

# 自然数码奇象记忆法记忆复杂数字的神经机制\*

邹维兴<sup>1,2</sup>, 王洪礼<sup>1,2</sup>, 刘国艳<sup>2</sup>, 唐丹丹<sup>3</sup>, 熊敏<sup>2</sup>

(1. 兴义民族师范学院, 兴义 562400; 2. 贵州师范大学心理学院, 贵阳 550025; 3. 遵义师范学院, 遵义 563006)

**摘要:**本研究采用学习-再认范式和复杂数字记忆材料, 考察自然数码奇象记忆法相对于机械记忆法在记忆提取上的优势及神经机制。行为结果表明, 自然数码奇象记忆法比机械记忆法的再认准确率更高。事件相关电位分析结果显示, 再认提取阶段奇象记忆条件下诱发的 N400 和 N700 波幅显著更低, 这说明奇象记忆提取更容易。在自然数码奇象记忆条件下, 正确再认旧数字诱发的前额区、左顶枕叶区及中顶枕叶区 N700 成分与使用自然数码奇象记忆有关。本研究表明, 采用自然数码奇象记忆可以减少或跨越语义加工, 从而提高个体对材料的记忆效率。

**关键词:**事件相关电位; 自然数码奇象记忆; 复杂数字; N400; N700

**中图分类号:** B842.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-5184(2021)04-0331-07

## 1 引言

记忆是心理学研究的重要领域, 如何提升记忆效率是其中的热门课题之一。近年来, 关于记忆术的研究受到了越来越多的重视, 其中, 采用奇象记忆法记忆复杂数字被认为能显著提升记忆效果(王洪礼, 2007; 王洪礼, 骆婧, 李京花, 刘红, 2008; 骆婧, 王洪礼, 2008)。奇象记忆是指为了达到良好记忆效果而主动地有意制造记忆材料间的事物奇象、谐音奇象去进行奇幻联想记忆的方法, 要求记忆事物的奇幻联想尽量奇特, 以便能形成自己牢牢记住的奇幻形像(王洪礼等, 2011)。自然数码奇象记忆法即数序形象挂钩法(MMOASAPMI)(王洪礼, 1990), 是奇象记忆自古希腊产生以来, 由我国学者运用“三思再反思思维模式”(TMTTRT)创造的较“位置法”(定位法)更优越的高效率记忆法(王洪礼, 2007)。研究发现, 此法对记忆圆周率数字、英文句子、化学元素名称等材料具有显著提升效果(骆婧, 王洪礼, 2008; 王洪礼, 李京花, 骆婧, 刘红, 2007; 李京华, 王洪礼, 2008)。进一步研究发现, 与机械记忆相比, 自然数码奇象记忆在高于表象加工的基础上更具优势, 即采用自然数码奇象记忆法时, 个体减弱了语义加工, 而很大程度上增强了奇异的想象加工。

虽然已有研究表明, 采用自然数码奇象记忆法能使正确记忆保持率、保持时间成倍增加(王洪礼, 2016), 但现有研究没有阐明采用自然数码奇象记忆法记忆复杂数字时能显著提升记忆效果的神经机

制。因此, 采用事件相关电位(event-related potentials, ERPs)技术能考察健康被试运用自然数码奇象记忆法记忆复杂数字的神经机制。

以往对记忆提取阶段的研究主要采用学习-再认范式, 而再认阶段的 ERP 研究重点考察个体再认提取新旧项目时所诱发的 ERP 成分, 称为新旧效应(郭春彦, 高传吉, 李兵兵, 2013)。该效应主要涉及 N400 和 N700 成分, 同时双加工理论模型认为再认包含回想和熟悉性两种加工(Mandler, 1980)。根据双加工模型, N400 与熟悉性加工相关, 主要在早期额区的新旧效应上表现出差异; 而 N700 与回想加工相关, 主要在晚期顶区的新旧效应存在差异(Rugg & Curran, 2007)。另外也有研究认为 N400 的波幅通常与语义内容有关(Kutas & Van Petten, 1988), N400 波幅在中央顶区达到最大, 且右半球的波幅比左半球的波幅稍大(Kutas & Federmeier, 2011)。就 N700 而言, West 和 Holcomb(2000)发现 N700 成分在头皮前中部激活最大, 并且与图像加工任务相关。有研究还表明, 使用奇象记忆法记忆抽象词时诱发的 N700 比记忆具体词更负, 表明奇象记忆可能影响到个体对语义的加工, 且个体对抽象词进行奇象记忆时, 可能涉及到更多的语义加工(王洪礼等, 2017)。这说明在使用奇象记忆时, 不管是从熟悉度还是从表象加工角度看, 脑电位的 N400 和 N700 成分在提取再认加工阶段都可能与机械记忆表现出不一样的特点。

