

延迟学习判断的时间加工进程*

刘超^{1,2}, 陈功香¹, 李开云¹

(1. 济南大学教育与心理科学学院, 济南 250022; 2. 山东工程技师学院, 聊城 252000)

摘要:学习判断是指人们在学习之后对自己学习效果所做的一种预测,是元记忆监测性判断的一种形式。学习判断按其发生时间的不同可以分为即时学习判断和延迟学习判断。与即时学习判断相比,延迟学习判断的相对准确性较高,被称为延迟学习判断效应。实验借助事件相关电位技术探究延迟学习判断的时间加工进程,发现高等级学习判断比低等级学习判断诱发了更大的时间窗为 400–600ms 的早期新旧效应和 800–1200ms 的晚期右侧额区新旧效应。上述结果表明,延迟学习判断包含不止一个加工过程,早期新旧效应反映了线索再认的过程,晚期右侧额区效应则反映了对提取之后的评估过程,该结果进一步验证了两阶段模型解释延迟学习判断效应的有效性。

关键词:延迟学习判断;新旧效应;时间相关电位

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003–5184(2019)03–0232–06

1 引言

学习判断(judgments of learning, JOLs)是指人们在学习之后对自己学习效果所做的一种预测(陈功香,傅小兰,2004)。学习判断是现实世界中存在的一种最为常见的心理操作,在学习、教育以及认知神经等领域都具有重要意义,因此受到心理学家的广泛关注。

基于预测时间的不同,以往研究将学习判断分为即时学习判断(immediate-JOL)和延迟学习判断(delayed-JOL)。即时学习判断是指在每一学习材料呈现时做预测或每一学习材料消失后立即做预测;延迟学习判断则通常在学习材料呈现后间隔一定时间(至少间隔5分钟)或学习一定试次后才进行预测。学习判断的准确性是学习判断研究中一个重要的问题,分为相对准确性和绝对准确性,绝对准确性关心的是对一组给定学习判断值的项目,它实际的回忆成绩如何;而相对准确性反映的是被试对此项目相对于对彼项目的回忆成绩的预测能力(Dunlosky & Nelson, 1992)。Nelson 和 Dunlosky (1991)首次发现,与即时学习判断相比,延迟学习判断的相对准确性更高,研究者将这种现象称为延迟学习判断效应(delayed-JOL effect)。元分析发现,延迟学习判断确实很大程度上提升了相对准确性,表明延迟学习判断效应是稳定存在的(Rhodes & Tauber, 2011)。Koriat 基于线索应用模型(cue-utilization model, Koriat, 1997)对延迟学习判断效应

进行了解释,他认为被试进行延迟学习判断时,对学习内容进行尝试提取,如果尝试提取过程是快速和流畅的,那么会给予一个高等级的预测(如完全记得或部分记得);相反,如果尝试提取过程是缓慢和吃力的,那么会给予一个低等级的预测(如完全不记得或部分不记得),从依赖内部线索(学习内容本身)转变为依赖提取流畅性这一记忆线索,提高了延迟学习判断的相对准确性。这一解释被称为提取流畅性假说(retrieval fluency account)。Benjamin 等(1998)通过判断前回忆范式(pre-judgment recall and monitoring, PRAM)对 Koriat 的解释进行了深入研究。在实验中要求被试在进行预测前先对目标词进行提取,结果发现,随着提取时间的增加,判断等级上升。但是 Benjamin 等(1998)的研究存在两个问题,一是判断前回忆范式和普通的学习判断研究范式毕竟存在着明显不同,二是被试的判断集中在高等级部分,缺乏低等级学习判断的支持。Son 和 Metcalfe (2005)对该问题进行了进一步探讨,他们让被试进行外显或内隐提取后进行学习判断,或者不做指导直接进行学习判断。结果发现,外显或内隐提取后进行学习判断的反应时随着等级的升高而降低,而不做指导的学习判断的等级和反应时呈倒U型关系,判断等级很低的项目反应时却很短。这一结果与提取流畅性假说所认为的判断等级和判断反应时呈正相关的结论不符,也不支持线索应用模型。Son 和 Metcalfe (2005)的研究认为被试在做出

