

The Cognitive and Neural Mechanisms Underlying Event-Based Prospective Memory

Qi Wang¹, Weiyan Ding², Lei Zhang², Guoliang Chen^{2*}

¹Outpatient Department, No. 92301 Section of PLA, Beijing

²The 215th Hospital of PLA, Dalian Liaoning

Email: ^{*}chenguoliangsmmu@126.com

Received: Sep. 2nd, 2018; accepted: Sep. 18th, 2018; published: Sep. 25th, 2018

Abstract

Objective: To study the process mechanisms underlying Event-based Prospective Memory toward event related potentials (ERPs) in healthy subjects. **Methods:** Event-related brain potentials (ERPs) were recorded from 20 healthy post graduate during an event-based PM paradigm. On ongoing activity trials, a Chinese word in green was presented. The participants' task was to decide which category the word in green belongs to. In the PM task, the participants were asked to press corresponding button when a word in blue was presented. The RT and Accuracy were recorded automatically. **Results:** The average amplitude of the N300 is more negative in PM task than that in ongoing activity in the occipital region ($F(1,19) = 215.44, p < 0.001$). The average amplitude of prospective positive is higher in PM task than that in ongoing activity ($F(1,19) = 215.44, p < 0.001$). **Conclusions:** The N300, a component of the ERPs related to PM cue detection. Prospective positivity, a component of the ERPs related to PM intention retrieval.

Keywords

Event-Based PM Paradigm, ERPs, N300, Prospective Positivity

事件性前瞻记忆加工的认知神经机制

王琦¹, 丁伟艳², 张磊², 陈国良^{2*}

¹中国人民解放军第92301部队机关门诊部, 北京

²中国人民解放军第215医院, 辽宁 大连

*通讯作者。

Email: chenguoliangsmmu@126.com

收稿日期: 2018年9月2日; 录用日期: 2018年9月18日; 发布日期: 2018年9月25日

摘要

目的: 运用事件相关电位技术研究正常成人事件性前瞻记忆的加工机制。方法: 研究对象为20名高校在读研究生, 实验任务为双任务范式, 分为正在进行的任务(Ongoing task)与前瞻任务(PM task)。系统自动记录被试的反应时及正确率, Neuroscan 32导脑电仪同时记录其脑电特征。结果: 前瞻性任务较正在进行的任务在枕区诱发更大的N300($F(1,19) = 215.44, p < 0.001$); 前瞻性任务较正在进行的任务诱发更大的前瞻性正波($F(1,19) = 215.44, p < 0.001$)。结论: 前瞻任务诱发了两种特异性的ERPs成分: N300和前瞻性正波, N300反映了对前瞻线索的察觉, 前瞻性正波反映了计划提取后的加工过程。

关键词

事件性前瞻记忆, 事件相关电位, N300, 前瞻性正波

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

前瞻记忆(Prospective Memory, PM)是指对将来要完成的活动或者事件的记忆, 是指向未来的记忆, 被认为是情景记忆的一个重要方面(Brandimonte, Einstein, & McDaniel, 2014)。比如, 上午 10 点把垃圾丢在垃圾桶或者看到邮筒邮寄一封信。前瞻记忆分为事件性前瞻记忆(Event-based PM, EBPM)和时间性前瞻记忆(Time-based PM, TBPM), 前者是指记住看到目标事件或者靶线索时要去某事; 后者指意向行为在将来某个时间点或者某个时间段执行完成(Kliegel & McDaniel, 2008)前瞻记忆是相对于回溯记忆提出的, 以往的大多数研究主要关注回溯记忆, 而日常生活中的记忆失败有 50%~70%均属于前瞻记忆失败, 前瞻记忆对于维持我们正常的生活起着重要的作用, 因此对前瞻记忆的研究尤为重要(Kvavilashvili, Messer, & Ebdon, 2001)。

目前国内外有不少研究探讨前瞻记忆的行为学特征, 对前瞻记忆的神经机制研究较少, 国内对前瞻记忆的神经机制研究尤为缺乏。事件相关电位(Event-related brain Potentials, ERPs)具有高时间分辨率特点, 可以帮助我们进一步精细的了解认知加工过程所涉及的神经活动, 而事件性前瞻记忆可以对事件发生的起点做准确的标记, 因此本研究采用事 ERPs 研究事件性前瞻记忆的神经机制, 主要聚焦于对事件性前瞻记忆所诱发的 ERPs 成分的识别及所激活的脑区, 并且确定这些成分所代表的意义。

