

音乐、心理与大脑

张 卫 东

(华东师范大学心理与认知科学学院, 上海 200062)

摘 要:音乐因其对个人和社会的重要意义而吸引心理学和神经科学等学科的研究者对其心理机制及神经基础进行广泛而深入的探究。研究者们围绕音乐的认知加工和情绪体验及其神经基础、音乐与人格特征的关系、音乐心理学及脑科学研究的应用价值诸方面展开研究,取得了不少重要进展,但也面临着一些问题。在脑认知机制上音乐加工与语言加工的关系、音乐情绪加工及其脑机制等是未来研究的可能方向。

关键词:音乐;认知;情绪;人格;神经基础

一 引言

音乐之于个人和社会的重要性再怎样强调也不为过。先贤孔子及其儒家学派十分重视音乐对人的社会教化作用,倡导礼乐之治,所谓“兴于诗,立于礼,成于乐”(《论语·泰伯》)，“移风易俗,莫善于乐”(《孝经》)。孔子提出了音乐审美标准,闻《韶》乐,三月不知肉味(《论语·述而》),评价《韶》乐尽善尽美,而《武》乐则在“善”的方面不如《韶》乐(《论语·八佾》);音乐之美,在于其内容之善,在于符合“乐而不淫,哀而不伤”的“中和”之理。儒家经典音乐理论认为,君子知乐,由此掌握治国之道(“知声而不知音者,禽兽是也,知音而不知乐者,众庶是也。惟君子为能知乐,是故审声以知音,审音以知乐,审乐以知政,而治道备矣”——《礼记·乐记》)。古希腊哲学家毕达哥拉斯(Pythagoras)发现了音乐与数的关系,认为音乐的基本原理就在于数量关系,音乐是具有恰当数量关系的和谐音调所构成的整体。音乐具有净化灵魂的作用。他的学说率先为西方音乐理论奠定了基础。

对于现代社会大多数人而言,音乐已成为日常生活中不可缺少的一部分。人们基于各种理由喜爱音乐(Juslin & Laukka, 2004),音乐有助于促进身心健康、满足不同心理需要、增强幸福感等(Schäfer & Sedlmeier, 2009; 2010)。在各种重要社会活动场合(例如,庆贺、会议、婚礼、宗教礼拜,等等),音乐常常是其有机组成部分,由此也产生了相应题材和体裁的各种乐曲或歌曲。

音乐诞生于人类社会的历史悠久绵长,最近的考古学研究在德国南部的山洞里,发现了42000年前用秃鹫骨和猛犸象牙制成的人类最古老的乐器——笛子,人类音乐能力如同其语言能力一样是大脑高度进化的产物(d'Errico et al., 2003)。音乐行为的进化心理学及社会心理学意义在于促进人际交流与合作、团体社会凝聚和协调等(Koelsch, 2010)。尽管音乐对我们人类如此重要,然而科学界对其心理机制及其神经基础的了解还远未达到全面深入的程度。近几十年来,音乐学(musicology)、心理学和神经科学等领域的学者已经开始跨学科的合作研究,取得了令人鼓舞的丰富成果,本文拟从音乐的认知加工与情绪体验及相关脑机制、音乐与人格特征的关系,以及音乐心理学及其脑科学研究的应用价值诸方面予以梳理综述。

二 音乐的认知加工

音乐是由音符(notes)按一定规则组成不同时空关系的片段或篇章,因此对音乐的认知加工本质上

就是对音符心理物理属性(音高、音强、音色等)的特征分析以及对音符间时间关系和音调高低关系(time-based and pitch-based relations)的感知、识别、解析和规则学习等(Peretz & Zatorre, 2005; Krumhansl, 2000; Tillmann et al, 2000)。毕达哥拉斯可被视为研究音符音程的心理物理学鼻祖,他指出,如果两根质地相同的琴弦长短比例为2:1,则各自振动发出的音相差八度;如果两弦长短之比是3:2,则短弦所发的音比长弦高五度。他的研究为此后实验音乐心理学开启了探索之门。1863年,赫尔姆霍兹(Hermann von Helmholtz)发表了专著《作为音乐理论生理学基础的乐音感知》(On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music),标志着音乐心理学真正开始走上科学研究之路。

