

# 汉语声调水平映射规则的内隐学习及其长度迁移效应

姜 珊<sup>1</sup>, 关守义<sup>2\*</sup>

(1. 上海政法学院社会管理学院, 上海 201701; 2. 河北师范大学学校办公室, 石家庄 050024)

**摘 要:**内隐学习领域关注的重要问题是被试能够习得何种结构及其相应的学习机制。远距离规则的研究为澄清这一问题提供了新的视角。现有研究已证实被试能够内隐地习得并迁移固定长度的远距离规则。按照内隐学习抽象性的观点, 如果被试习得的是远距离的抽象规则本身, 那么迁移也会同时发生在不同长度的材料上。因此, 研究以独特的汉语声调水平映射规则为材料, 通过对表面特征与底层规则之间的分离操作, 探讨声调水平映射规则的内隐习得和长度迁移, 结果表明被试不仅能够习得这一规则, 还能够将该规则灵活迁移到不同长度的材料上, 进一步为内隐学习的抽象性特点和无限性的学习机制提供强有力的新证据。

**关键词:**水平映射规则; 内隐学习; 迁移; 结构知识

**中图分类号:**B842.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5184(2018)04-0326-07

## 1 引言

内隐学习是 Reber 于 1967 年首次提出的概念, 指一种不需要意识参与的学习, 是个体在环境中无目的、自动地获得事件或客体间结构关系的过程 (Reber, 1967, 2013; Rebuschat, 2013; Rohrmeier & Widdess, 2016)。内隐学习领域应用最广泛的范式之一是 Reber (1967) 的人工语法任务, 该任务首先创设一套复杂的限定状态人工语法图, 通过语法图生成大量的字符串, 学习阶段要求被试记忆字符串, 测验阶段要求被试对一系列新的字符串进行分类判断, 结果发现被试的分类判断成绩显著高于随机水平, 随后的言语报告表明被试对这一规则并没有外显的掌握, 证明了内隐学习的存在。

内隐学习自提出以来便引发了一系列的争论, 争论的焦点之一在于被试在人工语法学习过程中获得的知识结构究竟是什么 (Fitch & Friederici, 2012)? Reber (1967) 认为被试获得的知识是关于复杂语法图的抽象规则, 而另一些研究者则认为被试在人工语法任务中获得的仅仅是一些样例或者组块 (Brooks, 1978; Jamieson & Mewhort, 2011; Rohrmeier & Rebuschat, 2012)。持抽象规则观点的研究者们尝试采用迁移研究来澄清这一争论。在迁移研究中, 改变学习阶段和测验阶段字符串的构成元素或者呈现方式 (Reber, 1969; Scott & Dienes, 2010), 结果发现刺激的表面特征发生变化时, 被试

的分类判断正确率仍然显著高于随机水平, 为内隐学习的抽象性提供了证据。

对上述问题的探讨最初多采用限定状态人工语法, 这一语法图限定了相邻字母间的顺序, 导致字符串的相似性程度较高, 为了解决这一问题, 研究者们尝试从新的视角, 采用新的范式和材料为内隐的学习抽象性问题提供新的证据, 远距离规则的研究就是其中一个重要的方面。远距离规则是指相邻元素间没有顺序限制的规则, 它广泛存在于人类语言、音乐、知觉、动作等领域 (Rohrmeier et al., 2014), 和限定状态人工语法相比, 它更为抽象, 能够很好地控制组块、重复结构等特征对规则学习的影响。对于被试来说, 习得不同的结构需要不同水平的内在学习机制, 对于相似性特征, 可以通过获得一系列的状态转换这一限定状态机制被习得; 但是, 想要获得更为复杂的远距离规则, 则需要一个短时的存储缓冲装置存储上下文信息。因此, 如果被试仅仅能够内隐地习得相似性特征, 那么内隐学习的内在机制就具有限定性特点; 相反, 如果被试能够习得更为抽象的远距离规则, 那么与之相对应的学习机制就应具有无限性 (超限定性) 的特点 (Ling et al., 2016)。

那么究竟人们能否内隐地习得远距离规则呢? 对远距离规则内隐学习的研究始于音乐领域。一些研究采用音乐的水平映射规则, 创设一系列字符串作为实验材料 (见图 1), 在学习阶段, 被试听符合规

