

序列学习下内隐记忆意识性的动态发展特征^{*}

褚勇杰 刘电芝 邱晓婷

(苏州大学 教育学院, 苏州 215123)

摘 要: 该研究采用事件相关电位方法(ERP), 通过算式符号判别任务研究大学生序列学习下内隐记忆意识性动态发展的时空分布特征。研究采用算式符号判别任务探讨在不同反应—刺激时间间隔条件下, 序列学习过程中伴随的对整个算式刺激的内隐记忆意识性的影响及时空分布特征。实验结果表明: 1) 在对序列规则进行内隐学习的过程中同时可以伴随内隐记忆的发生, RSI的增加导致内隐记忆意识性增加; 2) 不同意识性程度的内隐记忆激活脑区的头皮分布存在差异。意识性程度高激活脑区范围更广泛和弥散, 意识性程度低激活脑区范围较小和集中。意识性由大到小激活脑区有由后(枕区)向前(额区)连续变化的趋势。

关键词: 序列学习; 内隐记忆; 意识性; ERP

中图分类号: B842.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-5184(2010)01-0027-05

自从 Reber (1967)^[1] 提出内隐学习, Graf 和 Schacter (1985)^[2] 提出内隐记忆以来, 有众多研究者参与了对这两者的研究。尽管内隐学习和内隐记忆的名称如此相似, 但这两个领域的研究却很少相互联系。大多数研究者认为, 内隐学习是无意识地掌握复杂规则的过程, 而内隐记忆反映为对特定项目的过去经验在当前任务上无意识地影响作用。有研究者基于以下理由认为, 学习和记忆应该走向整合的研究取向。首先, 从学习和记忆的本质来看, 两个概念是一体两面, 不存在明晰的区分。其次, 从内隐学习自 Reber 以后的研究发展看, 新的实验范式正逐渐淡化对规则获得过程的无意识性的强调, 而关注测验阶段规则表达的无意识性, 从训练分离走向测验分离, 和内隐记忆的核心逻辑如出一辙。再次, 从无意识机能的进化观角度, 学习与记忆的无意识过程之间应该具有比对应意识过程之间更加密切、未分化的联系。最后, 已有的一些研究阐述了内隐记忆和内隐学习的特征、理论解释、神经网络模型的相似性^[3]。

已有直接联系内隐记忆和内隐学习的实证研究数量很少, 不过近年来, 一些研究者开始着手把内隐记忆和内隐学习结合起来进行实验。Higham, Vokey 和 Pritchard (2000)^[4] 的一组实验, 尝试将类似 Jacoby 的加工分离程序(PDP)逻辑应用到人工语法学习研究中。他们指出, 在人工语法学习中, 不管是直接任务还是间接任务, 都是自动(无意识)过程和可控(意识)过程共同作用的结果; 而传统的任

务分离实验逻辑无法对这两种过程进行直接区分。因此, Higham 借鉴 PDP 的思想, 发展出被他们称为“对抗逻辑”的实验方法, 试图直接设定意识和无意识过程的关系是“协同”还是“对抗”, 由此考察人工语法学习中的自动加工和控制加工。该实验的结果表明, 被试能控制其学习, 提供了人工语法测验中控制加工的证据。同时证明人工语法测验中自动加工的存在。

Kinder, Shanks, Cock 和 Tunney (2003)^[5] 更直接地关注了人工语法学习的测验任务中规则知识表达的机制问题, 比 Higham 等人更进一步的是, Kinder 等人明白地提出内隐记忆和内隐学习现象都可能用一套相同的机制来进行解释, 即流畅性启发式和回忆机制。结果流畅性启发式的效应很明显地显现在分类任务中, 却未能影响再认任务。

