

音乐时间加工的影响因素*

江 俊 王梓梦 万 璇 蒋存梅

(上海师范大学音乐学院, 上海 200234)

摘 要 音乐的时间维度在音乐艺术中具有重要的作用。已有研究表明, 对音乐时间维度的加工受制于许多方面, 一方面, 音乐构成要素的特征影响着人们对音乐时间的加工; 另一方面, 听者的年龄、注意、工作记忆、音乐训练以及对音乐的熟悉性等因素也影响着他们对音乐时间加工的深度和广度。未来的研究应进一步确定音乐时间加工的影响因素及其相对重要性, 并对音乐时间加工中基因与环境的关系以及发展的敏感期等问题进行研究。

关键词 音乐时间加工; 时长; 节奏; 节拍; 个体差异

分类号 B842

在音乐艺术中, 音高和时间是两个重要的维度。但是, 它们在音乐艺术中具有不同的重要性。一部音乐作品可以没有音高维度, 但是时间维度不可缺失。比如, 许多打击乐只包含时间变化, 而没有音高维度; 当今流行的说唱、节奏布鲁斯、放克、高科技舞曲等音乐也主要围绕着节奏的变化。从这个角度来说, 作为一门时间的艺术, 音乐的时间维度比音高维度更为重要。对音乐时间加工的研究有助于揭示人类对音乐加工的本质。然而, 纵观已有音乐研究文献, 与音高研究相比, 对音乐时间维度的加工较少受到研究者的关注 (Overy & Turner, 2009; Stewart, von Kriegstein, Warren, & Griffiths, 2006)。

Stewart 等 (2006) 把音乐时间分为时长 (duration)、节奏 (rhythm) 和节拍 (meter) 三个水平。时长是指声音或休止所持续的时间。节奏是指声音或休止在时间上的组织, 例如长-短-短、短-长-短。节拍是指拍子 (beat/pulse) 按照一定的强弱规律循环重复。比如, 进行曲的节拍通常为强-弱二拍子的循环重复; 而圆舞曲通常为强-弱-弱三拍子的循环重复。相应地, 对音乐时间的加工分别涉及对时长、节奏以及节拍的加工 (Stewart et al.,

2006)。

与音高维度不同, 音乐时间维度上的复杂性导致音乐时间加工研究的困难, 并出现研究结果的不一致 (Grahn, 2009, 2012)。基于此, 本文将聚焦于音乐时间加工, 力图厘清音乐时间加工的影响因素, 推进学界对音乐时间加工的研究进程。

1 音乐构成要素特征的影响效应

1.1 节奏

在节奏加工层面, 研究者通常使用节奏再现测验范式考察听者对节奏的加工。在这种范式中, 研究者首先呈现标准节奏, 让被试聆听 2~3 遍, 然后让其通过点击鼠标、手指敲击、跺脚或步行的方式再现节奏 (Bailey & Penhune, 2010, 2012; Grahn & Schuit, 2012; Iannarilli, Vannozzi, Iosa, Pesce, & Capranica, 2013)。对于节奏再现成绩的计算, 不同研究使用的指标也不尽相同。例如, Bailey 和 Penhune (2010, 2012) 使用正确率、异步性 (指标准节奏中音符与所敲击音符的起始时间差异的绝对值) 和时间间隔变异 (即用每两个音符的时间间隔除以标准节奏中每两个音符的时间间隔) 来计算被试再现节奏的成绩。Grahn 和 Schuit (2012) 则把正确敲击音符的数量与正确率作为指标。具体来说, 当所敲击的音符个数与标准节奏中的音符个数相同时, 被试的反应被认为是正确的。然后, 据此计算正确率。正确率的计算分为

收稿日期: 2013-10-16

* 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目 (13JZD048)。

通讯作者: 蒋存梅, E-mail: cunmeijiang@126.com

两个标准:在绝对标准下,只要所再现的任何两个音符间的时间间隔超过或低于标准节奏中两个音符间隔的20%,被试的反应就被认为是错误的;在相对标准下,只要被试再现音符的相对时间关系是正确的,则判断是正确的。

已有研究表明,节奏的特点影响听者对节奏的加工。一方面,节奏的长短影响听者再现节奏的正确率。Grahn和Schuit(2012)通过操纵节奏来考察节奏长度对节奏再现成绩的影响。短节奏是由6个节奏模式中的2个模式组成,中等长度节奏和长节奏则分别由3个和4个节奏模式组成。研究表明,节奏再现正确率最高的是短节奏,然后是中等长度节奏,最后是长节奏。另一方面,节奏的复杂性或规律性也影响时间加工。与无规律节奏相比,被试对有规律节奏的判断更准确(Trehub & Hannon, 2009)。同时,被试再现简单节拍节奏的正确率显著高于复杂节拍或无节拍的节奏(Bailey & Penhune, 2010; Grahn & Brett, 2007)。

