

新颖性图像加工的时间进程*

王博韬¹ 段海军¹ 唐雪梅^{1,3} 张皖¹ 胡卫平^{**1,2}

(¹ 陕西师范大学现代教育技术教育部重点实验室, 西安, 710062)

(² 中国基础教育质量监测协同创新中心, 北京, 100875) (³ 安徽工程大学外国语学院, 芜湖, 241000)

摘要 采用 ERPs 技术, 考察了个体新颖性图像加工的时间进程。行为结果表明: 新颖性图像的判断时间更长。ERPs 结果显示: 新颖与非新颖图像在刺激呈现后 190~340ms 诱发出明显的前额区 N190-340, 但在波幅上无显著差异; 在 400~600ms 以及 600~1000ms, 新颖性图像在顶区与额-中央区, 特别在右侧半球诱发出更大的正性偏移 (P400~600 和 LPC)。研究表明: 图像新颖性属性的识别主要发生在涉及图像特征融合、图像记忆编码等多项认知活动参与的晚期加工阶段, 并存在半球右侧化效应。

关键词 创造力 新颖性加工 图像信息 事件相关电位

1 引言

新颖性加工是指人们对当前产品或观点是否具有新颖的、不同寻常的属性所进行的感知与判断。由于新颖性加工过程与创造性活动之间存在密切的关系, 许多创造力理论认为新颖性加工是影响个体创造性产生的重要因素之一 (Bink & Marsh, 2000; Finke, Ward, & Smith, 1992)。行为学研究表明: 个体对材料新颖性加工的准确性越高, 其在创造性活动上的表现就越好 (Gibson & Mumford, 2013; Runco, 2003)。因此, 新颖性加工的心理机制开始逐步受到研究者的重视与关注。

已往研究从行为层面上发现, 与非新颖性图像相比, 个体对新颖性图像加工的时间更长、记忆效果更好 (Michelon, Snyder, Buckner, McAvoy, & Zacks, 2003)。来自脑成像的研究结果也表明, 与非新颖性图像相比, 新颖性图像加工涉及的认知活动更多、激活的脑区更广。由于功能性磁共振技术 (fMRI) 在时间分辨率上的不足, 现有研究结果对新颖性图像加工的神经机制仍存在着一些争议。一方面, 来自 Zhang, Liu 和 Zhang (2013) 的研究发现, 个体对新颖性图像的加工激活了大脑腹侧视觉通路内负责对物体新颖性特征进行探测的右侧视觉皮层以及背侧视觉通路内负责对物体新颖性特征进行整合的左侧楔

前叶皮层。这表明图像新颖性加工或与图像知觉过程同时发生, 即被试在对物体的特征进行识别与加工的同时, 就已经能够对图像是否具有新颖性做出明确的判断了。另一项脑成像研究 (Michelon et al., 2003) 则发现, 新颖性图像的加工不仅激活了大脑中与图像知觉活动密切相关的腹侧与背侧通路, 还激活了部分与语义活动密切相关的前额皮层。这表明图像中新颖性信息的加工或许并未与图像的知觉过程同时展开, 其更有可能发生在图像知觉之后并涉及某些特异性的脑区和认知加工过程。不难看出, 上述研究结果均表明图像新颖性加工与图像的知觉活动密切相关, 但二者在时间进程上的关系如何仍有待研究。

为解决上述问题, 较为合理的方法是采用较高时间分辨率的事件相关电位 (event-related brain potentials, ERPs) 技术, 进一步考察新颖性图像加工的时间进程。已有研究表明, 前额区 N2(刺激呈现后 200ms 左右, 出现在大脑前额区的负性偏移; Daffner, Alperin, Mott, Tusch, & Holcomb, 2015; Ferrari, Bradley, Codispoti, & Lang, 2010; Tarbi, Sun, Holcomb, & Daffner, 2011) 和新颖性 P3(P3a, 刺激呈现后 300ms 左右, 出现在大脑顶部前区的正性偏移; Rushby, Barry, & Doherty, 2005; Verbaten, Huyben,