如今心理科学和神经科学研究对于音乐的认知加工机制及其神经基础的了解与日俱增,尤其是近二、三十年来,越来越多的神经科学研究者对音乐知觉及其脑机制开展了大量研究,结果表明,对于不同乐音特征,诸如音高特征(绝对音高、音程、音廓)、响度、时序特征(节奏、节拍、曲速)以及空间定位的知觉加工,各由大脑不同机能部位来完成(Levitin & Tirovolas, 2009)。例如,音高以拓扑排列表征(tonotopic representations)的方式在初级和次级听皮层中加工,而音程(pitch interval)和音高轮廓(pitch contour)的加工则位于两半球不同皮层区,涉及颞平面(planum temporale)和颞上沟后部(posterior superior temporal sulcus, pSTS)等(Stewart et al., 2008; Liégeois-Chauvel et al., 1998)。此外,在人脑听觉皮层后部和下顶叶皮层存在声音空间定位的神经通路(Zatorre et al., 2002)。至于对节奏与节拍的加工,大脑皮层运动前区(premotor area)及辅助运动区(supplementary motor area, SMA)、基底神经节以及小脑的机能则显得尤为重要(Grahn, 2009; Grahn & Brett, 2007; Peretz & Zatorre, 2005)。从整体上看,大脑两半球对于上述音乐感知要素的加工分析存在彼此分工合作的关系。

一些学者提出了音乐的模块加工模型(Koelsch, 2011; Peretz & Coltheart, 2003),认为大脑中存在不同的特异性音乐信息加工模块,例如音程、音调轮廓、调性编码模块,旋律、节拍分析模块,结构规则与含义加工模块等。一些模块可能并不为音乐加工所独有,例如旋律轮廓(contour)加工模块也可被用于话语音调的分析(Patel, 2003),音乐句法加工(music-syntactic processing)与语言句法加工(language-syntactic processing)的脑机能区可能存在某种程度的交迭(Koelsch, 2011)。音乐知觉分析模块将音高(旋律)与时间(节奏节拍)组织信息输出至音乐记忆系统以及情绪加工系统,前者使听者能够辨认所听音乐的熟悉度以及提取与音乐相关的记忆内容,后者涉及一些脑结构诸如杏仁核、伏隔核、旁海马回、眶额皮层、腹内侧前额叶皮层等,使听者能够识别和体验音乐所表达的情绪(Peretz, 2010)。模块加工模型近年来颇受关注,进一步研究需要确认这些模块是否存在,并且牵涉哪些特定脑机能部位。

三 音乐的情绪体验

音乐的重要功能之一在于其能让人产生和抒发情绪,表达思想,引起审美体验。音乐是情绪的语言。音乐的情绪加工与认知加工密不可分,共同形成聆听经验。听者认知加工的结果可影响其情绪反应和情感体验,例如曲速(tempo)和调式(mode)知觉与情绪反应效价(affective valence)有关,一定程度上,快速的大调音乐倾向于使人产生正性情绪体验,而慢速小调音乐则较易诱发负性情绪感受(Khalifa et al., 2005)。和谐与不和谐的音响分别使人产生愉悦与不愉悦的情绪反应,两者分别激活不同的脑区(Koelsch et al., 2006)。脑成像研究显示,聆听西方古典音乐所产生的正性情绪反应伴随大脑两侧纹状体腹部和左侧纹状体背部、左侧扣带回以及左侧旁海马回的激活,而负性情绪反应则与海马和杏仁核激活有关(Mitterschiffthaler et al., 2007)。然而有关研究往往不能断定,调式和曲速知觉是使人能感知和判别音乐所表达的情绪,还是诱发了听者自身相应的情绪反应,因此研究者主张将音乐情绪体验区分为从音乐中感知其所表达的情绪以及由音乐所引发的情绪(perceived and induced musical emotions)(Kallinen & Ravaja, 2006)。通常经过音乐专业训练的人易于判别音乐所负载的情绪信息,而不具备音乐专门知识者则往往被音乐诱发出不同的情绪反应,这两种情形所发生的心理活动及其伴随的脑机能激活模式是不同的,研究者需要仔细加以区分。至于听者所感知的情绪(例如,“那首乐曲听

