

先前知识经验对远距离水平映射规则内隐学习的限制*

姜 珊^{1,2}, 周 楚³, 郭秀艳⁴, 郑 丽⁴

(1. 上海政法学院政府管理学院, 上海 201701; 2. 华东师范大学心理与认知科学学院, 上海 200062;

3. 复旦大学心理学系, 上海 200433; 4. 复旦大学老龄研究院, 上海 200433)

摘 要: 先前研究发现远距离规则能够被内隐地习得和迁移, 表明内隐学习获得的知识是底层的抽象规则, 那么这一抽象规则的习得和迁移是否会受到先前知识经验的限制? 研究采用汉语声调的远距离水平映射规则为材料, 通过创设不符合平仄知识经验的任意声调水平映射规则, 在控制组块和重复结构等表面特征条件下, 探讨先前知识经验是否限制了远距离水平映射规则的内隐学习和迁移。结果发现相对于符合平仄知识经验的汉语声调水平映射规则, 被试不能内隐地习得和迁移任意声调的水平映射规则, 表明先前知识经验在远距离水平映射规则内隐学习过程中发挥着重要作用。

关键词: 知识经验; 水平映射规则; 内隐学习; 限制

中图分类号: B842.5

文献标识码: A

文章编号: 1003–5184(2022)02–0106–10

1 引言

内隐学习是一种无目的、无意识的学习过程, 在这一过程中, 个体通过与环境接触, 能够自动地获得事件或者客体间的结构关系和规则 (Reber, 1967; Reber, Batterink, Thompson, & Reuveni, 2017; 郭秀艳, 2003)。内隐学习在人类认知的许多方面发挥着重要的作用, 例如语言获得 (Kovacs & Endress, 2014; Paciorek & Williams, 2015)、音乐认知 (Rohrmeier & Widdess, 2017)、动作技能的掌握 (Rose, Haider, Salari, & Büchel, 2011; Zhang et al., 2020) 等。

既往内隐学习研究大多采用两类自然语言中存在的语法规则——限定状态语法和远距离映射规则。这两类语法均来自语言学家乔姆斯基的语法层级体系, 是自然语言中存在的重要语法规则。早期的内隐学习研究更多关注限定状态人工语法的习得。1967年, Reber首次采用相邻元素间有顺序限制的限定状态人工语法证明了内隐学习的存在。实验中, Reber首先要求被试记忆一系列符合人工语法的字母串, 然后要求被试对一些新字母串进行分类判断, 结果发现被试的分类正确率显著高于随机水平, 且言语报告表明被试没有发现规则, 表明被试

内隐地获得了语法规则, 证明了内隐学习的存在。目前, 研究者对于存在内隐学习这样一种无意识的学习过程已经达成了共识, 但对于内隐学习的机制问题还存在争论。争论点在于, 内隐学习获得的知识究竟是相邻元素之间的表面特征 (Knowlton & Squire, 1996; Servan-Schreiber & Anderson, 1990), 还是底层的语法结构, 即抽象规则 (Reber, 1967)。

近年来, 内隐学习研究常采用另一种相邻要素间没有顺序限制的远距离规则 (non-adjacent dependency, Wilson et al., 2018)。这种结构广泛存在于自然语言中, 例如英语中助动词和词素之间存在远距离的对应关系 (“is writing”); 包含嵌套结构的定语从句 (“the rat the cat ate stole the cheese”); 汉语中诗歌的远距离平仄映射结构 (例如, 仄仄平平仄, 平平仄仄平) 等。乔姆斯基 (1956) 指出, 相对于限定状态人工语法, 远距离规则是人类语言所特有的、最为关键的成分。跨物种研究也发现了猴子被试只能习得限定状态语法, 而人类被试却能够很容易地习得两种语法。因此, 从进化的角度, 人们获得远距离结构的能力反映了这一结构是人类语言进化的重要转折 (Fitch & Hauser, 2004)。从远距离结构

* 基金项目: 上海市教育科学研究一般项目 (C20080), 上海政法学院青年科研基金项目 (2020XQN20), 教育部人文社会科学研究规划基金项目 (20YJA190012), 国家自然科学基金面上项目 (32071051), 军委后勤保障应用基础研究重大项目分课题 (AWS17J012), 国家自然科学基金青年项目 (31800912)。

通讯作者: 周楚, E-mail: zhouchu@fudan.edu.cn。

本身的特点来看,它能够很好地分离底层规则和相邻相似性的组块信息,有助于澄清内隐学习的机制问题。人工语言领域的研究发现在特定的情况下,人们能够习得远距离映射规则,但是与学习相邻规则相比,远距离规则的习得更困难,且包含很多限制条件,如停顿(Penã, Bonatti, Nespor, & Mehler, 2002)、刺激之间的相似性(Newport & Aslin, 2004)、刺激元素的变异性(Gómez, 2002)、分阶段输入(Poletiek et al., 2018)、先前的学习(Zettersten, Potter, & Saffran, 2020)、长期的训练和巩固(Uddén, Ingvar, Hagoort, & Petersson, 2012, 2017)等。

音乐领域远距离规则的研究同样发现远距离规则的习得存在限制。Dienes 和 Longuet - Higgins (2004)探讨了四种音乐远距离规则的习得,结果表明只有具备音乐背景的被试才能够内隐地习得这些规则,而没有音乐背景的被试只有在有意学习(Kuhn & Dienes, 2006)和采用喜好度评分这种测验形式(Kuhn & Dienes, 2005)的情况下,才能够习得音符的远距离映射规则。Cheung 等(2018)采用具有至少7年乐器训练背景的被试,探讨了音乐远距离嵌套规则的习得,结果发现被试对规则的敏感性和他们接受音乐训练的年限存在显著的正相关。上述研究结果表明远距离规则能够被习得,但是这一规则的习得似乎会受到先前知识经验的限制。

