。为了完整地阐明或完善这个框架, 未来该领域的工作还必须考虑更大范围的音乐经验, 包括西方文化和世界各地的音乐实践的多样性, 更多地关注语言经验对于音调可能产生的影响, 更为深入地了解认知音调感知和语调感知之间的关系, 包括增加发展以及脑损伤方面的数据。

[参考文献]

- [1] McDermott, J. H., & Oxenham, A. J. Music perception, pitch, and the auditory system. *Current opinion in neurobiology*, 2008, 18 (4): pp. 452-463.
- [2] Bradley, E. D. Pitch perception in lexical tone and melody. *Reviews of Research in Human Learning and Music*, 2013, 21: pp. 1-26.
- [3] Rasch, R., & Plomp, R. The perception of musical tones. In R. Rasch, R. Plomp & D. Deutsch Eds., *The psychology of music* 2nd ed. Academic Press series in cognition and perception: A series of monographs and treatises. San Diego, CA, US: Academic Press, 1999, pp. 89-112.
- [4] Patel, A. D. Language, music, and the brain: a resource - sharing framework. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. A. Hawkins & I. Cross Eds., *Language and Music as Cognitive Systems*. Oxford University Press. 2012, pp. 204-223.
- [5] Bradley, E. D. Pitch perception in lexical tone and melody. *Reviews of Research in Human Learning and Music*, 2013, 21: pp. 1-26.
- [6] Lee, K. M., Skoe, E., Kraus, N., & Ashley, R. Selective subcortical enhancement of musical intervals in musicians. *The Journal of Neuroscience*, 2009, 29 (18): pp. 5832-5840.
- [7] Gandour, J. T., & Harshman, R. A. Crosslanguage differences in tone perception: A multidimensional scaling investigation. *Language and Speech*, 1978, 21 (1): pp. 1-33.
- [8] Francis, A. L., Ciocca, V., Ma, L., & Fenn, K. Perceptual learning of Cantonese lexical tones by tone and non-tone language speakers. *Journal of Phonetics*, 2008, 36 (2): pp. 268-294.
- [9] Gandour, J., Wong, D., & Hutchins, G. Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. *NeuroReport*, 1998, 9 (9): pp. 2115-2119.
- [10] Klein, D., Zatorre, R. J., Milner, B., & Zhao, V. A cross - linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *Neuroimage*, 2001, 13 (4): pp. 646 - 653.
- [11] Wang, Y., Sereno, J. A., Jongman, A., & Hirsch, J. fMRI evidence for cortical modification during learning of Mandarin lexical tone. *Journal of cognitive neuroscience*, 2003, 15 (7): pp. 1019-1027.
- [12] Wayland, R., & Guion, S. Perceptual discrimination of Thai tones by naïve and experienced learners of Thai. *Applied Psycholinguistics*, 2003, 24 (1): pp. 113-129.
- [13] Wayland, R. P., & Guion, S. G. Training English and Chinese listeners to perceive Thai tones: A preliminary report. *Language Learning*, 2004, 54 (4): pp. 681-712.
- [14] Krishnan, A., Xu, Y., Gandour, J., & Cariani, P. Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience. 2005, *Cognitive Brain Research*, 25 (1): pp. 161-168.
- [15] Bent, T., Bradlow, A. R., & Wright, B. A. The influence of linguistic experience on the cognitive processing of pitch in speech and non - speech sounds. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006, 32 (1): pp. 97-103.
- [16] Chandrasekaran, B., Krishnan, A., & Gandour, J. T. Experience - dependent neural plasticity is sensitive to shape of pitch contours. *Neuroreport*, 2007, 18 (18): pp. 1963-1967.
- [17] Krishnan, A., Swaminathan, J., & Gandour, J. T. Experience-dependent enhancement of linguistic pitch representation in the brainstem is not specific to a speech context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2009, 21 (6): pp. 1092-1105.
- [18] Burns, E. M., & Ward, W. D. Intervals, scales, and tuning. In D. Deutsch Ed., *The*