脑功能研究表明,听者在聆听不同复杂性的节奏时,大脑激活的区域也不尽相同:与复杂节拍或无节拍的节奏相比,聆听简单节拍节奏会激活基底核(basal ganglia)、颞上回前部、左侧额下回(inferior frontal gyrus, IFG)以及辅助运动区域(supplementary motor area, SMA)/前辅助运动区域(pre-SMA),但聆听复杂节拍与无节拍节奏的大脑激活区域没有显著差异(Grahn & Brett, 2007)。另一个研究表明,相对于无节拍的节奏,简单节拍节奏使额中回的激活程度加强(Bengtsson et al., 2009)。

综上所述,已有研究一致表明,简短、简单和有规律的节奏更有利于被试的节奏再现。这可能是由于短节奏占用较少的工作记忆,因此更容易被记住。类似地,简单和有规律的节奏也容易被加工。

1.2 节拍

节拍可以被分为二拍子、三拍子和四拍子等。其中,二拍子和三拍子是基本的节拍,其他节拍都是由它们复合而成。就本质而言,节拍体现出强拍和弱拍的循环出现。每小节只包含一个强拍称为单拍子,比如,2/4或3/4拍;每小节由相同类型的单拍子组成,包含两个或两个以上的强拍称为复拍子,比如,4/4或6/8拍;每小节由不同类型的单拍子组成,包含两个或两个以上的强拍称为

混合拍子,比如,7/8或15/8拍。可见,单拍子、复拍子和混合拍子的复杂性具有差异。

首先,节拍的复杂性影响着音乐时间的加工。就单拍子而言,研究发现,二拍子比三拍子更容易编码(Dawe, Plait, & Racine, 1994; Drake, 1993)。例如,在Bergeson和Trehub(2006)的研究中,研究者发现,与三拍子(3/4)旋律的音高分辨相比,听者对二拍子(2/4)旋律中半音音高差异的分辨具有优势。Jongsma, Desain和Honing(2004)发现,与三拍子相比,二拍子诱发出更大的P3波幅。这可能由于“西方音乐中二拍子比三拍子更常见(Bergeson & Trehub, 2006)”的缘故。脑损伤研究表明,左侧或右侧颞叶损伤的病人分辨进行曲和圆舞曲的能力低于正常人(Liégeois-Chauvel, Peretz, Babai, Laguitton, & Chauvel, 1998),该研究暗示颞叶可能负责节拍的加工。

就复拍子与混合拍子相比而言,复拍子更容易加工。研究表明,听者对4/4拍的加工显著优于对15/8拍的加工(Hannon, Soley, & Levine, 2011; Hannon, Soley, & Ullal, 2012a)。然而,单拍子是否比混合拍子更容易加工,则依赖于熟悉性。与5/8或7/8拍相比,不熟悉混合拍子的听者在检测2/4拍节拍变化方面更具优势;而熟悉混合拍子的听者都能够很好地检测单拍子和混合拍子(Kalender, Trehub, & Schellenberg, 2013)。

其次,节拍重音与节奏重音是否吻合也影响听者对音乐时间的加工。在音乐作品中,节拍重音或与节奏重音吻合,或与节奏重音冲突,从而产生多种音乐效果。研究表明,听者对强位置节奏重音的知觉能力较强,而对弱位置节奏重音(即节拍重音与节奏重音不吻合)的敏感性较弱(Bergeson & Trehub, 2006)。作者认为,强位置节奏重音会形成一个内部计时器,从而有利于听觉时间序列的编码、组织以及对时间变化的检测。这似乎与动态注意理论一致。该理论认为,强拍上的音符比弱拍上的音符更容易被注意到,因而有利于时间序列的编码,并导致对强拍上音符时长变化的检测更为敏感(Large & Jones, 1999; Large & Palmer, 2002)。该理论也在Repp(2010)的研究中得到印证。在Repp(2010)的研究中,9名成人聆听3个6/8拍的旋律片段,每个旋律片段都由3个小节组成:前两个小节包含12个八分音符,最后一个小节包含一个附点四分音符和一个

附点四分休止符。旋律片段呈现两次,第一次只呈现前两个小节,第二次全部呈现,但是前两个小节中的某个音符时长发生了变化,被试需要判断哪一个音符时长发生了变化。结果表明,被试对强拍上音符时长变化的敏感性要高于弱拍的音符。Grahn 和 Schuit (2012)也发现,当节拍重音与节奏重音相吻合时,听者再现节奏的成绩较好,反之较差。

由上可见,与三拍子相比,听者对二拍子的加工具有优势。同时,与混合拍子相比,单拍子加工的优势则依赖于熟悉性:如果听者不熟悉混合拍子,则单拍子更容易加工,但是,如果听者熟悉混合拍子,则单拍子加工的优势就不再存在。相对于混合拍子,复拍子更容易加工。这可能缘于复拍子的强弱关系比混合拍子更有规律性。另一方面,节拍和节奏的重音关系也影响听者对音乐时间的加工。节拍重音与节奏重音的吻合有助于音乐时间的加工,反之,节拍与节奏重音的不吻合则阻碍听者对音乐时间的加工。