采用汉语声调远距离映射范式的研究,探讨了远距离映射规则的内隐习得(Jiang et al., 2012; Li et al., 2013; 姜珊, 郭秀艳, 杨靖, 马闻笛, 2014; 姜珊, 关守义, 2018)。Jiang 等(2012)首次采用汉语语音体系中独有的语言特征——声调,在平衡了组块和重复结构等表面特征的情况下,获得了听觉通道远距离映射规则的内隐学习中分类判断的成绩高于随机水平的结果。随后的研究发现这一听觉通道获得的远距离映射规则可以灵活迁移到不同的声调(姜珊等, 2014)以及不同长度(姜珊, 关守义, 2018)的材料上,进一步为内隐学习的抽象性和规则性提供了强有力的证据。由于上述研究采用的平仄远距离映射符合被试先前关于平仄分类的经验,这是否意味着符合经验的平仄远距离映射规则才能够被内隐地习得呢?这种汉语声调远距离映射规则的习得是否会受到过去经验的限制呢?跨文化的比较研究为解答这一问题提供了初步的证据。Ling 等(2018)采用同样能够分辨汉语声调的中国和外国被试,在

平衡了组块这一表面特征的前提下,发现两组被试都能够内隐地习得汉语声调的水平映射规则,但是当更为精准地操纵测验材料的局部表面特征和整体抽象规则后,发现中国被试在习得整体抽象规则上更具有优势。这一结果一方面表明,汉语声调的水平映射规则的习得具备普遍性,不仅仅局限于中国被试;另一方面,也似乎表明先前的知识经验,即文化导致的注意偏向差异(整体 VS 局部)影响了不同规则类型的习得。

有研究采用不同的范式直接探讨了先前知识经验对内隐学习的限制问题。例如,Chen 等(2011)采用形一义联结的内隐学习范式,探讨了在汉语中,被试是如何获得限定词和名词之间的关系,结果发现被试不能够内隐地习得限定词和名词的任意对应关系,只有限定词和名词的对应关系符合语言特征(符合被试具备的知识经验)时,才能够被内隐地习得。内隐概念学习的研究也表明在概念学习过程中,类别中包含的特征与先前知识经验相一致时,会促进这一概念的获得(Ziori & Dienes, 2006, 2008)。采用限定状态人工语法的研究同样证明当刺激结构与先前知识经验相一致时,会促进语法知识的学习(Ziori, Pothos, & Dienes, 2014)。但是很少有研究直接探讨先前知识经验是否以及如何限制了远距离映射规则内隐习得。

基于此,该研究将在前期研究的基础上,通过精细的操纵汉语声调材料,探讨先前知识经验是否限制了汉语声调水平映射规则的内隐学习以及迁移。具体来说,我们将采用与姜珊等(2014)的研究相类似的方式,考察声调水平映射规则的习得和迁移。为了探讨汉语声调水平映射规则的内隐习得和迁移,姜珊等(2014)创设了两种符合先前经验的平仄声调水平映射规则,分别是1声和3声的映射以及2声和4声的映射,在学习阶段让被试学习其中一种映射规则,而在测验阶段分别测验两种映射规则(见图1),结果发现被试能够内隐地习得学习阶段的映射规则,并且能够将其灵活迁移到另一种映射规则上。这一结果表明被试内隐地习得了更为抽象的平仄映射,而非具体的声调映射,揭示了内隐学习确实能够获得底层的抽象规则,为内隐学习的抽象性问题提供了新的证据。

为了直接探讨先前知识经验是否限制了远距离映射规则内隐习得和迁移。该研究将在姜珊等

(2014)的研究基础上,创设两种不符合先前经验的声调映射规则:分别是1声和2声的映射以及3声和4声的映射,在学习阶段让被试学习其中一种映射规则,而在测验阶段分别测验两种映射规则,探讨不符合经验的映射规则的习得和迁移。此外,我们还将先前研究中(姜珊等,2014)的学习效应与该研究的学习效应进行直接比较。如果被试能够习得这

种任意声调的映射规则并将其灵活迁移,则表明先前知识经验并不影响被试对远距离映射规则的内隐习得;如果不能,则表明内隐学习会受到先前知识经验的限制,只有符合特定语言特征的远距离水平映射规则才能够被内隐地习得,平仄声调分类是汉语中重要的语言特征。

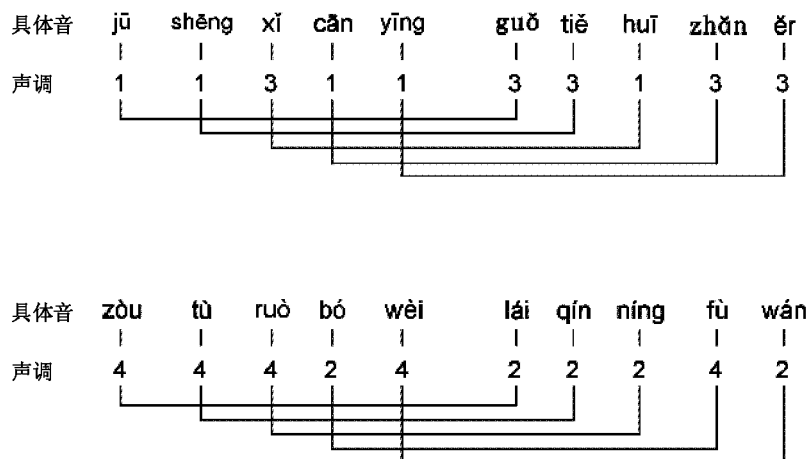


图1 两种符合先前经验的平仄水平映射规则的样例, 分别为一声和三声的映射以及二声和四声的映射。

(注: 采自姜珊等, 2014)

