

# 再探猜谜作业中“顿悟”的 ERP 效应\*

邱江<sup>1</sup> 罗跃嘉<sup>1,2</sup> 吴真真<sup>1</sup> 张庆林<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西南大学心理学院认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715) (<sup>2</sup>中国科学院心理研究所, 北京 100101)

**摘要** 采用事件相关电位(ERP)技术探讨顿悟问题(字谜)解决中提供答案后的脑内时程动态变化。结果发现,在 250~400 ms 内,“有顿悟”和“不理解”比“无顿悟”的 ERP 波形均有一个更为负向的偏移。在“有顿悟—无顿悟”和“不理解—无顿悟”的差异波中,这个负成分的潜伏期约为 320ms(N320),地形图显示,N320在中后部活动最强。进一步对“有顿悟—无顿悟”差异波作偶极子溯源分析,发现 N320 主要起源于扣带前回(ACC)附近。这似乎表明,N320 可能反映了提供答案瞬间新旧思路之间的认知冲突,但是却不能真正揭示顿悟问题解决中思维定势的成功突破以及“恍然大悟”所对应的独特脑内时程变化。

**关键词** 字谜,顿悟,认知冲突,事件相关电位。

**分类号** B842

## 1 引言

早期的格式塔学派认为问题解决并不像行为主义心理学家认为的那样是一个“尝试错误”的过程,而是将整个情境改组成一种新结构的过程,表现为对整个问题情境的顿悟。而所谓顿悟主要是指通过观察对情境的全局或对达到目标途径的提示有所了解,从而在主体内部确立起相应的目标和手段之间的关系完形的过程。在格式塔心理学家们看来,顿悟包含着一种特殊的加工过程,不同于常规的、线性信息加工思维。这种特殊的加工过程主要在以下几种情况下出现:思维的无意识跳跃;心理加工被极大地加快;认知加工过程产生某种类型的短路。国内一些学者认为顿悟是在初始尝试失败以后,通过摆脱原有的思维定势,对事物形成正确判断的过程。也有学者认为顿悟是以与众不同的方式突然地理解了一个问题,或理解了一条有助于该问题解决的策略<sup>[1]</sup>。

近一个世纪以来,研究者主要以人和动物为研究对象,通过行为实验来对顿悟进行研究。但到目前为止,有关顿悟认知机制的认识仍然没有达成共识,存在不同的理论观点,如以 Simon 和 Kaplan 为代表的表征转变(representation change)理论<sup>[2]</sup>;以 Omerod 和 Chronicle 为代表的进程监控(progress

monitoring)理论等<sup>[3-5]</sup>。近年来,随着脑成像技术的高速发展使得有关顿悟脑机制的研究成为可能,这也在某种程度上为深入揭示顿悟的认知机制提供了一条捷径。最近,罗劲等人设计了一种猜谜作业,通过呈现谜语答案来催化顿悟过程,利用功能性磁共振成像(MRI)技术精确记录人类的大脑在实现顿悟的一瞬间的活动状况,结果发现顿悟过程激活了包括额叶、颞叶、扣带前回(anterior cingulate cortex, ACC)以及海马在内的广泛脑区<sup>[6-8]</sup>。而且他们进一步认为顿悟过程中,新异而有效的联系的形成依赖于海马,问题表征方式的有效转换依赖于一个“非语言的”视觉空间信息加工网络,而思维定势的打破与转移则依赖于扣带前回与左腹侧额叶,而且相关研究也表明 ACC 在认知冲突中起重要作用<sup>[9]</sup>。另外, Bodewen 等人认为顿悟脑机制的研究主要存在两个难点:(1)在自然状态之下,顿悟发生的时间点是不可控的,很难记录到顿悟发生瞬间的大脑活动情况。(2)经典的顿悟问题非常少,不能满足 ERP、MRI 技术需要多次叠加的实验要求。因此,他们创建了大量的远距离联想任务(compound remote associates problems),作为研究顿悟的实验材料,结果发现,当被试对三个英文单词形成新异联系的瞬间,主要激活了大脑的右侧颞上回<sup>[10, 11]</sup>。

