

# 多通道与单通道的内隐学习效应比较\*

石文典<sup>1</sup> 李秀君<sup>1</sup> 王 维<sup>1</sup> 严文华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>上海师范大学教育学院, 上海 200234) (<sup>2</sup>华东师范大学心理与认知科学学院, 上海 200062)

**摘 要** 内隐学习所获得的知识在多大程度上是感觉通道依赖的(modality-dependent)或是抽象表征的(abstract representation), 一直存在很大争论。本研究以 169 名大学生为被试, 以人工语法为学习任务, 在视听通道同时呈现相同规则或不同规则的语法, 以考查被试是否能够同时习得两个通道的语法规则。结果发现: 视听双通道同时呈现的语法规则无论相同还是不同, 双通道的内隐学习成绩与单通道的内隐学习成绩均没有显著差异。研究表明: 双通道的内隐学习具有和单通道近乎一样的学习效应, 被试能够同时跟踪呈现在视听两个通道且不论规则是否相同的两套序列, 表明学习者具有多重感官的内隐学习能力; 而多重感官的内隐学习可以同时且独立发生, 也许表明多重学习子系统的存在。本研究的结果支持内隐学习的通道特异性特点, 挑战了抽象表征的传统理论。

**关键词** 内隐学习; 通道; 通道特异性; 抽象表征

**分类号** B842

## 1 引言

一些研究表明, 人类具有一种不寻常的内隐学习能力, 可以无意识地学到各个知识领域的潜在序列规则(e. g., Aslin & Newport, 2009; 郭秀艳, 姜珊, 凌晓丽, 朱磊, 唐菁华, 2011)。内隐学习(implicit learning)是指有机体在与环境接触的过程中不知不觉地获得了一些经验并因之改变其事后某些行为的学习(Reber, 1967; 郭秀艳, 杨治良, 2002)。Reber 的早期研究发现(Reber, 1967), 给被试呈现几个字母(e.g., M, R, T, V, X), 这些字母按语法规则产生字母串, 被试能够内隐地学到这一语法结构。当换成其他字母时(e.g., N, P, S, W, Z), 被试依然能够内隐地识别出这一语法规则, 只要它们是由同一语法规则构成的字母串。

内隐学习的研究包含了认知科学中的三个基本问题: 意识的本质, 心理表征的本质, 以及经验在认知系统中形成的作用。心理表征的本质是揭示内隐学习特点的关键所在(Cleeremans & Jiménez, 2002; 付秋芳, 傅小兰, 2006)。而关于内隐学习的

心理表征——知识的获得多大程度上是感觉通道依赖的(modality-dependent)或多大程度上是抽象表征的(abstract representation), 一直都存在争论(Conway & Christiansen, 2006)。传统的认知信息加工理论强调内隐学习心理表征的非通道性的符号系统(amodal symbol systems) (Pylyshyn, 1989), 而近来的一些研究认为内隐学习心理表征建立在通道特异性(modality-specific)的感觉运动机制的基础上(Barsalou, Simmons, Barbey, & Wilson, 2003)。

内隐学习效应不仅能够跨字母迁移(Shanks, Johnstone, & Staggs, 1997), 而且能够跨通道迁移(Tunney & Altmann, 2001)。在信息规则相同的情况下, 各种刺激输入方式(e.g., tones, shapes, syllables) 都不影响内隐学习效果(Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002)。例如, 无意义音节作为听觉刺激(Saffran, Johnson, Aslin, & Newport, 1999)和图形作为视觉刺激(Fiser & Aslin, 2002)的内隐学习没有差异。这种迁移效应(transfer effect)之所以存在, 经常被解释为内隐学习是以抽象表征为基础产生的学习。该观点强调知识的产生是对结构关系

收稿日期: 2012-12-18

\* 国家自然科学基金项目“教师隐性知识的来源、心理特征及其认知神经机制(31160201)”资助。

通讯作者: 严文华, Email: whyan@psy.ecnu.edu.cn

的学习,而刺激的表面特征或输入通道并不影响内隐学习(Peña, Bonatti, Nespor, & Mehler, 2002; Pothos, Chater, & Ziori, 2006),即内隐学习具有感觉通道的通用性(modality-general)特征。

然而,一些研究得出了相反的结论。Chang 和 Knowlton (2004)在探讨刺激输入方式如何影响学习时发现,内隐学习对刺激特征敏感,字体的改变会影响被试对字母串的内隐学习成绩。这表明,至少学到的部分知识是通道特异性的或刺激特异性的(stimulus-specific)。Conway 和 Christiansen (2005)采用振动、图片和音频为实验测料,分别测量了触觉、听觉和视觉内隐学习效应并对其进行比较,发现不同的感觉通道下的内隐学习有很大差异,听觉的内隐学习明显好于视觉和触觉,所以研究者认为存在与信息输入通道直接相联系的多重平行内隐学习机制(Conway & Christiansen, 2005, 2006, 2009)。Emberson, Conway 和 Christiansen (2011)分别在视觉和听觉通道以不同的速度呈现序列,发现刺激呈现速度与感觉通道存在交互作用:当刺激快速呈现时,听觉的内隐学习好于视觉;但当刺激慢速呈现时,视觉的内隐学习好于听觉。这表明被试学到的知识至少部分依赖于刺激的输入特征。这些研究为内隐认知表征的刺激特异性或感觉通道特异性理论(Barsalou et al., 2003)提供了实验支持。Witt 和 Vinter (2012)以 5~8 岁的儿童为被试,实验结果依然支持了内隐学习的刺激特异性的加工模式。

文献梳理发现,在内隐学习是根植于一个核心机制还是多个感觉通道特异性机制的问题的检验中,除少数研究以外(Conway & Christiansen, 2006; Johansson, 2009; Seitz, Kim, van Wassenhove, & Shams, 2007),大部分研究往往采用单感觉通道的比较进行考查(Gebhart, Aslin, & Newport, 2009; Weiss, Gerfen, & Mitchel, 2009; Mitchel & Weiss, 2010),要么单通道的听觉和单通道的视觉相比较,要么单通道内不同认知维度的比较,比如视觉通道下不同颜色的图形序列的比较。事实上,我们生活在多重感觉刺激的环境中,知觉环境很少局限于一个通道的刺激或一个信息源(Stein & Stanford, 2008),视觉和听觉很可能同时都在进行着内隐学习。因此,单通道的比较无助于感觉通道特异性机制问题的解决。于是,采用多通道内隐学习效应的比较就成为解决上述难题的不二选择。