2 方法

2.1 被试

采用单样本 t 检验, $Power = 0.95$, 参考先前研究中的效应量 $d = 0.66$ (姜珊等, 2014)*, 以 GPower3.0 来估算总样本量为 32 个。选取 32 名来自大学校园的学生, 男性 7 人, 女性 25 人, 年龄在 18 ~ 26 岁之间, 平均年龄 19.59 岁, 标准差为 1.36。所有被试的母语为汉语, 听力正常, 实验结束后每人获得一定的报酬。

2.2 材料

选取和姜珊等(2014)相同的 24 个音节, 其中 12 个音为平声, 包含 6 个 1 声和 6 个 2 声, 为“cān, jū, huī, shēng, bīng, yīng, níng, lái, qín, bó, wán, méi”; 12 个音为仄声, 包含 6 个三声和 6 个四声, 为“guǒ, ěr, zhǎn, tiě, kǒu, xǐ, zòu, jùn, tù, fù, wèi, ruò”。给被试呈现的材料是一串长度为 10 的声音串, 每串中的 10 个音不重复, 前五个音和后五个音遵循下述的两种不符合经验的声调水平映射规则: (1) 1 声和 2 声

的映射: 如果第一个音为 2 声, 那么第六个音就为 1 声, 如果第二音为 1 声, 那么第七个音就为 2 声, 以此类推; (2) 3 声和 4 声的映射, 即如果第一音为 3 声, 那么第六个音就为 4 声, 如果第二音为 3 声, 那么第七个音就为 4 声, 以此类推(见图 2)。

采用上述的两种映射规则, 每种规则各生成了 32 个声调串, 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, 16 个测验阶段使用的非法串是由上述 16 个测验阶段的合法串修改生成的, 修改的方式是保证每个非法串只有两个位置不符合规则。

对于 1 声和 2 声映射规则, 学习阶段的 16 个声调串重复 3 次, 共 48 个声调串, 将 12 个音(6 个 1 声和 6 个 2 声)按照 1 声和 2 声的映射规则填入这 48 个声调串中, 生成 48 个学习声音串。测验阶段的 32 个声调串重复两次, 共 64 个声调串, 同样, 将 12 个音(6 个 1 声和 6 个 2 声)按照规则填入测验阶段的 32 个合法的声调串和 32 个非法的声调串, 生

* 先前研究中, 实验组被试在迁移条件和非迁移条件下的分类判断矫正正确率均为 0.54 (0.06), 且均高于随机水平 50% (非迁移条件: $t(31) = 3.73, p < 0.01, d = 0.66$; 迁移条件: $t(31) = 3.80, p < 0.01, d = 0.67$)。

成 64 个测验声音串。由于 12 个音为随机选择的,并且将 12 个音填入声调串中的方式也是随机的,所以,每个声音串都是无意义的。对于 3 声和 4 声映射规则,采用上述同样的方式生成材料。

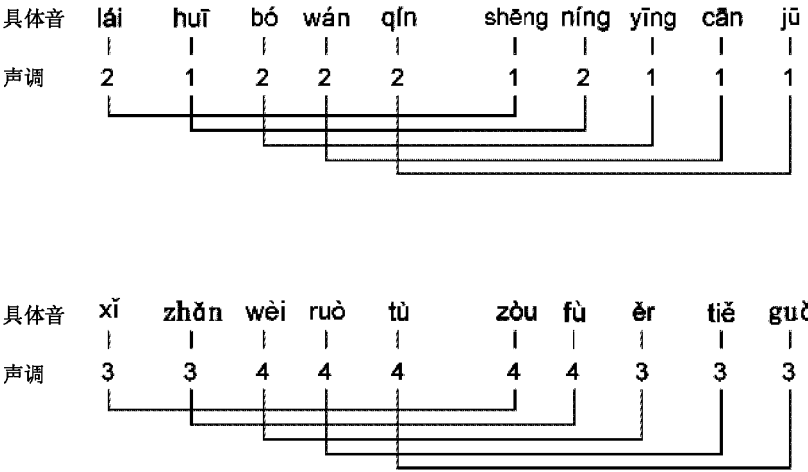


图 2 两种不符合先前经验的声调水平映射规则样例:(1)上图:1 声和 2 声的映射:如果第一音为 2 声,那么第六个音就为 1 声,如果第二音为 1 声,那么第七个音就为 2 声,以此类推;(2)下图:3 声和 4 声的映射:如果第一音为 3 声,那么第六个音就为 4 声,如果第二音为 3 声,那么第七个音就为 4 声,以此类推。

此外,同姜珊等(2014),需要对重复结构和组块等表面特征进行平衡。首先,对于两种声调映射规则而言,学习阶段和测验阶段的声调串没有相同的重复结构(repetition structure);其次,测验串的中

的合法串和非法串的平均特征频率(mean feature frequency,MFF)、总体组块强度(global ACS)以及前后组块强度(anchor ACS)在声调类型和音节维度上都进行了平衡, $ps>0.05$ (见表 1)。

