

Progresses of functional brain imaging in research of transfer effect from music to language

WANG Ling, LI Shu-yu, LI Yan*

(Teaching and Research Section of Biological Instrument and Bioinformatics, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

[Abstract] Transfer effect from music to language refers to the phenomenon that people who have received music training can learn a language more quickly and accurately. Music training helps to improve the memory, hearing acuity, as well as semantic and grammatical processing abilities, resulting in the improvement of language abilities. In recent years, many progressive researches of functional brain imaging have been made in exploring the mechanisms using fMRI and electroencephalography. The progresses of functional brain imaging in transfer effect from music to language were reviewed in this paper.

[Key words] Music; Language; Magnetic resonance imaging; Electroencephalography

音乐到语言转移效应机制的脑功能成像研究进展

王 玲, 李淑宇, 李 艳*

(北京航空航天大学生物与医学工程学院生物学仪器及信息教研室, 北京 100191)

[摘 要] 音乐到语言的转移效应指接受过音乐训练的人语言能力也较强, 音乐训练可从记忆力、听力、语法语义处理等方面增强语言能力。近年来, 音乐到语言的转移效应的脑功能成像研究主要采用脑电描记术和 fMRI 两种手段, 取得了探索性进展, 本文对这些研究进展做一综述。

[关键词] 音乐; 语言; 磁共振成像; 脑电描记术

[中图分类号] R741; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2013)11-1906-04

从古至今, 音乐一直是人类精神生活中不可或缺的重要组成部分, 良好的音乐训练有助于提高人体多方面反应能力和表达能力。音乐和语言在语法和结构、听觉和认知需求等方面具有相似性^[1], 近年来二者之间的内在联系引起了国内外研究者的广泛关注。研究^[2-5]发现受过音乐训练者语言能力也有所提高, 这种现象称为从音乐到语言的转移效应, 在儿童和成年人身上均有所体现。本文回顾近十年音乐到语言转移效

应的相关脑电描记术(electroencephalography, EEG)和 fMRI 研究, 对产生转移效应的神经生理机制进行综述。

1 音乐到语言转移效应的机制

1.1 记忆力提高 在学习语言过程中, 记忆力是最重要的因素。Huang 等^[6]发现音乐家记忆单词的能力强于普通人, 可能由于其视觉皮质被激活。Schulze 等^[7]发现, 与受过语言训练的非音乐家相比, 在完成相同的词语和声音工作记忆任务时, 音乐家除记忆力较好之外, 其大脑激活区域更多, 提示音乐家的大脑对词语和声音的工作记忆具有不同的处理网络, 而且可能运用了基于动作的感觉运动编码。另有研究^[8]证明音乐家视觉记忆较强, 且与受音乐训练的强度有关。此外, fMRI 经典的听觉 1-back、2-back 测试显示音乐家的工作记忆能力更强, 且在牵涉认知和注意力的脑区

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81171403)、国家自然科学基金青年基金(61101008)。

[作者简介] 王玲(1983—), 女, 四川眉山人, 博士, 讲师。研究方向: 生物医学信号处理。E-mail: lingwang@buaa.edu.cn

[通讯作者] 李艳, 北京航空航天大学生物与医学工程学院生物学仪器及信息教研室, 100191。E-mail: yanli_buaa@buaa.edu.cn

[收稿日期] 2013-05-30 **[修回日期]** 2013-07-16

中 BOLD 信号强度更高^[9]。应用 EEG 的研究^[10]亦证明音乐家的听觉或视觉工作记忆更强,并伴随更大幅值和更短潜伏期的 P300 波形。关于音乐家长期记忆的研究较少,但有研究^[11]表明音乐家面对长期记忆任务时激活了更多脑区,同时其海马灰质密度更高。目前关于音乐家的记忆力研究以 fMRI 研究为主,且多数集中于工作记忆任务,结果较一致,即音乐家工作记忆能力强于普通人,提示长期音乐训练使音乐家养成了同时处理视觉、听觉、运动感觉等多方面感觉的习惯,从而使其在记忆时激活更多大脑区域,因而记忆能力提高。