1.3 速度

速度(tempo)是一个与音乐时间维度相关的要素。在音乐中,速度通常被定义为单位时间(1分钟)内所发生的拍子的数量,常常通过节拍器来测量。在心理实验研究中,速度也经常用呈现时间间隔(inter-onset intervals, IOIs)或绝对时长表示(Fraisse, 1982)。最佳的速度是每分钟约100个拍子(IOIs~600 ms),如果速度太快(IOIs<100 ms)或太慢(IOIs>1500 ms),听者可能难以知觉(Fraisse, 1982; van Noorden & Moelants, 1999)。

Samson, Ehrlé 和 Baulac (2001)考察了速度对节奏序列中时长变化检测的影响。节奏序列分别以80, 300, 500, 800和1000 ms的速度呈现。研究发现,与慢速节奏(300~1000 ms)相比,被试(尤其是左颞叶损伤的病人)对快速节奏(80 ms)中声音时长变化的检测能力较强。研究者认为,在快速情况下的音乐时间加工能力与听觉记忆饱和有关。这是因为声音在呈现后需要延迟200~300 ms才能被记住。Trehub 和 Thorpe (1989)进一步提供了速度影响节奏知觉的证据。她们观察到,婴儿在中等速度下分辨节奏模式的正确率要高于在很快或很慢速度下的节奏分辨。同时, Hannon, Snyder, Eerola 和 Krumhansl (2004)还发现,速度的快慢影响节拍的识别。在她们的研究中,刺激

由64个旋律片段组成,一半旋律片段的节拍是3/4拍,另一半是6/8拍。每个旋律片段由7个八分音符构成(前6个构成一个小节),分别以快(200ms)、慢(300ms)两种速度反复呈现。被试需要在6点等级量表上(1=肯定是6/8拍,6=肯定是3/4拍,其他等级以此类推)判断旋律片段的节拍。结果显示,听者易于把慢速的旋律片段知觉为3/4拍,而把快速的片段知觉为6/8拍。

总之,速度影响时长、节奏与节拍的识别。中等速度最有利于音乐时间的加工。当然,速度太快,人类很难分辨并记住时长差异;速度太慢,节奏组织可能不够清晰,只留下一系列单独的声音。因此,对听者来说,太快或太慢的速度必然增加对音乐时间加工的难度。

1.4 和声伴奏

音乐时间加工不仅受制于音乐时间要素特点,而且与音高层面的要素——和声也具有相关。具体来说,和声对音乐时间加工的影响主要体现在旋律和节奏序列中的和声伴奏方面。

Bergeson 和 Trehub (2006)让被试聆听二拍子(2/4)和三拍子(3/4)的旋律配对。旋律分别配有二拍子和三拍子和声伴奏。结果发现,与三拍子旋律相比,被试对二拍子旋律音高变化的分辨具有优势。该结果也表明,和声伴奏有助于被试区分二拍子和三拍子旋律。类似地, Dawe 等(1994)让音乐家和非音乐家聆听两种节奏序列(二拍子和三拍子),每种节奏序列都配有分别由二拍子和三拍子组织的两种和声伴奏,之后要求被试确定节奏序列是二拍子还是三拍子。当节奏序列与和声伴奏的节拍一致时,音乐家对二拍子节奏序列识别的准确率为100%,而对三拍子节奏序列识别的准确率为91%;相应地,非音乐家的准确率分别为91%和88.5%。当两者不一致时,音乐家和非音乐家都是根据和声伴奏的节拍来确定节拍。同时,研究也发现,与非音乐家相比,音乐家对节拍的加工更多地依赖于和声信息。同样地,旋律序列的实验也得到了类似的结果。当旋律序列与和声伴奏的节拍一致时,音乐家和非音乐家对二拍子旋律序列识别的准确率分别为99.3%和72.9%,而对三拍子旋律序列识别的准确率分别为95.8%和71.5%。当旋律序列与和声伴奏的节拍不一致时,音乐家倾向于根据和声伴奏的节拍来确定旋律序列的节拍,而非音乐家的情况更为复

杂:在和声伴奏为二拍子、旋律序列为三拍子的情况下,被试倾向于把旋律序列的节拍判断为二拍子;在和声伴奏为三拍子、旋律序列为二拍子的情况下,他们倾向于把旋律序列的节拍判断为二拍子。

可见,和声伴奏有助于听者对旋律和节奏序列节拍的辨认,他们能够利用内隐的和声线索进行节拍加工。这可能由于和声序列能帮助听者知觉到旋律的拍子和强拍位置,并促进他们对节拍进行判断。