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目(31360248)。

通讯作者: 王洪礼, E-mail: hongliw@126.com。

虽然已有研究发现了奇象记忆与机械记忆在记忆复杂数字时正确记忆的保持率很高,并且提取阶段一直保持快速高效的特点(骆婧,王洪礼,2008;王洪礼,骆婧,李京花,刘红,2008),但是以往研究并不清楚自然数码奇象记忆与机械记忆相比,在记忆复杂数字对时在提取再认阶段有何神经机制上的差异。因此,拟采用事件相关电位技术结合再认提取范式,考察自然数码奇象记忆与机械记忆在大脑对识记的数字对信息进行提取再认时的新旧效应神经机制差异,研究假设为奇象记忆与机械记忆在记忆提取再认阶段,N400和N700 ERP成分的新旧效应上存在显著差异。对这一问题的探讨将有助于揭示奇象记忆法提升记忆效果的神经机制,从而为更好地运用该方法来提升记忆效果提供实证证据。

## 2 研究方法

### 2.1 被试

本研究共招募到参与正式实验的中职生被试共30名,由于后期ERP数据叠加处理等操作筛选了不符合要求的被试5名,因此最终得到有效数据分析的被试为25名(其中,19名女生),平均年龄为17.5岁。所有被试右利手、视力或矫正视力正常,随机分配到实验组(奇象记忆法)12人和控制组(机械记忆法)13人。实验完成后给被试一定报酬,所有被试在确认参与前均签署了知情同意书。

### 2.2 实验材料

#### 2.2.1 识记阶段材料

实验组的识记材料为60组配对正确的圆周率数字,且每组的2位圆周率数字与相应数序图片捆绑,即每组圆周率数字对与对应的奇象图片作为一个整体刺激同时出现。控制组的识记材料同样为60组配对正确的圆周率数字,但每组2位圆周率数字是与对应的数序数字配对,如:1~92、2~65。

#### 2.2.2 再认阶段材料

实验组与控制组在正式实验再认阶段使用的实验材料和程序相同,即采用90组配对错误的圆周率数字对,如:1~27、2~49等,这90组数字在识记阶段没有出现过,作为新刺激项目;此外仍然是60组配对正确的圆周率数字,均在识记阶段学习过,且均为数字呈现,并作为旧刺激项目,新旧刺激材料项目共150组。

### 2.3 实验程序

整个实验研究包括培训阶段、巩固阶段和正式实验阶段。首先对两组被试分别进行不同记忆方法使用的培训,达到培训效果后要求被试在接下来的

三天中每天巩固一小时,三天巩固结束后被试再进入实验室进行正式实验。

#### 2.3.1 方法培训阶段

实验组采用奇象记忆法进行识记培训,要求被试按指定的自然数码奇象记忆法进行识记练习,每3~4人为一组进行培训。首先对自然数码奇象记忆法做一个大概的介绍,再在PPT上呈现1~60的自然数码数序形象挂钩图像,并要求被试记牢1~60对应的数序奇象,数序如:1-笔,2-鸭子...12-鸭杆等(王洪礼等,2011),记忆的方法主要是使用自然数码奇象去主动与要记住的复杂数字进行事物奇象与谐音奇象的奇幻联想。被试将1~60的数序形象挂钩记住后,培训人员再呈现1~60的数序形象挂钩与对应的60组两位圆周率数字形成的数字对奇象图片,并要求被试按培训的方法进行识记。比如,识记第1组圆周率数字对1~92时,1对应的自然数码数序奇象是“笔”,92的谐音奇象是“狗儿”(小狗),相对应的自然数码奇象记忆图片是“用笔画狗儿”。在培训期间,让被试全部通过1~60的自然数码奇象图片来记住相对应的60组圆周率数字,练习时间2小时。培训结束后,培训人员给被试一份与自然数码奇象记忆练习相同的纸质培训材料,让被试利用自己的空余时间继续每天巩固1小时,3天后进行正式实验。