* 本研究得到国家自然科学基金项目 (31470977)、中央高校基本科研业务费项目 (GK201102011) 和陕西省重点科技创新团队项目 (2014KTC-18) 的资助。

** 通讯作者: 胡卫平。E-mail: weipinghu@163.com

DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20160608

& Kemner, 1997) 多与被试对新颖性刺激的早期知觉化加工有关。例如, 采用 oddball 范式的新颖性研究 (将小概率的正常刺激作为新颖性刺激) 表明, 与普通刺激相比, 新颖性刺激会引发更大的前额区 N2 和 P3, 这可能反映了个体对新颖性刺激的早期特征觉察活动以及注意偏向活动 (Wittmann, Bunzeck, Dolan, & Düzel, 2007)。在刺激呈现后 350ms 左右, 出现在大脑后顶部区域的正性偏移 P3b (Linden, 2005; Polich, 2007) 或负性偏移 N400 (Rutter et al., 2012) 以及其他的晚期成分 (如晚正成分, late positive component, LPC) 则多与知觉加工后, 个体对刺激的进一步理解、记忆和编码加工有关 (De Grauwe, Swain, Holcomb, Ditman, & Kuperberg, 2010)。个体对新颖性材料的加工往往会使得这些 ERPs 波形在波幅上有所增加 (Polich, 2007; Rutter et al., 2012)。因此, 通过对比新颖与非新颖图像诱发的 ERPs 波形, 可以有效的从时间维度探索图像新颖性加工与图像知觉活动之间的关系。

综上, 本研究试图借助 ERPs 技术考察个体对新颖性图像加工的时间进程。与以往采用 oddball 范式进行的新颖性加工研究不同, 本研究并不是按照刺激出现的概率对其做出有、无新颖性的划分, 而是根据以往研究中有关创造力新颖性的界定以及相关研究成果 (Ward, Patterson, Sifonis, Dodds, & Saunders, 2002; Zhang et al., 2013), 以实物特征组合的方式, 编制新颖性图像材料 (例如: 大象头与鸽子身体的组合)。实验任务要求被试对屏幕中依次呈现的图像刺激做出“有”“无”新颖性的判断, 以保证新颖性加工过程的完整性。若图像新颖性加工与图像知觉过程同时发生, 则新颖与非新颖性图像会在早期的 ERPs 波形 (前额区 N2 和 P3a) 上出现明显的差异; 若新颖性加工发生在图像知觉过程之后且涉及特异化的脑区与加工模块, 则两类图片更有可能引发具有明显差异性的晚期 ERPs 波形。

2 方法

2.1 被试

以 25 名正常大学生 (男 12 人, 女 13 人) 为被试, 年龄范围 19~22 岁 (平均年龄 20.7 岁)。所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常, 无脑部疾病史, 实验完成后付给被试一定报酬。

2.2 实验材料

新颖性图像材料采用 Photoshop cs6 作图软件自

编, 参照 Zhang 等人 (2013) 的研究, 将同一概念下的两种实物特征进行范畴内的 (动物与动物、植物与植物) 组合, 生成日常生活中并不真实存在的动、植物图像 (例如: 大象头与鸽子身体的组合) 各 35 张, 共 70 张 (其中 10 张用于练习, 其余 60 张作为正式实验材料)。非新颖性图像材料为自然界常见的动、植物图片各 35 张, 共 70 张 (其中 10 张用于练习, 其余 60 张作为正式实验材料)。脑电实验前, 随机挑选 40 名大学生被试对两类实验材料的新颖性程度进行从 1 (极其普通) 到 7 (极其新颖) 的 7 点评分。配对样本 t 检验发现: 新颖性图像材料得分 ($M = 5.90, SD = .44$) 显著高于非新颖性图像材料 ($M = 1.86, SD = .55, t(39) = 37.81, p < .001, Cohen's d = 8.09$)。