\* 通讯作者: 关守义, E-mail: syguan@hebtu.edu.cn。

则的音串,在测验阶段进行音串的分类判断任务。结果发现只有具备音乐背景的被试才能习得该规则(Dienes & Longuet - Higgins, 2004),只有间接测验才对水平映射规则敏感(Kuhn & Dienes, 2005),或者只有在有意学习的条件下,被试才能学到该规则(Kuhn & Dienes, 2006)。Dienes 等(2012)探讨了远距离击鼓韵律规则的内隐学习。在学习阶段,让被试听符合垂直映射规则的韵律(见图2),测验阶段让被试进行分类判断任务,结果发现实验组被试分类判断正确率显著高于随机水平,而控制组被试没有出现该效应。

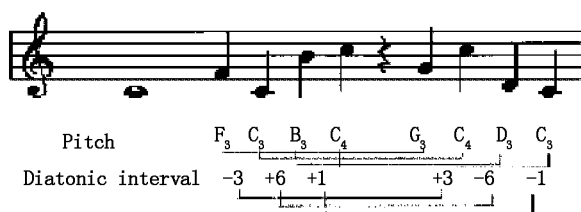


图1 音乐的水平映射规则样例  
(采自 Dienes 和 Longuet - Higgins, 2004)

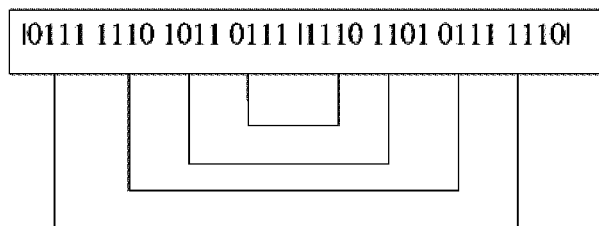


图2 击鼓韵律的垂直映射规则样例  
(采自 Dienes 等, 2012)

音乐和语言存在很大的相似性(Tillmann, 2012),与音乐旋律类似,汉语声调也具备起伏性的特征。Jiang 等(2012)探讨了汉语声调水平映射规则的习得,采用长度为10的声音串,后半串在平仄维度上和前半串呈现水平映射关系(见图3)。学习阶段要求被试听声音串,测验阶段要求被试对新的声音串作分类判断。结果发现,被试内隐地能够区分合法串和非法串,为内隐学习的抽象观提供了新证据。其他一些采用不同材料的远距离规则研究,如汉语声调的垂直映射规则(Li et al., 2013)、类似于自然语言的情境独立语法(Rohrmeier et al., 2012)、空间视觉运动序列的垂直和水平对称规则(Tanaka 和 Watanabe, 2014, 2017)、肢体动作的对称规则(Ors et al., 2013)、人工语言的嵌入结构和交叉结构的无意学习(de Vries et al., 2012),都证实了远距离规则的可习得性。

然而,上述的一系列研究结果并不意味着被试

一定习得了远距离规则本身,可能仅仅是一些音符或者声调的简单对应关系。Dienes 和 Longuet - Higgins(2004)指出被试可能存在以下两种表征远距离规则的方式:值—值的表征和变量—变量表征。值—值的表征是指被试可能习得某个位置的音符(声调)和另一个位置的音符(声调)之间存在的对应关系;变量—变量的表征是指被试获得了变量和变量之间的复杂规则而非特定的值和值之间的简单对应关系,相对于值—值的表征,变量—变量表征更为抽象。如果被试获得的是变量—变量表征,那么当测验阶段出现学习阶段所没有的值(音符或声调)时,被试就仍然能够分辨规则串和非规则串,即能够发生规则在不同材料上的迁移。现有的迁移研究大多集中于限定状态人工语法,姜珊等(2014)首次采用汉语声调水平映射规则探讨了远距离规则的习得和迁移,研究创设了两种平仄声调水平映射规则,分别是1声和3声的水平映射以及2声和4声的水平映射,在学习阶段让被试学习其中一种映射规则,测验阶段测验两种规则,结果发现被试在测验阶段表现出了对相同规则的学习效应和不同规则的迁移效应,内隐学习的抽象性问题提供了新的确凿证据。Dienes 和 Longuet - Higgins(2004)进一步将变量—变量表征区分为两种:固定长度和任意长度表征,指出如果人们仅仅能够习得固定长度的远距离规则,那么这种学习仅仅是一种限定模式,如果人们能够将习得的规则在任意长度上灵活迁移,那么这种学习就是一种超越了限定状态的更为抽象的无限模式。Chomsky(1956)曾指出“语法是基于有限数量的句子获得的,人类语言的特点是通过建立一般性的语法规则,在有限的语言经验基础上理解以及生成无限多的新的句子”。如果能够证明被试能够将水平映射这种重要的远距离规则迁移到学习阶段并未出现过的不同长度的材料上,那么就能够为Chomsky关于人类语言的学习机制是无限的(more than finite state)这一观点提供重要的证据支持。