* 基金项目:国家社会科学基金一般项目(18BGL123)。

通讯作者:陈功香, E-mail: sep_chengx@ujn.edu.cn。

低等级的学习判断时没有足够的时间进行尝试提取,提出在延迟学习判断任务中,被试基于两个不同的提取加工过程进行延迟学习判断:高低等级学习判断的提取方式不同,低等级的学习判断没有尝试提取这一过程。继而, Metcalfe 和 Finn (2008) 通过快速学习判断 (speeded JOLs) 的研究方法提出了两阶段模型,认为延迟学习判断过程分为两个阶段。第一个阶段为线索再认阶段,如果再认失败会快速给出低等级预测,这也解释了为什么一些低等级的学习判断反应时反而更短;这一阶段是基于熟悉性进行判断,基于熟悉性的判断速度很快,但是不会提高记忆成绩。但当线索被成功再认后进入第二个阶段,第二个阶段为尝试提取阶段,基于目标的可提取性进行预测,如果很快提取成功会给予一个较高的预测等级,随着提取时间的增加,预测等级会降低,但无论何时提取成功,都会加深记忆痕迹。但到目前为止,对于正常速度的延迟学习判断过程是否吻合两阶段模型尚缺乏有效的实验证据。

事件相关电位技术 (Event - Related Potentials, ERPs) 是一种具有高时间分辨率的技术,借助该技术能够很好的界定某一认知事件发生的时间加工进程。因此,本研究主要目的是采用 ERPs 技术探讨延迟学习判断的时间加工进程,验证延迟学习判断过程是否存在两阶段加工。ERPs 研究发现再认阶段中正确判断为旧词的 ERPs 比正确判断为新词的 ERPs 表现出更正的平均波幅,研究者将正确分类旧词和新词所诱发的 ERPs 差异称作新旧效应 (old/new effects),并分离出三种不同的新旧效应,分别是早期新旧效应、晚期新旧效应和右侧额区新旧效应。早期新旧效应在刺激呈现后 300 ~ 500ms 出现,在额区电极最大。由于和语言研究中经常观察到的 N400 很相似 (Kutas & Hillyard, 1980),一些研究者为了便于区分,将早期新旧效应称之为 FN400,其可能反映了基于熟悉性的再认记忆 (Rugg et al., 1998)。晚期新旧效应发生在刺激呈现后 500 ~ 800ms,在左侧顶区电极最大,被认为和回想有关 (Hayama et al., 2008; Curran, 1999; Wolk et al., 2006; Wilding & Rugg, 1996)。右侧额区新旧效应通常出现在左侧顶区效应之后,持续到分段结束。尽管右侧额区的新旧效应的功能解释还没有定论,但是通常认为其反映了提取后的监控过程。本研究中,通过分析高等级判断与低等级判断时诱发的新旧效应来探究延迟学习判断的认知加工过程。

2 实验

2.1 被试

25 名 (8 男, 平均年龄 = 21.16 ± 2.29 岁) 济南大学在校学生参与实验。所有被试视力或矫正视力

正常,均为右利手,无严重疾病史。实验后被试获得报酬。其中 2 名被试数据因 EEG 伪迹过多而剔除。

2.2 实验材料

从《现代汉语频率词典》中选取 580 个感情色彩中立的汉语双字名词,词频在 0.0075 ~ 0.0008 之间 ($M = 0.00215 \pm 0.00147$)。580 个词对随机组合成 290 个词对,32 名被试预先对词对的联想程度进行六点量表评定 (1 代表联想程度最小,6 代表最大)。计算每一个词对的平均联想程度,选取联想程度在 2 以下的词对 200 个作为正式实验材料库。