2.3 实验程序

实验在隔音的脑电屏蔽室内完成。被试坐在 17 寸显示器前, 屏幕距离被试 75cm。实验刺激在电脑屏幕上呈现, 图片背景为黑色, 实验材料视角为 $3^\circ \times 3^\circ$ 。实验开始后, 屏幕中首先会呈现出一个 500ms 的注视点, 之后是 300~500ms 的空白刺激, 接下来被试要在目标刺激呈现的 2000ms 内尽快地做出新颖性判断, 若认为材料是新颖的, 按“J”键, 若认为材料是普通的, 按“F”键。最后是 500ms 的空白间隔 (ITI), 实验流程见图 1。在 20 个练习刺激后开始正式实验。正式实验共 2 个 block, 每个 block 包含 60 个试次 (30 张新颖图片与 30 张非新颖图片, 新颖与非新颖图片随机呈现), 共 120 个试次。

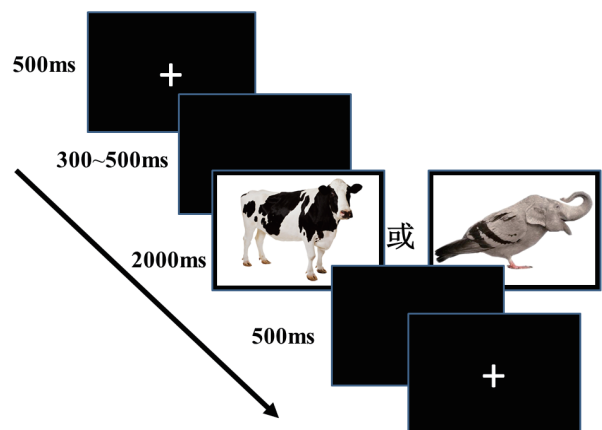


图 1 实验流程图

2.4 数据采集与处理

实验采用 E-Prime 2.0 软件编程, 记录被试的反应时和正确率。采用根据国际 10~20 系统扩展的 64

导电电极帽，以 CURRY 7 工作站记录 EEG 信号。头皮阻抗小于 $5\text{ k}\Omega$ ，采集信号时，以左侧乳突作为参考电极，离线分析时再将双侧乳突的平均作为参考。水平眼电 (HEOG) 与垂直眼电 (VEOG) 均为双极记录，水平眼电电极分别置于左右眼外眦，垂直眼电电极置于左眼眶上下各 1 cm 的正中位置。滤波带通为 $0.05\sim 100\text{ Hz}$ ，连续采样，采样频率为 500 Hz 。采用 Scan 4.3 软件对脑电数据进行离线分析，根据被试眼动的大小自动矫正眼动伪迹并充分排除其他伪迹，波幅超过 $\pm 80\mu\text{V}$ 者 (不包括眼动数据) 视为伪迹被剔除，并去除了错误反应试次对应的 EEG 数据。脑电分析时程为 1200 ms ，基线为刺激出现前 200 ms 。根据总平均图 (图 2) 与先前研究 (Daffner et al., 2015; Polich, 2007)，各 ERPs 波形的时间窗口分别确定为：前额区 N190~340: $190\sim 340\text{ ms}$ ，P400~600: $400\sim 600\text{ ms}$ 和 LPC: $600\sim 1000\text{ ms}$ 。选取 15 个电极 (F3、FZ、F4、FC3、FCZ、FC4、C3、CZ、C4、CP3、CPZ、CP4、P3、PZ、P4) 进行探索性分析。采用 SPSS17.0 for Windows 对数据进行配对样本 t 检验以及重复测量方差分析。所有主效应和交互作用的 p 值都采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正。

3 结果分析

3.1 行为结果

配对样本 t 检验显示，被试对新颖性图像的判断时间 ($M = 960.83\text{ ms}$, $SD = 151.65$) 显著慢于非新颖性图像 ($M = 864.52\text{ ms}$, $SD = 150.63$, $t(24) = 5.36$, $p < .01$, Cohen's $d = .63$)。但就反应的正确率而言，新颖性图像 ($M = 91\%$, $SD = 4$) 与非新颖性图像 ($M = 90\%$, $SD = 5$) 之间不存在显著的差异 ($t(24) = -1.69$, $p > .05$)。