Conway 和 Christiansen (2006)采用了人工语法

任务探讨听觉和视觉是否能够独立学到两套不同的语法规则,以此来考查内隐学习的表征是抽象表征还是具体表征。其实验方法如下:在学习阶段,给被试在听觉通道呈现产生于一个语法规则的声音刺激,而在视觉通道呈现产生于另一个语法规则的颜色序列。在测验阶段使用由学习阶段的两个语法产生的新的刺激序列,其中一半的刺激序列产生于一个语法,一半的刺激序列产生于另一个语法。在测验阶段所有的序列都用一种通道模式进行测验,即或者全用声音或者全用颜色,而只有测验阶段序列呈现的通道与学习阶段相同、使用的语法与学习阶段也相同时才会被计为正确。如果正确率为 50%则认为没有内隐学习发生,即被试未能内隐地学到语法规则。或者被试学到了规则,但是知识存在于非通道(amodal)形式下即没有保存感觉通道的信息。如果成绩显著高于随机概率水平表明被试从两个语法中内隐地学到了语法规则,也就意味着内隐学习心理表征的通道特异性。结果发现,被试学到了两种感觉通道的语法规则。因此,Conway 和 Christiansen 认为不同感觉通道的内隐学习不是统一的加工机制,而是存在与信息输入通道直接相联系的多重平行内隐学习机制。然而, Johansson (2009)则认为 Conway 和 Christiansen 的实验在学习阶段只有 6 个 block,学习不够充分不足以形成抽象表征,才得出了内隐学习特异性表征的结论。于是, Johansson 采用了 Conway 和 Christiansen 的实验范式,在学习阶段给被试呈现 18 个 block,让被试进行更为充分的学习,结果依然得出了刺激特异性表征的结论。然而,由于他们的实验在学习阶段均采用听觉序列和视觉序列交叉混合呈现,即呈现一个视觉序列,然后呈现一个听觉序列,接下来再呈现一个听觉序列或视觉序列,也就是视觉序列和听觉序列是前后继时呈现的。因此,内隐学习的发生可能也是继时的,在这个过程中,也许发生了内隐学习的迁移,才使得被试在测验阶段学到了两种刺激模式。所以,如果能够提供多重感官同时且独立地进行内隐学习的证据,则将为多重平行学习机制的存在提供更强大的支持。值得一提的是,尽管 Seitz 等人(2007)的实验中同时呈现了视觉和听觉刺激,但每个听觉刺激一直和另一个视觉刺激同时发生,所以到底是独立学习机制导致了高于随机概率水平的学习成绩,还是视听刺激的对应性提高了学习成绩,对此仍然有商榷的必要,因为有证据表明视听刺激的对应性有助于提高学习成绩(Thiessen,

2010)。此外,或许是 Seitz 等人的实验中视听对应的组合对学习任务过于简单,使得被试能够较容易地习得刺激与刺激间的关系,从而导致了双通道下的内隐学习效应。总之,有必要通过严格意义上的双通道内隐学习效应的比较,进一步考查内隐学习通道特异性是否存在,但至今还没有相关研究对此进行报道。根据通道通用性(modality-general)观点进行推论,假如多通道的刺激同时输入能够被一个统一的机制所加工,那么各个通道的内隐学习彼此之间将会互相影响而不是相互独立的;反之,如果各个通道的内隐学习彼此之间是相互独立的,那么内隐学习通道特异性就应该是存在的。

本研究采用限定状态语法生成的材料作为学习任务,给被试在视听双通道同时呈现序列刺激,通过测量复杂语法的获得而不仅仅是刺激与刺激间的简单联系来探讨两个问题:第一,是否存在双通道的内隐学习效应;第二,双通道呈现的刺激之间的关系对双通道内隐学习的影响,检验双通道的内隐学习彼此之间是互相影响的或是相互独立的。

## 2 实验一

### 2.1 实验目的

分别测量视觉和听觉在单通道下的内隐学习,并对对照组的学习相比较,验证视觉内隐学习效应和听觉内隐学习效应,并为视听双通道同时进行的内隐学习建立比较的基线。

### 2.2 实验一(a)

#### 2.2.1 被试

随机选取在校本科生 48 名(男女各半),所有被试视力或矫正视力正常,无色盲或色弱,年龄在 20~24 之间,以前均未参加过类似实验。

### 2.2.2 实验材料与仪器

实验仪器为电脑。采用 E-prime 进行编程。实验材料是 5 个颜色块(红、兰、黄、绿、黑)。根据语法(图 1)可以产生长度为 2~6 的 23 个序列,每个图片和语法图上的数字相匹配。因此,视觉刺激包括一个颜色序列,例如语法 1-2-5-5 对应的就是一个颜色序列:红-兰-黑-黑(图 2)。

学习阶段,选取 12 个由语法产生的序列用来学习,并将这些序列成对组合,共构成 12 对,其中 6 对的两个序列是重复的,而另外 6 对的两个序列不重复,但仅是略有不同。

测试阶段包括 20 个新的序列,这 20 个新序列与学习阶段均不相同。其中包括 10 个语法序列和 10 个非语法序列,非语法序列均由合法的第一个元素开始,随后是一系列不合法元素,结尾处也是合法元素。例如,序列 4-2-1-5-3 起始元素 4 和末尾元素 3 均合乎语法,中间的元素顺序 4-2, 1-5, 5-3 是不合语法的。

### 2.2.3 实验设计与程序

采用组间设计,将被试随机分为实验组和控制组。实验分两个阶段,学习阶段和测试阶段。实验组先学习,后进行分类测验。控制组仅有测验阶段,以确保成功分类是由于学习而产生的。实验开始前告诉被试:在学习阶段你们将在电脑屏幕上看到成对的颜色序列,你们的任务是判断这些对子一样还是不一样,并按键反应。

学习阶段采用这样的安排是因为这个过程可以使被试将注意力集中在刺激上,促使被试进一步的编码(Christiansen, Kelly, Shillcock, & Greenfield, 2010)。每个颜色块呈现 1 s,颜色块之间没有时间间隔,每个对子的两个序列之间的间隔为 2 s,每