因此,研究将在控制表面特征的前提下,探讨汉语声调水平映射规则的长度迁移。具体来说,在学习阶段,让被试学习长度为10的声音串,而在测验阶段,考察其对长度为8、10和12的声音串的分类判断,以探讨水平映射规则在不同长度上能否发生迁移,并采用结构知识测量考察被试在学习过程中所获得的用于事后分类判断的底层知识(Dienes & Scott, 2005)。如果被试能够内隐地将规则迁移到不

同长度的材料上,不仅能够证实内隐学习的抽象性表征模式,还能进一步从语言学的角度证实人类语言的学习机制是无限的。

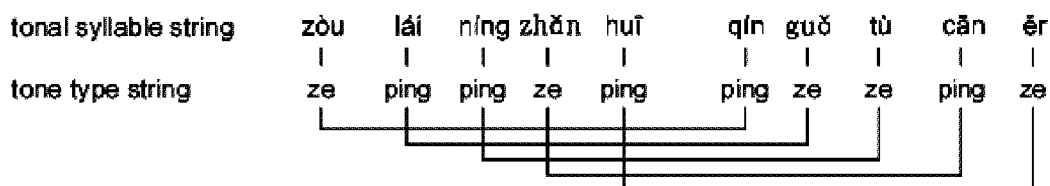


图3 合法的声音串样例:前5个音的和后5个音的声调类型呈现水平映射关系。

(采自 Jiang 等,2012)

## 2 方法

### 2.1 被试

42 名大学生,男性 8 人,女性 34 人。年龄范围 18~37 岁,平均年龄 22.43 岁,标准差 4.38。实验组 18 人,控制组 24 人。所有被试的母语为汉语,听力正常。

### 2.2 材料

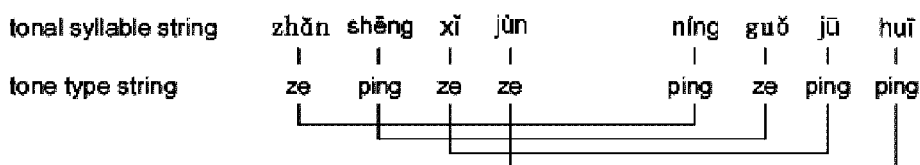
在学习阶段给被试呈现一系列长度为 10 的声音串,前五个音和后五个音遵循平声和仄声的水平映射规则,即如果第一音为仄声,那么第六个音就为平声,如果第二音为平声,那么第六个音就为仄声,以此类推(样例见图 4)。按照这种规则,生成了 32 个长度为 10 的平仄串,16 个作为学习阶段的材料,16 个作为测验阶段的合法串。此外,生成 16 个测

验阶段的非规则串,保证每个非规则串只有两个位置违反规则。学习阶段的 16 个平仄串重复 3 次,共 48 个平仄串;测验阶段的 32 个平仄串(16 个合法串和 16 个非规则串)每个只出现一次。