随后,国内买晓琴等人同样利用谜语作为实验

收稿日期:2005-12-07

\*国家自然科学基金(30325026);中国科学院重要方向项目(KSCX2-SW-221);国家重点学科西南大学基础心理学资助项目(04001,06001)。

通讯作者:罗跃嘉, E-mail: luoyj@psych.ac.cn;张庆林, E-mail: zhangql@swnu.edu.cn

材料,采用事件相关电位(event related potential, ERP)技术从加工的时间过程上探索了解决过程中顿悟的神经机制。结果发现,呈现谜语答案以后,“有顿悟”比“无顿悟”答案的ERP波形在250~500ms内有一个更加负性的偏移,差异波的潜伏期约为380ms(N380),在额中央区活动最强,偶极子源定位分析结果显示该负成分可能起源于扣带前回,反映了顿悟问题解决过程中思维定势的成功突破,它可能与N2、ERN/Ne或Stroop效应的ERP成分一样,主要与认知冲突有关<sup>[12]</sup>。由于呈现答案以后,被试的整个顿悟过程从启动到完成需要约2000ms左右的时间,因此,ACC的活动是发生在顿悟过程启动的初级阶段,在思维定势的打破中起到了一个“早期预警系统”的作用<sup>[9]</sup>。但是,该研究也存在一些不足的地方:首先,谜语的答案为1~3个汉字,可能导致被试对答案的早期加工速度存在一定的差异;其次,该研究只分析了“有顿悟”和“无顿悟”条件下所诱发的ERP,却没有分析被试在规定时间内无法理解正确答案的ERP。

以谜语作为实验材料,通过呈现标准答案来催化顿悟过程,从而揭示其大脑的活动状况,这无疑是一项具有开创性的工作。但是顿悟是一个复杂的认知过程,N380是否真实地反映了被试在产生顿悟过程的早期,由于对认知冲突(正确思路和错误思路之间的冲突)的觉察而导致ACC的激活,对此我们表示怀疑。当正确的谜底被告知时,如果被试能理解正确答案,的确会有一种恍然大悟的感觉,产生顿悟;但是当被试不能理解正确答案时,他们就不会有恍然大悟的感觉,也就不能获取顿悟。因此,对不理解情况下所诱发的ERP进行分析具有重要的价值和意义,可以进一步澄清N380的真实含义。鉴于此,本实验通过选取中国传统的字谜(正确答案均为一个汉字,可以在一定程度上克服因刺激材料本身的字数不同而导致的项目间变异,获得较为同质的认知加工过程)作为实验材料,采用高密度的ERP技术,分析猜谜作业中当呈现正确答案以后,“有顿悟”、“无顿悟”和“不理解”三种情况所诱发的ERP,对已有研究的结论作出进一步的检验,为深入揭示顿悟的脑内时程动态变化提供更多的证据。

## 2 方法

### 2.1 被试

12名来自国内某著名高校的本科三年级学生

(6男6女),年龄19~26岁(平均21.4岁)。被试皆为右利手,没有生理或精神方面的疾病,视力或者矫正视力正常,做完实验后被试均获取适量报酬。

### 2.2 刺激材料

通过预试对161条字谜的难度和趣味性进行等级评定,选取难度适中,趣味性较高的140条字谜作为刺激材料,其中10条作为练习程序的材料,剩下130条作为正式测试的材料(部分实验材料详见附录)。预实验的结果发现,对于较难的字谜,被试一般不容易想到答案,但是当提供正确答案时,他们一般都能在较短的时间内产生顿悟,例如,谜面“推开又来”,谜底是“摊”;对于较容易的字谜,被试容易猜到正确答案,当提供答案时,他们发现谜底与自己猜测的答案一致时就不会产生顿悟,例如,谜面“人人离座”,谜底是“庄”。所有字谜的谜面长度均在14个汉字以内,谜底均为一个汉字,采用18号宋体呈现于屏幕的正中央,出现在谜底中的汉字均为高频字。

### 2.3 实验程序

字谜的呈现流程如图1所示。首先在屏幕中央呈现谜面,时间为8s,间隔2s。要求被试在这10s内认真思考相应的谜底。随后谜底呈现2s,间隔2s。要求被试在这4s内根据对答案的理解情况作出按键反应。具体而言,当被试猜中字谜时按“1”键——“无顿悟”;当被试没有猜中或是没有猜到谜底,但能理解正确答案,并且认为呈现的谜底更合理时按“2”键——“有顿悟”;当被试没猜中或是没有猜到谜底,且也不能理解正确答案时不按键——“不理解”。整个实验分为两个部分,首先进行练习程序,被试完成10个字谜的猜测任务,熟悉实验流程和猜谜规则。随后,将130条字谜分成5个组块进行正式测试,每个组块有26条字谜,组块之间被试可以进行适当的休息。实验时被试静坐于实验室内,两眼注视屏幕中央,眼睛距屏幕60cm左右,要求被试尽量少动,答案呈现时尽量不眨眼,尽可能快而准地作出按键反应。