练习阶段 4 个词对;正式实验中,项目学习阶段 136 个词对;再认测试中,包含 60 个没有学习过的词对。

2.3 实验设计

采用单因素被试内设计,自变量为学习判断等级 (1 vs. 2 vs. 3 vs. 4)。因变量为各个等级所占比例、判断时间、再认成绩和相对准确性。此外,在行为数据和 ERPs 数据分析时,本实验中将学习判断等级 1、2 和 3 合并为低等级,学习判断等级 4 为高等级,具体请见“2.5 ERPs 记录与数据处理”。

2.4 实验程序

使用 E - Prime 2.0 编制实验程序,屏幕背景均为白色,除指导语外,所有字体均为 34 号宋体。屏幕为 19 英寸的 DELL P1914S 显示器,设定分辨率为 1024 × 768 像素,被试距离显示器 60cm。正式实验过程中要求被试保持自然放松的状态端坐在计算机屏幕前,并注视屏幕中央的注视点,尽量少眨眼。同时将双手放在键盘“DF”和“JK”(已贴上“1234”的标签)处,要求被试既快又准确地做出反应。实验中安排数次休息时间避免被试疲劳。

正式实验分为三个阶段,第一个阶段为项目学习和学习判断阶段,第二个阶段为简单数学问题干扰阶段,第三个阶段为目标词再认测试阶段。具体实验流程见图 1。

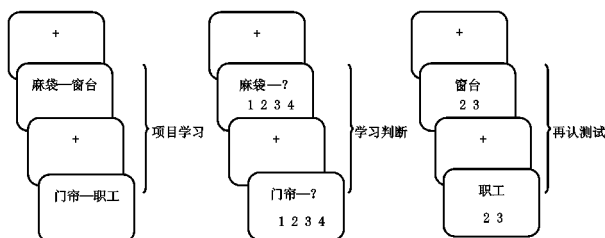


图1 实验流程图

第一个阶段是项目学习。每一试次开始时,屏幕中央呈现“+”,呈现 800 ~ 1000ms;之后,在屏幕中央呈现一个词对 5s,要求被试尽可能的记忆该词对,5s 之后是 1s 的空屏 (见图 1 左)。第一阶段共学习 136 个词对,分为 4 组,每一组需要被试学习

34 个词对,其中开始和结束的 2 个词对为掩蔽词,避免记忆的系列位置效应(陈海德等,2011)。当每一组 34 个词对学习完毕后,被试对其中 30 个正式实验的词对进行学习判断。学习判断任务中,每一试次开始时,屏幕中央呈现“+”,呈现 800~1000ms 之后,在屏幕中央呈现线索词(项目学习中,词对中的前一个词)以及 4 个判断等级,每个等级代表的含义如下:1 = 完全不能回忆出后一个词;2 = 也许不能回忆出后一个词;3 = 也许可以回忆出后一个词;4 = 完全可以回忆出后一个词。要求被试尽可能使用所有的等级既快又准的预测(十五分钟之后你能否由前一个词回忆出后一个词?)并按键反应,被试的最长判断时间为 10s;最后是 1s 的空屏。每组完成后休息一分钟,四组完成后进入第二阶段。

第二阶段为简单数学干扰任务,被试被要求在纸上进行 2 分钟的简单数学运算,如 799 连续减 3,结束后进入第三阶段。

第三阶段对目标词进行再认测试,其中 60 个为目标词(旧词),60 个新词,实验分为两组。每一组实验中,每个试次开始时屏幕中央呈现“+”,呈现 800~1000ms 之后,屏幕中央呈现一个词,请被试既快又准的判断这个词是否是其所记忆词对的后一个词,并按键反应,“2 表示没有学习过,是一个新词;3 表示学习过,是一个旧词”,反应时间为 10s;之后是 1s 的空屏,进入下一个试次(见图 1 右)。第一组结束后休息 1 分钟进入第二组。

