

· 研究原著 ·

文章编号 1000-2790(2007)07-0663-03

## 知觉质量对汉字心理旋转事件相关电位 P300 的影响

刘练红<sup>1</sup>, 王智斌<sup>1,2</sup>, 刘旭峰<sup>1</sup>, 苗丹民<sup>1</sup>, 王伟<sup>1</sup>(第四军医大学<sup>1</sup> 航空航天医学系心理学教研室; 长乐西路干休所 陕西 西安 710033)

### Influence of perceptual quality of stimulus on event-related potential P300 during mental rotation

LIU Lian-Hong<sup>1</sup>, WANG Zhi-Bin<sup>1,2</sup>, LIU Xu-Feng<sup>1</sup>, MIAO Dan-Min<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Psychology, School of Aerospace Medicine,<sup>2</sup>Cadre Sanitarium, Fourth Military Medical University, Xi'an 710033, China

**【Abstract】** AIM: To observe the effects of visual noise on the mental rotation. **METHODS:** The reaction time and event-related potentials (ERP) were recorded when 8 healthy male college students were tested by mental rotation task. Stimuli were white words on a black background without visual noise and white words on a gray background with visual noise. **RESULTS:** With the increase of the rotation angle from 0° to 180° the average amplitude of P300 in Pz changed from (13.3 ± 2.6) μV to (10.8 ± 1.9) μV. The average latency of P300 changed from (504 ± 65) ms to (601 ± 53) ms; there was significant difference in the latency ( $P < 0.05$ ). The average amplitude of P300 in Cz changed from (9.8 ± 2.3) μV to (9.0 ± 2.8) μV. The average latency of P300 changed from (561 ± 52) ms to (614 ± 56) ms; there was significant difference in the average latency ( $P < 0.05$ ). **CONCLUSION:** With the increase of rotation angle the amplitude of P300 becomes more negative. The reduced perceptual quality delays the onset of the mental rotation, and the onset of the amplitude modulation of P300 was also delayed.

**【Keywords】** mental rotation; event related potential; perceptual quality; latency

**【摘要】**目的 探讨视觉干扰对被试心理旋转加工的影响。方法 8名健康男性大学生完成以未加背景干扰和加入背景干扰的汉字为刺激的心理旋转任务时,记录反应时和事件相关电位波形。结果 未加视觉干扰与加入视觉干扰图片相比,随着从0°旋转至180°,Pz点P300平均波幅从(13.3 ± 2.6)

μV变化为(10.8 ± 1.9) μV,潜伏期从(504 ± 65) ms变化为(601 ± 53) ms,潜伏期存在显著差异( $P < 0.05$ )。Cz点P300平均波幅从(9.8 ± 2.3) μV变化为(9.0 ± 2.8) μV,潜伏期从(561 ± 52) ms变化为(614 ± 56) ms,存在显著差异( $P < 0.05$ )。结论 P300波幅随心理旋转加工角度的增加而负向漂移。降低知觉质量,推后心理旋转P300的波幅改变被推后。

**【关键词】**心理旋转 事件相关电位 知觉质量 潜伏期

**【中图分类号】**R845.66 **【文献标识码】**A

## 0 引言

对字母和汉字心理旋转的事件相关电位研究结果表明<sup>[1-3]</sup>,心理旋转过程中,顶叶出现明显的正波P300,且随着旋转角度的增加P300的波幅减小。Wijers等<sup>[1]</sup>和Rosler等<sup>[4]</sup>认为,这个波幅的逐渐减小是因为一个变化的负波叠加在P300上导致的,而这个负波被认为是心理旋转操作所引起。如果是心理旋转引起P300波幅的改变,可以推论波幅改变的开始,就反映了心理旋转的开始。传统的心理旋转理论<sup>[5-6]</sup>将心理旋转任务区分为功能独立的六个信息处理阶段:知觉编码、辨认/描述图形和辨认它的方位、心理旋转、判断相同性、选择反应和反应执行。Kosslyn等<sup>[7]</sup>认为这些处理阶段之间的信息传输是离散的。为了验证心理旋转与P300波幅改变存在的功能联系,我们通过以不同清晰度的刺激图片来改变被试的知觉质量,延长对图形的知觉编码时间,以推后心理旋转,观察此时事件相关电位P300的变化。