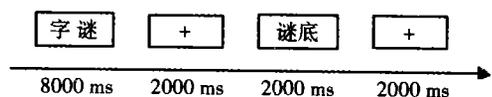


图1 字谜作业的刺激呈现流程

### 2.4 EEG记录和分析

使用德国Brain Products公司的ERP记录与分析系统,按国际10-20系统扩展的64导电极帽记

录 EEG,以双耳乳突的连线作为参考电极,双眼外侧安置电极记录水平眼电 (HEOG),左眼上下安置电极记录垂直眼电 (VEOG)。每个电极处的头皮电阻保持在 5 k 以下。滤波带通为 0.05 ~ 80Hz,采样频率为 500 Hz/导。完成连续记录 EEG后离线 (off line)处理数据,自动校正 VEOG和 HEOG,并充分排除其他伪迹。根据本实验的目的,只分析谜底呈现以后所诱发的 ERP。按照被试的按键反应结果,分别对“无顿悟”、“有顿悟”和“不理解”反应的 EEG进行叠加。波幅大于  $\pm 80\mu\text{V}$  者被视为伪迹自

动剔除。分析时程 (epoch)为正确答案出现后 700ms,基线为刺激出现前 100ms。根据实验所得到的三类反应任务的 ERP总平均图和地形图 (见图 2 和图 3),选择 23个电极位置,进行二因素重复测量的方差分析,二个因素分别为反应类型 (“无顿悟”、“有顿悟”、“不理解”)和记录点 (FPz, Fz, Cz, AF3, AF4, F1, F2, F5, F6, C3, C4, FT7, FT8, Pz, Oz, P1, P2, P5, P6, O1, O2, TP7和 TP8)。方差分析的  $p$ 值采用 Greenhouse Geisser法校正,脑电地形图由 64导数据得出。