3.2 脑电结果

分别对两类实验材料在 $190\sim 340\text{ ms}$ 、 $400\sim 600\text{ ms}$ 以及 $600\sim 1000\text{ ms}$ 三个时间窗口内诱发的 ERPs 平均振幅进行 2(新颖性: 新颖/非新颖) \times 5(脑区: 额区/额-中央区/中央区/中央-顶区/顶区) \times 3(半球: 左/中/右) 三因素重复测量方差分析。结果表明:

N190~340: 新颖性主效应不显著, $F(1, 24) = 2.36$, $p > .05$; 脑区主效应显著, $F(4, 96) = 66.32$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .73$, 事后比较发现, 额区诱发出的 N190~340 最为明显 ($ps < .01$); 半球主效应显著, $F(2, 48) = 14.41$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .37$, 事后比较发现, 大脑中部诱

发出的 N190~340 更为明显 ($ps < .01$; 见图 2); 新颖性与脑区交互作用不显著 $F(4, 96) = 1.93$, $p > .05$; 新颖性与半球交互作用不显著 $F(2, 48) = 1.75$, $p > .05$; 半球与脑区交互作用不显著 $F(8, 192) = .56$, $p > .05$; 新颖性、脑区和半球三维交互作用不显著 $F(8, 192) = 1.36$, $p > .05$ 。

P400~600: 新颖性主效应显著, $F(1, 24) = 8.01$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .25$; 脑区主效应显著, $F(4, 96) = 44.42$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .65$; 半球主效应不显著, $F(2, 48) = 2.06$, $p > .05$; 新颖性与脑区交互作用显著 $F(4, 96) = 3.79$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .14$; 新颖性与半球交互作用显著 $F(2, 48) = 10.79$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .31$; 半球与脑区交互作用显著 $F(8, 192) = 5.95$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .20$; 新颖性、脑区和半球三维交互作用不显著 $F(8, 192) = 2.07$, $p > .05$ 。进一步分析发现, 在中央区、中央-顶区和顶区, 新颖性图像比非新颖图像引发的 ERPs 更正 ($ps < .05$), 且在右半球差异最大 (见图 2 和图 3)。

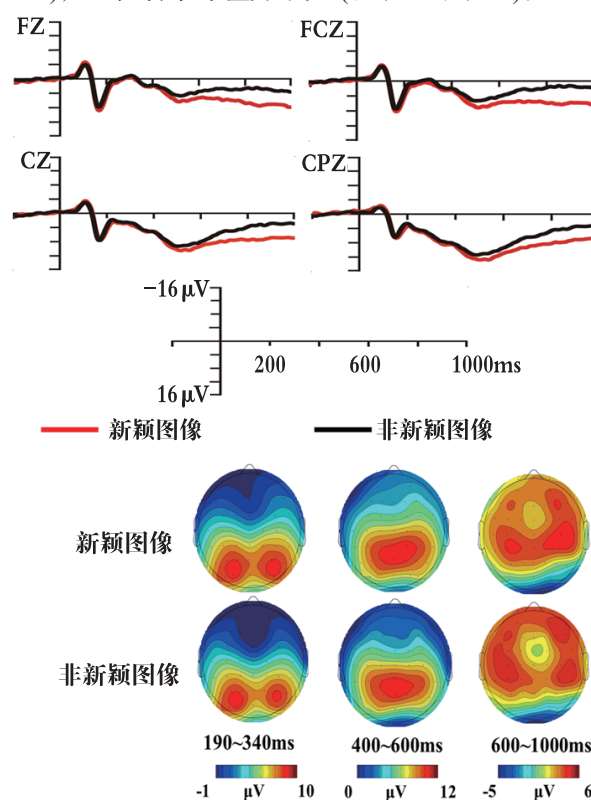


图 2 ERPs 总平均图及其脑地形图

LPC(600~1000ms): 新颖性主效应显著, $F(1, 24) = 39.52$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .62$; 脑区主效应显著, $F(4, 96) = 4.24$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .15$; 半球主效应显著, $F(2, 48) = 3.86$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .14$; 新颖性与脑区交互作用不显著 $F(4, 96) = 1.61$, $p > .05$; 新颖性与半球交互作用显著 $F(2, 48) = 8.79$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .27$; 半