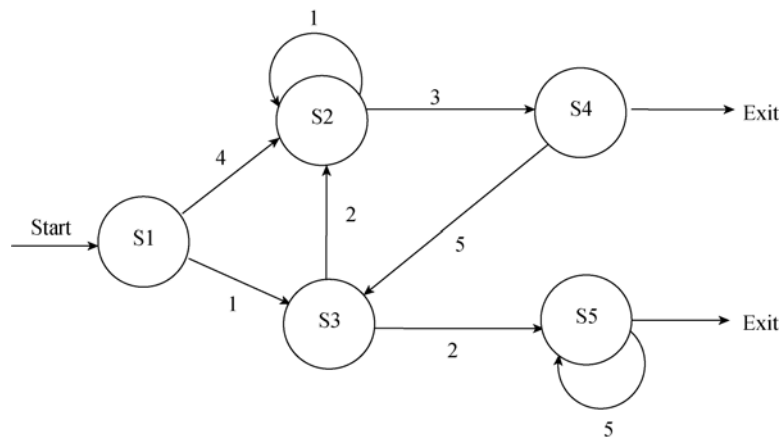


图 1 人工语法图



图2 1-2-5-5 (颜色块)序列图示

个对子的第二个序列呈现完毕后再间隔 1s, 屏幕上会出现提示, 请被试做出按键反应。2 s 之后, 呈现下一个 trial。每个对子呈现 6 次, 共 72 个 trial, 大概持续 15 min。控制组没有学习阶段。

在测试阶段开始之前, 告诉实验组被试: 刚才在练习阶段, 看到的颜色块序列是由电脑程序根据一套复杂规则产生的, 现在呈现给你们的是新的颜色块序列, 其中部分是由同一个程序产生的, 而其他部分不是, 这些颜色块序列是随机呈现的, 需要完成的任务是对这些序列进行分类。如果新的颜色块序列是由学习阶段的规则产生的, 则按 Q 键, 若不是, 则按 P 键。在测试阶段, 控制组任务与实验组一样, 其指导语为: 现在呈现给你们的是颜色块序列, 其中部分是由同一个程序产生的, 而其他部分不是, 这些颜色块序列是随机呈现的, 需要完成的任务是对这些序列进行分类。

20 个新序列是随机呈现的, 测试阶段的序列呈现时间与学习阶段相同, 并且和学习阶段一样, 一个序列呈现之后, 会有一个屏幕提示, 请被试做出按键反应。

测验结束后, 问被试在学习和测验阶段是否使用了什么策略或规则以考察其外显知识。

## 2.3 实验一(b)

### 2.3.1 被试

选取同实验一(a)。

### 2.3.2 实验材料与仪器

实验仪器为电脑, 需要配备耳机, 麦克。采用 E-prime 进行编程。实验材料是 5 个无意义音节: dak, jic, pel, rud, wif。请一位母语为英语的女性留学生录制。学习与测试项均与实验一(a)相同, 唯一不同的只是将颜色块改成了听觉呈现的无意义音节。例如, 语法 1-2-5-5 对应的就是一个声音序列: dak – jic – wif – wif (图 3)。



图3 1-2-5-5(无意义音节)序列图示

### 2.3.3 实验设计与程序

与实验一(a)相同。

## 2.4 结果与分析

由于个别被试中途退出或未看懂实验程序, 实验一(a)视觉测验组有效被试为 22 人, 控制组有效被试为 21 人, 实验一(b)听觉测验组有效被试为 21 人, 控制组有效被试为 21 人。实验一(a)和实验一(b)被试的测验正确率见表 1, 对测验结果进行两种比较分析。第一, 对实验组和控制组进行比较以判定两组之间是否有差异; 第二, 实验组和控制组的测验正确率均与随机概率水平相比较, 根据文献 (Conway & Christiansen, 2006), 在所有的实验条件下, 随机概率水平被定义为 50%, 以判定各组与随机概率水平是否有差异。两种比较如图 4 所示。第一种比较, 对实验一(a)实验组和控制组进行独立样本  $t$  检验, 结果发现两组差异显著,  $t(41) = -3.63$ ,  $p < 0.05$ ,  $\text{cohen's } d^1 = 1.1$ 。对实验一(b)实验组和控制组进行独立样本  $t$  检验, 结果发现两组差异显著,  $t(40) = -2.07$ ,  $p < 0.05$ ,  $\text{cohen's } d^1 = 0.9$ 。这表明不管是视觉测验还是听觉测验, 实验组的成绩均好于控制组。第二种比较, 对实验一(a)和实验一(b)的各组测验正确率进行单样本  $t$  检验(与随机概率水平相比较), 结果显示, 实验一(a)实验组成绩非常显著地高于随机概率水平,  $t(21) = 5.33$ ,  $p < 0.001$ ; 控制组分数与随机概率水平差异不显著,  $t(20) = 0.30$ ,  $p > 0.05$ 。实验一(b)实验组成绩显著高于随机概率水平,  $t(20) = 3.55$ ,  $p < 0.01$ ; 控制组分数与随机概率水平差异不显著,  $t(20) = -0.58$ ,  $p > 0.05$ ; 第二种比较的所有结果与 Saffran 等人(1999)的研究结果完全一致。进一步对实验组视觉测验和听觉测验的成绩进行独立样本  $t$  检验, 结果表明二者没有显著差异,  $t(41) = 1.22$ ,  $p = 0.230$ ,  $\text{cohen's } d^1 = 0.4$ 。该结果与 Fiser 和 Aslin (2002)的研究结果一致, 第二种比较进一步证实了实验组与控制组之间的差异。这说明视觉通道和听觉通道均存在显著的单感觉通道的内隐学习效应。此外, 该实验结果提供了一个学习

表1 单通道视觉测验和听觉测验正确率( $M \pm SD$ )

| 测验类型               | 正确率(%)            |                   |
|--------------------|-------------------|-------------------|
|                    | 实验组               | 控制组               |
| 单通道视觉测验 ( $n=43$ ) | 63.41 $\pm$ 11.79 | 50.71 $\pm$ 11.10 |
| 单通道听觉测验 ( $n=42$ ) | 59.05 $\pm$ 11.69 | 48.57 $\pm$ 11.31 |