表 1 两种声调映射规则的合法串和非法串在声调和音节维度上的平均特征频率(MFF)和组块强度(ACS)

	声调类型		音节	
	合法	非法	合法	非法
MFF	720.00 ± 0.00	720.00 ± 0.00	120.06 ± 1.28	119.86 ± 0.93
总体 ACS	233.72 ± 2.27	234.28 ± 1.37	4.96 ± 0.57	4.91 ± 0.53
前后 ACS	52.88 ± 3.02	52.31 ± 3.18	0.75 ± 0.50	0.82 ± 0.58

对于每一个声音串,前 5 个音节和后 5 个音节之间有 600ms 的时间间隔,构成声音串的每个音节的持续时间为 450ms。因此,每个声音串共持续 5100ms。实验程序运用 E - prime 2.0 编写。

2.3 实验程序

实验包含两个阶段:学习阶段和测验阶段(见图 3)。

2.3.1 学习阶段

本实验包含两套学习材料:1 声和 2 声映射材料以及 3 声和 4 声的映射材料。在学习阶段,每个被试随机分配只学习其中一套材料。对于每套材料,48 个学习串重复 3 次,共 144 个声音串,随机呈现。每个声音串播放前会有一个 450ms 的提示音,提示被试声音串即将开始播放,播放完毕后有

5000ms 的空白时间,被试的任务是仔细听每个声音串,并在 5000ms 的空白时间内在心中默默复述声音串。学习阶段持续时间约 30 分钟。

2.3.2 测验阶段

在测验阶段,所有被试均测验两套材料(1 声和 2 声映射、3 声和 4 声的映射),其中一套材料测验被试对规则的学习情况,另一套材料测验被试对规则的迁移。测验开始前,被试被告知先前在学习阶段所听到的声音串都是由一套复杂规则生成的,要求他们对一些新的声音串进行分类判断,即判断这些新的声音串是否符合规则。测验包括两部分,每部分 64 个声音串,共 128 个串。两部分测验的先后顺序采用被试间平衡。对于每个测验串,被试首先需要判断其是否符合规则,随后给出他们的判断依

据,即从“猜测、直觉、记忆和规则”四个选项中给出 本次判断所依据的结构知识。

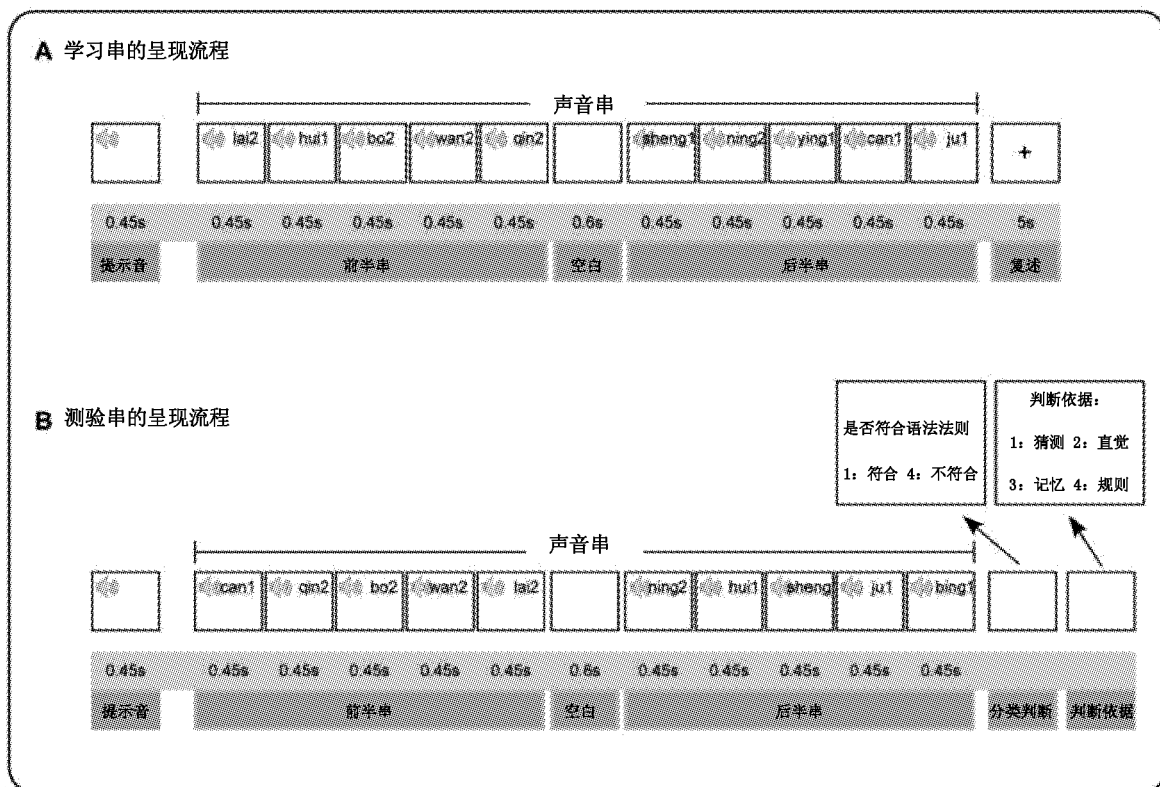


图3 学习串和测验串的呈现流程图

3 结果

3.1 分类判断的正确率

与姜珊等(2014)的方法类似,研究结果并未采用传统的分类判断正确率,而是采用公式 $\frac{N_c + 0.5}{N + 1}$ 计算被试在测验阶段分类判断的矫正正确率(N_c 为正确反应的次数, N 为总的反应次数)。采用这种矫正方法的原因在于在外显条件下,有些被试选择的数量很少,导致采用传统分类判断正确率的百分比可能出现极端值(Dienes & Scott, 2005)。