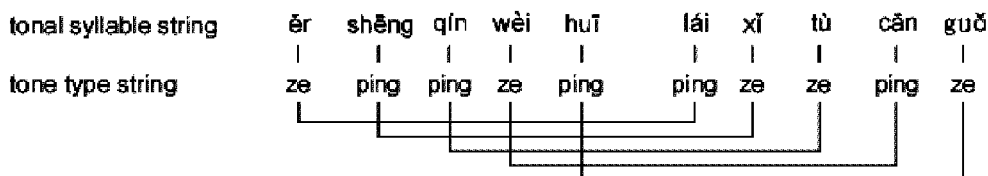
选取 16 个音节生成最终的声音串,其中 8 个音“cǎn, jū, huī, shēng, níng, lái, qín, bó”为平声;8 个音“guǒ, ěr, zhǎn, xǐ, zòu, jùn, tù, wèi”为仄声。将 16 个音按照规则填入 48 个学习阶段的平仄串以及 32 个测验阶段的平仄串中,所有的声音串需保证每串中的 10 个音不重复。

另外,测验阶段长度为 8 和 12 的测验串同样分别包含 16 个合法串和 16 个非法串。因此,测验材料共包含  $32 \times 3 = 96$  个测验串,见图 4。

#### 8-length



#### 10-length



#### 12-length



图4 长度为 8、10、12 的符合规则的测验串样例

最后,测验材料需控制表面特征。首先,对于长度为 10 的测验串,学习阶段和测验阶段的平仄串和四声串没有相同的重复结构。其次,对于三种长度的测验材料,每种长度的测验串中的合法串和非法

串的平均特征频率(MFF)、总体组块强度以及前后组块强度在声调和音节维度上都进行了平衡, $p_s > 0.05$ (见表 1,重复结构、平均特征频率、总体组块强度以及前后组块强度的计算方式见姜珊等,2014)。

表 1 三种不同长度测验中合法串和非法串在声调类型、四声和音节维度上的平均特征频率(MFF)和组块强度(ACS)

测验		声调类型(平/仄)		四声(1-4)		音节	
		合法	非法	合法	非法	合法	非法
长度为 8	MFF	576.00 ±0.00	576.00 ±0.00	360.05 ±0.75	360.56 ±0.75	90.44 ±2.67	90.84 ±2.47
	总体 ACS	234.00 ±1.10	234.38 ±1.02	49.69 ±2.55	49.37 ±3.90	2.99 ±1.06	3.27 ±0.52
	前后 ACS	54.00 ±3.29	54.56 ±2.79	11.63 ±3.16	11.44 ±1.30	0.61 ±0.68	0.75 ±0.55
长度为 10	MFF	720.00 ±0.00	720.00 ±0.00	359.89 ±0.50	360.08 ±0.48	90.34 ±2.45	90.83 ±2.48
	总体 ACS	233.72 ±2.31	234.28 ±1.39	50.59 ±3.74	51.18 ±4.41	3.11 ±0.64	2.72 ±0.69
	前后 ACS	52.88 ±3.07	52.31 ±3.23	11.02 ±2.73	11.63 ±2.60	0.47 ±0.60	0.75 ±0.47
长度为 12	MFF	864.00 ±0.00	864.00 ±0.00	360.03 ±0.53	360.09 ±0.49	90.08 ±1.29	90.31 ±1.84
	总体 ACS	233.55 ±1.39	234.23 ±1.11	49.72 ±2.90	50.42 ±3.31	2.89 ±0.71	2.80 ±0.59
	前后 ACS	53.44 ±2.79	53.43 ±2.79	10.17 ±3.04	11.02 ±2.45	0.70 ±0.89	0.61 ±0.68

生成声音串时,每个音节持续时间为 450ms。对于每种长度的声音串,前半部分和后半部分都有 600ms 的时间间隔。采用 E - prime2.0 编写实验程序。

2.3 程序

对于实验组被试,实验包含学习阶段和测验阶段;对于控制组的被试,仅包含测验阶段。

2.3.1 学习阶段

48 个声音串重复呈现 3 次,共 144 个声音串,顺序随机。每个声音串播放前有一个 450ms 的提示音,播放完毕后有 5000ms 的时间间隔,被试的任务是仔细听该声音串,并在 5000ms 时间间隔时在心中默默复述刚刚听到的声音串。学习阶段持续大约 30 分钟。