2. 对象与方法

2.1. 实验对象

被试为高校在读研究生 20 名, 其中男性 12 例, 女性 8 例, 年龄 20~25 岁, 均为右利手, 无生理或精神方面疾患, 视力或矫正视力正常。自愿参加本项研究, 实验后给予适当报酬。受试者知情同意并签

署知情同意书, 本研究经中国人民解放军第二一五医院伦理委员会批准。

2.2. 方法

2.2.1. 事件相关前瞻记忆任务

本研究所采用的实验范式为双任务实验范式, 在既往的研究中使用(Zhuo et al., 2013)。正在进行的任务为一个简单的分类任务, 即一个绿色的词出现在计算机屏幕中央, 而 4 个不同的黑色的词(动物, 植物, 商品和人)显示在屏幕的中央下方。参与者的任务是决定绿色的词属于哪一类。前瞻记忆任务的靶线索为蓝色, 即字词以蓝色书写时, 不是对呈现的字词进行归类, 而是按特定的键进行反应。一共有 1000 个 trial, 共分为 10 block。每个 block 包括 94 个正在进行的任务(Ongoing task)和 6 次前瞻记忆任务(Prospective task, PM)。实验任务过程中词汇在屏幕中央显示被试需要在最大 4000 ms 内作出反应。在反应结束后, 500~800 ms 的随机间隔。PM 任务随机穿插在每个 block 中。在实验任务开始前, 所有被试进行了一个练习以保证其了解指令, 练习模块包含 20 个正在进行的任务和 3 个前瞻任务。

2.2.2. 刺激材料

从小学语文课本和阅读材料(人民教育出版社)中选出, 各类词汇熟悉程度相匹配, 词汇包括 4 类(动物, 植物, 商品和人)。共有 500 个单词, 每一类包含 125 个单词, 在每一个 block 中, 每类 25 个词被随机选出。

2.2.3. ERPs 数据记录与分析

EEG 记录使用美国 NeuroScan 32 导(FP1、FP2、F3、F4、FC3、FZ、FCZ、FC4、C3、C4、CZ、CP3、CPZ、CP4、P3、PZ、P4、F7、F8、FT7、FT8、T3、T4、T5、T6、TP7、TP8、O1、O2、OZ)放在标准的位置覆盖整个头皮(扩展国际 10-20 系统)。参考电极贴在右侧乳突(A2), 接地电极置于前额。两根电极放置左眼眶上方与下方, 用以记录垂直眼电; 在左、右眼角外侧 1.5 cm 处各放置一根电极记录水平眼电, 头皮电极阻抗降至 5 K Ω 以下。记录带宽为 0.05~100 Hz, 采样率为 1000 Hz。离线数据分析利用 eeglab (Delorme & Makeig, 2004)和 erplab (Lopez-Calderon & Luck, 2014)工具包。以双侧乳突(A1 和 A2)作参考, 利用 eeglab 独立成分分析(ICA)功能实现伪迹校正。分析时程(epoch)为刺激前 200 ms 至刺激后 1000 ms, 基线校正为刺激前 200 ms, 将超过 $\pm 75 \mu\text{V}$ 的数据作为伪迹剔除, 只对正确反应的 EEG 进行叠加平均后的脑电数据进行低通道 30 Hz 的滤波处理。

2.2.4. 统计方法

实验为被试内设计, 运用单因素两水平(正在进行的任务与前瞻记忆任务)重复测量设计, 运用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析。以 $p < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 行为学结果

行为学数据中剔除错误反应及极端反应数据(大于或小于 2 倍标准差) (Fehr, Wiedenmann, & Herrmann, 2006), 结果见表 1。反应时存在刺激类别的主效应 $F(1,38) = 25.35, p < 0.001$, 即 Ongoing 任务较 PM 任务更慢; 正确率不存在刺激类别的主效应 $F(1,38) = 2.74, p > 0.05$ (图 1)。