由于被试在学习阶段只学习一种声调映射规则,而在测验阶段测量了两种声调映射规则。因此,测验包含两种条件:非迁移条件(和学习阶段相同的声调映射规则)和迁移条件(和学习阶段不同的声调映射规则)。

被试在非迁移条件和迁移条件下的分类判断矫正正确率分别为 0.49 ($SD = 0.05$) 和 0.50 ($SD = 0.08$)。两种条件下的分类判断矫正正确率均和随机水平 50% 差异不显著(非迁移条件: $t(31) = 1.10, p > 0.05, d = 0.19$;迁移条件: $t(31) = 0.28, p > 0.05, d = 0.05$)。此外,迁移条件和非迁移条件

的分类判断矫正正确率不存在差异, $t(31) = 0.36, p > 0.05, d = 0.06$ 。这一结果表明与随机水平相比,被试不能够习得不符合平仄分类经验的汉语声调的水平映射规则,并且不能够将其迁移到新的材料上。

3.2 意识和无意识的结构知识

将结构知识中的“猜测”和“直觉”合并作为内隐结构知识,“记忆”和“规则”合并作为外显结构知识。

为了考察被试在测验过程中的分类判断的依据以及正确率是否会随着测验的进行而发生变化,将测验分为前半部分和后半部分。被试在非迁移和迁移测验的前半部分和后半部分的四个结构知识上的判断比例以及矫正正确率见表 2 和表 3。除了在非迁移条件下,实验的前半部分和后半部分在记忆这一结构知识上的反应比例存在显著差异外($t(31) = 3.79, p < 0.01, d = 0.67$),其余各条件下,实验前后半部分的分类判断依据以及正确率不存在差异, $ps > 0.05$ 。这可能由于随着测验的进行,被试对整个或部分声音串特征的记忆会存在消退的现象。

表 2 非迁移和迁移测验的前后半部分各结构知识上的反应比例 ($M \pm SD$)

		内隐结构知识		外显结构知识	
		猜测	直觉	记忆	规则
非迁移	1	0.35 ± 0.21	0.59 ± 0.22	0.06 ± 0.08	0.00 ± 0.02
	2	0.36 ± 0.23	0.61 ± 0.23	0.03 ± 0.06	0.00 ± 0.01
迁移	1	0.45 ± 0.24	0.54 ± 0.24	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.00
	2	0.43 ± 0.24	0.57 ± 0.25	0.01 ± 0.02	0.00 ± 0.00

注:1 = 测验前半部分;2 = 测验后半部分

表 3 非迁移和迁移测验的前后半部分各结构知识上的矫正正确率 ($M \pm SD$)

		内隐结构知识		外显结构知识	
		猜测	直觉	记忆	规则
非迁移	1	0.43 ± 0.16	0.53 ± 0.10	0.53 ± 0.22	0.56 ± 0.09
	2	0.45 ± 0.14	0.50 ± 0.12	0.48 ± 0.19	0.38 ± 0.18
迁移	1	0.51 ± 0.14	0.50 ± 0.12	0.42 ± 0.29	
	2	0.49 ± 0.16	0.49 ± 0.15	0.43 ± 0.28	

注:1 = 测验前半部分;2 = 测验后半部分

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 4。在非迁移条件下,被试在内隐和外显结构知识上的分类判断矫正正确率分别 0.49 ($SD = 0.05$) 和 0.51 ($SD = 0.18$),均和随机水平差异不显著(内隐结构知识: $t(31) = 1.32, d = 0.23$;外显结构知识上: $t(16) = 0.32, d = 0.08$)。在迁移条件下,被试在内隐结构知识上的分类判断矫正正确率为 0.50 ($SD = 0.78$),和随机水平差异不显著, $t(31) = 0.22, d = 0.04$;由于仅有 6 名被试选择了外显的结构知识,所以外显结构知识不能进行统计。这一结果进一步表明,被试不能够内隐地习得这种不符合平仄分类经验的汉语声调的水平映射规则,并且不能够将其迁移到新的材料上。

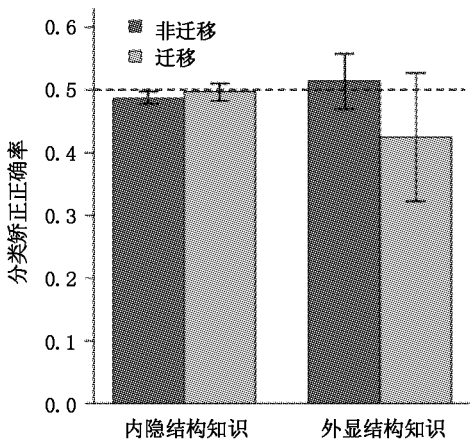


图 4 非迁移和迁移测验中被试在内隐和外显结构知识上的分类判断矫正正确率 (Error bars: $\pm SE$)

3.3 与先前研究的学习效应比较

为了进一步考察先前知识经验是否限制了汉语声调水平映射规则的内隐习得和迁移,我们选取了姜珊等(2014)研究中非迁移和迁移条件的总体学习效应以及内隐结构知识上的学习效应与该研究结果进行了比较。