控制组采用机械记忆方法进行识记培训,要求控制组被试对1至60组配对正确的圆周率数字进行简单不断反复的机械重复识记直至记住,在识记过程中,呈现各组数字对如1~92、2~65、3~35等,被试不能只记住序号后面的92、65、38,要求同时分别记住数字对前面配对的数序。培训时间2小时,练习结束后,培训人员再给被试一份与练习内容相同的纸质培训材料,让被试利用自己的空余时间继续每天巩固1小时,3天后进行正式实验。

#### 2.3.2 正式实验流程

正式实验流程分为识记、干扰和再认三个阶段。在识记阶段,首先呈现500ms注视点,再呈现正确的圆周率数字对,要求不同组被试采用对应的记忆方法进行识记巩固,即要求实验组被试用自然数码奇象记忆法巩固识记数字对,控制组被试则要求其用机械记忆法去巩固记忆对。记住后按P键呈现 $1900 \pm 200ms$ 空白屏,然后进入下一个试次。识记阶段分为三个block,每个block有20个正确的数字对刺激项目,当被试识记完60个正确刺激项目后,即进入下一个阶段。干扰阶段要求被试对屏幕

上出现的数字进行连续减3的运算,并将计算的结果进行口头报告。最后进行再认判断,再认阶段分为三个block,每个block由50个刺激项目组成,包括20个旧项目(即在识记阶段出现过)和30个新项目(即没在识记阶段中出现过)。刺激在屏幕中央依次随机出现,若屏幕中央出现的是旧项目就按

“F”键,反之,就按“J”键。其中,注视点的时间为500ms,注视点后有一个空屏,空屏呈现时间为1000ms,然后呈现数字对刺激。在被试反应后刺激呈现结束进入下一个空屏,第二个空屏为缓冲屏,呈现时间 $1900 \pm 200ms$ 。具体实验流程见图1。

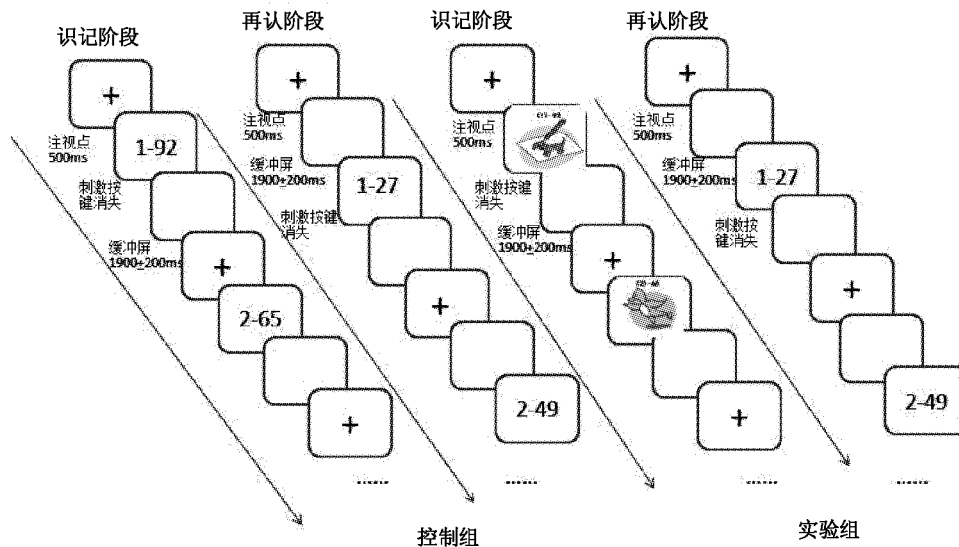


图1 具体实验流程图

## 2.4 ERPs记录及数据分析

使用NeuroScan公司生产的ESI-64导脑电记录分析系统以及Ag/AgCl电极帽作为实验仪器,连续记录被试在识记阶段及提取阶段的脑电。A/D采样率为1000Hz,滤波带通为0.05Hz~100Hz,电极与头皮接触电阻均小于5KΩ。

将所有被试在再认阶段的反应结果分为正确判断了旧数字对、正确判断了新数字对、错误判断了新数字对、错误判断了旧数字对四类进行统计分析。根据研究假设,在剔除错误反应试次后,将正确判断旧数字对和正确判断新数字对的EEG进行叠加,分别得到实验组和控制组正确判断新数字对和旧数字对共4类ERPs波形。对收集到的脑电记录叠加平均进行离线处理,且排除伴有眨眼、肌电等伪迹的数据。ERPs的观察窗为-200~1200ms,以数字对刺激项目出现为标记,刺激出现前200ms作为基线进行校正,并且波幅大于±80V就会被视为伪迹而自动剔除。根据已有研究者的研究(Bosch, Mecklinger, & Friederici, 2001; 王洪礼等, 2017),共选取12个脑区进行统计分析,包括左前额区(FP1)、中前额区(FPz)、右前额区(FP2)、左前额-中央区(FC3)、中前额-中央区(FCz)、右前额-中央区(FC4)、左中央顶叶区(CP3)、中央-顶叶区(CPz)、