<sup>1</sup>  $d = (x_1 - x_2) / s_p$  (郑吴敏, 温忠麟, 吴艳, 2011)。

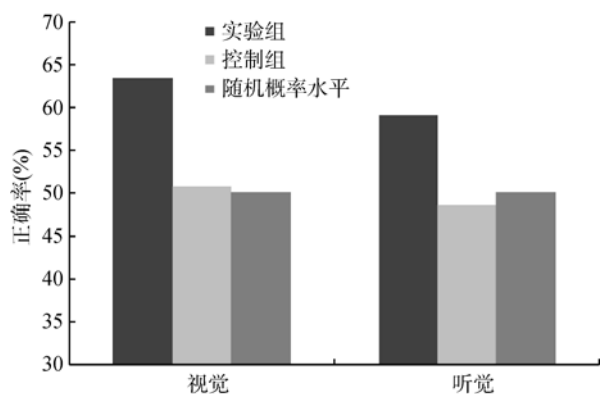


图 4 单通道视觉测验和听觉测验正确率与控制组以及随机概率水平的比较

正确率的基线,用以和后续的实验二、实验三的双通道内隐学习结果进行比较。

### 3 实验二

#### 3.1 实验目的

在学习阶段同时呈现具有相同语法规则的视听刺激,探查被试是否能够跟踪在视听双通道同时输入的两个信息流,考证这种学习的获得是否依赖视听刺激的对应性。

#### 3.2 被试

随机选取在校本科生 48 名,选取标准同实验一。

#### 3.3 实验材料与仪器

视觉刺激同实验一(a),听觉刺激同实验一(b);视听刺激均为具有相同语法规则的材料。

#### 3.4 实验设计与程序

采用组间设计,将被试随机分为两组。一组为视觉测验组,一组为听觉测验组。实验分两个阶段,学习阶段和测试阶段。学习阶段,给被试同时呈现视觉刺激和听觉刺激,视觉刺激与实验一(a)相同,序列呈现的是颜色块,听觉刺激与实验一(b)相同,序列呈现的是无意义音节,两个通道的语法规则均同实验一,呈现方式见图 5。实验开始前告诉两组被试:在学习阶段你们将在电脑屏幕上看到成对的颜色序列,你们的任务是判断这些对子一样还是不一样,并按键反应。两组被试接受同样的学习。测试阶段,一组被试接受视觉测验,一组被试接受听觉测验。其他程序均与实验一相同。

#### 3.5 结果与分析

由于个别被试中途退出或未看懂实验程序,视觉组有效被试为 22 人,听觉组有效被试为 21 人。视听呈现相同语法规则时,双通道内隐学习的视觉测验成绩和听觉测验成绩见表 2。对实验二中的视觉测验成绩和听觉测验成绩分别与随机概率水平相比较(见图 6),单样本  $t$  检验的结果表明,视觉

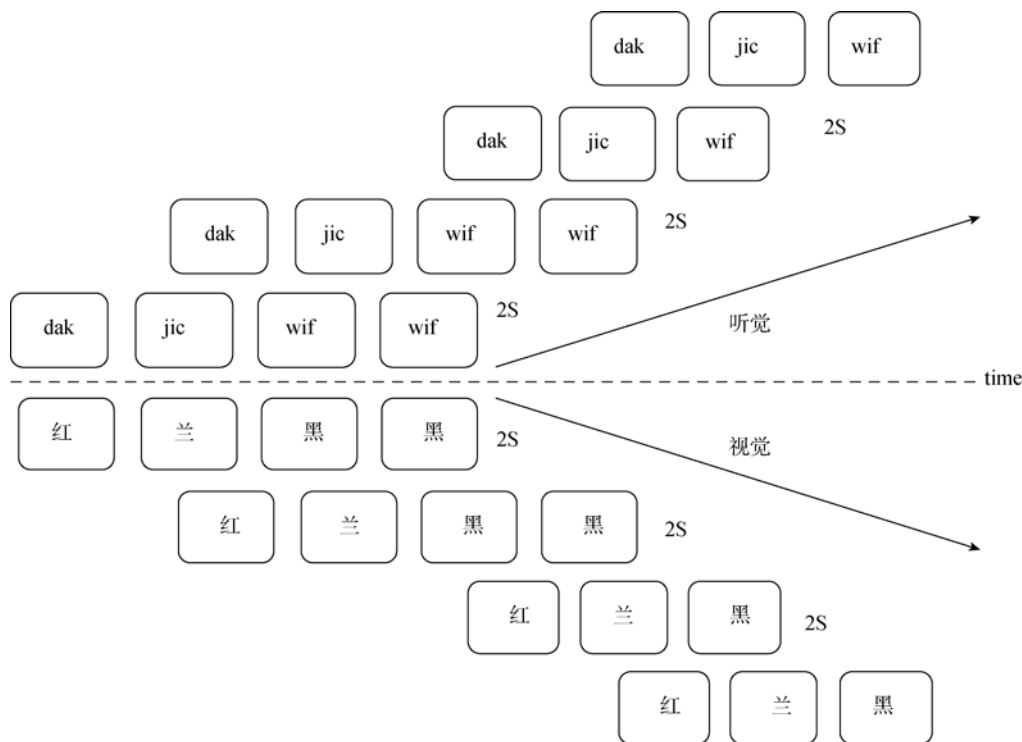


图 5 视听序列同时呈现

表 2 双通道呈现相同语法规则时视觉和听觉测验正确率( $M \pm SD$ )

| 测验类型           | 正确率(%)            |
|----------------|-------------------|
| 视觉测验( $n=22$ ) | $56.59 \pm 15.69$ |
| 听觉测验( $n=21$ ) | $57.38 \pm 10.31$ |

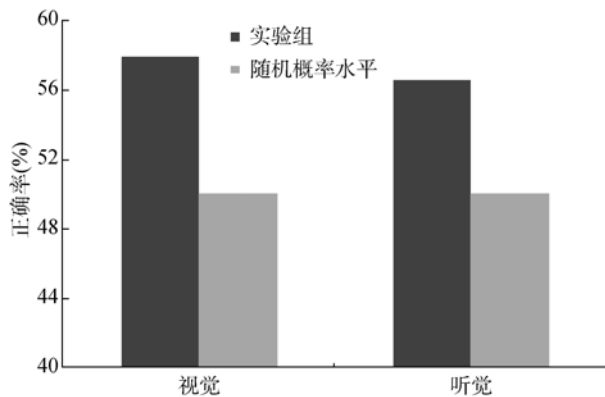


图 6 双通道呈现不同语法规则时视觉和听觉测验正确率与随机概率水平的比较

测验成绩高于随机概率水平,并达到了边缘显著,  $t(21) = 1.97, p = 0.062$ ; 听觉测验成绩显著高于随机概率水平,  $t(20) = 3.20, p = 0.004$ 。由于控制组与随机概率水平无显著差异,为了避免控制组因为样本小或其他因素造成的结果的有偏性,也为方便起见,本实验采用了随机概率水平作为参照对象。对实验二中的视觉测验成绩与实验一(a)进行独立样本  $t$  检验,结果没有显著不同,  $t(42) = -1.63, p = 0.111, \text{cohen's } d^1 = 0.5$ ; 对实验二中的听觉测验成绩与实验一(b)进行独立样本  $t$  检验,结果也没有显著不同,  $t(40) = -0.49, p = 0.630, \text{cohen's } d^1 = 0.2$ ; 对实验二中的视觉测验成绩和听觉测验成绩进行独立样本  $t$  检验,结果表明二者差异不显著,  $t(41) = 0.193, p = 0.848, \text{cohen's } d^1 = 0.1$ 。实验二的结果表明,被试能够同时跟踪视听两个通道的序列规则,这与 Seitz 等人(2007)的实验结果一致。