- psychology of music, 2nd ed. San Diego, CA, US: Academic Press. 1999, pp. 215–264.
- [19] Micheyl, C., Delhommeau, K., Perrot, X., & Oxenham, A. J. Influence of musical and psychoacoustical training on pitch discrimination. *Hearing research*, 2006, 219 (1–2): pp. 36–47.
- [20] Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., & Kraus, N. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104 (40): pp. 15894–15898.
- [21] Lee, K. M., Skoe, E., Kraus, N., & Ashley, R. Selective subcortical enhancement of musical intervals in musicians. *The Journal of Neuroscience*, 2009, 29 (18): pp. 5832–5840.
- [22] Bidelman, G. M., & Krishnan, A. Neural correlates of consonance, dissonance, and the hierarchy of musical pitch in the human brainstem. *The Journal of Neuroscience*, 2009, 29 (42): pp. 13165–13171.
- [23] Tervaniemi, M., Rytönen, M., Schröger, E., Ilmoniemi, R. J., & Näätänen, R. Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians. *Learning & Memory*, 2001, 8 (5): pp. 295–300.
- [24] Ashley, R. Categorical and linguistic aspects of musical pitch space. in Kopiez, R., Lehmann A, C., Wolther, I., & Wolf, C. Eds., *Proceedings of the 5th Triennial ESCOM Conference* pp. Hanover University of Music and Drama, Germany. 2003, pp. 484–487.
- [25] Fujioka, T., Trainor, L. J., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C. Musical training enhances automatic encoding of melodic contour and interval structure. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004, 16 (6): pp. 1010–1021.
- [26] Ungan, P., Berki, T., Erbil, N., Yagcioglu, S., Yüksel, M., & Utkucal, R. Event-related potentials to changes of rhythmic unit: differences between musicians and nonmusicians. *Neurological Sciences*, 2013, 34 (1): pp. 25–39.
- [27] Kuchenbuch, A., Paraskevopoulos, E., Herholz, S. C., & Pantev, C. Electromagnetic Correlates of Musical Expertise in Processing of Tone Patterns. 2012, *Plos One*, 7 (1): pp. 1–10.
- [28] Barrett, K. C., Ashley, R., Strait, D. L., & Kraus, N. Art and science: how musical training shapes the brain. *Frontiers in Psychology*, 2013, 4: p. 713.
- [29] Besson, M., Chobert, J., & Marie, C. Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Frontiers in psychology*, 2011, 2: pp. 1–12.
- [30] Moreno, S., & Besson, M. Musical training and language - related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, 2006, 43 (3): pp. 287–291.
- [31] Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 2009, 19 (3): pp. 712–723.
- [32] Chobert, J., François, C., Velay, J., & Besson, M. Twelve months of active musical training in 8– to 10– year– old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cerebral Cortex*, 2012, 24 (4): pp. 956–967.
- [33] Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A.. Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of experimental child psychology*, 2002, 832 (2): pp. 111–130.
- [34] Milovanov, R., Pietilä, P., Tervaniemi, M., & Esquef, P. A. Foreign language pronunciation skills and musical aptitude: a study of Finnish adults with higher education. *Learning and Individual Differences*, 2010, 20 (1): pp. 56–60.
- [35] Dankovicová, J., House, J., Crooks, A., & Jones, K. The relationship between musical skills, music training, and intonation analysis skills. *Language and speech*, 2007, 50 (2): pp. 177–225.
- [36] Parbery-Clark, A., Skoe, E., & Kraus, N. Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound. *The Journal of Neuroscience*, 2009, 29 (45): pp. 14100–14107.
- [37] Krishnan, A., Xu, Y., Gandour, J., & Cariani, P. Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience. 2005, *Cognitive Brain Research*, 25 (1): pp. 161–168.
- [38] Song, J. H., Skoe, E., Wong, P. C., & Kraus, N. Plasticity in the adult human auditory brainstem following short– term linguistic training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2008, 20 (10): pp. 1892–1902.
- [39] Wong, P., & Perrachione, T. K. Learning pitch patterns in lexical identification by native English– speaking adults. *Applied Psycholinguistics*, 2007, 28 (4): pp. 565–585.