右中央-顶叶区(CP4)、左顶枕叶区(PO3)及中顶-枕叶区(POz)及右顶枕叶区(PO4)。

对N400及N700的波幅进行三因素重复测量方差分析,其中记忆方法(两个水平:自然数码奇象记忆、机械记忆)为组间变量,正确再认材料类型(两个水平:新数字对、旧数字对)和脑区(12个)为组内变量,并使用Greenhouse-Geiss法校正p值。

## 3 研究结果

### 3.1 行为结果

将实验结果的击中数与正确拒绝数相加后再除以刺激的总数得到P(A)值,本研究中实验组(奇象记忆方法组)的 $P(A) = 0.85$ ,控制组(机械记忆方法组)的 $P(A) = 0.79$ ,两组被试的P(A)均大于0.5(王恩国, 2010),说明本实验的行为反应结果是可信的。

根据提取阶段的新旧判断再认范式,将击中率、虚报率和校正击中率(击中率-虚报率)作为记忆质量的分析指标(肖红蕊, 龚先旻, 王大华, 2014)。统计分析得到实验组的平均击中率和虚报率分别为0.85和0.10,校正击中率的平均差值为 $0.75 \pm 0.11$ (均值±标准差,下同);控制组的平均击中率和虚报率分别为0.78和0.22,校正击中率的平均差值 $0.56 \pm 0.12$ 。

独立样本  $t$  检验表明, 实验组 ( $0.85 \pm 0.07$ ) 和控制组 ( $0.79 \pm 0.08$ ) 对再认刺激的正确率差异显著,  $t = 2.123, p < 0.05, \text{Cohen's } d = 0.85$ 。

### 3.2 ERPs 结果

#### 3.2.1 N400

关于 N400 的波幅 ( $300 - 500\text{ms}$ ), 记忆方法、再认材料类型 (新旧数字对) 和脑区的主效应均显著 ( $F(1, 23) = 8.40, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.27; F(1, 23) = 29.82, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.57; F(11, 253) = 4.74, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.17$ )。具体为机械记忆方法下诱发的 N400 负波波幅显著大于奇象记忆方法下诱发的 N400 ( $p < 0.001$ )。旧数字对所诱发的 N400 负波波幅显著小于新数字对诱发的 ( $p < 0.001$ )。右前额区 FP2 所诱发的 N400 负波波幅均显著小于左前额 - 中央区 FC3、右前额区 FP2、中顶 - 枕叶区 POz、右顶枕叶区 PO4 所诱发的 N400 ( $p < 0.05$ ); 左前额中央区 FC3 及右前额中央区 FC4 的波幅比左顶枕叶区 PO3 的波幅更负 ( $p < 0.001$ )。

同时记忆方法与新旧数字对交互作用显著,  $F(11, 23) = 7.84, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.25$ 。简单效应检验表明, 在机械记忆条件下, 新数字对诱发的 N400 显著大于旧数字对 ( $p < 0.05$ ); 但在自然数码奇象记忆条件下, 新旧数字对诱发的 N400 差异不显著 ( $p = 0.078$ )。

另外脑区与新旧数字对交互作用显著,  $F(11, 253) = 16.52, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.42$ 。简单效应分析发现, 右前额 FP2、左顶枕叶 PO3 及左前额中央区 FP1、中顶枕叶区 POz 的新数字对所诱发的 N400 显著高于旧数字对所诱发的负波波幅 ( $p < 0.01$ )。在中央顶叶区 CPz 的旧数字对所诱发的 N400 显著高于新数字对所诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ )。三因素交互作用不显著 ( $p > 0.05$ )。

#### 3.2.2 N700

关于 N700 波幅 ( $500 - 800\text{ms}$ ), 记忆方法主效应显著  $F(1, 23) = 7.76, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.25$ 。机械记忆在提取再认阶段诱发的 N700 波幅显著高于奇象记忆法所诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ )。新旧数字对主效应显著,  $F(1, 23) = 11.12, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.33$ 。新数字对所诱发的 N700 波幅比旧数字对诱发的负波更负 ( $p < 0.05$ )。脑区的主效应显著  $F(11, 253) = 12.27, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.35$ 。右中央顶叶区 CPz 所诱发的负波波幅显著低于中顶枕叶区