由于姜珊等(2014)研究使用了符合先前知识经验的声调映射规则,而该研究使用了不符合先前知识的声调映射规则,我们以声调映射是否符合经验为被试间变量以及测验类型为被试内变量,总体分类判断的矫正正确率为因变量,进行 2(经验:符合 VS 不符合) * 2(测验类型:非迁移 VS 迁移)的混合设计方差分析。结果表明,经验的主效应显著, $F(1, 62) = 20.77, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.25$,符合经验的映射规则的分类判断正确率 ($M = 0.54, SD = 0.06$) 显著高于不符合经验的映射规则 ($M = 0.49, SD = 0.07$);测验类型的主效应不显著, $F(1, 62) = 0.20, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.003$;经验和测验类型的交互作用不显著, $F(1, 62) = 0.007, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.00$ 。这一结果表明,当破坏了姜珊等(2014)的研究中使用的汉语声调远距离映射规则所具备的先前知识经验后,总体来看,被试分类判断的准确性出现了显著的下降。

在内隐结构知识上,以声调映射是否符合经验为被试间变量以及测验类型为被试内变量,被试在内隐结构知识上分类判断的矫正正确率为因变量,

进行 2(经验:符合 VS 不符合) * 2(测验类型:非迁移 VS 迁移)的混合设计方差分析。结果表明,经验的主效应显著, $F(1, 62) = 19.24, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.24$, 符合经验的映射规则的分类判断正确率 ($M = 0.54, SD = 0.06$) 显著高于不符合经验的映射规则 ($M = 0.49, SD = 0.07$); 测验类型的主效应不显著, $F(1, 62) = 0.34, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.005$; 经验和测验类型的交互作用不显著, $F(1, 62) = 0.04, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.001$ 。这一结果表明, 当破坏了姜珊等(2014)的研究中使用的汉语声调远距离映射规则所具备的先前知识经验后, 被试在内隐结构知识上的分类判断的准确性同样出现了明显的下降。

3.4 关于零结果的贝叶斯统计分析

采用贝叶斯因子(Bayes Factors)对姜珊等(2014)的结果和研究中得到的零结果进行进一步的分析*。在假设检验中, 贝叶斯因子代表的是当前数据对零假设(H_0)与备择假设(H_1)支持的强度(胡传鹏等, 2018)。

在姜珊等(2014)的研究中, 被试在非迁移条件下的矫正正确率为 0.54 ($SD = 0.06$), 且与随机水平差异显著, $t(31) = 3.73, p < 0.01, d = 0.66$ 。计算此时的贝叶斯因子分, $B_{10} = 41.09$ 。这一结果表明当前数据在 H_1 为真的情况下出现的可能是 H_0 为真的条件下出现可能的 41.09 倍。被试在迁移条件下的矫正正确率为 0.54 ($SD = 0.06$), 且与随机水平差异显著, $t(31) = 3.80, p < 0.01, d = 0.67$ 。计算此时的贝叶斯因子分, $B_{10} = 48.72$ 。这一结果表明当前数据在 H_1 为真的情况下出现的可能是 H_0 为真的条件下出现可能的 48.72 倍。采用 Wagenmakers 和 Love 等(2018)对贝叶斯因子的大小所代表的意义进行划分的标准, 在姜珊等(2014)的研究中, 对于非迁移条件和迁移条件, 当前数据提供了非常强的证据支持备择假设, 即被试能够习得和迁移符合先前平仄分类经验的汉语声调水平映射规则。

而在该研究中, 被试在非迁移条件下的矫正正确率为 0.49 ($SD = 0.05$), 且与随机水平差异不显著, $t(31) = 1.10, p > 0.05, d = 0.19$ 。计算此时的贝叶斯因子分, $B_{01} = 3.05$ 。这一结果表明当前数据

在 H_0 为真的情况下出现的可能是 H_1 为真的条件下出现可能的 3.05 倍。被试在迁移条件下的矫正正确率为 0.50 ($SD = 0.08$), 且与随机水平差异不显著, $t(31) = 0.28, p > 0.05, d = 0.05$ 。计算此时的贝叶斯因子分, $B_{01} = 5.11$ 。这一结果表明当前数据在 H_0 为真的情况下出现的可能是 H_1 为真的条件下出现可能的 5.11 倍。采用 Wagenmakers 和 Love 等人(2018)提出的标准, 对于非迁移条件和迁移条件, 当前数据提供了中等程度的证据支持零结果。因此, 贝叶斯因子对零结果的分析进一步表明被试不能够习得不符合平仄分类经验的汉语声调的水平映射规则, 并且不能够将其迁移到新的材料上。

4 讨论

该研究在前期研究的基础上, 通过精细地操纵汉语声调材料, 直接考察先前知识经验是否限制了汉语声调水平映射规则的内隐学习以及迁移。具体来说, 我们创设两种不符合先前经验的声调映射规则: 1 声和 2 声的映射以及 3 声和 4 声的映射, 在学习阶段让被试学习其中一种映射规则, 而在测验阶段分别测验两种映射规则, 探讨规则的内隐习得和迁移。结果发现, 当破坏了符合先前知识经验的平仄映射规则后, 被试不能够内隐地习得规则以及将规则灵活地迁移, 这一结果表明先前知识经验在汉语声调远距离映射规则内隐习得中的重要作用。