2.5 ERPs 记录与数据处理

使用 Neuroscan 公司生产的 Quick-Cap 64 导 Ag/AgCl 脑电帽和脑电采集分析系统 Curry 7.0 连续记录每一个被试实验的 EEG。电极位置采用国际 10-20 电极导联定位标准,采集数据的参考电极放置在 CZ 和 CPZ 之间,接地电极放置在 FPZ 和 FZ 之间,左眼上下 2 个电极记录垂直眼电(VEOG),两眼外侧 2 个电极记录水平眼电(HEOG)。脑电采集过程中所有电极的电阻均小于 10k Ω ,A/D 采样率为 1000Hz,滤波带通为 0.05~400Hz。使用 Curry 7.0 软件对学习判断阶段的 EEG 数据进行离线分析,参

考电极转为双侧乳突的平均,滤波带通为 0.1~40Hz,去处眼电伪迹,剔除波幅超过 $\pm 100\mu V$ 的试次,对学习判断阶段的脑电数据进行分段,分析窗口为 -200~1200ms,用 -200~0ms 的平均波幅进行基线矫正。参考 Skavhaug 等(2010)实验中的标准,每个被试的高低等级两种类型的叠加试次数至少为 16 个,得到的分段分为高低等级两个条件,其中低等级学习判断包括等级 1、等级 2 和等级 3,高等级学习判断仅包括等级 4。高等级学习判断的平均叠加次数为 45(范围 17~87),低等级学习判断的平均叠加次数为 51(范围 26~95)。分类叠加平均后得到每个被试高等级学习判断和低等级学习判断的波形图。根据总平均波形图(见图 2)以及前人研究(Rugg et al., 1998; Wilding & Rugg, 1996; Curran et al., 2001; Hayama et al., 2008),选择 400~600ms 和 800~1200ms 两个时间窗口,分析高低等级学习判断在 400~600ms 和 800~1200ms 两个时间窗口平均波幅。对两个时间窗口的平均波幅分别进行 2(学习判断等级:低等级、高等级) \times 5(脑区:F、FC、C、CP、P) \times 2(大脑半球:左、右) \times 3(电极位置:近、中、远)的重复测量方差分析,使用 Greenhouse-Geisser 校正。

3 结果与分析

3.1 行为结果

对各个判断等级的反应时(见表 1)进行重复测量方差分析发现,四个判断等级的反应时存在显著差异, $F(1.90, 41.86) = 23.66, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.99$ 。事后多重比较分析发现,等级 2 和等级 3 的反应时之间不存在显著差异($ps > 0.05$),其他等级之间的两两对比均存在显著差异($ps < 0.05$),等级 1 和等级 4 的判断反应时明显短于等级 2 和等级 3。

对各个判断等级所占的比例(见表 1)进行重复测量的方差分析发现,四个判断等级所占的比例存在显著差异, $F(1.53, 33.60) = 32.14, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.99$ 。事后多重比较发现等级 4 所占比例均显著高于等级 1、等级 2 和等级 3($ps < 0.001$),其他等级之间的对比均不存在显著差异($ps > 0.05$)。

表 1 被试在不同学习判断等级上的实验表现 ($M \pm SD$)

	1	2	3	4
反应时(ms)	3708.07 \pm 150.50	4358.90 \pm 1666.46	4357.80 \pm 1214.82	2505.51 \pm 568.48
所占比例	0.18 \pm 0.08	0.17 \pm 0.08	0.19 \pm 0.07	0.46 \pm 0.16
再认成绩	0.58 \pm 0.22	0.61 \pm 0.19	0.66 \pm 0.23	0.91 \pm 0.08

对各个判断等级的再认成绩(见表 1)进行重复测量方差分析发现,四个判断等级间再认成绩存在显著差异, $F(3, 66) = 21.82, p < 0.001, \eta^2 = 0.98$ 。事后多重比较发现等级 4 的再认成绩显著高于等级