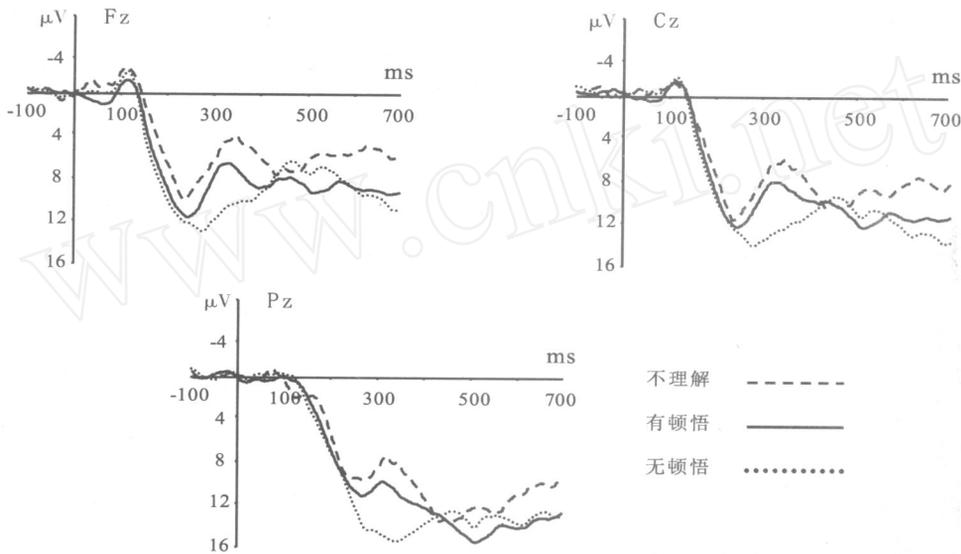


图 2 不同反应类型在 Fz Cz和 Pz记录点所诱发的 ERP总平均图

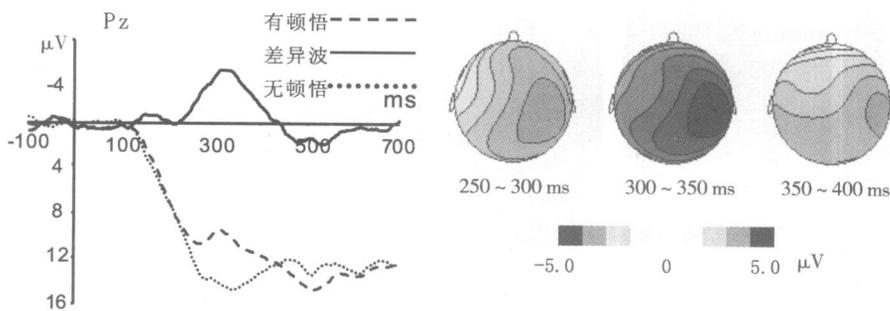


图 3 有顿悟、无顿悟和差异波 (有顿悟 - 无顿悟) 的 ERP总平均图以及差异波在 250 ~ 400ms内每间隔 50ms的地形图

### 2.5 偶极子溯源分析

使用 Brain Electrical Source Analysis Program (BESA, Version 5.0)软件,选择四壳球头模型,对 ERP数据进行偶极子溯源分析。为了更准确地探讨 N320成分的发生源,提高源定位的精度,选取“有顿悟”与“无顿悟”条件所诱发的 ERP差异波首先进行主成份 (PCA)分析,确定偶极子个数后,软件

自动确定偶极子的位置,以相应的残差作为偶极子定位是否真实的评价指标。

## 3 结果

### 3.1 行为数据

行为记录表明在 130条字谜中,“有顿悟”、“无顿悟”以及“不理解”条件下的字谜分别为  $61 \pm 5, 44$

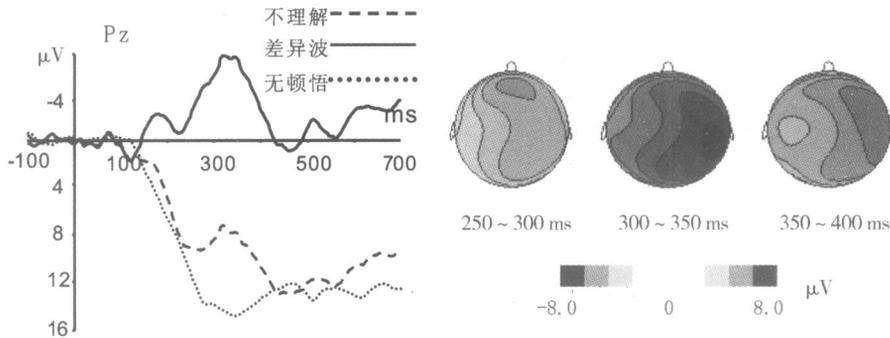


图4 不理解、无顿悟和差异波(不理解-无顿悟)的ERP总平均图以及差异波在250~400ms内每间隔50ms的地形图

±6和25±5个。其中“有顿悟”谜底的平均反应时(RTs)为(2049±561)ms,“无顿悟”谜底为(748±289)ms,其余的谜底在4000ms之内被试都不能作出正确的理解。对“有顿悟”谜底的RTs显著长于“无顿悟”谜底的RTs,  $F(1, 11) = 82.67, p < 0.001$ 。这一结果表明,在猜中的情况下,被试能较快地作出按键反应;而在没有猜中或没有猜到答案的情况下,被试则需要较长的时间来理解谜底与谜面的匹配关系。

### 3.2 脑电数据

根据总平均图和差异波(见图2,3,4)可以发现,“有顿悟”、“无顿悟”和“不理解”谜底都能诱发N1和P1等早成分,与买晓琴等人的研究结果基本一致,任务类型的主效应均不显著。在250~400ms的时间段内,“有顿悟”和“不理解”谜底比“无顿悟”谜底均诱发出一个更加负性的ERP成分,在差异波中这个负成分的峰潜伏期约在320ms(N320)左右(见图3,4);随后在400~700ms内,三种反应类型都诱发了一个晚期正成分(LPC)。下面采用平均振幅法对N320和LPC进行统计分析。

二因素重复测量的方差分析结果显示,在250~400ms内,反应类型的主效应显著,  $F(2, 22) = 15.29, p < 0.001$ 。进一步作多重比较发现,“无顿悟”所诱发的ERP平均波幅在250~400ms内显著高于“不理解”(  $p < 0.001$ )谜底和“有顿悟”(  $p < 0.01$ )谜底;而“有顿悟”与“不理解”之间的差异未达到显著水平。此外,电极位置主效应显著,  $F(22, 242) = 10.46, p < 0.05$ ;反应类型与电极位置的交互作用不显著,  $F(44, 484) = 2.13, p > 0.05$ 。在差异波(“有顿悟”减去“无顿悟”和“不理解”减去“无顿悟”)中可以看到在250ms和400ms之间有一个明显的负成分,测量这个成分在Fz, Cz, Pz点的波峰和潜伏期,结果显示最大波峰均位于Pz点(4.88μV ±