现有的内隐学习计算模型(Boucher & Dienes, 2003; Servan-Schreiber & Anderson, 1990)很少涉及知识经验的作用, 然而, 探讨先前知识经验对内隐学习的影响对于丰富和完善内隐学习的理论模型是十分重要的。虽然先前研究表明汉语声调的平仄水平映射规则能够被内隐地习得并且迁移, 但这些研究使用的平仄声调映射是符合被试先前知识经验的。结合该研究结果, 进一步表明远距离水平映射规则的内隐学习会受到先前知识经验的限制, 只有符合特定语言特征的映射规则才能够被内隐地习得, 平仄声调分类是汉语中重要的语言特征。与该研究结果相一致, 采用形意联结范式(Chen et al., 2011; Leung & Williams, 2011)、内隐概念学习范式(Ziori & Dienes, 2006, 2008)、限定状态人工语法范式(Ziori,

* 贝叶斯因子在线计算工具网址: <http://pcl.missouri.edu/bayesfactor>

Pothos, & Dienes, 2014) 以及音乐远距离规则内隐学习 (Kuhn & Dienes, 2005) 的研究, 都揭示了先前知识经验对内隐学习的影响。

不同种类远距离规则习得的比较研究也似乎证明了先前知识经验的重要作用。Uddén 等 (2012) 采用人工语法学习范式比较了两种远距离规则 (交叉结构和嵌套结构) 的习得。结果表明, 经过 9 天的学习, 被试能够习得两种结构, 并且交叉结构的成绩好于嵌套结构的成绩。由于该研究采用荷兰被试, 荷兰语的语法结构中存在大量的交叉结构可能导致被试对交叉结构的加工更加容易。Li 等 (2013) 采用汉语声调的平仄音为材料, 比较了水平映射和垂直映射规则的内隐习得。结果发现, 被试能够内隐地习得两种结构, 且水平映射规则的学习效应好于垂直映射, 这可能由于水平映射类似于诗歌中的对仗规则, 更符合中国被试的经验。随后的神经网络模拟研究 (李菲菲, 刘宝根, 2018) 进一步考察了简单循环网络 (Simple Recurrent Network, SRN) 对上述两种汉语声调远距离规则的学习, 结果发现 SRN 能够学会两种规则, 且与人类学习效应相一致, SRN 学习水平映射规则比学习垂直映射规则更好, 这一结果表明 SRN 可以模拟人类远距离规则的内隐学习。神经网络模拟的研究为我们提供了一种新的思路, 即通过设置不同的学习材料, 训练神经网络学习符合先前知识经验的材料以及打破先前知识经验的材料, 考察神经网络的学习效应, 并将这一结果与人类被试的结果进行比较, 进一步从建模的角度为先前知识经验在内隐学习的作用提供新的汇聚性证据。

此外, 从更大的范围来讲, 学习是存在限制的。这种限制可以来自于内部认知机能, 例如个体内部有限的记忆容量、计算能力、已有的知识经验等, 也可以来自于外部的信息输入方式, 例如由短到长、由简单到复杂的信息输入。已有研究表明, 限制并非对学习不利, 反之, 很可能使学习过程受益 (Jost, Brill - Schuetz, Morgan - Short, & Christiansen, 2019; Poletiek et al., 2018)。本项研究结合先前研究结果, 表明先前知识经验对语法规则内隐学习的促进及限制作用, 未来的研究可以从更广泛的视角进一步探讨其他因素对学习过程的促进和限制。

5 结论

该研究在控制组块和重复结构等表面特征的条

件下, 通过创设不符合平仄知识经验的任意声调水平映射规则, 探讨先前知识经验是否限制了远距离水平映射规则的内隐学习和迁移。结果发现相对于符合平仄经验的汉语声调水平映射规则, 被试不能够内隐地习得和迁移任意的声调水平映射规则, 表明先前知识经验在远距离水平映射规则内隐学习过程中发挥着重要作用。