1、等级 2 和等级 3($ps < 0.001$),其他等级之间的对比均不存在显著差异($ps > 0.05$)。

计算每个被试的判断等级和再认成绩之间的 Gamma 相关($M = 0.56, SD = 0.19$),然后与“0”进行

差异显著性检验,结果发现 Gamma 值显著大于 0, $t(22) = 14.58, p < 0.001, d = 6.2$,表明被试进行学习判断不是基于随机猜测。

对低等级(等级 1、等级 2 和等级 3)和高等级(等级 4)的反应时和再认成绩(见表 2)进行配对样本 t 检验,发现高等级判断反应时显著长于低等级判断反应时, $t(22) = 6.52, p < 0.001, d = 2.78$;高等

级判断的再认成绩也显著高于低等级判断条件, $t(22) = -9.43, p < 0.001, d = -4.02$ 。

表 2 被试高低等级判断的反应时和再认成绩 ($M \pm SD$)

	低等级	高等级
反应时(ms)	4112.61 \pm 1246.71	2505.51 \pm 568.48
再认成绩	0.62 \pm 0.17	0.91 \pm 0.08

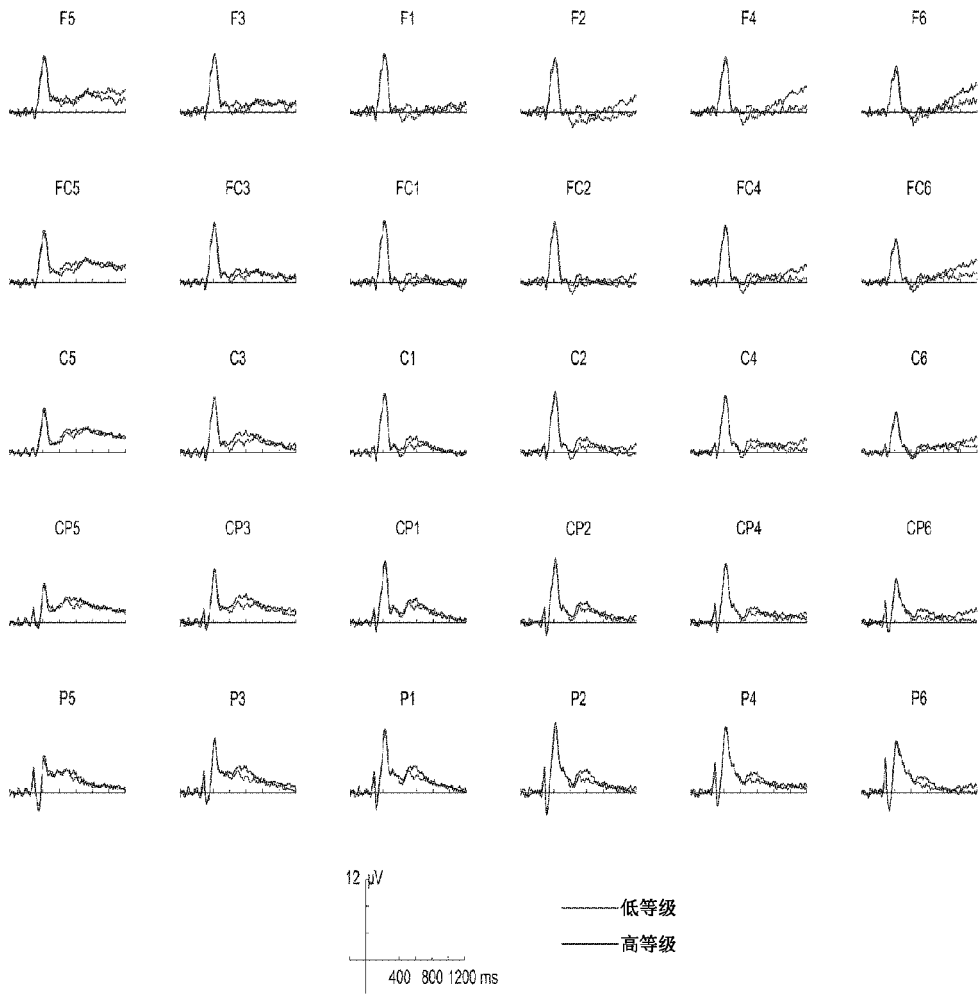


图 2 高低等级的 ERPs 比较

3.2 ERPs 结果

对 400 ~ 600ms 和 800ms ~ 1200ms 两个时间窗分别进行 2(学习判断等级:低等级、高等级) \times 5(脑区:F、FC、C、CP、P) \times 2(大脑半球:左、右) \times 3(电极位置:近、中、远)的重复测量方差分析。结果发现,在 400 ~ 600ms 的早期时间窗中,学习判断等级主效应显著, $F(1,22) = 4.70, p = 0.041, \eta^2 = 0.86$;进一步分析发现,在所有导联高等级学习判断的平均波幅值都更正(见图 2)。