2.3.2 测验阶段

测验开始前,先告知实验组被试,他们在学习阶段听到的声音串都是按照同一种规则生成的,要求他们对三部分新的测验串,共 96 个进行分类判断。每部分测验中,都有一半规则串和一半非规则串。对于控制组被试,只需告知三部分测验材料中,每部分都有一半规则串和一半非规则串,要他们直接进行分类判断。对于每个测验串,被试首先需要判断其是否符合规则,随后从“猜测、直觉、记忆和规则”四个结构知识选项选出他们的判断依据,其中猜测和直觉为无意识的结构知识,记忆和规则为有意识的结构知识。

3 结果

以下所有统计中  $\alpha$  错误的概率均为 0.05。

3.1 分类判断的正确率

由于在某些结构知识上,被试的选择数量很少,比如记忆和规则,可能导致正确率出现极端值,因此被试在测验阶段分类判断的正确率采用公式  $\frac{N_c + 0.5}{N + 1}$  进行校正( $N_c$  为正确判断的次数, $N$  为总的判断次数,(Dienes & Scott,2005))。

对于三部分测验,实验组被试总的分类判断正确率显著高于随机水平 50% (长度为 8: $t(17) = 2.50, d = 0.59$ ;长度为 10: $t(17) = 4.21, d = 0.99$ ;长度为 12: $t(17) = 2.98, d = 0.70$ );而控制组被试总的分类判断正确率和随机水平 50% 差异不显著(长度为 8: $t(23) = -0.10, d = 0.02$ ;长度为 10: $t(23) = 1.31, d = 0.27$ ;长度为 12: $t(23) = -0.81, d = 0.17$ );进一步的比较发现实验组被试分类判断的矫正正确率都显著高于控制组(长度为 8: $t(40) = 2.44, d = 0.78$ ;长度为 10: $t(40) = 2.73, d = 0.87$ ;长度为 12: $t(40) = 2.91, d = 0.93$ )。这表明实验组被试不仅习得了水平映射规则,还能够将其迁移到不同长度的材料上。

3.2 意识和无意识的结构知识

将四种结构知识中的“猜测”和“直觉”合并作为内隐的结构知识,“记忆”和“规则”合并作为外显的结构知识(Dienes & Scott,2005)。

对于三种不同长度的测验材料,实验组和控制组被试在内隐和外显结构知识上的分类判断矫正正确率见图 5。

在内隐结构知识上,对于三部分测验,实验组被试的分类判断正确率显著高于随机水平 50% (长度

为 8:  $t(17) = 2.47, d = 0.58$ ; 长度为 10:  $t(17) = 4.27, d = 1.01$ ; 长度为 12:  $t(17) = 2.88, d = 0.68$ ; 而控制组被试总的分类判断正确率和随机水平差异不显著(长度为 8:  $t(23) = -0.20, d = 0.04$ ; 长度为 10:  $t(23) = 1.33, d = 0.27$ ; 长度为 12:  $t(23) = -0.77, d = 0.16$ ); 进一步采用 *Bonferroni* 校正, 实验组被试在三种长度测验材料上的分类判断矫正正确率显著高于控制组被试(长度为 8:  $t(40) = 2.40, d = 0.77$ ; 长度为 10:  $t(40) = 2.77, d = 0.89$ ; 长度为 12:  $t(40) = 2.81, d = 0.90$ ), 这些结果表明被试对声调对仗规则的习得和迁移是内隐的。

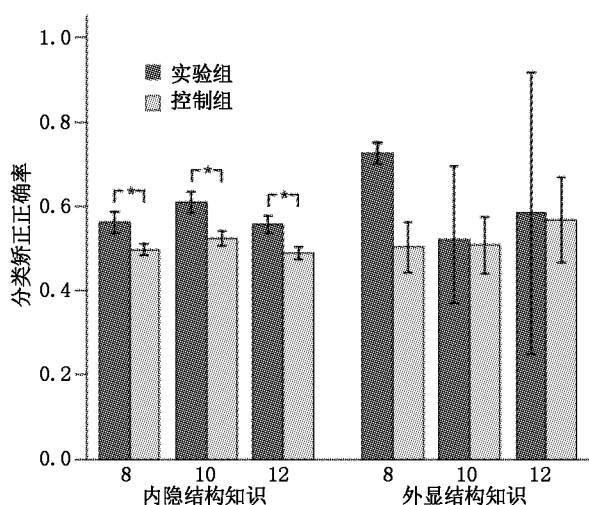


图5 三种测验中被试在内隐和外显结构知识上的分类判断矫正正确率(\*表示  $p < 0.05$ , Error bars:  $\pm$  SE)