1.2 听力提高 听力在语言学习中的重要程度与记忆力不相上下,在音乐学习过程中,听力会得到充分的锻炼。

1.2.1 听觉脑干响应 (auditory brainstem response, ABR) 作为皮质下听觉处理过程,ABR 提高被列为转移效应发生的神经生理原因之一。ABR 是由听觉刺激引起的脑干响应,出现在听觉刺激之后的 10 ms 之内,一般于头皮处进行采集,采样频率约 20 000 Hz。研究^[12-15]发现音乐家的 ABR 更稳定、更强,并认为这一现象是转移效应在神经生理学方面的有效证据。Musacchia 等^[14]测试音乐家和非音乐家对语音音节“da”的反应,结果显示在音频和音频视频同时呈现的条件下音乐家均表现出更强、更稳定的 ABR,且其响应幅值与脑电波 P1-N1 波斜率和音乐训练年数呈线性相关,提示长期持续的音乐训练会提高听觉敏感度,从而塑造综合或特定频率的编码能力。Wong 等^[16-17]进一步引申该结论,认为音乐家对于语言音调的 ABR 更佳,故语言能力较高。Bidelman 等^[18]研究表明,在不同程度回声的干扰下,音乐家的 ABR 相比非音乐家更稳定,也更敏锐,这解释了音乐家为何在不利的听觉条件下对语言或音乐有更好的接收能力。

汉语音调丰富,汉语母语者长期浸染在这种语言环境中,是许多研究所关注的受试者。Bidelman 等^[19]测量了英语为母语的业余音乐家、英语母语的 non-musician 及汉语母语的 non-musician 对两种声音材料(合成的 M3、普通话的第二声 T2,分别代表音乐和语言领域的声调)的脑干反应,发现英语母语的 non-musician 对两种声音材料在音调跟随的准确度方面均最差,音乐家和汉语母语 non-musician 相接近;在音调强度 (ABR 分段后计算的自相关系数,越高越代表有周期性)方面音乐家均较强,英语母语 non-musician 最差,汉语母语者介于两者之间。Bidelman 等^[20]进一步研究认为英语母语的 music-

ian 对音乐音调最为敏感,虽然通过 ABR 可预测音调分辨能力,但只有音乐家神经学和行为学间产生了相关性,推测只有当通过听觉得到的信息与听者行为存在相关性时,感觉层次上音调区别能力的提高才会带来认知能力的改变。

1.2.2 音调分辨能力的提高 研究听力提高能力另一种更为直观的方法是观察音乐家和非音乐家在分辨音调时的行为表现,同时采集分析脑电信号。研究^[21-24]表明,在行为学方面音乐家表现优于非音乐家;EEG 提示音乐家脑电响应更快,与其相应的成分幅值也更大。

有学者^[21]使法国音乐家和非音乐家分辨于句尾引入较大和较小语调变化的葡萄牙语,结果显示音乐家分辨较难区别的小变化较好;EEG 显示音乐家的脑电响应较非音乐家快 300 ms。另有研究^[23]观察法国音乐家以及非音乐家分辨汉语词汇的音调及声母的能力,音乐家表现亦较好;EEG 显示,对于不同音调,音乐家较非音乐家代表语音加工的 N2 波及代表更新工作记忆 P3 波早出现 100 ms,提示音乐家加工音调的速度快于普通人。无论对于语言还是音乐材料,音乐家脑电信号的基础频率均改变得更快^[25]。一项对 8 岁儿童的研究^[24]发现,受过音乐训练的儿童能更准确地判断不和谐的音乐和语句末音调,其脑电波在听音乐时出现早负成分、在听语句时出现了晚正成分,而对照儿童的脑电波中未见相应成分。

1.3 音乐和语言加工共享神经基础 共享处理资源可能为转移效应的另一机制^[26]。有学者^[27]建立配对的旋律和唱词作为提示,将配对中的旋律或唱词略作改变,发现不止改变唱词会诱发事件相关脑电位 (event-related brain potential, ERP) 的负向成分 N400,改变旋律亦诱发 N400,说明变化音乐特征可影响语义的处理;也有学者^[28]得出了“单独音调的声音也可以表达出语义”的结论。侯建成等^[29]认为语言和音乐中的音调变化都能诱发 N400 和 ERP 的正向成分 P600, Broca 区参与语言和音乐的处理;另有研究^[30]发现左侧额下回损伤患者 ERAN (表征处理复杂音乐语法的 ERP 成分) 的头皮表面分布会发生改变,提示 Broca 区在处理音乐语法中也具有重要作用;而考察音乐语义和语法的 fMRI 研究^[31-34]发现还存在其他共同脑网络。相反, Fedorenko 等^[35]在算术、工作记忆、认知控制和音乐的试验中均未见 Broca 区出现响应。有学者^[36]采用语句、乐句以及较新的钢琴音乐刺激受试者,发现这些刺激产生部分区域重合,均涉及最初级的