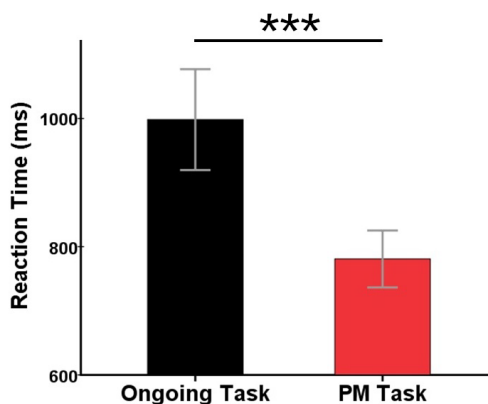
3.2. ERPs 结果

参照既往研究结合本研究平均图(Chen et al., 2015)分别以 275~325 ms 和 475~525 ms 作为测量 N300 及前瞻性正波平均幅值的时间窗口, 对测量结果分别进行重复测量方差分析。

Table 1. Accuracy (%) and response time (ms) under two conditions**表 1.** 两种任务条件下反应时(ms)及正确率(%)

	Ongoing Task	PM Task	F	p
反应时	998.2 (37.58)	780.88 (21.22)	25.35	<0.001
正确率	96.85(9.52)	93.95 (1.47)	2.74	0.11

注：括弧内为标准差。

**Figure 1.** The comparison of reaction time**图 1.** 反应时的比较

3.2.1. N300

存在刺激类别主效应 $F(1,19) = 215.44, p < 0.001$ ，较 Ongoing 任务相比，PM 任务诱发的 N300 幅值更大(图 2)。存在左右半球的主效应 $F(2,38) = 89.24, p < 0.05$ ，N300 幅值在 O_z 较 O_1 、 O_2 幅值更大。此外，存在刺激类别与半球的交互作用 $F(2,38) = 4.13, p < 0.05$ ，事后分析表明：Ongoing 任务条件下， O_z 较 O_1 、 O_2 幅值更大；而 PM 任务条件下，半球之间无统计学差异。

3.2.2. 前瞻性正波

存在刺激类别的主效应 $F(1,19) = 215.44, p < 0.001$ ，较 Ongoing 任务相比，PM 任务诱发的前瞻性正波幅值更大(图 3)；存在脑区的主效应 $F(2,38) = 15.77, p < 0.001$ ，前瞻性正波的幅值在中央区及顶区较额叶更大；此外存在大脑半球的主效应 $F(2,38) = 11.51, p < 0.001$ ，前瞻性正波幅值在中央区位置高于左右半球；刺激类别与脑区之间存在交互作用 $F(2,38) = 8.25, p < 0.001$ ，刺激类别与大脑半球之间存在交互作用 $F(2,38) = 28.47, p < 0.001$ ，进一步分析结果显示：PM 任务下诱发的前瞻性正波幅值最大的分布区域为中央区及顶区(图 4)。

4. 讨论

本研究中两种任务的正确率无统计学差异，而正在进行的任务反应时较前瞻记忆任务反应时长，可能与正在进行任务较前瞻记忆任务难度稍大有关系。

本研究中 ERPs 结果发现：前瞻线索呈现 250~350 ms 存在一个负走向的波，该成分定义为 N300，该成分主要分布在枕区，反应了对前瞻线索的觉察。这与 West 等研究结果一致(West, 2011)。N300 在时程和形态上与 N2 相似，但是其所代表的心理学意义完全不同。N2 成分为目标刺激显著的知觉特征所诱发(魏景汉&罗跃嘉, 2002)；N300 所反映的是前瞻记忆任务中被试对靶线索的觉察。West 在既往实验中讨论了 N300 与 N2 的差别(West, Herndon, & Crewdson, 2001)，实验分为前后两部分，在前半部分，只要求