对于外显的结构知识, 由于被试选择外显结构知识的比例很小, 实验组和控制组分别只有 3 人和 6 人选择了外显的结构知识, 所以对于外显结构知识, 不能够得出结论。

#### 4 讨论

研究在控制表面特征的前提下, 探讨了汉语声调水平映射规则的长度迁移。学习阶段向被试呈现长度为 10 的符合水平映射规则的声音串, 测验阶段考察被试是否能够将规则在长度上内隐地迁移。结果表明被试不仅能够内隐地习得长度为 10 的水平映射规则, 还能够将这种抽象的远距离规则迁移到不同长度的材料上, 证实了被试习得的规则是以最为抽象的方式——任意长度的变量—变量方式表征的。该结果一方面为内隐学习的抽象性表征模式提供确凿证据, 另一方面也从语言学的角度证实了人类语言学习机制的无限性特点。

内隐学习的现有模型大多是基于组块或重复结构的连接主义模型(Perruchet & Vinter, 1998; Cleere-

mans & Dienes, 2008)。由于这些模型大多基于简单的连接网络(connectionist networks), 只能形成特定的值—值的表征方式, 所以不能说明被试是如何习得变量间的对应关系。获得抽象的远距离规则本身意味着被试不仅能够形成对于特定材料的值—值的表征, 还能够形成对于不同材料的固定长度的变量——变量表征, 甚至形成更为抽象的不同长度的变量——变量表征(Dienes & Longuet-Higgins, 2004)。姜珊等(2014)证实被试获得的规则表征是一种跨越了具体值的固定长度表征。而目前的这一研究又在此基础上进一步证实了最为抽象的不同长度的变量——变量表征的存在。因此, 研究得到的结果从内隐学习抽象性表征层面上来看是十分有趣的。今后的研究可以进一步探讨如果同时改变测验材料的值和长度, 能否发生迁移效应。

由于内隐学习的计算模型大多是简单的连接网络, 很难习得变量间的远距离关系(Cleeremans & Dienes, 2008)。想要获得远距离规则需要一个短时的存储缓冲装置(short-term storage buffer, Kuhn & Dienes, 2008)。Elman(1990)提出的简单循环网络(Simple Recurrent Network, SRN)就是传统的连接网络模型的一种。它包含三个层次, 其中一层为上下文单元(context units), 这一单元包含了隐藏单元对先前刺激加工的激活状态(Kuhn & Dienes, 2008), 并在加工新的刺激时, 将先前的激活状态反馈给隐藏单元。因此, 上下文单元就可以作为一个短时的记忆装置, 存储上下文信息, 获得结构更为复杂的语法(Kuhn & Dienes, 2008)。Kuhn 和 Dienes(2008)采用 SRN 模型模拟了音乐水平映射规则的习得过程, 发现 SRN 能够习得 Kuhn and Dienes(2005)的材料, 但是相对于规则, SRN 对样例和组块似乎更加敏感。李菲菲(2013)探讨 SRN 模型能否模拟人类被试的远距离规则习得机制, 结果发现该模型能够学会汉语声调的水平映射规则。然而, 现有的远距离规则神经网络模拟研究仅仅限于固定长度的材料, 未来的研究可以考察 SRN 能否模拟不同长度远距离规则的习得和迁移, 这将有助于进一步揭示远距离规则内隐学习的机制问题。

此外, 水平映射规则正是 Chomsky 短语结构语法结构(Rohrmeier et al., 2014)中所包含的情境敏感结构(context-sensitive structure)或称之为交叉结构(crossed structure)。除了这一结构外, 在 Chomsky 等级语法结构中还包括另一种远距离规