## 1 材料和方法

**1.1 材料** 正立的和镜像的汉字“司”,分别旋转0°、60°、120°、180°、240°、300°,其中0°等同于360°。图片的背景分为黑色和混杂色两类,汉字呈现为白色。由脑诱发电位工作站的STIM 4.0呈现(图1)。图片大小为3.5 cm × 3.5 cm,视角为3.2°。实验模式为GO-NOGO模式。60°、120°、180°、240°、300°的刺激图片呈现30次,0°和180°的图片呈现60次,这样按照每个刺激角度分类,每种类型叠加次数为60次,实验共呈现480张图片。刺激间隔为500 ms至1500 ms间随机取得。

收稿日期 2006-06-06; 接受日期 2006-12-11

基金项目 全军“十五”指令性课题(01L073)

通讯作者 苗丹民。Tel (029)84774814 Email psych@fmmu.edu.cn

作者简介 刘练红, 硕士, 讲师。Tel (029)84774816 Ext. 807 Email:

liulian@fmmu.edu.cn

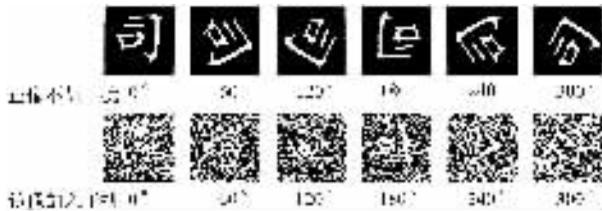


图1 高、低知觉质量刺激图片示例

本实验我们采用美国 NeuroScan 公司生产的 ESI-32 导事件相关电位 (event-related potential, ERP) 工作站。用国际标准 10-20 系统电极放置法安装电极, 利用 Ag/AgCl 电极帽记录被试进行反应时的 EEG; 记录垂直眼动与水平眼动; 采用前额接地, 左右乳突为参考。脑电增益为 500, 采样频率为 500 Hz, 带通滤波为 0.1~30 Hz。电极与头皮接触电阻小于 5 kΩ。8 名医学本科男性学员, 19~21(平均 20.6) 岁。裸视或矫正视力达到正常, 均为右利手。签署知情同意书。

**1.2 方法** 为均衡误差, 一半被试先进行未加干扰的图片, 另一半被试先进行加干扰的图片。请被试判断如果字是正立的, 按反应键盒上的 1 键, 如果是镜像的, 按反应键盒上的 4 键。实验过程中, 尽可能避免眨眼动作与吞咽动作, 保持身体不要有任何运动。连续记录原始脑电, 离线式叠加处理。融合行为学数据, 自动排除眼电伪迹。分段时程为 -50 ms~1000 ms, 以 -50 ms~0 ms 的平均电压均值为基线, 对所有的电极采集的脑波进行基线校正。按角度分类进行叠加平均, 选择被试正确的刺激反应, 错误的反应不参加叠加, 得到各被试的 ERP 波形后, 测量所需的参数, 然后进行总平均, 形成总平均图, 并生成相应 ERP 地形图。

**统计学处理:** 采用 SPSS 11.0 统计分析软件包, 结果以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用随机区组设计方差分析, 数据进行 LSD 两两比较。  $P < 0.05$  表示有统计学差异。

## 2 结果

**2.1 行为学数据** 不同知觉质量刺激图片, 被试在每个旋转角度的反应时都存在统计学差异。实验数据可见, 从 0°~180° 无论刺激图片为顺时针还是逆时针旋转, 无论是正像或者是镜像, 反应时均随旋转角度的增加而增加, 在 180° 时为最大。加入视觉干扰与不加干扰相比, 在 60°, 120°, 180° 的反应时均有显著差异, 平均反应时延长 (表 1)。

**2.2 ERP 数据分析** Pz 点各旋转角度的 P300 潜伏期作单因素方差分析  $F = 1.622$ ,  $P = 0.207$ , 不存在差

异, 两两比较旋转 0° 与旋转 180° ( $P = 0.045$ ) 之间有差异。P300 波幅在旋转角度间作单因素方差分析  $F = 1.955$ ,  $P = 0.144$ , 角度之间采用 LSD 两两比较, 旋转 0° 与旋转 180° ( $P = 0.023$ ) 之间有差异 (表 2)。

表1 两种知觉质量下各个旋转角度的反应时方差分析结果 ( $n = 8, \bar{x} \pm s$ )