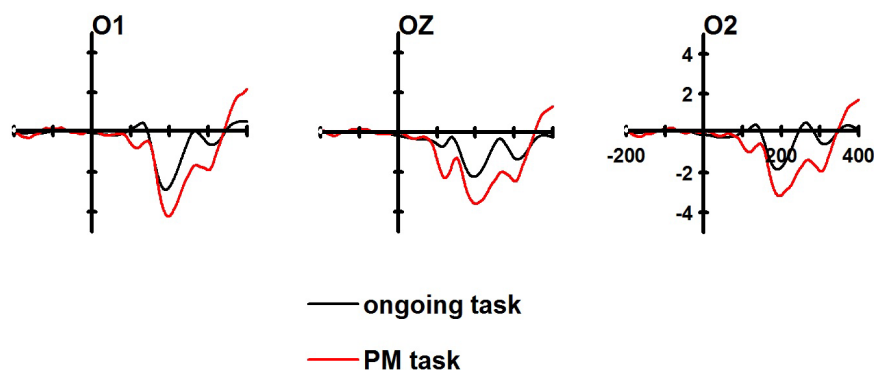


Figure 2. The N300 over the occipital region (O1/Oz/O2) for PM and ongoing trials
图 2. PM 及 Ongoing 任务在枕区(O1/Oz/O2)诱发的 N300 波形

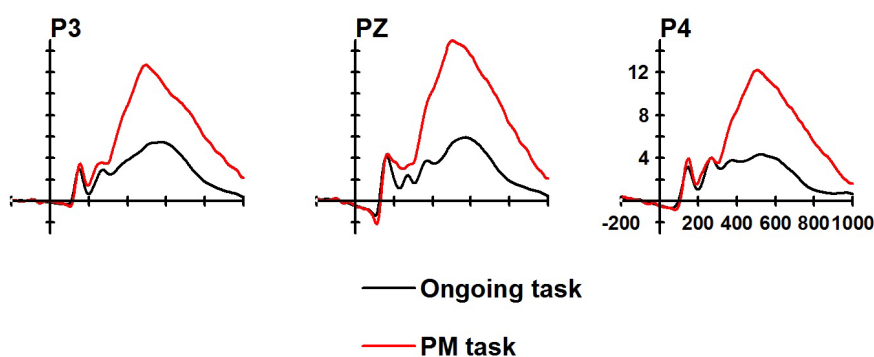


Figure 3. The prospective positivity over the parietal region (P3/Pz/P4) for PM and ongoing trials

图 3. PM 及 Ongoing 任务在顶区(P3/Pz/P4)诱发的前瞻性正波

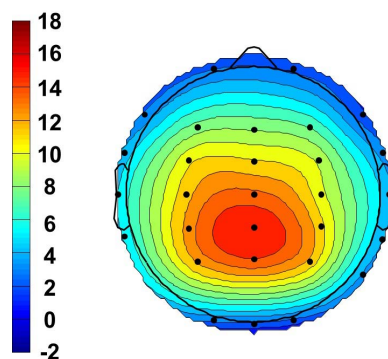


Figure 4. Topographical voltage distributions within 475 - 525 ms centered on the peak of prospective positivity elicited by PM trials

图 4. PM 任务在 475~525 ms 下前瞻性正波峰值的脑电地形图

被试进行语义相关判断，而忽略靶线索；在后半部分，要求被试在进行语义相关判断任务的同时遇到靶线索进行前瞻记忆任务。结果发现：左半球，前后两部分实验所出现的 N300 没有显著差异，反应的是对靶线索的知觉特征的加工，其心理学意义与 N2 成分相似；而在右半球，实验后半部分所出现的 N300 是不同于 N2 的一种成分，反映了前瞻记忆任务中对靶线索的觉察，具有特异性。

前瞻线索呈现 400~800 ms 后存在一明显正波, 该成分定义为前瞻性正波; 脑电地形图结果显示, 前瞻性任务所诱发的前瞻性正波更多地激活中央区与顶区, 与 West 研究结果较为一致(West & Covell, 2001); 前瞻性正波与 P300 成分在脑区分布和形态上也是极为相似; P300 是较早发现的内源性成分, 主要与人在从事某一任务时的认知活动如注意、辨别及工作记忆等有关(魏景汉&罗跃嘉, 2002); West 在既往的研究中比较前瞻性正波与 P300 的差异(West, Bowry, & Krompinger, 2006), 实验要求被试在进行 N-back 任务的同时遇到靶线索进行前瞻记忆任务, 结果发现: N-back 任务所诱发的 P300 成分幅值受 N-back 任务负载的影响; 而前瞻性正波的振幅不受 N-back 任务负载的影响。这表明前瞻性正波是不同于 P300 成分的一种 ERP 成分, 反应了计划提取后的加工过程, 具有特异性。