2 个体差异的影响效应

2.1 年龄

对于婴儿来说,由于他们不能用言语报告自己的知觉活动和经验,研究者主要根据非言语行为(包括吮吸、转头、眼动、伸手、注视)以及生理反应(呼吸或心率、脑电)推断其知觉情况。习惯化-去习惯化法是考察婴儿音乐时间加工能力的主要方法。这种方法的程序如下:先反复给婴儿呈现某种或某些刺激,使之对它越来越熟悉,直到对其反应消失。然后,再呈现另一个或一些不同的刺激,如果婴儿对新异刺激作出较强的反应,那就说明他能辨别这两种不同的刺激(Hannon et al., 2011; Hannon & Trehub, 2005a; Trehub & Hannon, 2009)。对于能够使用言语反应的儿童和成人来说,常用的测验范式是分辨测验。在这个范式中,研究者一般先呈现两个刺激序列(一个作为标准的,另一个作为对照的),其中一个刺激序列含有时长变化,然后要求被试评定这两个刺激序列的相似程度(Hannon & Trehub, 2005a, 2005b; Hannon, Vanden Bosch der Nederlanden, & Tichko, 2012b; Kalender et al., 2013);或者判断这两个序列是否相同(Goswami, Huss, Mead, Fosker, & Verney, 2013; Hannon et al., 2011; Hannon et al., 2012a; Trehub & Hannon, 2009);或指出哪个序列或声音时长发生了变化(Repp, 2010)。

已有研究表明,年龄对音乐时间的加工有影响。Hannon等(2011)使用习惯化-去习惯化法考察了5个月和7个月婴儿的节拍加工能力。研究者发现,5个月婴儿对4/4、7/8、15/8拍中两个音间隔的检测能力超过7个月婴儿。然而,另一些研究发现,年龄效应依赖于节拍的复杂性或节奏的规律性。当旋律为比较复杂的7/8拍时,6个月婴儿

能够检测到旋律节拍(Hannon et al., 2011)或两个音间隔(Hannon & Trehub, 2005a)的变化,而成人却不能做到。但是,当旋律为比较简单的4/4拍时,婴儿、5~10岁儿童与成人都具有这种检测能力(Hannon et al., 2011; Hannon & Trehub, 2005a; Hannon et al., 2012b)。同时,6个月婴儿和成人对有规律节奏中音符时长的变化比较敏感,而对无规律节奏中音符时长的变化不敏感(Trehub & Hannon, 2009)。遗憾的是,研究者并没有比较婴儿与成人的辨别力是否存在差异。此外,Drake(1993)发现7岁儿童对复杂的二拍子节奏和简单的三拍子节奏的加工能力高于5岁儿童,而他们再现简单的二拍子节奏和复杂的三拍子节奏的准确率没有显著差异。

总而言之,婴儿、儿童和成人都能加工有规律的节奏和相对简单的复拍子,但是只有5或6个月婴儿才能加工比较复杂的混合拍子。这似乎表明,人类可能天生具有许多音乐时间知识,但是随着年龄增长,一些复杂的知识可能逐渐消失。

2.2 注意

已有研究也考察了听者的注意在音乐时间加工中的作用。Geiser, Ziegler, Jancke 和 Meyer (2009)要求被试反复聆听由同一个音高(音高为G4)构成的节奏型。在音高变化检测任务中,节奏型中某个音符音高发生了变化,被试需要判断该音高是降低了还是升高了,无需注意节奏或节拍的变化;在节奏或节拍变化检测任务中,他们需要判断节奏还是节拍发生了变化。结果显示,在注意的情况下,仅节拍变化诱发了N150;而在注意或不注意情况下,节奏变化都诱发了N150。在另一个研究中(Vuust, Ostergaard, Pallesen, Bailey, & Roepstorff, 2009),研究者考察了被试对节奏节拍的加工能力。该研究使用了3种节奏:节奏1由4小节构成,前3小节都是由8个八分音符按照4/4拍组织,第4小节是由1个四分音符和3个四分休止符组成;节奏2在节奏1的基础上引入了一个切分节奏;节奏3是把节奏1中第二小节的最后一个八分音符移除,从而使节拍发生变化。切分节奏和节拍变化发生在节奏中间部分,最后一小节的四分音符音高或者升高或者下降,被试需要判断音高是上升还是下降。结果发现,在未注意的情况下,节奏和节拍变化都诱发了大脑双侧的MMN,而且左侧的MMN波幅更大。

此外, Ladinig, Honing, Haden 和 Winkler (2009)考察了无意识状态下人们对强拍和弱拍位置声音缺失的感知。研究者给被试呈现一些伴随白噪音的节奏序列(或者强拍上的音缺失, 或者弱拍上的音缺失), 要求他们把注意集中在噪音上, 并判断噪音响度是否发生变化, 或者要求他们忽视所有声音, 仅仅观看无声电影。研究结果表明, 强拍上缺失的音比弱拍上缺失的音诱发了更大的 MMN 波幅, 而且强拍上缺失的音具有更短的 MMN 潜伏期。