综上所述, 从各自独立割裂内隐记忆和内隐学习的研究现状, 走向整合取向的学习记忆的无意识过程研究, 这在理论上有可能, 在逻辑上有必要, 在研究实践上也已经有过一些有益的尝试。研究拟将以 Destrebecqz 与 Cleeremans (2003)^[6] 的单任务序列学习为研究范式, 采用算式符号判别任务探讨在不同反应—刺激时间间隔(Response—Stimulus Interval, 简称 RSI)条件下, 序列学习过程中伴随的对整个算式刺激的内隐记忆意识性的影响及时空分布特征。研究假设主要有: 1) 在对序列规则进行内隐学习的过程中同时可以伴随内隐记忆的发生; 2) RSI 增加导致内隐记忆意识性增加; 3) 不同意识性

^{*} 基金项目: 全国优秀博士学位论文作者专项资金(200509), 全国教育科学规划教育部重点课题(DBA090293)。

通讯作者: 刘电芝, E-mail: liudzh@vip.163.com。

程度的内隐记忆激活脑区的头皮分布存在差异。

1 研究方法

1.1 被试

本科生和研究生 53 名(25 男,28 女),右利手,平均年龄为 23.7 岁(18~27 岁),视力或矫正视力在 1.0 以上,身体健康,无严重病史记录,实验后获得适量报酬。其中 2 男被试由于电极帽电极导联,数据不完整故剔除其所有数据。另有 2 名女被试错误率(按键错误和未按键)高于 20%,1 名女被试未按实验要求操作,故剔除其所有数据。实际有效数据被试 48 名(23 男,25 女)。被试具体分布为:RSI=250ms 组:5 男 7 女;RSI=500ms 组:6 男 6 女;RSI=750ms 组:6 男 6 女;RSI=1000ms 组:6 男 6 女。

1.2 刺激材料

第一部分实验刺激材料为 1 位数与 2 位数加、减、乘、除四种符号运算形式的算式 180 个(四种符号算式等量);第二部分实验刺激材料为选取第一部分实验中呈现过的算式 84 个(旧算式:序列学习阶段算式)和未呈现过的算式(新算式)84 个。

1.3 EEG 记录

采用 Neuroscan 公司生产的 ESI-32 导脑电记录系统,选取 30 个头皮位置利用 Ag/AgCl 电极帽记录相应的 EEG,电极位置是在国际 10~20 系统基础上构成的。左眼眶额上、下 1cm 处两电极记录垂直眼电,两眼外侧 1cm 处两电极记录水平眼电,双侧耳乳突处参考,接地点在 Fpz 与 Fz 的中点。脑电信号采集增益为 500,A/D 采样频率为 500Hz,滤波带通为 0.05~100Hz。电极与头皮间的电阻均小于 5kΩ。

1.4 实验程序

受试者坐在隔音电磁屏蔽房间的沙发上,要求注视屏幕并尽量控制眨眼,算式统一为白色数字、符号和黑背景。整个实验包括两个部分:第一部分为序列学习任务,按照序列学习单任务范式(Destrebecqz & Cleeremans, 2003)进行设计。四种算式符号与键盘“D,F,J,K”一一对应并进行拉丁方平衡,序列规则 SOC 为“÷ - × + ÷ + - × - ÷ + ×”12 个符号序列为规则进行重复,要求被试根据呈现的算式符号按对应的反应键。首先,呈现 36 个符号随机的算式作为练习;然后,依次地呈现为:4 个 SOC,即 48 个算式(作为序列规则练习阶段);7 个 SOC,即 84 个算式(作为序列学习阶段);12 个符号随机算式(作为内隐学习意识性探测阶段)。第二部分为算式再认任务,将第一部分实验中作为序列学习阶段的算式(旧算式)与新算式混合在一起,进