球与脑区交互作用显著 $F(8, 192) = 7.03, p < .01, \eta_p^2 = .23$; 新颖性、脑区和半球三维交互作用显著 $F(8, 192) = 6.16, p < .01, \eta_p^2 = .20$ 。进一步分析发现, 与非新颖图像相比, 新颖性图像在所有脑区均引发出更正的 ERPs, $ps < .05$, 且在右半球额-中央区, 中央区 and 中央-顶区差异最大 (见图 2 和图 3)。

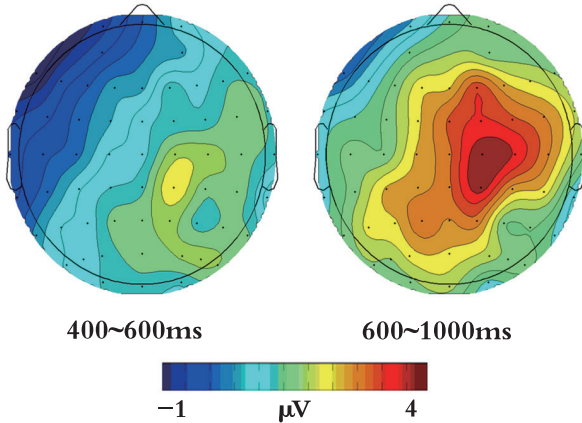


图 3 新颖图像减去非新颖图像的差异波脑地形图

4 讨论

本研究行为结果发现, 个体对新颖性图像的加工时间更长。该结果与以往研究一致 (Michelon et al., 2003; Rutter et al., 2012; Zhang et al., 2013), 表明个体对新颖性材料的认知过程更为复杂。根据总平均图以及地形图 (图 2) 可以发现, 两类实验材料除了均诱发出一般的视诱发反应 (N1, P1) 外, 还在刺激呈现后 190~340ms、400~600ms 以及 600~1000ms, 分别在被试的头皮前额区出现一个负性波形 N190~340、在顶区出现的一个正性波形 P400~600 以及在头皮额-中央区, 特别是右侧额-中央区附近出现明显的晚期正成分 (LPC)。以下将结合不同时间窗口内所诱发的 ERPs 波形对新颖性图像加工的时间进程进行讨论。

4.1 新颖性图像加工的早期阶段

本研究结果显示, 虽然两类图像刺激均在早期加工中诱发出明显的前额区 N190~340, 但二者在波幅上的差异并不显著。该结果可能表明, 当刺激呈现时, 人脑对两类图像均进行了有效的早期知觉化加工, 因而引发了与物体特征识别相关的前额区 N190~340。然而, 二者在波幅上的差异并不显著, 说明基于图像局部特征的早期知觉化加工, 个体并不能区分出新颖性图像与非新颖性图像的差异, 个体对图像新颖性属性的识别并未与早期知觉活动同

时展开。与 Zhang 等人 (2013) 的研究结果一致, 本研究也发现了新颖性图像加工与知觉加工活动之间的密切联系, 但关于二者在时间维度上的关系, 本研究结果支持 Michelon 等人 (2003) 的研究结果, 即图像新颖性加工发生在知觉加工之后。