- [40] Wayland, R., Herrera, E., & Kaan, E. Effects of musical experience and training on pitch contour perception. *Journal of Phonetics*, 2010, 38 (4): pp. 654–662.
- [41] Delogu, F., Lampis, G., & Belardinelli, M. O. From melody to lexical tone: musical ability enhances specific aspects of foreign language perception. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2010, 22 (1): pp. 46–61.
- [42] Kraus, N., & Chandrasekaran, B. Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 2010, 11 (8): pp. 599–605.
- [43] Chandrasekaran, B., Kraus, N., & Wong, P. C. Human inferior colliculus activity relates to individual differences in spoken language learning. *Journal of Neurophysiology*, 2012, 107 (5): pp. 1325–1336.
- [44] Pfordresher, P. Q., & Brown, S. Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Attention, perception, & psychophysics*, 2009, 71 (6): pp. 1385–1398.
- [45] Bidelman, G. M., Gandour, J. T., & Krishnan, A. Musicians and tone – language speakers share enhanced brainstem encoding but not perceptual benefits for musical pitch. *Brain and cognition*, 2011, 77 (1): pp. 1–10.
- [46] Peng, G., Deutsch, D., Henthorn, T., Su, D., & Wang, W. S. Language experience influences non – linguistic pitch perception. *Journal of Chinese Linguistics*, 2013, 41 (2): pp. 447–467.
- [47] Peretz, I., & Babai, M. The role of contour and intervals in the recognition of melody parts: Evidence from cerebral asymmetries in musicians. *Neuropsychologia*, 1992, 30 (3): pp. 277–292.
- [48] Peretz, I., & Coltheart, M. Modularity of music processing. *Nature neuroscience*, 2003, 6 (7): pp. 688–691.
- [49] Poeppel, D. Pure word deafness and the bilateral processing of the speech code. *Cognitive Science*, 2001, 25 (5): pp. 679–693.
- [50] Schmithorst, V. J. Separate cortical networks involved in music perception: preliminary functional MRI evidence for modularity of music processing. *NeuroImage*, 2005, 25 (2): pp. 444–451.
- [51] Merrill, J., Sammler, D., Bangert, M., Goldhahn, D., Lohmann, G., Turner, R., Friederici, A. D. Perception of words and pitch patterns in song and speech. *Frontiers in psychology*, 2012, 3 (1): pp. 1–13.
- [52] Bidelman, G. M., Gandour, J. T., & Krishnan, A. Musicians and tone – language speakers share enhanced brainstem encoding but not perceptual benefits for musical pitch. *Brain and cognition*, 2011, 77 (1): pp. 1–10.
- [53] Bidelman, G. M., Hutka, S., & Moreno, S. 2013. Tone language speakers and musicians share enhanced perceptual and cognitive abilities for musical pitch: evidence for bidirectionality between the domains of language and music. *PLoS One*, 8 (4): pp. 606–676.
- [54] Nan, Y., Friederici, A. D., Shu, H., & Luo, Y. J. Dissociable pitch processing mechanisms in lexical and melodic contexts revealed by ERPs. *Brain research*, 2009, 126 (3): pp. 104–113.
- [55] Song, J. H., Skoe, E., Wong, P. C., & Kraus, N. Plasticity in the adult human auditory brainstem following short – term linguistic training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2008, 20 (10): pp. 1892–1902.
- [56] Ungan, P., Berki, T., Erbil, N., Yagcioglu, S., Yüksel, M., & Utukal, R. Event – related potentials to changes of rhythmic unit: differences between musicians and nonmusicians. *Neurological Sciences*, 2013, 34 (1): pp. 25–39.
- [57] Bidelman, G. M., Gandour, J. T., & Krishnan, A. Cross – domain effects of music and language experience on the representation of pitch in the human auditory brainstem. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2011, 23 (2): pp. 425–434.
- [58] Patel, A. D. The OPERA hypothesis: assumptions and clarifications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2012, 1252 (1): pp. 124–128.
- [59] Jackendoff, R., & Lerdahl, F. The capacity for music: What is it, and what’s special about it? *Cognition*, 2006, 100 (1): pp. 33–72.
- [60] Wong, P. C., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T., & Kraus, N. Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature neuroscience*, 2007, 10 (4): pp. 420–422.
- [61] Ahissar, M., Nahum, M., Nelken, I., & Hochstein, S. Reverse hierarchies and sensory learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 364 (1515): pp. 285–299.
- [62] Patel, A. D. *Language, music, and the brain: a resource – sharing framework*. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. A. Hawkins & I. Cross Eds., *Language and Music as Cognitive Systems*, Oxford

