

# 维持注意与选择注意具有不同的脑机制：来自事件相关电位的证据

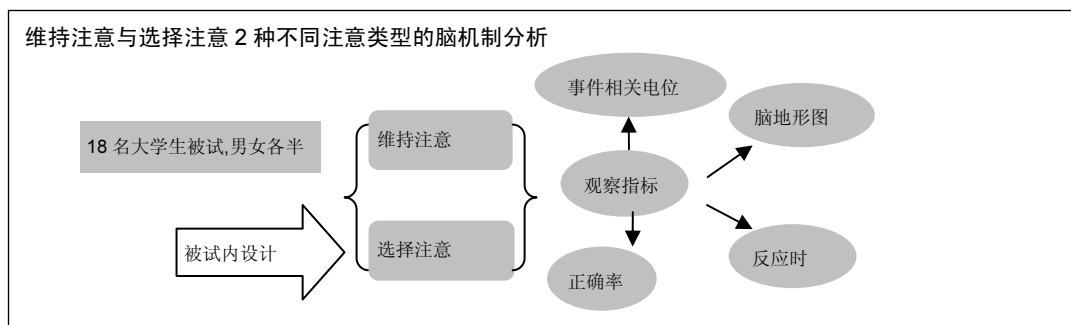
王金娥, 任国防(安阳师范学院, 河南省安阳市 455000)

引用本文: 王金娥, 任国防. 维持注意与选择注意具有不同的脑机制: 来自事件相关电位的证据[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(33):4993-4998.

DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.33.018

ORCID: 0000-0002-1443-0883(王金娥)

文章快速阅读:



王金娥, 女, 1981 年生, 山东省聊城市人, 汉族, 2007 年西南大学心理学院毕业, 硕士, 讲师, 主要从事脑认知、学习心理等方面的研究。

中图分类号: R318

文献标识码: B

文章编号: 2095-4344

(2016)33-04993-06

稿件接受: 2016-05-24

文题释义:

**事件相关电位:** 是一种特殊的脑诱发电位, 通过有意地赋予刺激以特殊的心理意义, 利用多个或多样的刺激所引起的脑的电位。它反映了认知过程中大脑的神经电生理的变化, 也被称为认知电位, 也就是指当人们对某课题进行认知加工时, 从颅表面记录到的脑电位。

**注意:** 是心理活动对一定对象的指向和集中。是伴随着感知觉、记忆、思维、想象等心理过程的一种共同的心理特征。注意有两个基本特征, 一个是指向性, 是指心理活动有选择的反映一些现象而离开其余对象; 二是集中性, 是指心理活动停留在被选择对象上的强度或紧张度。指向性表现为对出现在同一时间的许多刺激的选择, 即选择注意; 集中性表现为对干扰刺激的抑制, 即注意的持续性, 维持注意。

摘要

**背景:** 目前, 学者们对注意的研究主要集中于注意与其他心理现象之间的关系, 而对注意自身的不同类型, 如维持注意与选择注意之间的比较, 却较少研究。

**目的:** 维持注意与选择注意作为两种不同的注意类型, 在认知加工中的作用明显不同, 探讨它们是否具有不同的脑机制。

**方法:** 随机选取 18 名大学生, 男女各半, 测量他们在进行两种注意任务时的事件相关电位。实验程序用 E-Prime 编写并在计算机上呈现, 实验任务由 Karl 等人的实验范式修改而来, 包括选择注意测试流程和维持注意测试流程。呈现注视点 500 ms, 然后随机出现 3 个并排的图形, 呈现时间为 300 ms。要求受试者按要求尽可能快速而准确的做出反应。

**结果与结论:** 表明 2 种注意具有不同的认知神经机制: 维持注意与选择注意在时间进程及波峰和潜伏期方面都存在显著差异。维持注意所诱发的脑电波在脑区分布上更广泛, 以正波为主, 而选择注意所诱发的脑电波由正波和负波 2 种; 维持注意诱发出更大的 N100 和 N250 成分, 但在中期阶段, 选择注意诱发的 P180 波要大。这可能表明对事物的选择出现在任务的中期阶段; 两种注意任务所诱发的的事件相关电位在头皮前后发生逆转现象, 很可能是所有注意都具有的特性。

**关键词:**

组织构建; 组织工程; 维持注意; 选择性注意; 事件相关电位

**主题词:**

注意力; 事件相关电位, P300; 脑电波

**Differences of brain mechanism between selective attention and sustained attention: evidences from event-related potentials**

Wang Jin-e, Ren Guo-fang (Anyang Normal University, Anyang 455000, Henan Province, China)

Wang Jin-e, Master,  
Lecturer, Anyang Normal  
University, Anyang 455000,  
Henan Province, China

## Abstract

**BACKGROUND:** At present, researches about attention mainly concentrate on the relationship between attention and other psychological phenomena, but studies concerning different types of attention itself (sustained attention *versus* selective attention) are few.