0.11μV; 6.89 ± 0.41μV),峰潜伏期约为320ms(314 ± 5.29ms; 326 ± 15.6ms)。差异波的地形图显示,在320ms左右,中后部特别是右侧颞顶叶的电压最高。在400~700ms内,三种反应诱发的晚期正成分(LPC)差异不显著,  $F(2, 22) = 2.29, p > 0.05$ ;电极位置主效应显著,  $F(22, 242) = 9.68, p < 0.001$ ;另外反应类型与电极位置的交互作用也不显著。

使用BESA软件对“有顿悟”与“无顿悟”谜底所诱发的ERP差异波作偶极子溯源分析。首先选定250~400ms的时间窗口,进行主成分分析(PCA)。可以看到有二个成分可以分别解释总变异的76.6%(1)和16.0%(2),因此选定两个偶极子进行拟合,不限制偶极子的方向和位置。结果发现,偶极子1主要位于ACC附近(三维坐标以Talairach为参考:  $x = 4.4, y = 26.6, z = 6.9$ ),偶极子2主要位于丘脑附近( $x = 3/9.1, y = 3/7.6, z = 15.6$ ),在380ms处两个偶极子均处于激活的顶峰,能较好地解释绝大多数的变异,残差为10.54%;具体结果见图5。

## 4 讨论

本研究的结果表明,三种反应类型所诱发的早成分之间并无显著差异,如P1和N1等,这表明P1和N1的确只与视觉加工的早期阶段有关。所呈现的谜底均为一个汉字,因此三种条件下(有顿悟、不理解、无顿悟)的视觉加工程度基本一致,而对谜底的高级认知加工发生时间则可能较晚。有趣的是,在谜底呈现后的250~400ms内,“不理解”与“有顿悟”谜底比“无顿悟”谜底诱发的ERP均有一个更加负向的偏移,而“不理解”与“有顿悟”之间的差异并未达到显著水平。在差异波中(不理解-无顿悟与有顿悟-无顿悟),这个负成分的潜伏期约为320ms(N320),在头皮分布较为广泛。差异波的地形图