由于视听双通道的语法规则相同,是否是规则的一致性导致了这种学习结果,对此还需要进一步的验证。实验三在视听双通道呈现不同的语法规则,以探测被试是否依然能够捕获两个通道的序列规则。

## 4 实验三

### 4.1 实验目的

在学习阶段同时呈现具有不同语法规则的视听刺激,探查被试是否依然能够跟踪在视听双通道同时输入的两个信息流,考证双通道内隐学习的获

得是否依赖视听规则的一致性。

### 4.2 被试

被试的选取同实验二。

### 4.3 实验材料与仪器

同实验二。只是学习阶段听觉刺激采用了与视觉刺激不同的语法规则生成序列。测验阶段听觉采用了与视觉不同的语法规则生成序列。

### 4.4 实验设计与程序

采用组间设计,将被试随机分为两组。学习阶段视觉刺激和听觉刺激同时呈现,视觉刺激与实验一(a)相同,序列呈现的是颜色块;听觉刺激与实验一(b)相同,序列呈现的是无意义音节;视觉的语法规则同实验一、二,听觉的语法规则与视觉的语法规则不同。两组被试接受同样的学习,测试阶段中一组被试接受视觉测验,一组被试接受听觉测验。其他程序均与实验二相同。

### 4.5 结果与分析

由于个别被试中途退出或未看懂实验程序,视觉组有效被试为 21 人,听觉组有效被试为 20 人。如果被试能够独立地学习到视听两个通道的不同规则,那么实验三与上述实验一、二条件下的学习成绩应该没有差异。反之,如果对视听两个通道的不同规则的学习不是完全独立的,那么实验三的信息呈现方式将会影响或破坏至少一个通道的学习效果。实验三中的视觉测验和听觉测验成绩见表 3。将视听测验成绩分别与随机概率水平相比较(见图 7),单样本  $t$  检验结果表明,视觉测验成绩显著高于随机概率水平,  $t(20) = 3.30, p = 0.004$ ; 且与实验一(a)没有显著不同,  $t(41) = -1.60, p = 0.117, \text{cohen's } d^1 = 0.6$ 。听觉测验成绩显著高于随机概率水平,  $t(19) = 2.83, p = 0.011$ ; 且与实验一(b)没有显著不同,  $t(39) = -0.74, p = 0.464, \text{cohen's } d^1 = 0.2$ 。对实验三中的视觉测验成绩和听觉测验成绩进行独立样本  $t$  检验,结果表明二者差异不显著,  $t(39) = 0.41, p = 0.684, \text{cohen's } d^1 = 0.1$ 。进一步的独立样本  $t$  检验表明,实验二和实验三的视觉测验成绩没有显著差异,  $t(41) = 0.31, p = 0.761, \text{cohen's } d^1 = 0.1$ ; 实验二和实验三的听觉测验成绩也没有显著差异,  $t(39) = 0.47, p = 0.644, \text{cohen's } d^1 = 0.1$ 。

借鉴 Conway 和 Christiansen (2006)跨实验的比较方法,进一步量化三个实验的差异,方差分析 2(实验三与实验二) $\times$ 2(视觉和听觉)显示没有显著的主效应,  $F(1, 80) = 0.01, p = 0.942$ ; 也没有显著的测验类型主效应,  $F(1, 80) = 0.01, p = 0.915$ ; 交

互作用亦不显著,  $F(1, 80) = 0.164, p = 0.686$ 。

因为三个实验按序进行, 时间上有差异, 所以跨实验的比较需要避免不同的时段对实验的影响, 三个实验的相关分析表明听觉和视觉测验与学习时段都没有显著相关, 学习的时间段没有表现出对学习成绩的影响。

实验三的结果表明, 实验二中被试同时学到视听两个通道的语法规则, 不是由于视听序列规则的一致性, 而是被试能够同时学到多个通道的语法规则。

表 3 双通道呈现不同语法规则时视觉和听觉测验正确率( $M \pm SD$ )

| 测验类型           | 正确率(%)            |
|----------------|-------------------|
| 视觉测验( $n=21$ ) | $57.86 \pm 10.91$ |
| 听觉测验( $n=20$ ) | $56.50 \pm 10.27$ |

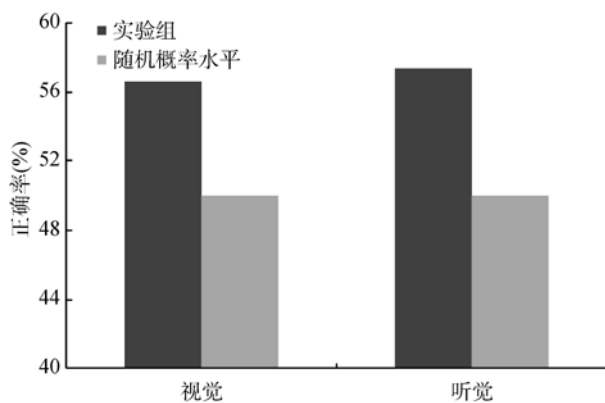


图 7 双通道呈现不同语法规则时视觉、听觉测验正确率与随机概率水平的比较

## 5 讨论

### 5.1 单通道内隐学习效应

实验一(a)和实验一(b)的实验组测验正确率均显著好于随机概率水平, 而控制组测验正确率与随机概率水平无显著差异, 而且无论实验一(a)还是实验一(b), 实验组的测验正确率均显著好于控制组的测验正确率。这表明实验组被试习得了序列结构, 使得他们在测验阶段能够更好地区分合法序列和不合法序列。视觉和听觉的实验组没有被试能够用语言描述构成序列的语法规则, 大多数被试报告说他们判定一个序列是否合法的标准是对序列熟悉与否。例如, 一个被试报告说: “如果一个序列包含有 4 个元素, 我就判定为不合乎语法。”再如, 一个被试报告说: “如果一个序列中有某两个元素