4.2 新颖性图像加工的晚期阶段

研究结果表明, 新颖性图像加工在大脑顶区诱发出一个明显的正性偏移 P400~600。综合前人研究结果 (Long et al., 2010; Polich, 2007), 我们认为该 P400~600 比较符合 P3b 的特征。许多研究表明, P3b 与实验任务的要求密切相关, 并反映了个体根据实验任务要求, 做出相应反应的过程 (Chen et al., 2007; Long et al., 2010)。同时, P3b 还反映了个体对工作记忆的更新过程 (Donchin & Coles, 1998; Steiner, Barry, & Gonsalvez, 2013), 具体表现为在工作记忆系统对新刺激进行进一步的知觉表征与模板 (头脑中已有的对刺激事件的记忆) 匹配, 以便之后能够对新刺激的内容进行进一步分析与评价。P3b 的出现可能正是由于该过程中脑内海马组织的激活并将更新后的信息发送到顶叶皮层所造成的结果 (Knight, 1996)。从这个角度来看, 两类图像在 P400~600 波幅上的差异, 可能反映了个体在该时程中对图像新颖性属性的进一步知觉表征与工作记忆更新的过程。由于在模板匹配过程中, 新颖性图像与被试先前已有的模板 (知识与经验) 存在冲突, 因此个体对新颖性图像的表征和识别更加困难, 导致工作记忆负荷随之增大, 诱发出更大的晚期成分。该结果与 Zhang 等人 (2013) 的研究一致, 表明个体对新颖性图像的加工在后期阶段涉及对图像特征的融合过程。

同时, 实验结果还表明, 新颖性图像比非新颖图像诱发出更为正向的 LPC (600~1000ms)。以往研究发现, 个体对材料的记忆编码不同会导致相继记忆效应 (Dm 效应) 的产生, 即将先前实验中刺激所诱发的 ERPs, 按照随后记忆测验的正确与否进行分类, 观察到随后记忆正确的 ERPs 比随后记忆不正确的 ERPs 有更大的晚正成分 (郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆, 2003; Paller & Kutas, 1992)。因此, 新颖性图像的晚期加工阶段很可能涉及到大脑对新颖性信息的记忆编码过程。新颖图像与非新颖图像在 LPC 波幅上的差异可能说明, 个体对图像中含有的新颖性信息进行了更加深入的记忆编码与加工。这为个体对新颖性信息记忆效果更好的研究结果 (Michelon et al., 2003; Rutter et al., 2012) 提供了可能的解释。

同时，通过地形图还可以发现，本实验中，两类图像引发的 LPC 均呈现出由大脑顶区向额-中央区、额区蔓延的趋势，这样的分布特点与 Michelon 等人 (2003) 脑成像研究的结果基本吻合，说明额叶在新颖性图像加工中发挥着重要的作用。

上述结果共同表明，个体对图像新颖性属性的加工主要发生于新颖性图像加工的晚期阶段，并涉及到图像特征融合、图像记忆编码等认知加工过程。

4.3 新颖性图像加工的单侧化效应

本研究通过分析两类图像引发 ERPs 波形的头皮分布特点发现，大脑在新颖性图像加工的晚期阶段表现出明显的半球右侧化效应 (见图 3)。具体表现为，与左半球相比，新颖性图像在大脑右侧半球，特别是右侧额区、额-中央区域引发更大的晚正成分。这表明大脑右侧半球可能更多的参与了对图像中新颖性信息的深层加工与记忆编码工作。若将新颖性图像加工看作是创造性产品加工的一个重要组成部分，则本研究结果在一定程度上支持以往有关创造性活动存在右半球优势化加工的观点 (Grabner, Fink, & Neubauer, 2007; Weinstein & Graves, 2002; Zhao, Zhou, Xu, Fan, & Han, 2014)。

5 结论

本研究采用 ERPs 技术，以概念范畴内组合的新颖物体图像为材料，对个体新颖性图像加工的时间进程进行了考察。研究表明：

- (1) 个体对图像新颖性属性的识别并未与早期知觉活动同时展开，主要发生在涉及图像特征融合、图像记忆编码等多种认知活动参与的晚期加工阶段。
- (2) 个体对新颖性图像的加工存在半球右侧化效应。

参考文献

郭春彦, 朱滢, 丁锦红, 范思陆. (2003). 不同加工与记忆编码关系的 ERP 研究. *心理学报*, 35(2), 150-156.