尽管以上研究所使用的刺激具有差异, 但是从整体来看, 无论听者是否注意, 他们都能对节奏进行加工, 这种自动化加工暗示听者对节奏的加工无需占用注意资源。但是, 对节拍来说, 听者可能需要占用一定的注意资源才能对节拍进行加工。

2.3 工作记忆

工作记忆是对信息暂时保持与操作的系统。根据 Baddeley (2010, 2012)的工作记忆模型, 工作记忆系统由中央执行系统、语音环、视空模板和情景缓冲器组成。其中, 中央执行系统控制信息的编码和决策, 负责在复杂任务中的各个不同过程间进行转换; 语音环存储与复述言语信息, 在语言词汇的操作中起作用; 视空模板负责视觉和空间信息的编码、操作和保持; 情景缓冲器用来整合并保持来自语音环、视空模板和长时记忆的信息(Baddeley, 2010, 2012)。工作记忆一般通过工作记忆广度任务(如数字广度任务)进行测量(Grahn & Schuit, 2012)。为了测量数字广度, 被试聆听或阅读一系列随机数字, 然后按照数字出现的顺序进行复述。被试正确回忆数字的数目越多, 其工作记忆能力越高。

如上所述, 音乐是一门时间艺术。音乐事件是随着时间而展开, 因此, 工作记忆(特别是语音环)在节奏编码与记忆中具有重要作用(Hall & Gathercole, 2011; Saito, 2001; Saito & Ishio, 1998)。研究发现, 工作记忆能力越高, 节奏辨别和再现的成绩越好(Bailey & Penhune, 2010, 2012; Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010)。虽然工作记忆广度与正式的音乐训练年限之间也存在显著的正相关(Bailey & Penhune, 2010, 2012; Grahn & Schuit, 2012; Wallentin et al., 2010), 但是在排除音乐训练效应后, 工作记忆广

度与节奏再现成绩仍然呈显著正相关(Bailey & Penhune, 2010; Grahn & Schuit, 2012)。

Grahn 和 Schuit (2012)研究发现, 工作记忆能力对节奏再现成绩的影响与节奏长度存在交互作用: 工作记忆只能预测听者再现长节奏和中等长度节奏的成绩, 而不能预测他们再现短节奏的成绩。脑成像研究表明, 节奏工作记忆任务使额叶、顶叶和小脑区域(包括 IFG、顶下小叶、SMA/pre-SMA)的血氧水平依赖信号变化显著增强(Konoike et al., 2012)。

以上研究表明, 工作记忆在节奏加工中具有重要的影响作用, 但是这种影响还依赖于节奏的长度。

2.4 熟悉性

听者对音乐的熟悉性也影响音乐时间的加工。研究表明, 与不熟悉的 7/8 和 15/8 拍相比, 听者对熟悉的 4/4 拍的加工具有优势(Hannon et al., 2011; Hannon et al., 2012a)。Kalender 等(2013)也发现, 与没有聆听过混合拍子旋律的成人相比, 聆听过混合拍子旋律的成人对不熟悉的 5/8 拍旋律节拍的变化更为敏感。显然, 由知觉经验增加而产生的熟悉性影响音乐时间的知觉。

然而, 对于 5 个月婴儿来说, 他们对音乐时间的知觉不受熟悉性的影响(Hannon et al., 2011)。这个结果与 Hannon 和 Trehub (2005a)研究结果一致。以上这些结果说明, 熟悉性对音乐时间知觉的影响依赖于听者年龄的大小, 5 个月很可能是其分界线。但是, 这个分界线可能会被聆听经验所改变。在另一个研究中, Hannon 和 Trehub (2005b)发现, 当旋律是 7/8 拍时, 12 个月婴儿对旋律节拍的变化不敏感。但是, 如果让他们聆听含有复杂节拍的两周之后, 他们就能觉察到旋律节拍的变化。类似地, Hannon 等(2012a)发现, 10 岁以下的儿童也能够从聆听经验中受益, 而 10 岁以上的儿童则不会从中受益。Hannon 和 Trehub (2005a, 2005b)认为, 婴儿具有灵活的加工机制, 这种机制对音乐中细微时间差别的知觉具有促进作用。然而, 随着年龄的增长, 特定音乐文化的经验将使个体获得该文化所需要的音乐知识或技能, 逐渐失去对他文化信息的觉察能力。最后, 个体会使用已获得的稳定的表征去同化不熟悉的音乐知识或技能。

的确, 婴儿生来就具有加工音乐时间的能力,

这种能力会被音乐文化经验所固化,即属于自己文化需要的音乐技能会保留,而他文化的音乐技能逐渐消退。但是,如果在敏感期内给予他文化所需的音乐知识或经验,那么这种能力将很可能被保留下来。一旦过了敏感期,知识或经验的施加很难对个体产生影响。