在 800 ~ 1200ms 的晚期时间窗中,学习判断等级、电极位置和脑区的交互作用边缘显著, $F(8,176) = 1.86, p = 0.07, \eta^2 = 0.10$;学习判断等级、

大脑半球和脑区的交互作用显著, $F(1.60,35.20) = 4.22, p < 0.05, \eta^2 = 0.75$;进一步分析发现,高低等级在左右额区的平均波幅存在显著差异 ($p < 0.05$) (见图 3)。

在早晚两个时间窗中,高等级平均波幅减低等级平均波幅得到差异波,然后进行标准化(McCarthy & Wood,1985),对标准化后的平均幅值进行 2(时间窗:400 - 600ms、800 - 1200ms) \times 5(脑区:F、FC、C、CP、P) \times 2(大脑半球:左、右) \times 3(电极位置:近、中、远)的重复测量方差分析,结果发现时间窗、脑区和左右半球交互作用边缘显著, $F(1.20,26.40) = 3.40, p = 0.07, \eta^2 = 0.73$,表明早晚两个时间窗差异波在左右

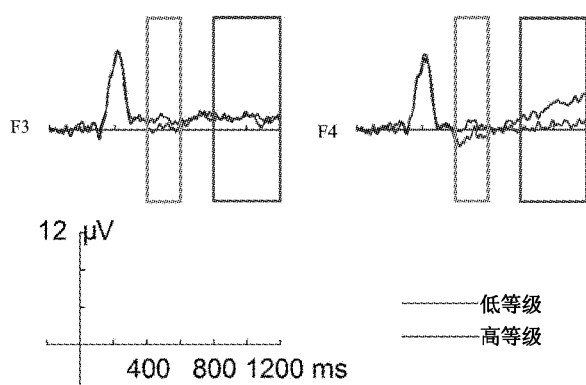


图3 F3和F4高低等级的ERPs比较

半球及脑区上的头皮分布不同,简单效应分析发现左右半球及脑区在早晚两个时间窗上不存在显著差异($p > 0.05$);时间窗和电极位置交互作用显著, $F(1.44, 31.72) = 3.91, p < 0.05, \eta^2 = 0.75$,简单效应分析发现电极位置在早晚两个时间窗上不存在显著差异($p > 0.05$),表明早晚两个时间窗差异波在电极位置上的头皮分布不同(见图3)。

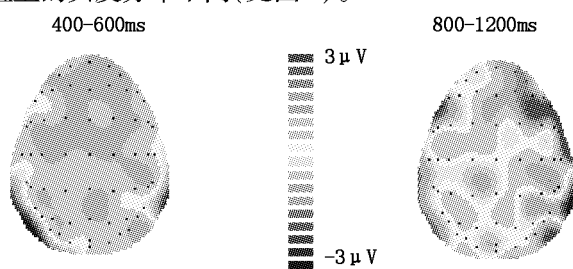


图4 差异波地形图(高等级减低等级)