行算式再认。

第一部分实验,首先呈现算式,让被试对算式符号“+ - × ÷”作相应的按键反应,忽视算式中的数字。算式在被试进行相应的按键反应之后马上消失或者在最长时限 1000ms 后自动消失(被试不反应或反应过慢超过 1000ms)。被试反应结束或超过 1000ms 最长时限后自动消失到下一个算式刺激出现的时间,即 RSI(反应刺激时间间隔)。RSI 为被试间变量,4 个水平(250ms, 500ms, 750ms, 1000ms),被试随机分配到各 RSI 组。第二部分实验,算式呈现 1000ms,让被试对算式是否在第一部分实验中出现过作新旧判断,在被试进行相应的按键反应之后,算式马上消失,刺激时间间隔为 1000~1500ms 之内随机化。在整个实验结束之后对被试的意识性进行问卷调查,并通过被试口语报告进行补充说明,与脑电反应相互印证。整个 ERP 实验时间为 10min 左右,使用 E-prime 软件编程。

1.5 数据处理

对第二部分实验结果进行数据处理。截取刺激前 100ms 至刺激后 800ms 的脑电,以刺激呈现前 100ms 的脑电为基线,排除眼动伪迹,波幅在 ±100μV 区间之外的在叠加中作为伪迹剔除。实验后预览整个脑区 30 个电极点的 ERPs,选取全部 30 个电极进行分析(见图 1)。所有分析使用 SPSS13.0 软件包进行,同时采用了 Greenhouse-Geisser 矫正法。

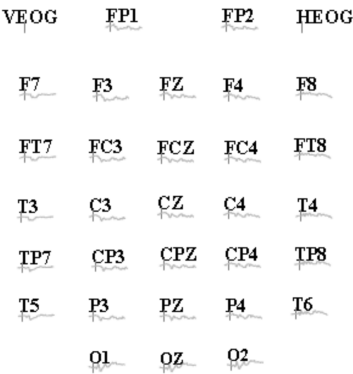


图 1 记录电极分布

2 研究结果

2.1 行为结果

4 个 RSI 内隐记忆组的再认正确率见表 1。4 个 RSI 内隐记忆组两两比较可知:RSI=250ms 与 RSI=500ms 内隐记忆组差异边缘显著($p=0.061$),与 RSI=750ms 及 RSI=1000ms 内隐记忆组差异极其显著($p<0.001$)。RSI=500ms 与 RSI=1000ms 内隐记忆组差异显著($p<0.05$),与 RSI=

750ms 内隐记忆组差异不显著($p>0.05$)。这表明随着反应—刺激时间间隔(RSI)的增加,内隐记忆再认正确率呈递增趋势。

表 1 各 RSI 内隐记忆组再认正确率(%)

学习进程	RSI=250ms	RSI=500ms	RSI=750ms	RSI=1000ms
正确率(SE)	0.478(0.017)	0.540(0.020)	0.586(0.017)	0.637(0.023)

2.2 ERPs 基本特征

按 RSI 进行脑电叠加得到 4 条曲线。可观察到的 ERP 成分主要有 N100,P200,及 200ms 之后出现的慢电位(见图 2,3)。

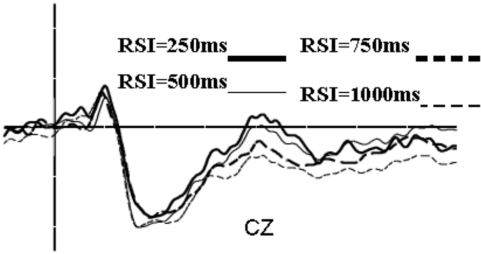


图 2 各 RSI 内隐记忆组 ERPs(CZ 电极)