前瞻记忆的认知加工机制一直以来都是争论焦点, 到目前为止还没有形成一致的看法(Cruz, Miyakoshi, Makeig, Kilborn, & Evans, 2016)。一些行为学研究认为前瞻记忆提取在很大程度上是自动加工的过程, 当靶线索出现时会自动进入意识中(Einstein & McDaniel, 1990)。更多的脑电、功能性核磁等研究更倾向于前瞻记忆是主动的、策略的加工过程, 注意资源可能不断地用于监控与前瞻记忆活动有关的目标事件出现; 执行注意系统可能定期扫描前瞻记忆活动以保持线索—活动的激活(Smith & Bayen, 2004)。总之, 前瞻记忆的加工过程是一个复杂的过程, 可能即包括自动加工的过程也包括策略加工的过程, 至于何时依赖自动加工过程何时依赖于策略加工过程, 则取决于前瞻记忆任务的重要性、靶线索与进行中任务的性质、个体差异等多种因素。

基金项目

全军医学科技青年培育项目(14QNP006)。

参考文献

- 魏景汉, 罗跃嘉(2002). *认知事件相关脑电位教程*. 北京: 经济日报出版社.
- Brandimonte, M. A., Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2014). *Prospective Memory: Theory and Applications*. New York, NY: Psychology Press.
- Chen, G., Zhang, L., Ding, W., Zhou, R., Xu, P., Lu, S., Cui, H. et al. (2015). Event-Related Brain Potential Correlates of Prospective Memory in Symptomatically Remitted Male Patients with Schizophrenia. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 262. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00262>
- Cruz, G., Miyakoshi, M., Makeig, S., Kilborn, K., & Evans, J. (2016). ERPs and Their Brain Sources in Perceptual and Conceptual Prospective Memory Tasks: Commonalities and Differences between the Two Tasks. *Neuropsychologia*, 91, 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.08.005>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An Open Source Toolbox for Analysis of Single-Trial EEG Dynamics including Independent Component Analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal Aging and Prospective Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 717-726. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.4.717>
- Fehr, T., Wiedenmann, P., & Herrmann, M. (2006). Nicotine Stroop and Addiction Memory—An ERP Study. *International Journal of Psychophysiology Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 62, 224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.01.011>
- Kliegel, M., & McDaniel, M. A. (2008). *Prospective Memory: Cognitive, Neuroscience, Developmental, and Applied Perspectives*. New York, London: Taylor & Francis.
- Kvavilashvili, L., Messer, D. J., & Ebdon, P. (2001). Prospective Memory in Children: The Effects of Age and Task Interruption. *Developmental Psychology*, 37, 418-430. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.3.418>
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: An Open-Source Toolbox for the Analysis of Event-Related Potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 213. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00213>
- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2004). A Multinomial Model of Event-Based Prospective Memory. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 30, 756. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.756>

- West, R. (2011). The Temporal Dynamics of Prospective Memory: A Review of the ERP and Prospective Memory Literature. *Neuropsychologia*, 49, 2233-2245. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.028>
- West, R., Bowry, R., & Kropfing, J. (2006). The Effects of Working Memory Demands on the Neural Correlates of Prospective Memory. *Neuropsychologia*, 44, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.003>
- West, R., & Covell, E. (2001). Effects of Aging on Event-Related Neural Activity Related to Prospective Memory. *Neuroreport*, 12, 2855-2858. <https://doi.org/10.1097/00001756-200109170-00020>
- West, R., Herndon, R. W., & Crewdson, S. J. (2001). Neural Activity Associated with the Realization of a Delayed Intention. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 12, 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(01\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(01)00014-3)
- Zhuo, K., Lu, Y., Yang, Z., Fan, X., Song, Z., Liao, L., Liu, D. et al. (2013). Prospective Memory Performance in Patients with Drug-Naive, First-Episode Psychosis. *Schizophrenia Research*, 143, 285-290. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2012.12.002>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7273, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ap@hanspub.org