POz、右顶枕叶区 PO4 所诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ ); 左前额中央区 FC3 所诱发的 N700 负波波幅显著高于右前额区 FP2、右中央顶叶区 CP4、左顶枕叶区 PO3 所诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ ); 右前额中央区 FC4 所诱发的 N700 负波波幅显著高于中前额 FPz、右前额区 FP2 及左 CP3、右中央顶叶 CP4 所诱发的负波 ( $p < 0.05$ )。

记忆方法与新旧数字对交互作用显著,  $F(11, 23) = 5.14, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.18$ 。简单效应检验显示, 在自然数码奇象记忆条件下, 新、旧数字对所诱发的 N700 负波波幅差异不显著 ( $p > 0.1$ ); 而在机械记忆条件下, 新数字对诱发的 N700 负波波幅显著高于旧数字对诱发的负波 ( $p < 0.05$ )。

脑区与新旧数字对交互作用显著,  $F(11, 253) = 17.94, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.44$ 。简单效应分析得到在左半球的左前额区 FP1、左中央顶叶区 CP3 的新数字对所诱发的负波波幅比旧数字对所诱发的负波波幅更小 ( $p < 0.05$ ); 另外左顶枕叶区 PO3、前额中央区 FPz 以及中顶枕叶区 POz 等区域内均表现出新数字对所诱发的 N700 负波波幅比旧数字对诱发的波幅更大 ( $p < 0.01$ )。

脑区、新旧数字对及记忆方法的交互作用显著,  $F(11, 253) = 3.04, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.12$ 。简单效应检验表明, 在旧数字对条件下, 在中前额区 FPz、右前额区 FP2, 自然数码奇象记忆所诱发的 N700 负波波幅显著低于机械记忆所诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ )。在新数字对条件下, 在左顶枕叶区 PO3 及中顶枕叶区 POz 内, 机械记忆所诱发的 N700 波幅比奇象记忆诱发的波幅更为负走向 ( $p < 0.05$ )。

在机械记忆条件下, 中前额中央区 FCz、左中央顶叶区 CP3 旧数字对诱发的 N700 负波波幅显著高于新数字对诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ ); 位于右部脑区的前额区 FP2、前额中央区 FC3 和顶枕叶区 PO4, 以及处于左边脑区的前额中央区 FC3、顶枕叶区 PO3 等区域内, 旧数字对诱发的 N700 负波波幅均显著低于新数字对诱发的负波波幅 ( $p < 0.05$ )。在自然数码奇象记忆条件下, 左前额区 FP1、左中央顶叶区 CP3 旧数字对诱发的 N700 显著高于新数字对的诱发的 N700 ( $p < 0.05$ )。相关脑区的波幅情况见图 2。