则——情境无关语法(context-free structure)或称之为嵌套结构(nested structure)。按照 Chomsky 的等级结构理论,情境敏感结构要比情境独立结构更难习得。一些研究比较了这两种规则的习得,结果发现交叉结构比嵌入结构更容易习得,这样的结果与 Chomsky 的理论并不一致(Bach, Brown, & Marslen-Wilson, 1986; 李菲菲, 2013; Uddén et al., 2012)。究其原因, Uddén 等(2012)采用的被试为荷兰被试,在荷兰语的语法结构中存在大量的交叉结构,李菲菲(2013)采用的被试母语均为汉语,汉语诗歌中同样存在大量的平仄交叉结构,所以可能是先前经验导致被试对交叉结构的加工更加容易。未来的研究可以进行一些跨文化研究,探讨已有的知识经验对远距离规则习得的作用,此外,还可以进一步比较不同种类远距离规则在长度上的迁移效应是否存在差异。

## 5 结论

研究以汉语声调的水平映射这一远距离规则为材料,通过对表面特征与底层规则之间的分离操作,考察了声调水平映射规则的内隐习得和长度迁移,结果表明被试不仅能够习得这一规则,还能够将该规则灵活迁移到不同长度的材料上,为内隐学习的抽象性和规则性提供强有力的新证据。

## 参考文献

- Bach, E., Brown, C., & Marslen-Wilson, W. (1986). Crossed and nested dependencies in German and Dutch: A psycholinguistic study. *Language and Cognitive Processes*, 1, 249-262.
- Brooks, L. R. (1978). *Nonanalytical concept formation and memory for instances*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. *IRE Translations on Information Theory*, 2(3), 113-124.
- Cleeremans, A., & Dienes, Z. (2008). Computational models of implicit learning. In R. Sun (Ed.), *Cambridge Handbook of Computational Psychology* (pp. 396-421). Cambridge University Press.
- de Vries, M. H., Geukes, S., Zwitserlood, P., Petersson, K. M., & Christiansen, M. H. (2012). Processing multiple non-adjacent dependencies: Evidence from sequence learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 367, 2065-2076.
- Dienes, Z., Kuhn, G., Guo, X., & Jones, C. (2012). Communicating structure, affect and movement: Commentary on Bhattacha, Curtis & Paroo. In P. Rebuschat, M. Rohrmeier, I. Cross, Hawkins (Eds.), *Language and Music as Cognitive System*. Oxford University Press.
- Dienes, Z., & Longuet-Higgins, C. (2004). Can musical transformation be implicitly learned? *Cognitive Science*, 28, 531-558.
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69, 338-351.
- Elman, J. L. (1990). Finding structure in time. *Cognitive Science*, 16, 41-79.
- Fitch, W. T., & Friederici, A. D. (2012). Artificial grammar learning meets formal language theory: An overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B. Biological Sciences*, 367, 1933-1955.
- Jamieson, R. K., & Mewhort, D. J. K. (2011). Grammaticality is inferred from global similarity: A reply to Kinder (2010). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64, 209-216.
- Jiang, S., Guo, X., Yang, J., & Ma, W. (2014). Implicit learning and transfer effect of tonal nonadjacent rule. *Psychological Exploration*, 34(5), 416-422.
- [姜珊, 郭秀艳, 杨靖, 马闻迪. (2014). 汉语声调远距离规则的内隐学习及其迁移效应. *心理学探新*, 34(5), 416-422.]
- Jiang, S., Zhu, L., Guo, X., Ma, W., Yang, Z., & Dienes, Z. (2012). Unconscious structural knowledge of tonal symmetry: Tang poetry redefines limits of implicit learning. *Consciousness and Cognition*, 21, 476-486.
- Kuhn, G., & Dienes, Z. (2005). Implicit learning of nonlocal musical rules: Implicit learning more than chunks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 1417-1432.
- Kuhn, G., & Dienes, Z. (2006). Differences in the types of musical regularity learnt in incidental and intentional learning conditions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59.
- Kuhn, G., & Dienes, Z. (2008). Learning non-local dependencies. *Cognition*, 106, 184-206.
- Li, F. (2013). *Implicit learning of Chinese tonal symmetry rules and the neural network simulations*. Doctoral dissertation, East China Normal University, Shanghai, China.
- [李菲菲. (2013). 汉语声调对称规则的内隐学习及神经网络模拟研究(博士学位论文). 华东师范大学, 上海.]
- Li, F., Jiang, S., Guo, X., Yang, Z., & Dienes, Z. (2013). The nature of the memory buffer in implicit learning: Learning Chinese tonal symmetries. *Consciousness and Cognition*, 22, 920-930.
- Ling, X., Li, F., Qiao, F., Guo, X., & Dienes, Z. (2016). Fluency express implicit knowledge of tonal symmetry. *Frontiers in Psychology*, 7(781), 57.