从图3可以看出,在400~600ms的早期时间窗口,整个大脑皮层的高等级ERPs都更正。在800~1200ms的晚期时间窗口,高低等级学习判断的ERPs之间差异在右侧额区达到最大。

4 讨论和结论

文章采用ERPs技术探讨了延迟学习判断的时间加工进程,发现高低等级学习判断的ERPs在新旧效应上存在显著不同,表明延迟学习判断可能受到提取的影响。

对各个判断等级的反应时、所占比例和再认成绩的分析发现,四个判断等级之间均存在显著差异。四个等级的判断反应时呈倒U型曲线,这与Son和Metcalf(2005)研究中延迟学习判断等级和反应时呈倒U型曲线的结果基本一致。所不同的是判断反应时在等级3这样一个较高的等级达到最大值,从等级1到等级3均呈一个上升的趋势。因此,可以看出本实验中等级1、等级2及等级3相当于前人研究中低于中间等级的学习判断。从表1以及事后检验的结果可以看出等级4所占比例远远高于其他三个等级,并且其他三个等级之间不存在显著差

异。这与Metcalf和Finn(2008)及陈功香等(2010)研究中延迟学习判断等级和所占比例呈U型曲线的结果不同,等级1的所占的比例没有和中间等级拉开差距。从表1以及事后检验的结果可以看出等级4的再认成绩高于其他三个等级,其他三个等级之间不存在显著差异。基于两阶段模型(Metcalf & Finn, 2008)以及行为数据分析的结果可以认为,由于没有时间压力以及新词的干扰,实验中的四个等级均进入了尝试提取阶段。其中,等级4属于快速成功提取的高等级学习判断,其他等级属于反应时较长的低等级学习判断。另外,等级4的反应时和再认成绩与其他等级的平均反应时和平均再认成绩均存在显著差异,也说明了高低等级两种学习判断类型的不同。

ERPs结果发现在400~600ms的早期时间窗口中,在所有导联高等级学习判断的ERPs都更正,这种高低等级的差异可能类似于再认记忆研究中的早期新旧效应。一方面是由于在实验中,被试根据线索词进行预测,首先所进行的加工过程是对线索词进行再认。另一方面是因为早期新旧效应一般在刺激呈现后300~500ms出现,在额区电极最大,和本实验研究中发现的差异ERPs类似。所以研究认为高低等级学习判断的ERPs在400~600ms的差异反映了再认记忆研究中的早期新旧效应。ERPs研究成果一定程度上证明了Metcalf和Finn(2008)提出的线索再认阶段,被试是基于熟悉性来进行学习判断。高低等级学习判断的ERPs在400~600ms的差异说明被试对线索词的再认影响到了之后学习判断的等级。

在800~1200ms的晚期时间窗口中,高低等级在左右额区存在显著差异。高低等级学习判断的ERPs在晚期时间窗口的差异反映了再认记忆研究中的晚期新旧效应。一些研究者认为晚期的右侧额中效应反映了提取后监控过程,比如Curran等(2001)比较成绩较好的被试和成绩较差的被试之间的新旧效应,发现该效应仅在成绩较好的被试组,研究者认为这个效应反映了提取后的评估过程;Hayama等(2008)在学习阶段让被试对图片随机进行两种语义判断,在测试中进行新旧判断,在旧反应后进行第三种语义判断,结果发现需要进行第三种语义判断的测试项目出现了右侧额区效应,研究者认为该效应可能和决策过程的监测功能相关。尽管右侧额区的新旧效应的功能解释还没有定论,但是通常认为是和认知监控有关。而学习判断是元认知监控的一种,反映了被试对自己记忆效果的评估。所以有理由相信研究中发现的晚期右侧额中效应反映了被试进行预测的过程。

综上所述,该研究使用 ERPs 技术进一步探究延迟学习判断不同等级的内部加工过程,发现高低等级在 400 ~ 600ms 的额中区以及在 1300 ~ 1500ms 的右侧额区存在显著差异。这说明延迟学习判断可能主要包含两个加工阶段,首先是早期新旧效应指示的线索再认阶段,之后是右侧额中区晚期新旧效应指示的记忆过程之后的监控阶段。