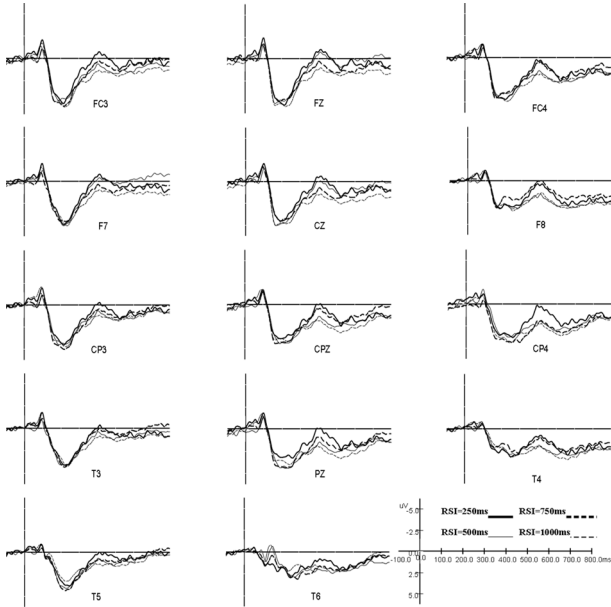


图 3 各 RSI 内隐记忆组 ERPs(部分电极)

2.3 ERPs 比较结果

观察 ERPs 波形可知,具有明显波幅的 ERP 成分(N100,P200)波幅和潜伏期都没有差异。因此,只对 300~500ms,500~700ms 时间窗口的平均波幅进行 4(RSI 内隐记忆组)×30(电极)重复测量方差分析,结果见表 2,图 4。

表 2 各 RSI 内隐记忆组 ERP 统计数据($\bar{x}\pm s$)

类 别	300~500ms 平均波幅	500~700 平均波幅
RSI=250ms	0.083(0.259)	0.102(0.286)
RSI=500ms	1.065(0.281)	1.051(0.346)
RSI=750ms	1.276(0.437)	1.194(0.495)
RSI=1000ms	2.262(0.571)	2.557(0.504)

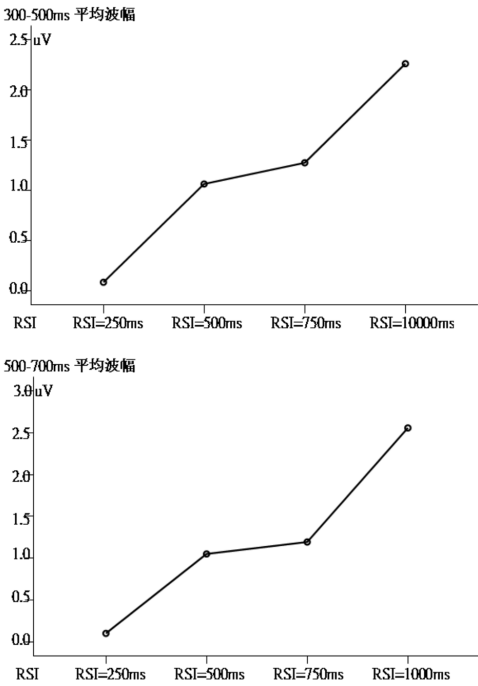


图 4 300~500ms 和 500~700ms 平均波幅的变化趋势

在 300~500ms 平均波幅上,RSI 主效应显著($F_{(3,33)}=7.433, p=0.003$),电极主效应显著($F_{(29,319)}=4.234, p=0.019$),RSI 与电极交互作用不显著($F_{(87,957)}=1.404, p=0.256$)。各 RSI 内隐记忆组两两比较可知:只有 RSI=500ms 内隐记忆组与 RSI=750ms 内隐记忆组差异不显著($p>0.05$),其他两两比较差异均显著($p<0.05$)。表明 300~500ms 时间窗口慢电位平均波幅随 RSI 的增加而波幅更正。

在 500~700ms 平均波幅上,RSI 主效应显著($F_{(3,33)}=6.939, p=0.004$),电极主效应显著($F_{(29,319)}=7.274, p=0.001$),RSI 与电极交互作用显著($F_{(87,957)}=2.696, p=0.05$)。各 RSI 内隐记忆组两两比较可知:RSI=250ms 与 RSI=500ms 及 RSI=1000ms 内隐记忆组差异均显著($p<0.05$),与 RSI=750ms 内隐记忆组差异边缘显著($p=0.061$)。RSI=500ms 与 RSI=1000ms 内隐记忆组差异显著($p<0.05$),与 RSI=750ms 内隐记忆组差异不显著($p>0.05$)。RSI=750ms 内隐记忆组与 RSI=1000ms 内隐记忆组差异边缘显著($p=0.070$)。表明 500~700ms 时间窗口慢电位平均波幅随 RSI 的增加而波幅更正。