- Orgs, G., Hagura, N., & Haggard, P. (2013). Learning to like it: Aesthetic perception of bodies, movements and choreographic structure. *Consciousness and Cognition*, 22, 603 – 612.
- Perruchet, P., & Vinter, A. (1998). PARSER: A model for word segmentation. *Journal of Memory and Language*, 39, 246 – 263.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammar. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behaviour*, 6, 855 – 863.
- Reber, A. S. (1969). Transfer of syntactic structure in synthetic languages. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 115 – 119.
- Reber, P. J. (2013). The neural basis of implicit learning and memory: A review of neuropsychological and neuroimaging research. *Neuropsychologia*, 51, 2026 – 2042.
- Rebuschat, P. (2013). Measuring implicit and explicit knowledge in second language research. *Language Learning*, 63, 595 – 626.
- Rohrmeier, M., Dienes, Z., Guo, X., & Fu, Q. (2014). "Implicit learning and recursion." In F. Lowenthal & L. Lefebvre (Eds.), *Language and Recursion* (pp. 67 – 85). London: Springer Verlag.
- Rohrmeier, M., Fu, Q., & Dienes, Z. (2012). Implicit learning of recursive, hierarchical grammatical structures. *PLoS ONE*, 7, e45885.
- Rohrmeier, M., & Rebuschat, P. (2012). Implicit learning and acquisition of music. *Topics in Cognitive Science*, 4, 525 – 553.
- Rohrmeier, M., & Widdess, R. (2016). Incidental learning of melodic structure of North Indian Music. *Cognitive Science*, 41(5), 1299 – 1327.
- Scott, R. B., & Dienes, Z. (2010). Knowledge applied to new domains: The unconscious succeeds where the conscious fails. *Consciousness & Cognition*, 19, 391 – 398.
- Tanaka, K., & Watanabe, K. (2014). Implicit transfer of spatial structure in visuomotor sequence learning. *Acta Psychologica*, 153, 1 – 12.
- Tanaka, K., & Watanabe, K. (2017). Explicit instruction of rules interferes with visuomotor skill transfer. *Experimental Brain Research*, 235(6), 1689 – 1700.
- Tillmann, B. (2012). Music and language perception: Expectations structural integration and cognitive sequencing. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 568 – 584.
- Uddén, J., Ingvar, M., Hagoort, P., & Petersson, K. M. (2012). Implicit acquisition of grammars with crossed and nested non – adjacent dependencies: Investigating the push – down stack model. *Cognitive Science*, 36, 1078 – 1101.

## Implicit Learning and Length Transfer Effect of Chinese Tonal Symmetry

Jiang Shan<sup>1</sup>, Guan Shouyi<sup>2</sup>

(1. School of Social Administration and Management, Shanghai University of Political Science and Law, Shanghai 201701;

2. The School Office, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024)

**Abstract:** One central question for the field of implicit learning is what sort of structures can be implicitly learnt and by what computational mechanisms? The study of non – adjacent structure provide a new view of the problem. It is already well established that people could implicitly learn to detect and transfer inversions at least for fixed – length – stimuli. According to the abstractness of implicit learning, if people could acquire the non – adjacent rule per se, generalization will occur to sequences with arbitrary different lengths. Using a specific sort of Chinese tonal symmetry (inversion rule), we explore the acquisition and generalization of unconscious structural knowledge, the results showed that people could implicitly learn to discriminate inversions from non – inversions and generalize the underlying rules to poems of untrained lengths of lines, presenting a good evidence to support the abstractness and supra – finite state mechanisms of implicit learning.

**Key words:** inversion rule; implicit learning; generalization; structural knowledge