图像	角度	未加干扰	加入干扰	F	P
		反应时 (ms)	反应时 (ms)		
正像	0(360)°	515 ± 94	601 ± 82	3.862	0.070
	60(300)°	529 ± 79	653 ± 57	13.161	0.003
	120(240)°	599 ± 63	719 ± 55	16.372	0.001
	180°	698 ± 89	809 ± 62	8.268	0.012
镜像	0(360)°	522 ± 71	622 ± 115	4.349	0.056
	60(300)°	548 ± 68	679 ± 122	7.078	0.019
	120(240)°	595 ± 89	741 ± 110	8.457	0.011
	180°	677 ± 122	852 ± 134	7.476	0.016

表2 加干扰图片不同旋转角度 P300 波幅和潜伏期 ( $n = 8, \bar{x} \pm s$ )

角度	潜伏期		波幅	
	Pz	Cz	Pz	Cz
0°	576 ± 35	596 ± 53	13.94 ± 3.02	11.93 ± 2.78 <sup>oo</sup>
60°	590 ± 41	590 ± 56	12.43 ± 2.74	9.19 ± 2.19 <sup>a</sup>
120°	606 ± 30	616 ± 48	12.10 ± 2.78	8.33 ± 1.85 <sup>a</sup>
180°	630 ± 39 <sup>a</sup>	650 ± 58	10.77 ± 1.85 <sup>a</sup>	6.64 ± 1.39 <sup>oo</sup>

<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 旋转 0°; <sup>oo</sup> $P < 0.05$  vs 旋转 60°; <sup>o</sup> $P < 0.05$  vs 旋转 120°。

Cz 点各旋转角度与 P300 潜伏期做单因素方差分析  $F = 1.761$ ,  $P = 0.177$ , 不存在差异。各旋转角度之间 P300 波幅作单因素方差分析,  $F = 8.742$ ,  $P = 0.000$ , 有显著差异; 两两之间采用 LSD 比较, 与旋转 0° 相比, 旋转 60° ( $P = 0.014$ ), 旋转 120° ( $P = 0.002$ ), 旋转 180° ( $P = 0.000$ ), 存在差异; 旋转 60° 与旋转 180° ( $P = 0.024$ ) 之间存在差异, 其他各旋转角度之间两两之间无差异。

Pz 点两种知觉质量下 P300 总平均波幅和总平均潜伏期进行  $t$  检验, 平均波幅不存在差异, 而潜伏期存在差异 (表 3)。

Pz 点两种知觉质量下 P300 平均潜伏期进行配对  $t$  检验, 存在差异; Pz 点两种知觉质量下各旋转角度时 P300 潜伏期比较见表 4。

Cz 点高低知觉质量间所有旋转角度总平均波幅和平均潜伏期进行  $t$  检验, 平均波幅不存在显著差异, 平均潜伏期存在显著差异 (表 5)。各旋转角度间

两种知觉质量刺激 P300 潜伏期比较见表 6。

表 3 Pz 两种知觉质量刺激之间各角度 P300 平均波幅和平均潜伏期的比较 ( $n=8, \bar{x} \pm s$ )

指标	未加干扰	加干扰	<i>t</i>	<i>P</i>
波幅	13.28 ± 2.61	12.31 ± 2.75	1.449	0.152
潜伏期	504 ± 65.24	601 ± 52.99	6.494	0.000

表 4 Pz 点在两种知觉质量下各旋转角度 P300 潜伏期比较 ( $n=8, \bar{x} \pm s$ )

背景条件	0°	60°	120°	180°
未加干扰	450 ± 38 <sup>b</sup>	460 ± 45 <sup>b</sup>	540 ± 32 <sup>a</sup>	566 ± 54 <sup>a</sup>
加干扰	576 ± 48	590 ± 49	606 ± 56	630 ± 53

<sup>a</sup>*P* < 0.05, <sup>b</sup>*P* < 0.01 vs 加干扰。

表 5 Cz 点两种知觉质量刺激 P300 平均波幅和平均潜伏期的比较 ( $n=8, \bar{x} \pm s$ )

指标	未加干扰	加干扰	<i>t</i>	<i>P</i>
波幅	9.75 ± 2.26	9.01 ± 2.79	1.165	0.249
潜伏期	561 ± 52	614 ± 56	3.907	0.000

表 6 Cz 点在加干扰与不加干扰刺激各旋转角度的 P300 潜伏期比较 ( $n=8, \bar{x} \pm s$ )

背景条件	0°	60°	120°	180°
未加干扰	536 ± 40 <sup>a</sup>	550 ± 46	580 ± 63	580 ± 52 <sup>a</sup>
加干扰	596 ± 54	596 ± 56	616 ± 48	650 ± 58