起来是要表达愉快的心情”)能否转化为同样的情绪反应(“那首乐曲让我快乐起来”),两者的一致性程度如何,则是另一个需要深入剖析的问题。

另有研究者基于 Mayer(1956)的理论假设,探讨音乐聆听期待与情绪反应的关系。人们在聆听音乐的过程中会基于其音乐规则(外显或内隐)知识而对什么样的后续音乐即将到来自发地产生某种预期,这种预期源自个人生活经验,广义而言,体现了个体与环境互动中预测事件发生的适应能力(Pearce & Wiggins, 2006)。是否符合音乐聆听期待导致听者产生紧张和释然的感受。如果预期得到证实,则该结果一般具有奖赏意义。如果违背预期,则往往使人产生某种程度的惊奇惊觉反应,类似于针对危险情形的应激反应(fight-or-flight, 或 freeze 反应)。采用违反音乐聆听期待的实验手段,例如违反旋律音高预期,或者出现意外和弦,研究者可观测到被试中枢和外周神经的应激反应指标(Pearce et al., 2010; Steinbeis et al., 2006)。

聆听音乐还能引发另一种强烈的情绪反应,即听者对某种音乐产生所谓“颤栗”(chills)的反应(Grewe et al., 2009),这种反应又被描述为“浑身起鸡皮疙瘩”(goosebumps),在听赏音乐者群体中并不少见(Panksepp, 1995),通常是被音乐深深打动而产生的令人愉悦甚至陶醉的审美情绪反应,导致大脑与奖赏动机及情绪有关的机能区(诸如腹侧纹状体、眶额皮层、腹内层前额叶皮层、杏仁核等)活动发生变化(Blood & Zatorre, 2001)。

音乐究竟能引发人多少种情绪反应和情感体验?在人类基本情绪中,喜悦和悲伤可能是最常从音乐中体会到的,然而音乐情绪反应的效价并不足以决定人们是否喜欢某首音乐,令人悲伤或悲喜交集的乐曲同样令人沉迷(Barrett et al., 2010)。情绪唤醒度更可能影响听者对音乐的愉悦反应,有研究表明两者是正相关的(Salimpoor et al., 2009)。另有研究证据显示,音乐的曲速和声音响度一般较能影响情绪反应的唤醒度(Gomez & Danuser, 2007)。

基于基本情绪和情绪维度理论模型的测量方法被广泛用于音乐情绪的行为学和神经科学研究,结果显示,音乐可以在跨文化环境中诱发出不同年龄者的基本情绪反应,大脑杏仁核与纹状体分别伴随负性情绪(恐惧)与正性情绪(愉悦)而激活,而其他脑区伴随不同情绪反应的激活模式则较缺乏跨研究的一致性(Brattico & Pearce, 2013)。情绪维度模型在理论上可用于测评任何情绪(包括基本情绪)的效价和唤醒度,有些研究者将原先由 Russell(1980)提出的二维模型修改为三维模型,增加了紧张性(tension)维度(Schimmack & Grob, 2000),该模型被认为更适用于测量音乐情绪感知或反应(Eerola & Vuoskoski, 2011; Vuoskoski & Eerola, 2011)。然而,进一步的研究指出,关于愉悦度(pleasure)的效价测评仍不足以鉴别人们也可能喜欢悲情(负性效价)音乐的情形,也难以评价兼具正、负效价(例如,悲喜交集)的混合情绪(Hunter et al., 2008; Schubert, 1996)。

关于唤醒度的评价,一个值得注意的方法学缺点是其仅借助于主观报告,因为这种评价结果难以进行人际比较。而更为可靠而客观的手段是测量个体自主神经系统的活动强度,这方面心理生理学(psychophysiology)研究有其方法学优势。但是单凭外周神经系统反应生理指标分析往往难以确定个体究竟产生哪种情绪反应,因为不同效价的情绪反应可能显示相似的生理反应指标。今后的研究应考虑情绪效价与唤醒度的交互作用,改进观测方法,以便能比较确切地判断聆听音乐者究竟产生何种情绪反应以及反应强度如何。