3 讨论

3.1 内隐记忆意识性随反应—刺激时间间隔(RSI)增加而增加

表 1 结果显示:随着反应—刺激时间间隔(RSI)的增加,各 RSI 内隐记忆组再认正确率递增。神经心理学和神经成像的研究结果表明,人类的再认记忆反映了两种不同的记忆类型:回想和熟悉性。对过去事件的记忆可以是基于回想,也可以是基于对事件熟悉性的评估^[7]。20 世纪 70 年代认知心理学家提出了回想和熟悉性再认记忆的双加工模型。

熟悉性主要受加工水平、注意水平、脑损伤、年龄等因素的影响,而算式再认即属于熟悉性记忆,ESI的不同导致对算式注意水平产生差异。如前所述,熟悉性会影响意识性,所以RSI便造成了不同RSI条件下内隐记忆意识性的差异。

表2结果显示:随着RSI的增加,各RSI内隐记忆组300~500ms和500~700ms时间窗口慢电位的平均波幅也随之更正。采用外显测验的ERP实验已证实,随后回忆或再认出的项目在学习过程中记录到的波幅比随后未回忆出或未再认出的项目记录到的波幅更为正偏斜^[8,9]。对于提取过程中内隐记忆和外显记忆的ERP研究结果表明,重复项目的ERPs比新项目的ERPs更为正走向,这种差异大约从刺激后300ms开始,在神经成像研究中把这个效应称为ERP重复效应或ERP新旧效应^[10,11]。

3.2 不同意识性存在大脑激活区域上的差异

Nessler, Mecklinger 和 Penney(2005)^[12]发现内隐知觉启动表现在300~450ms的一个中央顶区ERP效应;而外显记忆表现在两个时间段:300~450ms额区分布的ERP效应以及500~650ms时间段中头皮后部分布的ERP效应。Boehm, Sommer 和 Lueschow(2005)^[13]发现内隐记忆表现在350~650ms的中央顶区,而外显记忆表现为275~325ms的额区最大值和375~425ms的顶区最大值。孟迎芳与郭春彦(2006)^[10]关于内隐记忆的研究结果显示:外显记忆主要表现在前额区和额区,而内隐记忆主要表现在中央区和顶区。其他PET、fMRI及ERP研究也得出了较为一致的结论^[14,15]。研究由内隐学习RSI造成不同意识性内隐记忆的脑区激活表现与已有研究也基本一致。各RSI内隐记忆组300ms时地形图(见图5)显示:随着RSI的增加,300ms时间点脑电激活范围增大,尤其在额区位置,RSI越大,激活程度越大,激活范围越广。RSI=1000ms内隐记忆组激活区域分布最广和发散,并主要集中于中央顶区及额区,激活脑区更趋前。意识性由低到高4个内隐学习组激活脑区位置有由后向前连续变化的趋势,激活脑区范围有由小变大的趋势。

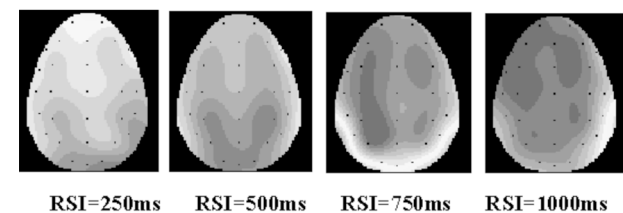


图5 各RSI内隐记忆组300ms时地形图(CZ电极)

4 结论

4.1 在对序列规则进行内隐学习的过程中同时可以伴随内隐记忆的发生,RSI的增加导致内隐记忆意识性增加。

4.2 不同意识性程度的内隐记忆激活脑区的头皮分布存在差异。意识性程度高激活脑区范围更广泛和弥散,意识性程度低激活脑区范围较小和集中。意识性由大到小激活脑区有由后(枕区)向前(额区)连续变化的趋势。