- University Press, 2012, pp. 204–223.
- [63] Patel, A. D. Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded opera hypothesis. *Hearing research*, 2013, 30 (8): pp. 98–108.
- [64] Bidelman, G. M., Gandour, J. T., & Krishnan, A. Cross-domain effects of music and language experience on the representation of pitch in the human auditory brainstem. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2011, 23 (2): pp. 425–434.
- [65] Kraus, N., & Banai, K. Auditory processing malleability focus on language and music. *Current Directions in Psychological Science*, 2007, 16 (2): pp. 105–110.
- [66] Ahissar, M., Nahum, M., Nelken, I., & Hochstein, S. Reverse hierarchies and sensory learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 364 (1515): pp. 285–299.
- [67] Stevens, C., Keller, P., & Tyler, M. 2004. Language tonality and its effects on the perception of contour in short spoken and musical items. In D. L. S., R. A., O. G. R., & P. W. Eds., *Proceedings of the 8th International Conference on Music Perception & Cognition*. Adelaide, Australia.
- [68] Pfordresher, P. Q., & Brown, S. Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Attention, perception, & psychophysics*, 2009, 71 (6): pp. 1385–1398.
- [69] Wong, P. C. M., Ciocca, V., Chan, A. H. D., Ha, L. Y. Y., Tan, L., Peretz, I. Effects of Culture on Musical Pitch Perception. 2012, *Plos One*, 7 (4): pp. 1–8.
- [70] Demorest, S. M., Morrison, S. J., Beken, M. N., & Jungbluth, D. Lost in translation: An enculturation effect in music memory performance. *Music Perception*, 2008, 25 (3): pp. 213–223.
- [71] Peng, G., Zheng, H., Gong, T., Yang, R., Kong, J., Wang, W. S. The influence of language experience on categorical perception of pitch contours. *Journal of Phonetics*, 2010, 38 (4): pp. 616–624.
- [72] Bidelman, G. M., Hutka, S., & Moreno, S. 2013. Tone language speakers and musicians share enhanced perceptual and cognitive abilities for musical pitch: evidence for bidirectionality between the domains of language and music. *PLoS One*, 8 (4): pp. 606–676.
- [73] Peng, G., Deutsch, D., Henthorn, T., Su, D., & Wang, W. S. Language experience influences non-linguistic pitch perception. *Journal of Chinese Linguistics*, 2013, 41 (2): pp. 447–467.

A Review of the Relationship Between Musical Pitch Perception and Lexical Tone Perception

CHANG Xin¹, ZHOU Pei²

(1. School of Foreign Languages, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200240, PRC;

2. Department of Psychology, Shanghai Normal University, Shanghai, 200234, PRC)

[**Abstract**] There are many similarities in the perception of both language and music, and experience in each domain has been shown to affect the other in various ways, while the cognitive relationship between them is still not clear enough. Based on pitch, a salient acoustic property shared by language and music, cases of musical tone and lexical tone perception and the interaction between them are reviewed, and theoretical perspectives on their relationship are compared. Besides, this paper summarises the situation of research on the music-language relationship, attempts to synthesise the principles of cognitive relationship between the perception of musical tone and lexical tone, and relates them to more general theories of perceptual learning. This paper believes the hypotheses about shared perceptual properties do have the potential to further explain and specify the mutual influence between musical tone and lexical tone perception. Finally, this paper puts forward the potential directions and suggestions for future research in this area.

[**Key words**] pitch; musical tone; lexical tone; perception

(责任编辑 王兆琛/校对 丁一)