听觉刺激,而与句子层次处理有关的区域如颞叶前部或 Broca 区域并未对任何刺激产生稳定响应,故认为音乐和语言基本的层次处理涉及不同的皮质网络,但均不包括 Broca 区域,并认为可能既往研究^[30-34]对音乐或语言的实验设计涉及了工作记忆或认知控制。

2 总结与展望

总之,目前大部分研究肯定了转移效应的存在,但对转移效应机制的认识尚不统一,主要分歧在于大脑处理音乐和语言时激活共同区域是听觉所致还是处理语法内容所致。未来可通过设计更细致的试验分析音乐和语言的语法,同时结合患者的认知行为(如失语症患者是否一定产生失乐症),并直接刺激大脑皮质的某些特定部位^[37]以阐明转移效应机制,进而从机制层面深入研究并改进失语症的音乐疗法,推动失语症的治疗进展^[38-39]。

[参考文献]

- [1] Patel AD. Language, music, syntax and the brain. *Nat Neurosci*, 2003, 6(7):674-681.
- [2] Moreno S, Marques C, Santos A, et al. Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cereb Cortex*, 2009, 19(3):712-723.
- [3] Moreno S, Bialystok E, Barac R, et al. Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychol Sci*, 2011, 22(11):1425-1433.
- [4] Forgeard M, Winner E, Norton A, et al. Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PLoS One*, 2008, 3(10):e3566.
- [5] Hogan DE, Huesman T. Music training and semantic clustering in college students. *J Genet Psychol*, 2008, 169(4):322-331.
- [6] Huang Z, Zhang JX, Yang Z, et al. Verbal memory retrieval engages visual cortex in musicians. *Neuroscience*, 2010, 168(1):179-189.
- [7] Schulze K, Zysset S, Mueller K, et al. Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in nonmusicians and musicians. *Hum Brain Mapp*, 2011, 32(5):771-783.
- [8] Oechslin MS, Van De Ville D, Lazeyras F, et al. Degree of musical expertise modulates higher order brain functioning. *Cereb Cortex*, 2013, 23(9):2213-2224.
- [9] Pallesen KJ, Brattico E, Bailey CJ, et al. Cognitive control in auditory working memory is enhanced in musicians. *PLoS One*, 2010, 5(6):e11120.
- [10] George EM, Coch D. Music training and working memory: An ERP study. *Neuropsychologia*. 2011, 49(5):1083-1094.
- [11] Groussard M, La Joie R, Rauchs G, et al. When music and long-term memory interact: Effects of musical expertise on functional and structural plasticity in the hippocampus. *PLoS One*, 2010, 5(10):e13225.
- [12] Kraus N, Skoe E, Parbery-Clark A, et al. Experience-induced malleability in neural encoding of pitch, timbre, and timing. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1169:543-557.
- [13] Patel AD, Iversen JR. The linguistic benefits of musical abilities. *Trends Cogn Sci*, 2007, 11(9):369-372.
- [14] Musacchia G, Strait D, Kraus N. Relationships between behavior, brainstem and cortical encoding of seen and heard speech in musicians and non-musicians. *Hear Res*, 2008, 241(1-2):34-42.
- [15] Musacchia G, Sams M, Skoe E, et al. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007, 104(40):15894-15898.
- [16] Wong PC, Skoe E, Russo NM, et al. Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nat Neurosci*, 2007, 10(4):420-422.
- [17] Parbery-Clark A, Tierney A, Strait DL, et al. Musicians have fine-tuned neural distinction of speech syllables. *Neuroscience*, 2012, 219:111-119.
- [18] Bidelman GM, Krishnan A. Effects of reverberation on brainstem representation of speech in musicians and non-musicians. *Brain Res*, 2010, 1355:112-125.
- [19] Bidelman GM, Gandour JT, Krishnan A. Cross-domain effects of music and language experience on the representation of pitch in the human auditory brainstem. *J Cogn Neurosci*, 2011, 23(2):425-434.
- [20] Bidelman GM, Gandour JT, Krishnan A. Musicians and tone-language speakers share enhanced brainstem encoding but not perceptual benefits for musical pitch. *Brain and cognition*, 2011, 77(1):1-10.
- [21] Marques C, Moreno S, Castro SL, et al. Musicians detect pitch violation in a foreign language better than nonmusicians: Behavioral and electrophysiological evidence. *J Cogn Neurosci*, 2007, 19(9):1453-1463.
- [22] Moreno S, Besson M. Influence of musical training on pitch processing: Event-related brain potential studies of adults and children. *Ann N Y Acad Sci*, 2005, 1060:93-97.
- [23] Marie C, Delogu F, Lampis G, et al. Influence of musical expertise on segmental and tonal processing in Mandarin Chinese. *J Cogn Neurosci*, 2011, 23(10):2701-2715.
- [24] Magne C, Schön D, Besson M. Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: Behavioral and electrophysiological approaches. *J Cogn Neurosci*, 2006, 18(2):199-211.
- [25] Schön D, Magne C, Besson M. The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 2004, 41(3):341-349.
- [26] Jentschke S, Koelsch S, Friederici AD. Investigating the relationship of music and language in children: Influences of musical training and language impairment. *Ann N Y Acad Sci*, 2005, 1060:231-242.
- [27] Gordon RL, Schön D, Magne C, et al. Words and melody are intertwined in perception of sung words: EEG and behavioral evidence. *PLoS One*, 2010, 5(3):e9889.