参考文献

- 1 Reder A S. Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning. Verbal Behavior*, 1967, 77: 317—327.
- 2 Graf P, Schacter D L. Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1985, 11: 386—396.
- 3 李林. 学习与记忆中无意识过程的整合研究取向. 博士论文. 华东师范大学, 2005.
- 4 Higham P A, Vokey J R, Pritchard J L. Beyond dissociation logic: evidence for controlled and automatic influences in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2000, 129: 457—470.
- 5 Kinder A, Shanks D R, Cock J, et al. . Recollection, fluency, and the explicit/implicit distinction in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2003, 132(4): 551—565.
- 6 Destrebecqz A, Cleeremans A. Temporal effects in sequence learning. In: Jimeinez L. Ed. *Attention and Implicit Learning*, John Benjamins, 2003: 181—213.
- 7 樊晓燕, 郭春彦. 从认知神经科学的角度看熟悉性和回想. *心理科学进展*, 2005, 13(2): 314—319.
- 8 郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 等. 不同加工与记忆编码关系的ERP研究. *心理学报*, 2003, 35(2): 150—156.
- 9 屈南, 郭春彦, 聂爱情, 等. 提取方式对相继记忆效应的影响. *心理学报*, 2005, 37(1): 26—33.
- 10 孟迎芳, 郭春彦. 内隐记忆和外显记忆的脑机制分离: 面孔再认的ERP研究. *心理学报*, 2006, 38(1): 15—21.
- 11 Penney T B, Mecklinger A, Nessler D. Repetition related ERP effects in a visual object target detection task. *Cognitive Brain Research*, 2001, 10(3): 239—250.
- 12 Nessler D, Mecklinger A, Penney T B. Perceptual fluency, semantic familiarity and recognition—related familiarity: Anelectrophysiological Exploration. *Cognitive Brain Research*, 2005, 22: 265—288.
- 13 Boehm S G, Sommer W, Lueschow A. Correlates of implicit memory for words and faces in event—related brain potentials. *International Journal of Psychophysiol*

ogy,2005,55(1):95—112.

14 Buckner R L,Koutstaal W,Schacter A L,et al. . Func-
tional MRI evidence for a role of frontal and inferior-
temporal cortex in amodal components of priming.

Brain,2000,123(3):620—640.

15 Rugg M D,Henson R N,Robb W G . Neural correlates of re-
trieval processing in the prefrontal cortex during recognition
and exclusion tasks. Neuropsychologia,2003,41(1):40—52.

Consciousness’ Movement of Implicit Memory Insequence Learning

Chu Yongjie Liu Dianshi Qiu Xiaoting
(Educational School Suzhou University, Suzhou 215123)

Abstract:large amount of researchers have been working in two areas connected to the unconscious processes in learning and memory, implicit learning and implicit memory, since the terms were invented by Reber(1967) and Graf &. Schacter(1985). A confusing paradox is that, despite the similarity of their names, implicit learning and implicit memory seldom talk with each other. However, researchers insisted that an integrated approach should be applied to the studies on unconscious processes of learning and memory. The present ERP study was conducted to investigate the neural correlates of consciousness in sequence implicit learning by using event—related potentials (ERPs). To study the consciousness’ movement of implicit memory in Ser-ial Reaction Time Tasks. Results showed that: (1)With the series changes of RSI, the implicit memory amounts are also chan-ging accordingly. Along with the RSI boosting up, the specific gravity of conscious process is boosting up, but the specific gravity of unconscious process is reducing; (2)The scalp distribution of ERPs were different in different RSI of consciousness. The higher the consciousness process was, the wider the scalp distribution appeared. The spatial distribution is changing in continuousness.

Key words:sequence learning; implicit memory; continuousness; ERP