参考文献

- 陈功香,傅小兰.(2004).学习判断及其准确性.心理科学进展,12(2),176-184.
- 陈功香,张承芬,苏雅雯.(2010).延迟学习判断的效应机制.心理学报,42(7),743-753.
- 陈海德,赵成斌,李伟健.(2011).即刻学习判断的系列位置效应:内外部线索的影响.心理科学,34(02),418-422.
- Benjamin, A. S., Bjork, R. A., & Schwartz, B. L. (1998). Themis measure of memory: When retrieval fluency is misleading as a metamnemonic index. *Journal of Experimental Psychology General*, 127(1), 55-68.
- Curran, T. (1999). The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: Erp old/new effects in lexical decision and recognition memory. *Neuropsychologia*, 37(7), 771-785.
- Curran, T., Schacter, D. L., Johnson, M. K., & Spinks, R. (2001). Brain potentials reflect behavioral differences in true and false recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(2), 201-216.
- Hayama, H. R., Johnson, J. D., & Rugg, M. D. (2008). The relationship between the right frontal old/new erp effect and post-retrieval monitoring: Specific or non-specific? *Neuropsychologia*, 46(5), 1211-1223.
- Koriat, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning. *Journal of Experimental Psychology General*, 126(4), 349-370.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205.
- Metcalf, J., & Finn, B. (2008). Evidence that judgments of learning are causally related to study choice. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(1), 174-179.
- Nelson, T. O., & Dunlosky, J. (1991). When people's judgments of learning (jols) are extremely accurate at predicting subsequent recall: The "delayed-jol effect". *Psychological Science*, 2(4), 267-270.
- Rhodes, M. G., & Tauber, S. K. (2011). The influence of delaying judgments of learning on metacognitive accuracy: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 137(1), 131-148.
- Rugg, M. D., Mark, R. E., Walla, P., Schloerscheidt, A. M., Birch, C. S., & Allan, K. (1998). Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory. *Nature*, 392(6676), 595-598.
- Skavhaug, I. (2010). Metamemory or just memory? searching for the neural correlates of judgments of learning. University of Stirling.
- Son, L. K., & Metcalfe, J. (2005). Judgments of learning: Evidence for a two-stage process. *Memory & Cognition*, 33(6), 1116-1129.
- Wilding, E. L., & Rugg, M. D. (1996). An event-related potential study of recognition memory with and without retrieval of source. *Brain*, 119(3), 889-905.
- Wolk, D. A., Schacter, D. L., Lygizos, M., Sen, N. M., Holcomb, P. J., Daffner, K. R., et al. (2006). Erp correlates of recognition memory: Effects of retention interval and false alarms. *Brain Research*, 1096(1), 148-162.

Time Course of Delayed Judgments of Learning

Liu Chao^{1,2}, Chen Gongxiang¹, Li Kaiyun¹

(1. School of Education and Psychology, University of Jinan, Jinan 250022;

2. Shandong Polytechnic Technician College, Liaocheng 252000)

Abstract: As a form of metamemory monitoring, judgments of learning (JOLs) are predictions of the likelihoods of remembering previous learned materials on a future test. Previous studies found that the relative accuracy was higher for delayed JOLs than immediate JOLs, which is called the delayed-JOL effect. The current study investigated the time course of delayed JOLs by adopted Event-Related Potentials (ERPs) technique. The results showed that there were significant differences between high JOLs and low JOLs in the time windows from 400 to 600ms and from 800 to 1200ms. The early old/new effect (400-600ms) reflected the recognition of the cue, and the late old/new effect (800-1200ms) at right mid-frontal area reflected evaluation stage behind the retrieval. The current study firstly provided ERPs evidence of the two stages model of delayed JOLs.

Key words: delayed judgments of learning; old/new effect; ERPs