Bink, M. L., & Marsh, R. L. (2000). Cognitive regularities in creative activity. *Review of General Psychology*, 4(1), 59-78.

Chen, A. T., Luo, Y. J., Wang, Q. H., Yuan, J. J., Yao, D. Z., & Li, H. (2007). Electrophysiological correlates of category induction: PSW amplitude as an index of identifying shared attributes. *Biological Psychology*, 76(3), 230-238.

Daffner, K. R., Alperin, B. R., Mott, K. K., Tusch, E. S., & Holcomb, P. J. (2015). Age-related differences in early novelty processing: Using PCA to parse the overlapping anterior P2 and N2 components. *Biological Psychology*, 105, 83-94.

De Grauwe, S., Swain, A., Holcomb, P. J., Ditman, T., & Kuperberg, G. R. (2010). Electrophysiological insights into the processing of nominal metaphors.

Neuropsychologia, 48(7), 1965-1984.

Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1998). Context updating and the P300. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 152-153.

Ferrari, V., Bradley, M. M., Codispoti, M., & Lang, P. J. (2010). Detecting novelty and significance. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(2), 404-411.

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative cognition: Theory, research, and applications*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gibson, C., & Mumford, M. D. (2013). Evaluation, criticism, and creativity: Criticism content and effects on creative problem solving. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(4), 314-331.

Grabner, R. H., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2007). Brain correlates of self-rated originality ideas: Evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG. *Behavioral Neuroscience*, 121, 224-230.

Knight, R. T. (1996). Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, 383(6597), 256-259.

Linden, D. E. J. (2005). The P300: Where in the brain is it produced and what does it tell us? *The Neuroscientist*, 11, 563-576.

Long, C. Q., Liu, Q., Qiu, J., Shen, X. Y., Li, S. S., & Li, H. (2010). Neural signs of flexible categorization: Evidence from the flexibility of inclusion of humans in animal/non-animal categorization. *Brain Research*, 1337, 64-73.

Michelon, P., Snyder, A. Z., Buckner, R. L., McAvoy, M., & Zacks, J. M. (2003). Neural correlates of incongruous visual information: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, 19(4), 1612-1626.

Paller, K. A., & Kutas, M. (1992). Brain potentials during memory retrieval provide neurophysiological support for the distinction between conscious recollection and priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(4), 375-392.

Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148.

Runco, M. A. (2003). Idea evaluation, divergent thinking, and creativity. In M. A. Runco (Ed.), *Critical creative processes* (pp. 69-94). Norwood, NJ: Ablex.

Rushby, J. A., Barry, R. J., & Doherty, R. J. (2005). Separation of the components of the late positive complex in an ERP dishabituation paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 116(10), 2363-2380.

Rutter, B., Kröger, S., Hill, H., Windmann, S., Hermann, C., & Abraham, A. (2012). Can clouds dance? Part 2: An ERP investigation of passive conceptual expansion. *Brain and Cognition*, 80(3), 301-310.

Steiner, G. Z., Barry, R. J., & Gonsalvez, C. J. (2013). Can working memory predict target-to-target interval effects in the P300? *International Journal of Psychophysiology*, 89(3), 399-408.

Tarbi, E. C., Sun, X., Holcomb, P. J., & Daffner, K. R. (2011). Surprise? Early visual novelty processing is not modulated by attention. *Psychophysiology*, 48(5), 624-632.

Verbaten, M. N., Huyben, M. A., & Kemner, C. (1997). Processing capacity and the frontal P3. *International Journal of Psychophysiology*, 25(3), 237-248.

Ward, T. B., Patterson, M. J., Sifonis, C. M., Dodds, R. A., & Saunders, K. N. (2002). The role of graded category structure in imaginative thought. *Memory and Cognition*, 30(2), 199-216.

Weinstein, S., & Graves, R. E. (2002). Are creativity and schizotypy products of a right hemisphere bias? *Brain and Cognition*, 49(1), 138-151.