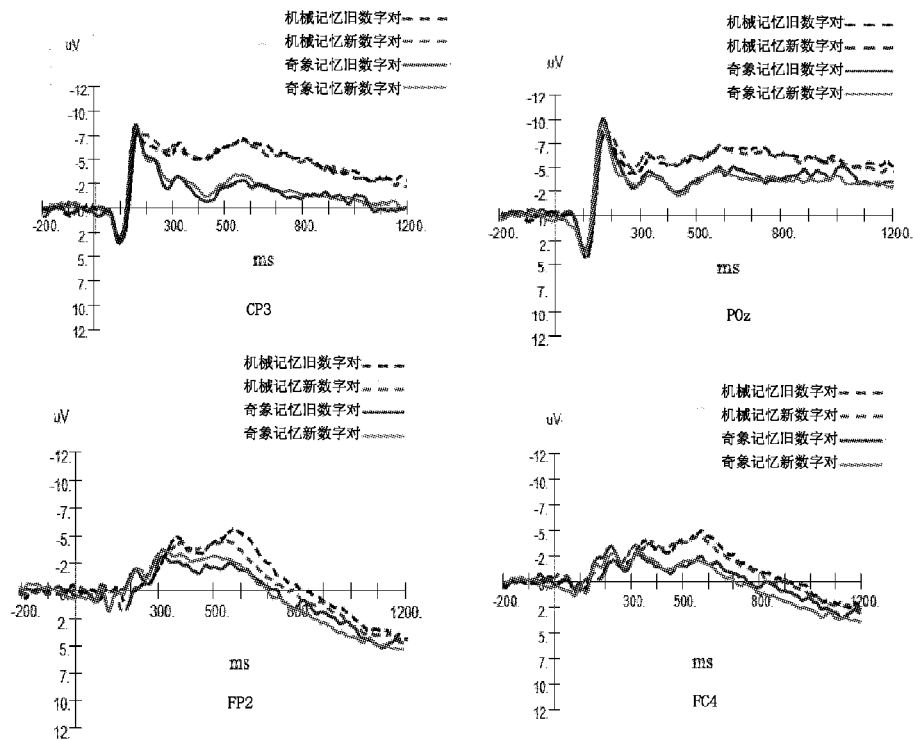


图 2 不同脑区各时段波形图

在自然数码奇象记忆条件和机械记忆条件下,新-旧数字对的 N400 和 N700 差异波地形图如图 3。

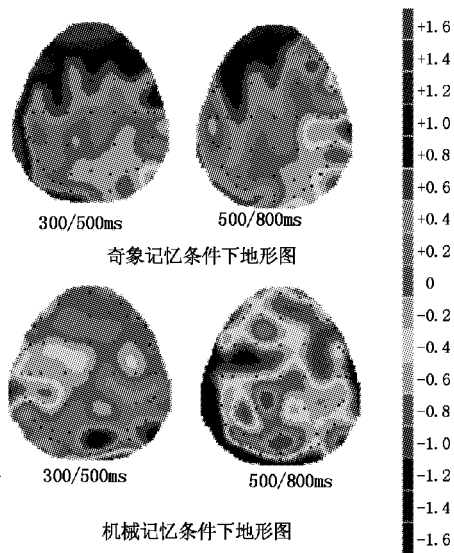


图 3 各条件下的总平均图和地形图

4 讨论

4.1 行为数据结果验证了“自然数码奇象记忆”高效快速的假设

行为结果发现,实验组的正确率显著高于控制组的正确率,这和已有的自然数码奇象记忆研究(王洪礼,1990;骆婧,王洪礼,2008)结果一致。说明在高整合性的自然数码奇象记忆的方法下,联结

再认有更好的记忆效率。同时,该研究结果也和其他已有关于记忆策略的研究(伍燕繆,2013)结果一致,即记忆策略的采用能有效提高被试的记忆效率。自然数码奇象记忆将抽象的数字对转化成了线索清楚的能快速回忆的奇象内容,并且自然数码奇象记忆图片形象生动有趣、刺激强烈地表达了数字对之间的紧密联系,而人们一般对于比较特殊的、生动有趣、刺激强烈的奇异奇象易留下深刻印记,加之生动具体、形象奇异、强烈有趣的奇象图片,使被试的记忆负荷大大减轻,因此在提取时被试头脑中的编码信息就更容易激活,且实验组在编码阶段所呈现的材料为“图-数字对捆绑”,被试在编码时同时进行图像和语义编码,即看到数字对和自然数码奇象图片后,就可很快地在两者之间进行联接。

4.2 N400 和 N700 的神经功能意义

4.2.1 主效应讨论

研究结果得到在 300 ~ 500ms、500 ~ 800ms 时间窗内的 N400 和 N700 成分的记忆方法主效应均显著,奇象记忆所诱发的负波波幅显著低于机械记忆。该结果说明在记忆的再认提取阶段,不管是早期还是中晚期都表现出奇象记忆对刺激内容更加熟悉,提取更加容易。自然数码奇象记忆组的被试将数字对与奇象图片联系起来,根据奇象图片记住数字对,由于奇象图片生动有趣、刺激强烈,被试对数字对的

印记就更为深刻牢固,在大脑中留下的痕迹就更多,且数字对—图像捆绑可以同时进行语义、图像双编码,或语义的快速跨越而直达正确回忆。因此,自然数码奇象记忆组的被试在测验阶段能更好的再认。而机械记忆只是通过简单的复述来进行记忆,因此在提取阶段的加工更困难,所诱发的波幅高。