- [28] Painter JG, Koelsch S. Can out-of-context musical sounds convey meaning? An ERP study on the processing of meaning in music. *Psychophysiology*, 2011, 48(5):645-655.
- [29] 侯建成, 刘昌. 语言与音乐活动的脑机制研究述评. *心理科学进展*, 2008, 16(1):50-58.
- [30] Sammler D, Koelsch S, Friederici AD. Are left fronto-temporal brain areas a prerequisite for normal music-syntactic processing? *Cortex*, 2011, 47(6):659-673.
- [31] Schön D, Gordon R, Campagne A, et al. Similar cerebral networks in language, music and song perception. *Neuroimage*, 2010, 51(1):450-461.
- [32] Groussard M, Viader F, Hubert V, et al. Musical and verbal semantic memory: Two distinct neural networks? *Neuroimage*, 2010, 49(3):2764-2773.
- [33] Levitin DJ, Menon V. Musical structure is processed in "language" areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence. *Neuroimage*, 2003, 20(4):2142-2152.
- [34] Dick F, Lee HL, Nusbaum H, et al. Auditory-motor expertise alters "speech selectivity" in professional musicians and actors. *Cereb Cortex*, 2011, 21(4):938-948.
- [35] Fedorenko E, Behr MK, Kanwisher N. Functional specificity for high-level linguistic processing in the human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2011, 108(39):16428-16433.
- [36] Rogalsky C, Rong F, Saberi K, et al. Functional anatomy of language and music perception: Temporal and structural factors investigated using functional magnetic resonance imaging. *J Neurosci*, 2011, 31(10):3843-3852.
- [37] Roux FE, Borsari S, Démonet JF. "The mute who can sing": A cortical stimulation study on singing. *J Neurosurg*, 2009, 110(2):282-288.
- [38] Kim M, Tomaino CM. Protocol evaluation for effective music therapy for persons with nonfluent aphasia. *Top Stroke Rehabil*, 2008, 15(6):555-569.
- [39] Tomaino CM. Effective music therapy techniques in the treatment of nonfluent aphasia. *Ann N Y Acad Sci*, 2012, 1252:312-317.

《中国医学影像技术》杂志 2014 年征订启事

《中国医学影像技术》杂志于 1985 年创刊,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,主编为李坤成教授、姜玉新教授。刊号:ISSN 1003-3289, CN 11-1881/R。是百种中国杰出学术期刊、中国精品科技期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、英国《科学文摘》收录源期刊、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊、波兰《哥白尼索引》收录源期刊、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊。

《中国医学影像技术》杂志刊登放射、超声、核医学、介入治疗、影像技术学、医学物理与工程学等方面的基础研究及临床实验研究最新成果,信息量大、发刊周期短,注重医、理、工相结合,是影像医学发展和学术交流的良好平台,本刊论文是医学影像专业人员晋升中、高级职称和完成硕士、博士学业的重要依据,也是图书馆必备的学术刊物。

《中国医学影像技术》为月刊,160 页,大 16 开本,彩色印刷。单价 20 元,全年定价 240 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号 82-509;亦可向编辑部直接订阅,免邮寄费(欢迎通过银行转账,附言栏请注明订阅杂志名称)。

登录新浪、腾讯微博关注“中国医学影像技术”或者搜索微信号“cjmit1985”关注。

联系电话:010-82547903 传真:010-82547903

E-mail: cjmit@mail.ioa.ac.cn 网址: www.cjmit.com

编辑部地址:北京市海淀区北四环西路 21 号大猷楼 502 室 邮编:100190

银行账户名:《中国医学影像技术》期刊社 账号:110907929010201

开户行:招商银行北京分行清华园支行 联系人:孟辰凤