表明,N320在中后部活动最为明显。偶极子溯源分析的结果显示,N320可能起源于ACC以及丘脑核

团附近。三种条件所诱发的晚期正成分(LPC)均不存在显著差异。

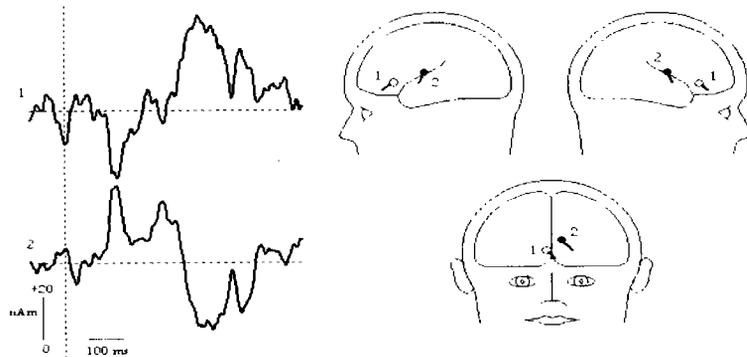


图5 差异波(有顿悟—无顿悟)的偶极子溯源分析图

与买晓琴<sup>[12]</sup>等人的研究结果相比,本研究在差异波(有顿悟-无顿悟)中同样发现了一个明显的负成分(N320),只是由于字谜的谜底均为一个汉字,因此使得该负成分的潜伏期缩短了一些。按照罗劲<sup>[9]</sup>等人的观点,N320可能是N2或者ERN,而不是N400。因为偶极子溯源分析的结果显示,N320主要起源于ACC,这一特征与N2或者ERN极其相似。如, VanVeen和Carter发现在Eriksen Flanker作业中存在一个明显的N2成分,其最大波峰位于Cz点,以额中央头皮分布为特点,其反应的潜伏期为340~380ms,其波源在ACC,反映了认知加工中的冲突机制<sup>[13]</sup>。而ERN一般在人们作出了一个错误反应之后的100~150ms之间被观察到,在额中央记录点最强,其发生源位于中央前额叶区或ACC,反映了对错误行为的监控和补偿<sup>[14,15]</sup>。在字谜猜测中,当谜面出现后,被试便开始进行认真的思考,无论是否能想到答案,他们都会形成一定的思路或问题空间。随后,当被试自己想到的答案与呈现的谜底不同,或者自己没猜到答案时,他们都需要以一种新的思路来对谜底与谜面之间的匹配关系进行理解,这时在原先的思路与新的心理过程之间就存在冲突,因此会导致ACC的激活,产生一个明显的N320。

但是,本研究发现,“不理解”比“无顿悟”谜底也诱发了一个明显的N320。当谜底呈现以后,如果被试不能理解正确答案,他们就不会有“恍然大悟”的感觉,也不能最终获取顿悟。当然,在这一情况下,被试也会以一种新的思路对所提供的谜底进行语义和认知加工,这时也存在新旧思路交替的过程,但是由于新的思路并不正确,不能有效地帮助他们

尽快理解正确答案,所以未能产生顿悟。也就是说,在解决字谜的过程中,在呈现谜底以后,无论被试是否最终产生顿悟,只要在理解谜底的早期阶段发生了思路的新旧交替就会产生冲突,从而比“无顿悟”谜底(不存在新旧思路的冲突)诱发一个明显的负成分。作为顿悟研究的热点在于探讨顿悟为什么难以产生(旧的思维方式何以阻碍问题的解决)和顿悟是如何产生的(新的、能有效解决问题的思路是如何实现的)<sup>[16]</sup>。尽管Weisberg指出,顿悟可以界定为一种“重构”(restructuring)过程,但是“重构”仅仅是顿悟问题解决所包含的最基本要素<sup>[17]</sup>。Kaplan和Simon的研究结果表明,问题解决过程中顿悟现象的出现是由于人们找到了适宜的问题表征方式,而不仅仅是由于对问题情境的简单重构<sup>[2]</sup>。Omerod和Chronicle的研究发现,在解决经典的顿悟问题(九点问题)时,个体往往会使用手段目的分析法在最初的问题空间里面,不断进行尝试和搜索,寻找新的解题思路;但是如果他们不能获取关键性的启发信息(延长直线突破由九点所构成的方形所限),突破思维定势,形成正确的问题表征,就无法获取顿悟<sup>[4]</sup>。因此,本研究的结果似乎表明,N320可能的确反映了在理解谜底时,由于存在新旧思路的交替,由新旧思路的不一致所引发的认知冲突,这一负成分可能与N2或者ERN有一定的相似之处。但是却不足以得出N320反映了顿悟问题解决中心心理定势的突破,起到了“早期预警系统”的作用这一结论<sup>[9]</sup>。因为呈现谜底以后,尽管被试都会换用新的思路来加工谜底,但是却无法预知心理定势是否就会被成功突破以及他们是否最终就能理解正确答案产生顿悟。

罗劲等人采取谜语作为实验材料,通过呈现谜底来催化“顿悟”过程的研究范式具有开创性的意义,但是将这一范式应用于ERP研究,试图揭示顿悟瞬间的脑内时程动态变化似乎还不够完善。正如傅小兰所指出的那样,问题的答案由他人直接呈现在眼前并被自己所理解,这可能并不是严格意义上的顿悟过程,而是一种领悟<sup>[18]</sup>。另外,Matcalfe的研究发现解决常规问题时被试有良好的知道感判断,却不能意识到顿悟问题解决中答案的临近,表明顿悟问题的解决是“全或无”的过程<sup>[19,20]</sup>。Smith等人的研究也发现,顿悟问题解决中的信息并不是一个逐渐累积的过程,在特定信息产生的情况下问题会突然得到解决<sup>[21]</sup>。这些研究都表明,被试通过主动思考来解决顿悟问题与通过理解答案来产生领悟的认知过程是截然不同的。这很可能是导致本研究当中,“有顿悟”与“不理解”所诱发的ERP没有差异的原因之一;同时也表明该研究范式还不足以鉴别重构以后是否能成功突破心理定势,形成正确的问题表征,最终产生顿悟的脑机制差异。