2.5 音乐训练

毫无疑问,专业音乐训练会影响音乐时间的加工。研究表明,无论是对节奏节拍相似性判断(Geiser et al., 2009; Wallentin et al., 2010),还是对节奏的再现(Bailey & Penhune, 2012),音乐家的成绩要显著高于非音乐家的成绩。即使在控制了工作记忆能力的潜在效应后,音乐训练的年限或音乐训练开始的时间也能够预测未来的节奏加工能力(Bailey & Penhune, 2010, 2012; Grahn & Schuit, 2012)。fMRI 研究结果表明,当听者对节奏进行加工时,音乐训练的年限与右侧颞中回后部激活变化呈显著正相关。同时,它与左侧 SMA 和腹侧前运动皮层的激活变化呈显著负相关(Grahn & Schuit, 2012)。在一个音乐训练的研究中(Lappe, Trainor, Herholz, & Pantev, 2011),研究者先对非音乐家进行前测,要求他们判断先后呈现的两个音乐序列是否相同(序列的差异仅体现在时长方面),其脑电和行为成绩被记录。然后将其随机分配到弹奏音乐组和聆听音乐组,8天后,使用与前测相同的材料进行后测。结果发现,在前测中,两组被试在节奏辨别任务上的成绩和刺激诱发的MMN波幅没有显著差异;在后测中,弹奏音乐组的辨别成绩高于聆听音乐组,其MMN波幅显著大于聆听音乐组。对于P2成分来说,在实验处理后,两组都诱发出更大的P2波幅,但弹奏音乐组诱发的P2显著大于聆听音乐组。同时,脑功能成像研究也揭示,音乐家和非音乐家在加工节奏时大脑激活的区域明显不同(Chen, Penhune, & Zatorre, 2007; Limb, Kemeny, Ortigoza, Rouhani, & Braun, 2006; Vuust et al., 2009)。例如,当再现节奏时,音乐家前额皮层的激活大于非音乐家(Chen et al., 2007)。Chen等(2007)认为,正式的训练可能强调对许多复杂节奏结构的学习,从而使音乐家能够较好地解析节奏。另一方面,音乐训练可能强调任务要求,因而增强了工作记忆(Bailey & Penhune, 2010)。已有研究也发现,专业音乐家的工作记忆广度显著大于非音乐家

(Wallentin et al., 2010)。但是,较早一些行为实验并没有发现音乐训练对节拍识别(Hannon et al., 2004)、节奏分辨(Grahn & Brett, 2007)以及再现(Essens, 1995; Povel & Essens, 1985)具有影响。研究结果的差异可能是由于这些行为研究使用的音乐刺激比较简单,导致音乐家与非音乐家的加工出现了天花板效应。

音乐训练效应似乎与节奏节拍的复杂性有关。Drake (1993)发现,音乐家再现简单的二拍子节奏的正确率与非音乐家相同,但是,音乐家再现复杂的二拍子节奏、简单和复杂三拍子节奏的能力高于非音乐家。同时,节拍重音与节奏重音的关系也影响音乐训练的效应。Grahn 和 Schuit (2012)发现,当节拍重音与节奏重音吻合时,音乐训练影响听者节奏再现的成绩;反之,音乐训练的效应并不存在。此外,接受过音乐训练的婴儿更加偏爱二拍子,而没有接受过训练的婴儿则对三拍子更感兴趣(Gerry, Faux, & Trainor, 2010)。

综上所述,音乐训练效应取决于节奏节拍本身的特点。如果节奏节拍过于简单,人们根本不需要音乐知识或经验就能很好地加工。相比之下,如果节奏节拍过于复杂,即使经过大量的音乐训练,也很难提高听者的音乐时间加工能力。

3 总结与展望

尽管已有研究在一定程度上推进了音乐时间加工的研究进程,但是,还有一些问题值得深入研究。首先,基因与环境在音乐时间加工能力发展中是否具有作用?基于新生儿和2~7个月婴儿具备对时长、节奏和节拍的知觉能力,由此可以推测,人类对音乐时间的加工可能是天生的(Hannon & Johnson, 2005; Trehub & Hannon, 2009; Winkler, Háden, Ladinig, Sziller, & Honing, 2009)。然而,不可否认,后天的音乐经验或训练对这些能力的发展也具有重要作用(Gerry et al., 2010; Iversen, Patel, & Ohgushi, 2008; Soley & Hannon, 2010)。个体差异似乎反映了基因与环境的共同影响。可是,基因与环境究竟如何交互影响个体对音乐时间加工的能力?后天的音乐训练能够在多大程度上弥补先天音乐时间加工能力的不足?今后行为遗传学方面的研究(例如双生子)将有助于进一步揭示基因与环境对个体音乐时间加工能力发展的影响及其交互作用。

其次,音乐时间加工能力发展的敏感期处于哪个阶段? Bailey 和 Penhune (2010, 2012)的研究揭示,7岁以前可能是节奏再现能力发展的敏感期。然而,他们并没有对各个年龄的儿童进行比较。因此,今后的发展研究将进一步确认音乐时间加工敏感期的起止时间。更进一步的问题是,在敏感期内,是否个体开始接受音乐训练的时间越早效果越好?对这些问题的回答将对音乐教育提供有效的借鉴。