现今越来越多的研究者已充分认识到音乐情绪反应的复杂性,认为原有的测评方法并不足以评价音乐所引发的丰富多样以及某些特殊的情绪体验(Scherer, 2004),也有学者认为音乐情绪体验更多意义上属于审美情绪,因其没有直接满足基本生理需要的功利性(Scherer & Zentner, 2008),因此需要构建新的心理测评模型与测评途径予以鉴别分析,相应地,旨在构建多维度评价模型的研究应运而生。Zentner 等(2008)基于验证性因素分析提出了音乐情绪体验的九因素模型,并研制了多维度测评工具——《日内瓦音乐情绪量表》(GEMS),测评维度分别为愉快(Joy)、悲伤(Sadness)、紧张(Tension)、惊奇(Wonder)、平静(Peaceful)、超脱(Transcendence)、温柔(Tenderness)、怀旧(Nostalgia)以及力量

(Power)。新近一项 fMRI 研究观测被试聆听西方古典音乐时的脑机能活动,结果提示,GEMS 的九个因子可被归入更高等级的因子(Trost et al., 2012)。这方面的研究为改进音乐情绪体验的测评途径和方法提供了新的思路。

四 音乐与人格特征的关系

以一曲《广陵散》而名垂青史的嵇康在其《声无哀乐论》中指出:“声音有自然之和,而无系于人情”,“音声以平和为体,而感物无常,心志以所俟为主,应感而发”,意为乐声本身有其自然属性,而与人的情绪反应无关,个人对音乐的理解和情绪体验,是其带有个人经验和个人风格的思想感情在所听音乐上的投射。此论点当可与现代音乐心理学研究结论相印证。

研究表明,个人人格特征影响其对音乐所产生的生理和心理反应,个性特征不同的人对不同音乐的反应敏感性也不相同。往往在实验研究中,主试为被试挑选的音乐并不一定能引起目标反应(主试想要诱发的反应)。以上述“颤栗”研究为例,能使人产生这种强烈情绪反应的音乐往往具有针对个人的特异性,某音乐一旦引发了某人的“颤栗”反应,那么此后在此人身上就更易引发该反应,这种特殊的“感情纽带”建立于独特的个人经验。另一方面,在“颤栗”反应的发生率上也存在个体差异,例如,女性一般比男性更多地被音乐诱发出该反应,而且悲伤音乐比快乐音乐更有感染力。此外,“颤栗”反应频率与“大五”人格中的“宜人性”(agreeableness)相关(Panksepp, 1995)。新近研究发现,“宜人性”评分较高者较有同情心和同理心,对音乐较能产生较强的情绪反应,并且与“神经质”评分较高者一样较能从音乐中体验到悲伤情绪(Ladinig & Schellenberg, 2012)。

至于什么人喜爱什么样的音乐,每个人对其所钟爱的音乐选择并无明确共同性,这显示音乐偏好(music preference)的个体差异性。研究者关注性别和个性因素对个人音乐偏好的影响,对西方人的调查发现,男性比女性较喜欢重低音音乐(McCown et al., 1997),而女性则偏爱较轻柔、浪漫舞曲性质的音乐(Christenson & Peterson, 1988)。另有诸多对于西方人的研究结果显示了一些人格特征与不同类型音乐选择偏好的相关性,例如,感觉寻求(sensation seeking)特质与喜欢高兴奋度音乐(例如摇滚乐)正相关(Little & Zuckerman, 1986);保守性较强的人不喜欢诸如重金属和说唱乐(rap)之类的音乐类型(Lynxwiler & Gay, 2000);外向的人较喜欢流行音乐(Rawlings & Ciancarelli, 1997);开放性(openness to experiences)较强的人倾向于选择多种类型的音乐(包括非主流音乐)(Dollinger, 1993)。有的人着重从理智或认知的角度选择音乐,聆听音乐旨在获取相关知识和新的经验;而另一些人则倾向于利用音乐来调节情绪(Chamorro-Premuzic & Furnham, 2007)。诸如此类的大量研究旨在揭示,个人对音乐的偏好选择展现了其人格特征的不同侧面。