一起出现, 我就判定为不合语法。”然而, 事实上这是行不通的, 假如被试在对每个序列的判定中都遵循这样的标准, 将会导致其更多错误的判断。总之, 没有被试能够报告出构成序列的语法规则或真正对其有帮助的判断依据, 在这些口头报告的基础上, 得不出任何表明被试在判断合法与非法序列时使用了外显意识的证据。因此, 学习阶段的被试在测验阶段中表现出了比控制组和随机概率水平都高的测验正确率, 表明学习确实发生了, 且这种学习是无意识产生的内隐学习。这与已有研究结果一致(e.g. Conway & Christiansen, 2005)。

被试不仅能够习得视觉模式下的序列规则, 而且能够习得听觉模式下的序列规则, 且二者没有显著差异, 这似乎表明视觉内隐学习和听觉内隐学习可能有共同的学习机制, 这个机制控制所有类型的信息输入(Kirkham et al., 2002), 或者听觉和视觉系统在很大程度上依赖一样的计算法则和神经元结构(Shamma, 2001)。为了验证或推翻这一推论, 后续的实验二三在视听双通道同时呈现序列刺激, 以实验一的结果为比较基线, 探测被试是否能够同时独立地习得双重序列规则。

### 5.2 视听双通道同时呈现相同语法规则时的内隐学习效应

已有研究表明, 在多感觉通道的内隐学习情况下, 被试可以独立习得每个通道的信息(Conway & Christiansen, 2006, 2009)。根据这一观点, 一个感觉通道的内隐学习不会受到同时呈现的多重信息流之间关系的影响(Seitz et al., 2007)。实验二在学习阶段同时呈现具有相同语法规则的视听刺激, 而在测验阶段仅测视觉内隐学习或听觉内隐学习, 总体上学习者都能够成功地习得听觉或视觉序列, 这一结果表明存在显著的双通道内隐学习效应。从理论上进一步分析, 这一结果意味着内隐学习的表征可能是感觉通道特异性的, 即视觉内隐学习和听觉内隐学习平行发生, 导致视觉测验成绩和听觉测验成绩均高于随机概率水平; 但也不排除内隐学习的知识是抽象表征的可能, 因为学习阶段的视听刺激是相同的语法, 只要有内隐学习产生, 对语法结构的抽象表征依然会导致测验阶段的成绩高于随机概率水平。先来分析后一种可能, 假如视觉内隐学习和听觉内隐学习有共同的学习机制, 那么视听学习成绩将会彼此相互作用和影响而不是彼此独立。因为多感觉整合理论认为, 生物体的神经系统能够对于不同感觉通道(例如: 视觉和听觉)的外界刺激进

行整合,从而确定这些刺激信息之间的关系并增强大脑对于这些信息的检测,从而使生物体对于外界的输入信息做出正确的响应。生物体在利用同时呈现的来自同一客体的多种感觉信息进行加工时,判断更准确,反应更快(刘强等, 2010),体现在实验二中则是被试会获得比单通道内隐学习更高的测验正确率,因为颜色和无意义音节的序列规则一致,将会增强内隐学习效果。然而,实验结果恰恰与此相反,结果显示双通道的内隐学习与单通道的内隐学习没有显著差异。由此推断,被试同时且独立的习得了听觉和视觉序列,人可能平行存在多重与感官相联系的学习子系统。这个推论与 Conway 和 Christiansen (2006)的研究结论一致。

当然,上述结果或许与另外一个因素有关,即不排除在学习过程中,被试只跟踪了一个感觉通道的规则,而在测试阶段所表现出来的视觉和听觉均有显著的内隐学习效应,是因为一个感觉通道学习到了规则,然后又将这种学习效果迁移到了另一个感觉通道。因此,上述结果只能表明双通道信息的同时输入具有内隐学习效应。要想进一步确定双通道内隐学习是否同时且独立的发生,就需要在学习阶段呈现不同语法规则的视听序列。

此外,实验结果中的听觉内隐学习效应之所以更显著,可能是由于刺激是以时间序列呈现的。因为已有研究表明,听觉更适于时间序列的加工,听觉内隐学习好于视觉内隐学习(Saffran, 2002)。实验二中同时输入的刺激除了感觉通道不同各方面都相同,且以时间序列方式呈现,所以听觉内隐学习效应可能更显著。

### 5.3 视听双通道同时呈现不同语法规则时的内隐学习效应

实验三在学习阶段同时呈现具有不同语法规则的视听刺激,而在测验阶段仅测视觉内隐学习或听觉内隐学习,结果发现,学习者同样能够成功地习得听觉和视觉序列。如前所述,如果视觉内隐学习和听觉内隐学习有共同的学习机制,那么视听学习成绩将会彼此相互作用和影响而不是彼此独立。神经电生理学的研究发现,当视听刺激一致时,脑活动增强,当视听刺激不一致时,脑活动受到强烈抑制(Hertrich, Mathiak, Lutzenberger, & Ackermann, 2009)。由此可推断,当学习阶段的视听刺激是不同的语法规则时,由于脑活动受到抑制将会影响内隐学习成绩,在本研究中则表现为双通道内隐学习的测验正确率将比单通道内隐学习的测验正确率有

所衰减。Conway 和 Christiansen (2006)的研究也发现认知维度相似的序列刺激由于相互干扰,会消减至少一个通道的测验正确率。然而,实验三的结果显示双通道和单通道的内隐学习效应没有显著差异,这种无差异表明,同时进行多通道内隐学习时,一个通道的信息输入并不影响另一个通道的学习,这一结果再次佐证了实验二的推论,即多重感觉通道内隐学习机制是可能存在的。这一推论与 Seitz 等人(2007)的观点一致,而与内隐学习感觉通道独立性或抽象表征的结论(e.g., Altmann, Dienes, & Goode, 1995)是不一致的。

此外,尽管实验三中视觉序列的学习成绩略优于听觉序列,但由于这种差异并不显著,有可能是由偶然因素所导致。例如,注意资源的分配在内隐学习过程中起着重要作用(Krogh, Vlach, & Johnson, 2012),尽管一些研究认为内隐学习是自动发生的过程(Saffran, Newport, Aslin, Tunick, & Barrueco, 1997),但也有一些研究者认为内隐学习既是自动化的过程也是有意识的过程(Turk-Browne, Jungé, & Scholl, 2005),自动化体现在被试并不是有目的的学习内隐规则,也就是无意识的习得了内隐规则;有意识体现在被试对注意过的信息流的内隐学习好于没有注意过的信息流(Toro, Sinnett, Soto-Faraco, 2005; Emberson et al., 2011)。Turk-Browne 等(2005)在实验中给被试交错呈现两种不同颜色的图形序列,指导被试仅注意一个颜色的序列,结果发现只有该颜色的序列结构被习得。从这一结果来看,注意或许是影响内隐学习的因素之一。当两个不同规则的视听刺激同时呈现时,被试可能无意识地更多地注意了视觉呈现,因此表现出了对颜色序列的更多学习。然而,仅仅依赖注意资源的分配又无法解释实验二的结果,在实验二中视觉序列的学习成绩又略低于听觉序列。因此,注意资源分配也许仅仅是其中的偶然因素之一,未必是影响视听双通道内隐学习效应的关键因素。