最后,如前所述,以上所有因素可能相互作用,共同影响着音乐时间的加工。但是,目前并不清楚哪些因素对音乐时间加工具有关键的作用,因而,未来的研究有必要进一步确定影响音乐时间加工的因素以及这些因素之间的相对重要性。目前,一些研究者已经提出了使用优势分析(dominance analysis)的方法来评估因素的相对重要性(Azen & Budescu, 2003; Budescu, 1993)。只有在澄清这个问题的基础上,我们才有可能设计出更加精巧的实验,进而揭示音乐时间加工的本质。

参考文献

- Azen, R., & Budescu, D. V. (2003). The dominance analysis approach for comparing predictors in multiple regression. *Psychological Methods*, 8(2), 129–148.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), R136–R140.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1–29.
- Bailey, J. A., & Penhune, V. B. (2010). Rhythm synchronization performance and auditory working memory in early- and late-trained musicians. *Experimental Brain Research*, 204(1), 91–101.
- Bailey, J. A., & Penhune, V. B. (2012). A sensitive period for musical training: Contributions of age of onset and cognitive abilities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 163–170.
- Bengtsson, S. L., Ullén, F., Ehrsson, H. H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E.,... Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*, 45(1), 62–71.
- Bergeson, T. R., & Trehub, S. E. (2006). Infants perception of rhythmic patterns. *Music Perception*, 23(4), 345–360.
- Budescu, D. V. (1993). Dominance analysis: A new approach to the problem of relative importance of predictors in multiple regression. *Psychological Bulletin*, 114(3), 542–551.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2007). Moving on time: Brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 226–239.
- Dawe, L. A., Plait, J. R., & Racine, R. J. (1994). Inference of metrical structure from perception of iterative pulses within time spans defined by chord changes. *Music Perception*, 12(1), 57–76.
- Drake, C. (1993). Reproduction of musical rhythms by children, adult musicians, and adult nonmusicians. *Perception & Psychophysics*, 53(1), 25–33.
- Essens, P. (1995). Structuring temporal sequences: Comparison of models and factors of complexity. *Perception & Psychophysics*, 57(4), 519–532.
- Fraisse, P. (1982). Rhythm and tempo. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 149–178). New York: Academic Press.
- Geiser, E., Ziegler, E., Jancke, L., & Meyer, M. (2009). Early electrophysiological correlates of meter and rhythm processing in music perception. *Cortex*, 45(1), 93–102.
- Gerry, D. W., Faux, A. L., & Trainor, L. J. (2010). Effects of Kindermusik training on infants' rhythmic enculturation. *Developmental Science*, 13(3), 545–551.
- Goswami, U., Huss, M., Mead, N., Fosker, T., & Verney, J. P. (2013). Perception of patterns of musical beat distribution in phonological developmental dyslexia: Significant longitudinal relations with word reading and reading comprehension. *Cortex*, 49(5), 1363–1376.
- Grahn, J. A. (2009). Neuroscientific investigations of musical rhythm: Recent advances and future challenges. *Contemporary Music Review*, 28(3), 251–277.
- Grahn, J. A. (2012). Neural mechanisms of rhythm perception: Current findings and future perspectives. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 585–606.
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893–906.
- Grahn, J. A., & Schuit, D. (2012). Individual differences in rhythmic ability: Behavioral and neuroimaging investigations. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 105–121.
- Hall, D., & Gathercole, S. E. (2011). Serial recall of rhythms and verbal sequences: Impacts of concurrent tasks and irrelevant sound. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(8), 1580–1592.
- Hannon, E. E., & Johnson, S. P. (2005). Infants use meter to categorize rhythms and melodies: Implications for musical structure learning. *Cognitive Psychology*, 50(4), 354–377.
- Hannon, E. E., Snyder, J. S., Eerola, T., & Krumhansl, C. L. (2004). The role of melodic and temporal cues in perceiving musical meter. *Journal of Experimental*