五 音乐心理学及其脑科学研究的应用价值

鉴于音乐能给个人和社会带来诸多裨益,因此必然会在人类生活的各个领域展示其巨大应用价值。音乐是人类高级精神活动的产物,当今音乐心理学及脑科学逐步深入地探究其对人的生理和心理所产生的影响,必定有助于启示我们如何借助音乐来实现促进认知功能和情绪调节功能,改善大脑机能,维护和提升身心健康水平,以及提高生活质量等美好目标。

音乐莫扎特效应(Mozart Effect)是近年来科学界和社会大众热议的一个话题。所谓“莫扎特效应”,广义而言,是指以莫扎特典型作曲风格为特征的音乐能够激发大脑潜在机能,从而促进听者智能的假设。原先由 Rauscher 等(1993)发表于《Nature》的论文曾报告,聆听莫扎特的 D 大调双钢琴奏鸣曲(K. 448)能够提高有关空间推理能力测验的成绩,然而这样的结果却引起争议(Steele et al., 1999)。莫扎特效应如果存在的话,其所基于的大脑机制究竟是什么,是需要深究的问题。相关研究结果虽无定论,但加深了人们对音乐认知和情绪体验与大脑其他认知机能甚而整体智能紧密关系的印象,启发研究者深入思考并不断予以探究。“莫扎特效应”现象引起人们关注音乐教育,但对儿童进行专门音乐

训练需要兼顾其禀赋素质与兴趣等因素。

最新一项认知神经科学研究结果提示,经常演奏音乐能够促进大脑的认知控制机能(诸如行为的实时监控和及时调节等),从而可以改善或延缓伴随衰老过程而发生的大脑额叶机能衰退(Jentszsch et al., 2013)。该研究为音乐能够改善人类大脑机能以及提升心智水平的干预作用提供新的支持证据。

研究表明,音乐具有改变或调节自主神经系统(交感和副交感神经系统)机能活动的作用(表现为心理生理学观测指标的变化)(Khalifa et al., 2002; Krumhansl, 1997),并且也对机体免疫系统机能产生影响(表现为唾液中免疫球蛋白 A 浓度的变化)(Kreutz et al., 2004),这在临床上为心身医学(Psychosomatic Medicine)或行为医学(Behavioral Medicine)领域的音乐治疗提供理论基础。借助于音乐,患者的应激状态得以舒解,负性情绪得以调节,机体免疫力得以增强,身体健康状况得以改善。

另一方面,研究发现,聆听音乐(尤其是令人喜爱的音乐)不失为一种有效的非药物镇痛方法。音乐能够影响疼痛感以及伴随的负性情绪反应(Mitchell & MacDonald, 2006),其原因可能在于,聆听音乐的感情投入分散了对痛觉的注意,也可能由此增强了对疼痛的可控感从而缓解了令人痛苦的情绪体验(Mitchell et al., 2006; Brown et al., 1989)。音乐镇痛疗法在临床上经常与药物治疗配合使用,尤其在药物治疗收效甚微,或不需要药物治疗的情况下更显其长处,而且因其治疗费用低、安全性高以及易于操作而颇受青睐。

音乐是人类社会活动的产物,它的社会功能被 Koelsch(2010)描述为“7个C”(Seven Cs),即(1)与他人联络(contact)以避免社会隔离;(2)启动社会认知(social cognition);(3)产生共同情感(co-pathy)以使不同人的情绪状态更趋一致,从而促进彼此了解而减少矛盾冲突;(4)发生人际交流(communication),尤其是婴幼儿,摇篮曲和儿童歌曲对其情绪调节以及认知、情绪和社会心理发展都具有十分重要的作用;(5)协调动作(coordination),要求团体中成员随着节拍而使动作同步化,由此带来快乐(例如一起跳舞);(6)在团体音乐表演中形成表演者之间的默契合作(cooperation),这种彼此信任和团结合作的关系是幸福快乐的潜在源泉;(7)增进团体的社会凝聚力(social cohesion),满足个体的归属需要(need to belong)以及建立和维系人际依存关系的需要。正是具有这些功能,音乐可被广泛应用于组织行为管理、儿童教育以及临床心理干预与治疗等领域。