在两种记忆条件下,新数字对刺激所诱发的波幅都比旧数字对刺激所诱发的波幅更负。这与以往关于条件“匹配”与“不匹配”的数字记忆加工的研究结果是一致的,在数字“不匹配”条件下诱发的 ERP 成分更负(Qiu et al., 2007)。由于新数字对对于被试来说是一类“不匹配”的情况,即在识记阶段没有学习过这一配对,所以再认阶段遇到新数字对刺激项目时提取不成功产生了“不匹配”的冲突,从而诱发了更负的 ERP 成分。还有研究也表明在对单词的记忆提取研究中,对没有识记过的新单词进行再认时所诱发的负波最负(Curran & Cleary, 2003)。

#### 4.2.2 交互作用讨论

对 N400 和 N700 成分的交互效应分析结果得到在机械记忆条件下,新旧刺激项目所诱发的 ERP 波幅差异显著;而在自然数码奇象记忆条件下,新旧刺激项目所诱发的 ERP 波幅差异不显著。该结果进一步说明奇象记忆在提取阶段独特的神经机制特点,在提取阶段不管是遇到学习过的旧刺激还是没有学习过的新刺激,奇象记忆方法都能迅速对数字对刺激前的序号产生熟练的加工,因此新旧效应在奇象记忆条件下反而没有了。根据双加工理论,提高联结记忆中两个项目间可整合性将会增加熟悉性在提取中的作用(梁九清, 2013)。另有研究表明,提高项目间的语义可整合程度可以提高联结记忆效率,提高熟悉性和回忆在联结再认中的作用(律原, 梁九清, 郭春彦, 2015)。在自然数码奇象记忆条件下,当被试看到新刺激时,大脑首先是呈现自然数码奇象挂钩,然后根据自然数码奇象快速联想出对应的数字奇象,接着进行判断,这一过程与判断旧刺激的大脑加工过程是一致的,所以在自然数码奇象记忆条件下,新旧数字对所诱发的 N400 波幅差异不显著。相反,在机械记忆条件下,由于被试在编码阶段是对刺激进行机械复述,当被试看到旧刺激时可以激活大脑中储存的信息;然而,当被试看到新刺激时,对新刺激所进行的首次语义加工而导致更高的 N400,因此,新旧数字对诱发的 N400 波幅差异显著。

对于 N700 波幅(500 ~ 800ms),记忆方法、新旧数字对与脑区的三重交互作用显著。已有研究(West & Holcomb, 2000; 伍燕蓂, 2013; 王洪礼等, 2017)表明, N700 可能与表象的生成及记忆策略的使用有关。在旧数字对条件下,在中前额区、右前额区内,奇象记忆所诱发的 N700 波幅显著低于机械记忆所诱发的负波波幅。根据脑半球的加工优势,右脑更擅长加工图像,而机械记忆在对旧数字进行语义加工后,只能不断回忆编码阶段的信息,因此所消耗的资源更多,加工难度更大, N700 波幅更负(Emrich, Lockhart, & Al - Aidroos, 2017)。在新数字对条件下,在左顶枕叶区及中顶枕叶区内,机械记忆所诱发的波幅比自然数码奇象记忆诱发的波幅更为负走向,可能的原因是,出现新数字对时,奇象记忆组被试在脑中首先搜索的是正确的数字对奇象,然后进行比较,发现新数字对与正确的数字对不一致时,大脑对奇象图象作出轻松判断。因为枕叶区一直以来都被认为与图像加工相关,在枕叶区,奇象记忆的操作加工变得更加容易轻松,所诱发的波幅相对较小。

## 5 结论

自然数码奇象记忆法比机械记忆法的记忆效率更高。奇象记忆提取阶段诱发的 ERP 波幅更低,被试成功判断新数字对时诱发的 N400 和 N700 波幅更大。被试提取旧数字对时在前额区、左顶枕叶区及中顶枕叶区所诱发的 N700 与使用自然数码奇象记忆有关。自然数码奇象记忆可以通过减少语义加工或跨越语义加工提高个体对记忆材料的加工效率。

## 参考文献

- 郭春彦, 高传吉, 李兵兵. (2013). FN400 效应: 外显记忆测量中的概念启动加工. *心理科学进展*, 21(9), 1521 - 1530.
- 李京花, 王洪礼. (2008). 四年级小学生运用数字形象挂钩法记忆 105 个化学元素名称的实验. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 26(1), 46 - 51.
- 梁九清. (2013). 跨领域项目间联结记忆提取的神经机制(博士学位论文). 首都师范大学, 北京.
- 骆婧, 王洪礼. (2008). 62 岁老人运用自然数码奇象记忆法记忆复杂数字的实验. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 26(4), 37 - 40.
- 律原, 梁九清, 郭春彦. (2015). 项目间语义可整合性对联结再认的影响——来自 ERPs 研究证据. *心理学报*, 47(4), 427 - 438.
- 王洪礼. (1990). 一种快速记忆法个案报告. *心理学报*, 22