Wittmann, B. C., Bunzeck, N., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2007). Anticipation of novelty recruits reward system and hippocampus while promoting recollection. *NeuroImage*, 38(1), 194-202.

Zhang, H., Liu, J., & Zhang, Q. L. (2013). Neural correlates of the perception for novel objects. *PLoS ONE*, *8*(4), e62979.

Zhao, Q. B., Zhou, Z. J., Xu, H. B., Fan, W. L., & Han, L. (2014). Neural pathway in the right hemisphere underlies verbal insight problem solving. *Neuroscience*, *256*, 334–341.

An ERP Study on the Time Course of Pictorial Novelty Processing

Wang Botao¹, Duan Haijun¹, Tang Xuemei^{1,3}, Zhang Huan¹, Hu Weiping^{1,2}

(¹ MOE Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

(² Collaborative Innovation Center of Assessment toward Basic Education Quality, Beijing, 100875)

(³ Foreign Languages College, Anhui Polytechnic University, Wuhu, 241000)

Abstract Novelty processing is a process that individuals perceive and recognize the novelty of given products or ideas. Many theories about creativity hold that novelty processing is one of the key factors in the structural and multiple studies of creativity and have found a significantly positive correlation between novelty processing and creativity. It is undeniable that novelty processing is useful for detecting creative information and facilitating highly creative performance. This process has gradually attracted researchers' attention. Some researchers have also studied the neural correlates of this process in greater detail.

Researchers have previously investigated the neural correlates of the spatial dimension of novelty processing and identified brain activation patterns by using functional magnetic resonance imaging (fMRI) techniques. For instance, the previous studies found not only that novelty processing was associated with object identification (fusiform cortex), working memory (prefrontal cortex), and spatial attention (parietal cortex) but also that the left precuneus was associated with the integration of unusual features of novel objects, while the right visual cortex was sensitive to the detection of such features. However, due to the limitation of low temporal resolution, those brain imaging results were unable to depict the relationships between the cognitive activities involved in novelty processing. There is also an open question about the temporal dynamics for our brain to realize the novel attribution of the picture stimulus. Does it begin with the perception? To overcome these shortages, the present study used event-related potentials (ERPs) to explore the temporal dimension of novel object processing by collecting the time course data of this process.

The present study collected the time course data during the processing of novel pictures by Event-related potentials (ERPs) due to its excellent temporal resolution. Based on the findings of a previous study and the definition of novelty, whereby novelty was assumed to come from the combination of the existing concepts or features, novel stimuli in this study were constructed by combining different features of the existing non-novel objects (e.g., "the bird body has an elephant head"). At the same time, to ensure that novel objects could be processed effectively by individuals and that the experiment could encompass the entire process, we used a novelty telling and judging task, which not only required participants to perceive the stimuli but also asked them to judge whether the presented stimuli were novel, based on their own comprehension. Twenty-five junior undergraduates (12 male, 13 female, average age 20.7) participated as paid volunteers.

The behavior results showed that the participants spent more time evaluating the novel materials than they did on the non-novel ones. Scalp ERPs analysis revealed that although novel and non-novel pictures were elicited anterior N190–340, their amplitudes had no significant differences in statistics, which might suggest that individuals could not distinguish those two types of stimuli at the early perception stage for object features recognition. However, novel image elicited a more positive ERP deflection than non-novel ones did between 400–600ms (P400–600) with the right centro-parietal scalp distribution, which might reflect the process of representing the novelty in the working memory and might suggest that processing the novel pictures could upload the capacity for work memory. Later, novel objects elicited a more positive ERP deflection (LPC) than non-novel ones did between 600 and 1000ms with the right anterior-central scalp distribution, which might reflect the process for participants to classify the stimuli and prepare to respond. Those results might suggest that processing novel pictures were more complex which happened after the early perception stage and involved the integration of object features and working memory encoding. The novelty processing showed the right lateralization of the brain.

Key words creativity, novelty processing, image processing, Event-related potentials