上述研究实例尚不足以涵盖音乐心理学、音乐神经科学的所有应用领域,但从中可窥见其巨大的应用价值和令人憧憬的应用前景,这足以使越来越多的研究者以及社会大众热衷不已。

六 结语

“音之起,由人心生也。人心之动,物使之然也。感于物而动,故形于声。声相应,故生变,变生方,谓之音。”(《礼记·乐记》)

音乐,产生于人的心理,是人与外界互动的结果,而人类音乐心理与行为的物质基础则是其适应自然与社会环境而高度进化的大脑。倘若我们没有这样的认知—情绪—社会之脑,那么所谓的“音乐”,只不过是一连串没有意义的声音而已。

人类对音乐的敏感感知和感受似乎是一种具有跨文化普世性(universality)的自然倾向,引发研究者关注并探究音乐能力的先天性及其与后天经验的关系、其生物学基础以及进化意义等(Trehub, 2001),并且常将其与另一种人类独具的能力——语言能力相类比。在脑认知机制上,音乐加工与语言加工所涉神经网络是彼此分离的,还是在某种程度上是部分交迭(overlapping)或共享的?这是对模块加工理论的重要提问。此外,音乐认知加工是否涉及其他一些领域一般性(domain-general)的认知加工机能,这是考察其领域特异性(domain-specificity)的另一重要方面。

相较于认知加工,音乐情绪加工及其脑机制更显复杂,也更加激发研究者的兴趣。相比于饮食男女,音乐看来不能直接满足人的生理需要,然而因其能带给我们丰富多彩的情绪反应和情感体验甚至某种高峰体验(peak experience)而具奖赏意义,直教人孜孜以求,常伴终生。音乐所诱发的情绪反应远

不限于基本情绪,许多研究者认为,听赏音乐所产生的更多是“审美的”而非带有直接功利目的的情绪体验。音乐审美情绪的理论分析、鉴别评价及其脑机制是新兴的神经美学研究的重要课题。

个体人格因素对其音乐心理活动与行为的影响也被诸多研究所揭示,同样的音乐对于不同的人可能引发不同情绪反应,不同的人对不同的音乐也有各自的偏好选择。迄今该领域的研究显得有些零散,面临的主要问题是缺乏基于潜在影响机制的统整理论模型。另一方面,个体人格的形成和发展不可能脱离其所在的社会文化背景,以西方人为研究对象的音乐心理学研究结论是否能推及非西方人不能忽视的问题。现有的一些音乐心理测评模型具有音乐类型依赖性(genre-dependent),可能并不适用于其他类型音乐的听赏体验评价,其他文化背景下的音乐听赏体验应有自身的测评模型。由宫、商、角、徵、羽特殊音阶体系所谱成的中华民族传统音乐,经本土传统乐器演奏,会引发东西方人怎样的认知加工和情绪体验及其脑机能活动模式,并与听赏西方古典音乐相比有何异同,这是非常有趣而尚未研究的问题。

就在人们津津乐道于音乐美好功用的同时,研究者却深感音乐心理学及其脑机制研究任务的艰巨性和复杂性,但他们并未因此停下探索的脚步。音乐起于心而生于脑,曾几何时,缪斯(Muse)女神拨动了科学研究美妙动人弦。