- (1), 97 – 98.
- 王洪礼. (2007). 自然数码奇象记忆跟踪实验. *心理科学*, 30(3), 693 – 697.
- 王洪礼, 李京花, 骆婧, 刘红. (2007). 运用“自然数码奇象记忆法”记忆 100 句英语的实验. *教育研究与实验*, (6), 64 – 71.
- 王洪礼, 骆婧, 李京花, 刘红. (2008). 硕士生运用“自然数码奇象记忆数序形象挂钩法”记忆复杂数字的实验. *心理研究*, 1(1), 61 – 66.
- 王洪礼, 刘红, 王朝海, 王洪昌. (2011). *最佳记忆方法*. 北京: 中国商业出版社.
- 王洪礼. (2016). 反思性思维引领的教学心理探新——高级心理素质理论与实践 (pp. 114 – 115). 北京: 北京师范大学出版社.
- 王洪礼, 张旭, 罗禹, 邹维兴, 刘国艳, 熊敏. (2017). 初浅运用奇象记忆识记汉字双字词的 ERP 实验. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 35(6), 111 – 117.
- 王恩国, 吕勇, 胡伟, 沈德立. (2010). 12—13 岁儿童数字编码与提取的 ERP 研究. *心理科学*, 33(4), 848 – 852.
- 伍燕珍. (2013). “数字—图像”法训练对儿童数字记忆影响的研究 (硕士学位论文). 华东师范大学, 上海.
- 肖红蕊, 龚先旻, 王大华. (2014). 老年人错误记忆的情绪效价和时间效应. *心理学报*, 46(7), 922 – 930.
- Bosch, V., Mecklinger, A., & Friederici, A. D. (2001). Slow cortical potentials during retention of object, spatial, and verbal information. *Cognitive Brain Research*, 10(3), 219 – 237.
- Curran, T., & Cleary, A. M. (2003). Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition. *Cognitive Brain Research*, 15(2), 191 – 205.
- Emrich, S. M., Lockhart, H. A., & Al – Aidroos, N. (2017). Attention mediates the flexible allocation of visual working memory resources. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(7), 1454 – 1465.
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1988). Event – related brain potential studies of language. *Advances in Psychophysiology*, 3, 139 – 187.
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event – related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621 – 647.
- Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological Review*, 87(3), 252 – 271.
- Qiu, J., Zhang, Q., Li, H., Luo, Y., Yin, Q., Chen, A., & Yuan, H. (2007). The event – related potential effects of cognitive conflict in a Chinese character – generation task. *Neuroreport*, 18(9), 881 – 886.
- Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event – related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), 251 – 257.
- West, W. C., & Holcomb, P. J. (2000). Imaginal, semantic, and surface – level processing of concrete and abstract words: An electrophysiological investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(6), 1024 – 1037.

## The Neuralmechanism of the Natural Numeral Marvelous Imagery Memory

Zou Weixing<sup>1,2</sup>, Wang Hongli<sup>1,2</sup>, Liu Guoyan<sup>2</sup>, Tang Dandan<sup>3</sup>, Xiong Min<sup>2</sup>

(1. Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400; 2. School of Psychology, Guizhou Normal University, Guiyang 550025; 3. Zunyi Normal University, Zunyi 563006)

**Abstract:** The learning – recognition paradigm and event – related potentials (ERPs) techniques were applied in this study to investigate the differences in memory retrieval and the neural basis after using the NNMIM to remember complex Numbers, compared with the mechanical memory method. The results showed that the accuracy rate of recognition of the NNMIM was higher than that of mechanical memory. The ERPs results showed that the N400 amplitude induced by successful recognition of the new Numbers was significantly higher than that induced by successful recognition of the old Numbers under the condition of Mechanical Memory, and the significant difference did not exist under the condition of the NNMIM. The N700 was induced in the prefrontal area, left parieto – occipital area and middle parieto – occipital area when the subjects re – identified the old Numbers, indicating that the N700 was related to memory strategy of using the NNMIM. The NNMIM can improve individual’s memory efficiently by reducing or crossing semantic processing.

**Key words:** event – related potential (ERPs); natural numeral marvelous imagery memory (NNMIM); complex numbers; N400; N700