<sup>a</sup>*P* < 0.05 vs 加干扰。

### 3 讨论

ERP 与正电子发射断层扫描技术(positron emission tomography, PET)和功能性核磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)相比较优点在于它的时间特异性优异,可以记录到脑电波在毫秒级的变化,而 PET 和 fMRI 的优点在于他们的空间分辨率很高,但是他们的时间特异性却难以与 ERP 相比,因此这个实验只有用 ERP 才能达到我们的预期目的。

刺激图片加视觉干扰后, Pz, Cz 点 P300 的潜伏期在各角度之间的差异不显著,但是与不加干扰相比,潜伏期明显延长,存在显著差异。这主要是由于加入视觉干扰后,知觉的编码时间延长所致。

我们实验的理论基础是建立在心理旋转被分为离散的处理阶段,对此也有人提出不同的观点。Kosslyn 等<sup>[7]</sup>猜想心理旋转的处理是并行进行的,认为表象产生后存储于一个特定的视觉缓冲区,在表象旋转时,这个已存的表象起监测的作用,旋转的各个子阶

段之间是并行进行的。

实验中我们通过给刺激图片的背景加入视觉干扰,使得被试的知觉质量下降,知觉编码时间延长,心理旋转被推后,随角度变化的 P300 的波幅改变也被推后了。这从一个新的角度证明了心理旋转与 P300 波幅改变之间的功能联系。也验证了我们关于本实验的假设,延长心理旋转之前的信息处理阶段,会推后心理旋转的进行,从而使波幅改变推迟。那么如果增加图形的辨别时间,应该同样会推后心理旋转的执行,使得 P300 波幅改变被推后。Heil 等<sup>[8]</sup>在 2002 年以比较相似的字母为刺激图片,增加了图形的辨别难度,使得反应时延长了 150 ms,发现 P300 的波幅改变同样得到了延迟。

我们的研究结果显示,当刺激图片旋转 180°时,顶叶从 300 ms 左右出现正的电位,随着时间的增加,正波幅度增加,在 600 ms 左右时达到最大值。并且右侧顶区的正性要大于左侧。这与 Alivisatos 等<sup>[9]</sup>和 Windischberger 等<sup>[10]</sup>利用 PET 对心理旋转的研究相符合。

综上所述,心理旋转过程中,右侧顶区出现明显正波,表明右侧顶区可能是心理旋转加工的功能区;刺激图片加入视觉干扰后,知觉质量下降,此时心理旋转的认知加工波 P300 波幅改变被推后,表明心理旋转与 P300 波幅改变的存在功能联系。

### 【参考文献】

- [1] Wijers A, Otten L, Feenstra S, et al. Brain potentials during selective attention, memory search, and mental rotation [J]. *Psychophysiology*, 1989, 26(4):452-467.
- [2] 刘练红, 刘旭峰, 吕静, 等. 汉字心理旋转的事件相关电位研究 [J]. *第四军医大学学报*, 2004, 25(22):2105-2108.
- [3] 刘练红, 皇甫恩, 苗丹民, 等. 心理旋转的事件相关电位 P300 研究进展 [J]. *中华航空航天医学杂志*, 2004, 15(4):248-250.
- [4] Rosler F, Schumacher G, Sojka B. What the brain reveals when it thinks. Event-related potentials during mental rotation and mental arithmetic [J]. *German J Psychol*, 1990, 14(2):185-203.
- [5] Corballis MC. Recognition of disoriented shapes [J]. *Psychol Rev*, 1988, 95(2):115-123.
- [6] Shepard R, Cooper L. *Mental images and their transformations* [M]. Cambridge MA: MIT Press, 1982: 26-90.
- [7] Kosslyn SM, Maljkovic V, Hamilton SE, et al. Two types of image generation: Evidence for left and right hemisphere processes [J]. *Neuropsychologia*, 1995, 33:1485-1510.
- [8] Heil M, Rolke B. Towards a chronopsychophysiology of mental rotation [J]. *Psychophysiology*, 2002, 39(4):414-422.
- [9] Alivisatos B, Petrides M. Functional activation of the human brain during mental rotation [J]. *Neuropsychologia*, 1997, 35:111-118.
- [10] Windischberger C, Lamm C, Bauer H, et al. Human motor cortex activity during mental rotation [J]. *Neuroimage*, 2003, 20:225-232.