参考文献

- Barrett, F. S., Grimm, K. J., Robins, R. W., Wildschut, T., Sedikides, C., & Janata, P. (2010). Music-evoked nostalgia: Affect, memory, and personality. *Emotion*, 10, 390—403.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 11818—11823.
- Brattico, E., & Pearce, M. (2013). The neuroaesthetics of music. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 48—61.
- Brown, C. J., Chen, A. C. N., & Dworkin, S. F. (1989). Music in the control of human pain. *Music Therapy*, 8, 47—60.
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2007). Personality and music: Can traits explain how people use music in everyday life? *British Journal of Psychology*, 98, 175—185.
- Christenson, P. G., & Peterson, J. B. (1988). Genre and gender in the structure of music preferences. *Communication Research*, 15, 282—301.
- d'Errico, F., Henshilwood, C., Lawson, G., Vanhaeren, M., Tillier, A. M., Soressi, M., et al. (2003). Archaeological evidence for the emergence of language, symbolism, and music—An alternative multidisciplinary perspective. *Journal of World Prehistory*, 17, 1—70.
- Dollinger, S. J. (1993). Research note: Personality and music preference: Extraversion and excitement seeking or openness to experience? *Psychology of Music*, 21, 73—77.
- Eerola, T., & Vuoskoski, J. K. (2011). A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. *Psychology of Music*, 39, 18—49.
- Gomez, P., & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7, 377—387.
- Grahn, J. A. (2009). The role of the basal ganglia in beat perception. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 35—45.
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893—906.
- Grewe, O., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2009). Chills as an indicator of individual emotional peaks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 351—354.
- Hunter, P. G., Schellenberg, G., & Schimmack, U. (2008). Mixed affective responses to music with conflicting cues. *Cognition & Emotion*, 22, 327—352.
- Jentzsch, I., Mkrtchian, A., & Kansal, N. (2013). Improved effectiveness of performance monitoring in amateur instrumental musicians. *Neuropsychologia*, in press.
- Juslin, P. N., & Laukka, P. (2004). Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of New Music Research*, 33, 217—238.
- Kallinen, K., & Ravaja, N. (2006). Emotion perceived and emotion felt: Same and different. *Musicae Scientiae*, 10, 191—241.
- Khalfa, S., Schän, D., Anton, J. L., & Liégeois-Chauvel, C. (2005). Brain regions involved in recognition of happiness and sadness in music. *NeuroReport*, 16, 1981—1984.
- Khalfa, S., Isabelle, P., Jean-Pierre, B., & Manon, R. (2002). Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans.

- Neuroscience Letters*, 328, 145—149.
- Koelsch, S. (2011). Towards a neural basis of music perception- a review and updated model. *Frontiers in Psychology*, 2, Article 110.
- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(3), 131—137.
- Koelsch, S., Fritz, T., von Cramon, D. Y., Müller, K., & Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: An fMRI study. *Human Brain Mapping*, 27, 239—250.
- Kreutz, G., Bongard, S., Rohrman, S., Hodapp, V., & Grebe, D. (2004). Effects of choir singing or listening on secretory immunoglobulin A, cortisol, and emotional state. *Journal of Behavioral Medicine*, 27, 623—635.
- Krumhansl, C. L. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychological Bulletin*, 126, 159—179.
- Krumhansl, C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51(4), 336—353.
- Ladinig, O., & Schellenberg, G. E. (2012). Liking unfamiliar music: Effects of felt emotion and individual differences. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(2), 146—154.
- Levitin, D. J., & Tirovolas, A. K. (2009). Current advances in the cognitive neuroscience of music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 211—231.
- Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babai, M., Laguitton, V., & Chauvel, P. (1998). Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain*, 121, 1853—1867.
- Little, P., & Zuckerman, M. (1986). Sensation seeking and music preferences. *Personality and Individual Differences*, 7, 575—577.
- Lynxwiler, J., & Gay, D. (2000). Moral boundaries and deviant music: Public attitudes toward heavy metal and rap. *Deviant Behavior*, 21, 63—85.
- McCown, W., Keiser, R., Mulhearn, S., & Williamson, D. (1997). The role of personality and gender in preference for exaggerated bass in music. *Personality and Individual Differences*, 23, 543—547.
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and meaning in music*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mitchell, L. A., & MacDonald, R. A. R. (2006). An experimental investigation of the effects of preferred and relaxing music on pain perception. *Journal of Music Therapy*, 63, 295—316.
- Mitchell, L. A., MacDonald, R. A. R., & Brodie, E. E. (2006). A comparison of the effects of preferred music, arithmetic and humour on cold pressor pain. *European Journal of Pain*, 10, 343—351.
- Mitterschiffthaler, M. T., Fu, C. H. Y., Dalton, J. A., Andrew, C. M., & Williams, S. C. R. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping*, 28, 1150—1162.
- Panksepp, J. (1995). The emotional source of “chills” induced by music. *Music Perception*, 13, 171—207.
- Patel, A. (2003). Language, music and the brain. *Nature Neuroscience*, 6, 674—681.
- Pearce, M. T., & Wiggins, G. A. (2006). Expectation in melody: The influence of context and learning. *Music Perception*, 23, 377—405.
- Peretz, I. (2010). Towards a neurobiology of musical emotions. In P. Juslin & J. Sloboda (Eds.), *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications* (pp. 99—126). Oxford: Oxford University Press.
- Pearce, M. T., Ruiz, M. H., Kapasi, S., Wiggins, G. A., & Bhattacharya, J. (2010). Unsupervised statistical learning underpins computational, behavioural and neural manifestations of musical expectation. *NeuroImage*, 50, 302—313.
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6, 688—691.
- Peretz, I., & Zatorre, R. (2005). Brain organization for music processing. *Annual Reviews of Psychology*, 56, 89—114.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
- Rawlings, D., & Ciancarelli, V. (1997). Music preference and the five-factor model of the NEO Personality Inventory. *Psychology of Music*, 25, 120—132.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161—1178.
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J. R., & Zatorre, R. J. (2009). The rewarding aspects of music listening are related to degree of emotional arousal. *PLoS One*, 4, e7487.
- Schäfer, T., & Sedlmeier, P. (2009). From the functions of music to music preference. *Psychology of Music*, 37, 279—300.
- Schäfer, T., & Sedlmeier, P. (2010). What makes us like music? Determinants of music preference. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(4), 223—234.
- Scherer, K. R. (2004). Which emotions can be induced by music? What are the underlying mechanisms? And how can we measure them? *Journal of New Music Research*, 2004, 33(3), 239—251.
- Scherer, K. R., & Zentner, M. R. (2008). Music evoked emotions are different: More often aesthetic than utilitarian. *Behavioral and Brain Sciences*, 31, 595—596.
- Schimmack, U., & Grob, A. (2000). Dimensional models of core affect: A quantitative comparison by means of structural equation modeling. *European Journal of Personality*, 14, 325—345.