- Psychology: Human Perception and Performance*, 30(5), 956–974.
- Hannon, E. E., Soley, G., & Levine, R. S. (2011). Constraints on infants' musical rhythm perception: Effects of interval ratio complexity and enculturation. *Developmental Science*, 14(4), 865–872.
- Hannon, E. E., Soley, G., & Ullal, S. (2012a). Familiarity overrides complexity in rhythm perception: A cross-cultural comparison of American and Turkish listeners. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(3), 543–548.
- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (2005a). Metrical categories in infancy and adulthood. *Psychological Science*, 16(1), 48–55.
- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (2005b). Tuning in to musical rhythms: Infants learn more readily than adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(35), 12639–12643.
- Hannon, E. E., Vanden Bosch der Nederlanden, C. M., & Tichko, P. (2012b). Effects of perceptual experience on children's and adults' perception of unfamiliar rhythms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 92–99.
- Iannarilli, F., Vannozzi, G., Iosa, M., Pesce, C., & Capranica, L. (2013). Effects of task complexity on rhythmic reproduction performance in adults. *Human Movement Science*, 32(1), 203–213.
- Iversen, J. R., Patel, A. D., & Ohgushi, K. (2008). Perception of rhythmic grouping depends on auditory experience. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124(4), 2263–2271.
- Jongsma, M. L. A., Desain, P., & Honing, H. (2004). Rhythmic context influences the auditory evoked potentials of musicians and nonmusicians. *Biological Psychology*, 66(2), 129–152.
- Kalender, B., Trehub, S. E., & Schellenberg, E. G. (2013). Cross-cultural differences in meter perception. *Psychological Research*, 77(2), 196–203.
- Konoike, N., Kotozaki, Y., Miyachi, S., Miyauchi, C. M., Yomogida, Y., Akimoto, Y.,... Nakamura, K. (2012). Rhythm information represented in the fronto-parieto-cerebellar motor system. *NeuroImage*, 63(1), 328–338.
- Ladinig, O., Honing, H., Haden, G., & Winkler, I. (2009). Probing attentive and preattentive emergent meter in adult listeners without extensive music training. *Music Perception*, 26(4), 377–386.
- Lappe, C., Trainor, L. J., Herholz, S. C., & Pantev, C. (2011). Cortical plasticity induced by short-term multimodal musical rhythm training. *PLoS ONE*, 6(6), e21493.
- Large, E. W., & Jones, M. R. (1999). The dynamics of attending: How people track time-varying events. *Psychological Review*, 106(1), 119–159.
- Large, E. W., & Palmer, C. (2002). Perceiving temporal regularity in music. *Cognitive Science*, 26(1), 1–37.
- 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(10), 1853–1867.
- Limb, C. J., Kemeny, S., Ortigoza, E. B., Rouhani, S., & Braun, A. R. (2006). Left hemispheric lateralization of brain activity during passive rhythm perception in musicians. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 288A(4), 382–389.
- Overly, K., & Turner, R. (2009). The rhythmic brain. *Cortex*, 45(1), 1–3.
- Povel, D., & Essens, P. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Perception*, 2(4), 411–440.
- Repp, B. H. (2010). Do metrical accents create illusory phenomenal accents? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(5), 1390–1403.
- Saito, S. (2001). The phonological loop and memory for rhythms: An individual differences approach. *Memory*, 9(4-6), 313–322.
- Saito, S., & Ishio, A. (1998). Rhythmic information in working memory: Effects of concurrent articulation on reproduction of rhythms. *Japanese Psychological Research*, 40(1), 10–18.
- Samson, S., Ehrlé, N., & Baulac, M. (2001). Cerebral substrates for musical temporal processes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 166–178.
- Soley, G., & Hannon, E. E. (2010). Infants prefer the musical meter of their own culture: A cross-cultural comparison. *Developmental Psychology*, 46(1), 286–292.
- Stewart, L., von Kriegstein, K., Warren, J. D., & Griffiths, T. D. (2006). Music and the brain: Disorders of musical listening. *Brain*, 129(10), 2533–2553.
- Trehub, S. E., & Hannon, E. E. (2009). Conventional rhythms enhance infants' and adults' perception of musical patterns. *Cortex*, 45(1), 110–118.
- Trehub, S. E., & Thorpe, L. A. (1989). Infants' perception of rhythm: Categorization of auditory sequences by temporal structure. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 43(2), 217–229.
- van Noorden, L., & Moelants, D. (1999). Resonance in the perception of musical pulse. *Journal of New Music Research*, 28(1), 43–66.
- Vuust, P., Ostergaard, L., Pallesen, K. J., Bailey, C., & Roepstorff, A. (2009). Predictive coding of music—Brain responses to rhythmic incongruity. *Cortex*, 45(1), 80–92.

- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Friis-Olivarius, M., Vuust, C., & Vuust, P. (2010). The Musical Ear Test, a new reliable test for measuring musical competence. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 188–196.
- Winkler, I., Háden, G. P., Ladinig, O., Sziller, I., & Honing, H. (2009). Newborn infants detect the beat in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(7), 2468–2471.

Temporal Processing in Music: Effects of Musical Elements and Individual Differences

JIANG Jun; WANG Zimeng; WAN Xuan; JIANG Cunmei

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

Abstract: Music temporal dimension plays a critical role for music. It has been reported that the temporal processing in music is affected by many factors. On the one hand, music structural elements influence the temporal processing in music, such as rhythm, meter, tempo, and harmonic accompaniment; on the other hand, individual differences including age, attention, working memory, familiarity, and musical training also affect listeners' temporal processing in music. Further research should determine the relative importance among these influencing factors, and examine the effects of gene and environment on the temporal processing in music. It should be also needed to identify the sensitive period of the development of temporal processing in music in future.

Key words: temporal processing in music; duration; rhythm; meter; individual differences