本研究通过选取中国传统的字谜作为测试材料,在一定程度上改进了买晓琴等人的研究,虽然实验本身也还存在一些问题,如“不理解”谜底的叠加次数偏少,对“不理解-无顿悟”的差异波进行偶极子溯源分析没有得到合理的源定位结果等,但是却发现,在250~400ms内,“有顿悟”、“不理解”与“无顿悟”的差异波都有一个明显的负成分(N320),可能主要起源于扣带前回(ACC)。通过分析进一步澄清了N320(N380)的认知意义,发现该负成分可能仅仅反映了新旧思路之间的认知冲突,而并不能真正揭示顿悟问题解决中思维定势的突破以及“恍然大悟”所对应的独特脑内时程变化。今后可以通过进一步改进实验范式,选择更有效的实验材料,将ERP、MR等脑成像技术更有效地应用于高级认知过程的研究,深入揭示人类思维的大脑机制。

### 参 考 文 献

- Zhang Q L. Experimental analysis of the process of insight. *Journal of Psychology*, 1989, 4(2): 23~28  
(张庆林. 顿悟心理机制的实验分析. *心理学杂志*, 1989, 4(2): 23~28)
- Kaplan C A, Simon H A. In Search of Insight. *Cognitive Psychology*, 1990, 22: 374~419
- MacGregor J N, Omerod T C, Chronicle E P. Information processing and insight: A process model of performance on the Nine-Dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 2001, 27(1): 176~201
- Omerod T C, MacGregor J N, Chronicle E P. Dynamics and constraints in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 2002, 28(4): 791~799
- Chronicle E P, MacGregor J N, Omerod T C. What makes an insight problem? The roles of heuristics, goal conception, and solution recoding in knowledge-lean problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 2004, 30(1): 14~27
- Luo J, Niki K. The function of hippocampus in 'insight' of problem solving. *Hippocampus*, 2003, 13: 274~281
- Luo J, Niki K, Phillips S. Neural correlates of the 'Aha!' Reaction. *NeuroReport*, 2004, 15: 2013~2017
- Luo J, Niki K, Phillips S. The function of anterior cingulate cortex (ACC) in insightful puzzle solving: ACC activated less when the structure of the puzzle was known. *Journal of Psychology in Chinese Societies*, 2004, 5: 195~213
- Luo J. Neural correlates of insight. *Acta Psychologica Sinica*, 2004, 36(2): 219~234  
(罗劲. 顿悟的大脑机制. *心理学报*, 2004, 36(2): 219~234)
- Bowden EM, Juang - Beeman M, Fleck J and Kounios J: New approaches to demystifying insight. *Trends in Cognitive Science*, 2005, 9: 322~328
- Bowden EM, Jung - Beeman M: Aha! Insight experience correlates with solution activation in the right hemisphere. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2003, 10: 730~737
- Mai X Q, Luo J, Wu J H, Luo Y J. "Aha!" Effects in guessing riddle task: An ERP Study. *Human Brain Mapping*, 2004, 22: 261~270
- VanVeen V, Carter C S. The timing of action monitoring processes in the anterior cingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14: 593~602
- Gehring W, Goss B, Coles M G H. A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 1993, 4: 385~390
- Botvinick M M, Braver T S, Barch D M. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 2001, 108: 624~652
- Knoblich G, Ohlsson S. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 1999, 25(6): 1534~1555
- Weisberg R W. Prolegomena to theories of insight in problem-solving: A taxonomy of problems. In: R J Sternberg, J E Davidson (Eds). *The nature of insight*, London: MIT Press, 1995, 157~196
- Fu X L. Mental process and brain mechanism of insight: comments on Luo's neural correlates of insight. *Acta Psychologica Sinica*, 2004, 36(2): 234~237  
(傅小兰. 探讨顿悟的心理过程与大脑机制——评罗劲的《顿悟的大脑机制》. *心理学报*, 2004, 36(2): 234~237)
- Matcalfe J. Feeling of Knowing in Memory and Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 1986, 12(2): 288~294

- 20 Matcalfe J. Premonitions of Insight Predict Impending Error. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 1986, 12(4): 623~634
- 21 Smith R W, Kounios J. Sudden Insight: All-or-None Processing Revealed by Speed - Accuracy Decomposition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 1996, 22(6): 1443~1462