**OBJECTIVE:** To investigate the brain mechanisms of sustained and selective attentions which have different roles in the cognitive process.

**METHODS:** Event-related potentials (ERPs) were measured when 18 college students' participants (half male and half female) were performing selective and sustained attention tasks. The program was written in E-Prime and displayed on a computer, and the experimental task was adapted from Karl et al. reported experimental paradigm, including selective attention and sustained attention tasks. The time of fixation point given was 500 ms, and the time of three randomly abreast pictures given was 300 ms. All the participants were asked to make rapid and accurate response as much as possible.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The ERPs elicited by the two attention tasks were different in the aspects of time process, wave crest and latency. The brain regions activated by the sustained attention were wider than those by selective attention. The ERPs elicited by the sustained attention mainly presents as positive waves, whereas those elicited by the selective attention were reflected as both positive and negative waves. The ERPs elicited by the sustained attention were N100 and N250, but in the metaphase, selective attention elicited the P180. These may indicate that event choice appears in the middle stage of the task. Besides, the reversion of ERPs elicited by the two attention tasks in the anterior and posterior scalp is likely to be a generality of all attentions.

**Subject headings:** Attention; Event-Related Potentials, P300; Brain Waves

**Cite this article:** Wang JE, Ren GF. Differences of brain mechanism between selective attention and sustained attention: evidences from event-related potentials. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu.* 2016;20(33):4993-4998.

## 0 引言 Introduction

注意力是智力的一种重要组成成分, 在人们的日常生活具有非常重要的作用, 也是学者们研究的热点问题。维持注意与选择注意是两种不同的注意类型, 选择注意主要体现在个体从众多的刺激中选择一种, 而维持注意主要是指注意的稳定性。

Karl等<sup>[1]</sup>曾对维持注意和选择注意进行了实证研究, 维持注意选用的是 FACT(Frankfurt Adaptive Concentration-Performance Test)范式, 要求被试在电脑上对呈现的目标项目与非目标项目进行辨别, 得出注意与智力之间存在显著相关。近几年不同的学者从不同的角度关注注意偏向的问题<sup>[2-5]</sup>, 但更多关注的是注意与其他心理现象之间的关系。潘毅等<sup>[6]</sup>研究发现视觉工作记忆内容对选择性注意产生了自动导向作用。Downing<sup>[7]</sup>的研究表明了选择注意与工作记忆的互动关系。许多研究表明维持注意与智力之间存在显著相关<sup>[8-9]</sup>。有研究得出注意与智力之间存在显著相关<sup>[1]</sup>, 然而多数研究却证明选择注意与智力之间相关不显著<sup>[10]</sup>。然而, 任学柱等<sup>[11]</sup>研究发现注意对推理的影响显著, 而他们选用的注意任务主要反映的是选择注意和注意集中的能力。

目前, 学者们对注意的研究主要集中于注意与其他心理现象之间的关系, 而对注意自身的不同类型, 如维持注意与选择注意之间的比较, 却较少研究。维持注意

与选择注意在认知加工中的作用明显不同, 那么这两种不同的注意的加工过程中所激发的事件相关电位波和动态变化的脑机制模式特点是否一样呢? 这正是本文所要探讨的重点。从脑机制方面进行探讨, 对于改善、提高儿童的注意力, 对于有注意障碍的人的诊断与治疗等等都可以提供理论方面的参考。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 单一样本观察。

1.2 时间及地点 实验于2014年3至4月在安阳师范学院教育学院事件相关电位实验室完成。

1.3 对象 从安阳师范学院选取大学生18名, 年龄18-22岁, 男女各半。均为右利手, 身体健康, 无脑部损伤史, 视力正常或校正视力正常。所有被试自愿参加, 且对实验过程知情同意, 实验结束后付给被试一定的报酬。

1.4 方法

1.4.1 实验程序及任务 实验前受试者需仔细阅读注意事项和指导语。实验程序用E-Prime编写并在计算机上呈现。每个被试要求同时完成两个实验任务。实验任务由Karl等<sup>[1]</sup>的研究范式修改而来。

1.4.2 选择注意测试流程 首先呈现注视点500 ms, 然后随机出现3个并排的图形, 呈现时间为300 ms, 每次呈现的图形中都会有1个圆形, 要求被试注意圆形的

位置,并在图形呈现以后尽可能快速又准确的作出不同的反应。被试做出反应或呈现时间超过300 ms后图形消失,接着保持黑屏900 ms后进入下一次实验。正式实验共包括188个trial。刺激呈现流程见图1。