- Schubert, E. (1996). Enjoyment of negative emotions in music: An associative network explanation. *Psychology of Music*, 24, 18—28.
- Steele, K. M., Bass, K. E., & Crook, M. D. (1999). The mystery of the Mozart Effect: Failure to replicate. *Psychological Science*, 10(4), 366—369.
- Steinbeis, N., Koelsch, S., & Sloboda, J. A. (2006). The role of harmonic expectancy violations in musical emotions: Evidence from subjective, physiological and neural responses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1380—1393.
- Stewart, L., Overath, T., Warren, J. D., Foxton, J. M., & Griffiths, T. D. (2008). fMRI evidence for a cortical hierarchy of pitch pattern processing. *PLoS One*, 3, e1470.
- Tillmann, B., Bharucha, J. J., & Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: A self-organized approach. *Psychological Review*, 107, 885—913.
- Trehub, S. E. (2001). Musical predispositions in infancy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930, 1—16.
- Trost, W., Ethofer, T., Zentner, M., & Vuilleumier, P. (2012). Mapping aesthetic musical emotions in the brain. *Cerebral Cortex*, 22, 2769—2783.
- Vuoskoski, J. K., & Eerola, T. (2011). Measuring music-induced emotion: A comparison of emotion models, personality biases, and intensity of experiences. *Musicae Scientiae*, 15, 159—173.
- Zatorre, R. J., Bouffard, M., Ahad, P., & Belin, P. (2002). Where is 'where' in the human auditory cortex? *Nature Neuroscience*, 5, 905—909.
- Zentner, M., Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2008). Emotions evoked by the sound of music: Characterization, classification and measurement. *Emotion*, 8, 494—521.

Music, Mind and the Brain

ZHANG Weidong

(School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract: Music plays an important role both in one's life and in a society and therefore attracts psychologists and neuroscientists to explore intensively and extensively the psychological mechanisms and neural basis of human musical mind. This paper reviewed the major research advances and results in the areas of cognitive processing and emotional experience of music, the individual differences in responding to and enjoying music, and the implications of psychological and neuro-scientific research on music. The concluding remarks addressed the key issues in current studies as well as directions for future research in the area of music, mind and brain.

Keywords: music; cognition; emotion; personality; neural basis