综合整个研究来看,视听双通道同时呈现相同语法或不同语法时,学习者均能同时学习到两个不同感觉通道的信息流。如果视听刺激同时呈现时,把一个通道的信息看作是另一个通道的背景信息,则实验二和实验三的结果又支持了 Jiménez 和 Vázquez (2011)的实验结论。Jiménez 等在考察背景线索是否会影响内隐序列学习时,发现被试能够同时内隐地习得背景线索和序列结构,且背景线索的学习和内隐序列结构的学习并不抢占中央认知资

源。这也为内隐学习并行存在多重学习系统提供了证据, 同时又体现了内隐学习具有心理资源节约性、无意识性、自动概括性等特点。

本研究将前人单感觉通道内(考察被试是否能够同时跟踪图形和颜色, 或无意义音节和音频)的研究工作(Gebhart et al., 2009; Weiss et al., 2009; Mitchel & Weiss, 2010)拓展到了双感觉通道之间进行比较, 实现了视听双通道同步内隐学习, 研究结果为内隐学习的感觉通道特异性知识表征观提供了新的证据。

当然, 本研究还存在一些不足。因为内隐学习不仅具有感觉通道效应, 而且具有时空效应, 本研究仅探讨了前者, 并没有将二者结合起来进行研究, 也许在不同的刺激呈现速度和不同的空间呈现下, 内隐学习的通道效应还会有不同的表现形式。因此, 未来的研究应尽量将二者结合起来进行。此外, 本研究试图分析双通道内隐学习效应的作用机制, 仅是从理论上去推导, 为了进一步证实双通道内隐学习的产生是否源于多重学习系统的存在, 未来将结合神经生理学和神经影像学的证据来进一步考察。

## 6 结论

单感觉通道的视觉内隐学习效应和听觉内隐学习效应均显著, 这与 Conway 和 Christiansen (2005)的研究结论一致; 双通道的内隐学习具有和单通道近乎一样的学习效应, 被试能够同时跟踪呈现在视听两个感觉通道且不论规则是否相同的两套序列, 表明学习者具有多重感官的内隐学习能力; 而多重感官的内隐学习可以同时且独立发生, 也许能表明多重学习子系统的存在。本研究的结果支持内隐学习的通道特异性特点, 挑战了抽象表征的传统理论。

## 参 考 文 献

- Altmann, G. T. M., Dienes, Z., & Goode, A. (1995). Modality independence of implicitly learned grammatical knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 899–912.
- Aslin, R. N. & Newport, E. L. (2009). What statistical learning can and can't tell us about language acquisition. In J. Colombo, P. McCordle, & L. Freund (Eds.), *Infant pathways to language: Methods, models, and research disorders* (pp. 15–29). New York, NY: Erlbaum.
- Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., & Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 84–91.
- Chang, G. Y., & Knowlton, B. J. (2004). Visual feature learning in artificial grammar classification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 714–722.
- Christiansen, M. H., Kelly, L., Shillcock, R. C., & Greenfield, K. (2010). Impaired artificial grammar learning in agrammatism. *Cognition*, 116(3), 382–393.
- Cleeremans, A., & Jiménez, L. (2002). CHAPTER ONE Implicit learning and consciousness: A graded, dynamic perspective. In R. M. French & A. Cleeremans (Eds.), *Implicit learning and consciousness: An empirical, philosophical and computational consensus in the making* (pp. 1–45). United Kingdom: Psychology Press.
- Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2005). Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 24–39.
- Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2006). Statistical learning within and between modalities: Pitting abstract against stimulus-specific representations. *Psychological Science*, 17, 905–912.
- Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2009). Seeing and hearing in space and time: Effects of modality and presentation rate on implicit statistical learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 561–580.
- Emberson, L. L., Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2011). Timing is everything: Changes in presentation rate have opposite effects on auditory and visual implicit statistical learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 1021–1040.
- Fiser, J., & Aslin, R. N. (2002). Statistical learning of higher order temporal structure from visual shape-sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 458–467.
- Fu, Q. F., & Fu, X. L. (2006). Relationship between representation and consciousness in implicit learning. *Advances in Psychological Science*, 14(1), 18–22.
- [付秋芳, 傅小兰. (2006). 内隐学习中表征与意识的关系. *心理科学进展*, 14(1), 18–22.]
- Gebhart, A. L., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (2009). Changing structures in midstream: Learning along the statistical garden path. *Cognitive Science*, 33, 1087–1116.
- Guo, X. Y., Jiang, S., Ling, X. L., Zhu, L., & Tang, J. H. (2011). Specific contribution of intuition to implicit learning superiority. *Acta Psychologica Sinica*, 43, 977–982.
- [郭秀艳, 姜珊, 凌晓丽, 朱磊, 唐菁华. (2011). 直觉对内隐学习优势效应的特异性贡献. *心理学报*, 43, 977–982.]
- Guo, X. Y., & Yang, Z. L. (2002). Research on interrelation of implicit and explicit learning. *Acta Psychologica Sinica*, 34, 351–356.
- [郭秀艳, 杨治良. (2002). 内隐学习与外显学习的相互关系. *心理学报*, 34, 351–356.]
- Herrlich, I., Mathiak, K., Lutzenberger, W., & Ackermann, H. (2009). Time course of early audiovisual interactions during speech and nonspeech central auditory processing: A magnetoencephalography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 259–274.
- Jiménez, L., & Vázquez, G. A. (2011). Implicit sequence learning and contextual cueing do not compete for central cognitive resources. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 37(1), 222–235.
- Johansson, T. (2009). Strengthening the case for stimulus-specificity in artificial grammar learning. *Experimental*