## 附录:部分字谜材料

1. 个个不忘本——笨
2. 心字变个身——息
3. 不是病,也是病——痒
4. 一口咬去多半截——名
5. 四退八进一——日
6. 谢绝参观——企
7. 三人骑头无角牛——奉
8. 人人离座——庄
9. 金木水火——坎
10. 部位相反——陪
11. 歪尾巴羊长得丑——羞
12. 吕吕吕吕吕——古
13. 镜中人——入
14. 牛儿过板桥——生
15. 一室三口——目
16. 凶横——区
17. 一加一不是二——王
18. 一上就同——回
19. 推开又来——摊
20. 有人无人都是你——尔
21. 唇齿相依——呀
22. 大口加小口——固
23. 旭日东升——九
24. 东海来宾——滨
25. 向左一直去——句
26. 啄木鸟——蚀
27. 村里安身——榭
28. 本末倒置——半
29. 放心参加——惨
30. 去掉一直——云

## A Further Study of the ERP Effects of 'Insight' in a Riddle Guessing Task

Qiu Jiang<sup>1</sup>, Luo Yuejia<sup>1,2</sup>, Wu Zhenzhen<sup>1</sup>, Zhang Qinglin<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Key Laboratory of Cognition and Personality (SWU), Ministry of Education, Chongqing 400715, China

<sup>(2)</sup> Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

### Abstract

#### Introduction

Recently, Mai Xiaoqin et al applied ERPs to examine the electrophysiological correlates of insight by providing a trigger (the solution) to catalyze the insightful riddle solving process. The authors found that Aha answers elicited a more negative ERP deflection (N380) than did No-aha answers in the time window from 250~500 ms. The dipole analysis localized the N380 generator to the ACC. Thus, they argued that the N380 likely reflected an "Aha" effect, and that the ACC generator might be involved in breaking the subject's mental set. However, the researchers only analyzed the ERP elicited under the conditions of "Aha" and "No-aha" answers, but did not include ERP analyses for the participants that were unable to understand the correct answers ("Uncomprehended answer"). It is known that insight is a complex cognitive process, and there exists doubt whether N380 (the ACC's activation) would truly reflect the perception of cognitive conflict in the early insight onset. Participants had the Aha experience if they could understand the right answer, but if they could not understand the right answer, they would not have the Aha experience and thus could not obtain insight. Therefore, analyzing the ERP elicited by Unknown answers was important, because it could further clarify the true meaning of N380.

### Method

High-density event-related potentials (ERPs) were recorded to examine the electrophysiologic correlates of insight problem solving. One hundred and fifty interesting Chinese logographs were adopted as materials. For each trial, participants were either given an easy puzzle followed by a correct answer that was consistent with their initial thinking (No-aha answer), or a difficult puzzle followed by a correct answer that was consistent with an unusual interpretation, so that it broke the participant's initial mental set (Aha answer). Participants were required to press the corresponding keys to indicate whether they understood the meaning of the riddle, including No-aha answer, Aha answer and Uncomprehended answer. According to participants' responses, EEG of the "No-aha", "Aha", "Uncomprehended" answers was separately overlapped. The averaged epoch for ERP was 800ms including a 100ms the pre-answer baseline.

### Results

In 130 riddles, mean trials for 61, 44 and 25,  $SE = 5, 6$  and  $5$ , for Aha answers, No-aha answers and Uncomprehended answers, respectively. Mean reaction times (RTs) were  $(2,049 \pm 561)$  ms for Aha answers and  $(748 \pm 289)$  ms for No-aha answers; other riddles were not answered correctly within 4000ms. From ERP waveforms, we found Aha answer and Uncomprehended answer both elicited a more negative ERP deflection than did No-aha answer in the time interval between 250 ~ 400 ms. In the difference waves (Aha minus No-aha answer and Uncomprehended minus No-aha answer), the peak latency was about 320ms. A voltage map of the difference wave showed strong activity at the central posterior region, especially at the right temporal parietal. The Dipole analysis (BESA software) localized the generator of the N320 (Aha minus No-aha answer) in near the ACC and the thalamus.

### Conclusions

Our results indicated that Aha answer and Uncomprehended answer both elicited a more negative component than did No-aha answers. The N320 may embody the central locale of cognitive conflict that resolves familiar and new ways of thinking, as the participant attempts to comprehend the riddles answers, but do not reflect the breakthrough of the participant's initial mental set and the temporal course of brain processes corresponding to Aha experience in solving insight problems.

**Key words** riddle, insight, cognitive conflict, ERP.