参考文献

- 郭秀艳. (2003). 内隐学习. 上海: 华东师范大学出版社.
- 胡传鹏, 孔祥祯, Wagenmakers, E. J., Ly, A., 彭凯平. (2018). 贝叶斯因子及其在 jasp 中的实现. *心理科学进展*, 26(6), 951 - 965.
- 姜珊, 郭秀艳, 杨靖, 马闻笛. (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.
- 姜珊, 关守义. (2018). 汉语声调对水平映射规则的内隐学习及其长度迁移效应. *心理学探新*, 38(4), 326 - 332.
- 李菲菲, 刘宝根. (2018). 远距离规则的内隐学习使用了何种记忆存储器: 来自神经网络模拟的证据. *心理科学*, 41(4), 796 - 802.
- Boucher, L., & Dienes, Z. (2003). Two ways of learning associations. *Cognitive Science*, 27, 807 - 842.
- Chen, W., Guo, X., Tang, J., Zhu, L., Yang, Z., & Dienes, Z. (2011). Unconscious structural knowledge of form - meaning connections. *Consciousness and Cognition*, 20, 1751 - 1760.
- Cheung, V. K. M., Meyer, L., Friederici, A. D., & Koelsch, S. (2018). The right inferior frontal gyrus processes nested non - local dependencies in music. *Scientific Report*, 8, 3822.
- Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, 2, 113 - 124.
- Dienes, Z., & Longuet - Higgins, C. (2004). Can musical transformations be implicitly learnt? *Cognitive Science*, 28, 531 - 558.
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69(5), 338 - 351.
- Fitch, W. T., & Hauser, M. D. (2004). Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate. *Science*, 303(5656), 377 - 380.
- Gómez, R. L. (2002). Variability and detection of invariant structure. *Psychological Science*, 13, 431 - 436.
- 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.
- Jost, E. , Brill – Schuetz, K. , Morgan – Short, K. , & Christiansen, M. H. (2019). Input complexity affects long – term retention of statistically learned regularities in an artificial language learning task. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 358.
- Knowlton, B. J. , & Squire, L. R. (1996) Artificial grammar learning depends on implicit acquisition of both rule – based and exemplar – specific information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 22, 169 – 181.
- Kovacs, A. M. , & Endress, A. D. (2014). Hierarchical processing in seven – month – old infants. *Infancy*, 19 (4) , 409 – 425.
- Kuhn, G. , & Dienes, Z. (2005). Implicit learning of nonlocal musical rules: Implicitly learning more than chunks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6) , 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(10) , 1725 – 1744.
- 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 & Cognition*, 22(3) , 920 – 930.
- Ling, X. , Zheng, L. , Guo, X. , Li, S. , Song, S. , Sun, L. , & Dienes, Z. (2018). Cross – cultural differences in implicit learning of chunks versus symmetries. *Royal Society Open Science*, 5(10) , 180469.
- Newport, E. L. , & Aslin, R. N. (2004). Learning at a distance: I. Statistical learning of non – adjacent dependencies. *Cognitive Psychology*, 48, 127 – 162.
- Paciorek, A. , & Williams, J. N. (2015). Semantic generalization in implicit language learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 41, 989 – 1002.
- Penă, M. , Bonatti, L. L. , Nespor, M. , & Mehler, J. (2002). Signal – driven computations in speech processing. *Science*, 298, 604 – 607.
- Poletiek, F. H. , Conway, C. M. , Ellefson, M. R. , Lai, J. , Boacanegra, B. R. , & Christiansen, M. H. (2018). Under what conditions can recursion be learned? effects of starting small in artificial grammar learning of center – embedded structure. *Cognitive Ence*, 42(8) , 2855 – 2889.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855 – 863.
- Reber, P. J. , Batterink, L. J. , Thompson, K. R. , & Reuveni, B. (2017). Implicit learning: History and applications. In A. Cleeremans(Ed.) , *Implicit learning*. Psychology Press.
- Rohrmeier, M. , & Widdess, R. (2017). Incidental learning of melodic structure of North Indian music. *Cognitive Science*, 41 (5) , 1299 – 1327.
- Rose, M. , Haider, H. , Salari, N. , & Büchel, C. (2011). Functional dissociation of hippocampal mechanism during implicit learning based on the domain of associations. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 31(39) , 13739 – 13745.
- Servan – Schreiber, E. , & Anderson, J. R. (1990). Learning artificial grammars with competitive chunking. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 592 – 608.
- 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.
- Uddén, J. , Ingvar, M. , Hagoort, P. , & Petersson, K. M. (2017). Broca’s region: A causal role in implicit processing of grammars with crossed non – adjacent dependencies. *Cognition*, 164, 188 – 198.
- Wagenmakers, E. J. , Love, J. , Marsman, M. , Jamil, T. , & Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. part ii: Example applications with jasp. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(1) , 58 – 76.
- Wilson, B. , Spierings, M. , Ravnani, A. , Mueller, J. L. , Mintz, T. H. , & Wijnen, F. (2018). Non – adjacent dependency learning in humans and other animals. *Topics in Cognitive Science*, 12, 843 – 858.
- Zettersten, M. , Potter, C. E. , & Saffran, J. R. (2020). Turning in to non – adjacencies: Exposure to learnable patterns supports discovering otherwise difficult structures. *Cognition*, 202, 104283.
- Zhang, Q. , Li, L. , Guo, X. , Zheng, L. , Wu, Y. , & Zhou, C. (2020). Implicit learning of symmetry of human movement and gray matter density: Evidence against pure domain general and pure domain specific theories of implicit learning. *International Journal of Psychophysiology*, 147, 60 – 71.
- Ziori, E. , & Dienes, Z. (2006). Subjective measures of uncon-

- scious knowledge of concepts. *Mind & Society*, 5(1), 105 – 122.
- Ziori, E., & Dienes, Z. (2008). How does prior knowledge affect implicit and explicit concept learning? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(4), 601 – 624.
- Ziori, E., Pothos, E., & Dienes, Z. (2014). Role of prior knowledge in implicit and explicit learning of artificial Grammars. *Consciousness and Cognition*, 28(1), 1 – 16.

Constrains of Prior Knowledge on Implicit Learning of Nonadjacent Inversion Dependency

Jiang Shan^{1,2}, Zhou Chu³, Guo Xiuyan⁴, Zheng Li⁴

(1. School of Government, Shanghai University of Political Science and Law, Shanghai 201701;

2. School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai 200062;

3. Department of Psychology, Fudan University, Shanghai 200433; 4. Fudan Institute on Ageing, Shanghai 200433)

Abstract: It has been already established that people could implicitly learn to detect and transfer nonadjacent inversion dependencies, which suggested that people could learn the abstract underlying structure rather than chunks. The current research aimed to investigate the role that prior knowledge played in what structures could be implicitly learnt. Using artificial poetry and an arbitrary classification of tones (i. e., in the absence of prior knowledge of ping and ze categories), participants were requested to listen to tonal syllable strings which followed one of inversion rule of tones (inversion rule of tone 1 and tone 2 or inversion rule of tone 3 and tone 4) in the training phase and then they were asked to finish two parts of classification task (both of the inversion rule were all tested) in the test phase. The results showed that when an arbitrary classification of tones was used, people could not implicitly learn the inversion rule and transfer the inversion rule to new tonal syllables (unlike when they did have prior knowledge of the tone types). The result indicate the constrains of prior knowledge on implicit learning of nonadjacent inversion dependency.

Key words: prior knowledge; nonadjacent inversion dependency; implicit learning; constrains