- Psychology (formerly Zeitschrift für Experimentelle Psychologie)*, 56(3), 188–197.
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., & Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: Evidence for a domain-general learning mechanism. *Cognition*, 83, 35–42.
- Krogh, L., Vlach, H. A., & Johnson, S. P. (2012). Statistical learning across development: Flexible yet constrained. *Frontiers in Psychology*, 3, 1–11.
- Liu, Q., Hu, Z. H., Zhao, G., Tao, W. D., Zhang, Q., L., & Sun, H. J. (2010). The prior knowledge of the reliability of sensory cues affects the multisensory integration in the early perceptual processing stage. *Acta Psychologica Sinica*, 42, 227–234.
- [刘强, 胡中华, 赵光, 陶维东, 张庆林, 孙弘进. (2010). 通道估计可靠性先验知识在早期的知觉加工阶段影响多感觉信息整合. *心理学报*, 42, 227–234.]
- Mitchel, A. D., & Weiss, D. J. (2010). What's in a face? Visual contributions to speech segmentation. *Language and Cognitive Processes*, 25, 456–482.
- Peña, M., Bonatti, L. L., Nespor, M., & Mehler, J. (2002). Signal-driven computations in speech processing. *Science*, 298, 604–607.
- Pothos, E. M., Chater, N., & Ziori, E. (2006). Does stimulus appearance affect learning? *The American Journal of Psychology*, 119, 277–301.
- Pylyshyn, Z. W. (1989). On computation and cognition: Toward a foundation of cognitive science: A response to the reviews by A.K. Mackworth and M.J. Stefik. *Artificial Intelligence*, 38(2), 248–251.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(6), 855–863.
- Saffran, J. R. (2002). Constraints on statistical language learning. *Journal of Memory and Language*, 47, 172–196.
- Saffran, J. R., Johnson, E. K., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 70, 27–52.
- Saffran, J. R., Newport, E. L., Aslin, R. N., Tunick, R. A., & Barrueco, S. (1997). Incidental language learning: Listening (and learning) out of the corner of your ear. *Psychological Science*, 8(2), 101–105.
- Seitz, A. R., Kim, R., van Wassenhove, V., & Shams, L. (2007). Simultaneous and independent acquisition of multisensory and unisensory associations. *Perception*, 36, 1445–1453.
- Shamma, S. (2001). On the role of space and time in auditory processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 340–348.
- Shanks, D. R., Johnstone, T., & Staggs, L. (1997). Abstraction processes in artificial grammar learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 216–252.
- Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 255–266.
- Thiessen, E. D. (2010). Effects of visual information on adults' and infants' auditory statistical learning. *Cognitive Science*, 34, 1093–1106.
- Toro, J. M., Sinnett, S., & Soto-Faraco, S. (2005). Speech segmentation by statistical learning depends on attention. *Cognition*, 97, B25–B34.
- Tunney, R. J., & Altmann, G. T. M. (2001). Two modes of transfer in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 614–639.
- Turk-Browne, N. B., Jungé, J. A., & Scholl, B. J. (2005). The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology-General*, 134(4), 552–563.
- Weiss, D. J., Gerfen, C., & Mitchel, A. D. (2009). Speech segmentation in a simulated bilingual environment: A challenge for statistical learning? *Language Learning and Development*, 5, 30–49.
- Witt, A., & Vinter, A. (2012). Artificial grammar learning in children: Abstraction of rules or sensitivity to perceptual features? *Psychological Research*, 76(1), 97–110.
- Zheng, H. M., Wen, Z. L., & Wu, Y. (2011). The appropriate effect sizes and their calculations in psychological research. *Advances in Psychological Science*, 19(12), 1868–1878.
- [郑昊敏, 温忠麟, 吴艳. (2011). 心理学常用效应量的选用与分析. *心理科学进展*, 19(12), 1868–1878.]

## Comparison of Implicit Learning Effect between Multisensory and Unisensory

SHI Wendian<sup>1</sup>; LI Xiujun<sup>1</sup>; WANG Wei<sup>1</sup>; YAN Wenhua<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Education School of Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

(<sup>2</sup> School of Psychology and Cognitive Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

### Abstract

There is a controversy between two models (modality-dependent versus abstract representations) concerning knowledge gaining in the cognitive psychology in recent years. Some studies showed that participants gained their knowledge base on the legal regularities (Barbey & Wilson, 2003), and gained their implicit learning not only across letter sets, but also across sense modalities (Tunney & Altmann, 2001; Kirkham, Slemmer, & Johnson, 2002). Transfer effects are explained by proposing that the learning is based on abstract

knowledge, that is, knowledge is not directly tied to the surface features or sensory instantiation of the stimuli (Pena, Bonatti, Nespor, & Mehler, 2002). On the contrary, other studies showed different results that supposedly grounded in modality-specific sensorimotor mechanisms demonstrating implicit learning is not only sensitive to stimulus-specific features (e.g., Chang, Knowlton, 2004) but also to modality-specific features (e.g., Barsalou, Simmons, Barbey, & Wilson, 2003; Conway & Christiansen, 2005, 2006, 2009; Emberson, 2011). Therefore it needs more exploration about the root of implicit learning which employs a central mechanism or multiple modality-specific mechanisms. Previous researches mainly focus on comparison of single modality, but the sensory environment is seldom limited to a single modality or input source (Stein & Stanford, 2008), thus it is possible that implicit learning may use simultaneously both auditory and visual modalities. The objective of current research is to explore to what extent multimodal input sources are processed independently.

There were 169 college students took part into three experiments. Artificial Grammar Learning task was used. In Experiment 1, visual and auditory implicit learning effects were measured respectively, and the result of Experiment 1 provided a baseline learning rate for comparison in subsequent experiments. In Experiment 2, audiovisual sequences were presented simultaneously with the same grammar rules. In Experiment 3, audiovisual sequences were presented simultaneously with the different grammar rules.

Results showed that: (1) there was significant implicit learning effect both for visual and auditory. (2) there was marginally significant implicit learning effect on visual and auditory when audiovisual sequences were presented simultaneously with the same grammar rules; and there were no significant differences between unisensory and multisensory. (3) There were significant implicit learning effects both of visual and auditory when audiovisual sequences were presented simultaneously with the different grammar rules, and there were no significant differences between unisensory and multisensory.

One conclusion of current research is that multisensory has almost the same implicit learning effect as unisensory. Participants are able to track simultaneously two sets of sequential regularities regardless of the similarity of grammar rules, which indicates learners possess multisensory implicit learning ability. Multistream statistical learning is processed independently for each modality which perhaps indicates the involvement of multiple learning subsystems. The research result supports implicit learning's modality-specific theory and challenges abstract representation's theory.

**Key words** implicit learning; modality; modality-specific; abstract presentation