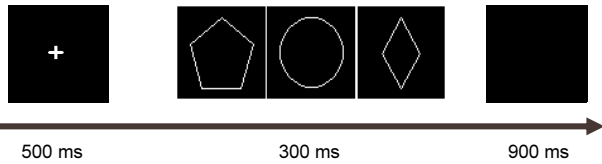


图1 选择注意刺激呈现流程

Figure 1 The process of the selective attention task

1.4.3 维持注意测试流程 维持注意的测试流程由FACT实验范式修改而来。首先呈现注视点500 ms,然后随机出现3个并排的图形,呈现时间为300 ms,与选择注意不同,只有极少数的trial会包含圆形,要求被试注意圆形,有圆形按“1”键,没有圆形按“2”键。要求被试尽可能快速而准确的做出反应。在正式实验前都有一定的练习,进入正式测验由被试自己掌握。实验顺序进行被试间平衡。刺激呈现流程见图2。

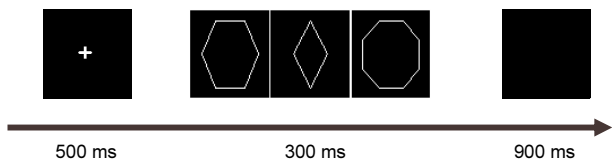


图2 维持注意的刺激呈现流程

Figure 2 The process of the sustained attention task

1.5 事件相关电位数据处理 实验仪器采用的是德国BP公司生产的事件相关电位工作站。采用10-20电极扩展系统,记录电极的电极帽为64导。双侧乳突为参考电极,FPz和Fz连线的中点为接地点。另外,眼电有4个电极记录,2个电极记录左眼眶上下侧的垂直眼电(VEOG),另2个电极记录两眼外侧的水平眼电(HEOG)。采样频率为500 Hz/导,电极与头皮之间的阻抗小于5 k $\Omega$ ,滤波带通为0.01-100 Hz,脑电采用离线式叠加处理。剔除被试判断错误的脑电事件,同时剔除眼动和其他伪迹使脑电电压超过 $\pm 80 \mu V$ 的脑电事件。

参考前人的研究与本研究目的<sup>[12-13]</sup>,共选取了14个电极记录事件相关电位脑电波用于分析:前部为Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, Fpz, C1, C2, Cz,在进行前后配对分析时仅用前面6个电极;后部为P3, P4, O1, O2, Oz, Pz;中部为T7, T8。

1.6 主要观察指标 ①行为数据结果;②事件相关电位结果;③脑地形图分析。

1.7 统计学分析 采用SPSS 17.0统计软件进行分析

检验和方差分析。

## 2 结果 Results

2.1 行为数据结果 使用SPSS 17.0进行t检验结果发现,维持注意与选择注意无论是在正确率之间还是在反应时间之间均存在十分显著的差异(表1),选择注意的正确率高但反应时间短,行为数据说明:两种注意具有不同的认知加工机制。

表1 维持注意与选择注意的平均正确率与反应时 (ms)  
Table 1 The average accuracy and response time in the selective and sustained attention tasks

项目	正确率(标准差)	反应时(标准差)
维持注意	0.94(0.04)	474.26(52.20)
选择注意	0.97(0.03)	437.12(63.41)

表注:维持注意与选择注意无论是正确率还是反应时差异均有显著性意义( $P < 0.001$ )。

2.2 事件相关电位结果 两种注意均在前额叶诱发出N100、P180、N250,在顶叶和枕叶诱发出P100、N180、P250,但都出现了晚期正成分。维持注意与选择注意所诱发的脑电波在时间进程上具有一致性,但头皮前后所诱发的脑电波发生了逆转现象。见图3。

用SPSS 17.0分别对头皮前部和头皮后部所诱发的各种成分的波峰和潜伏期进行了方差分析,结果发现头皮前后具有很大差异。在头皮前部,N100、P180和N250三种成分的波峰和潜伏期,除了N100的潜伏期和N250的波峰外,所有的电极与任务间的交互作用都达到了显著水平,但任务主效应和电极主效应都不显著。头皮后部的结果却截然不同,P100、N180和P250三种成分的波峰和潜伏期,除N180的潜伏期电极主效应不显著外,其他的任务主效应和电极主效应均达到显著水平,但电极与任务的交互作用却仅有P100的潜伏期达到显著水平。这表明两种注意的加工在额叶对应于不同的脑区。而在头皮后部两种任务的加工脑区是一致的,只是所激发的事件相关电位波的程度不同。头皮后部的方差分析结果见表2。

除了以上的分析,还对0-400 ms时间段的平均波幅进行了统计检验,间隔100 ms。结果如表3。

以上分析可见:在这4个时间段中,头皮前后所诱发的脑电波幅都没有显著差异,说明两种任务在头皮前后所激发的总的波幅基本相等。从表3中的数据分析可以得出两种任务的事件相关电位是否存在差异依赖于头皮前后的位置。为此,针对200-300 ms时

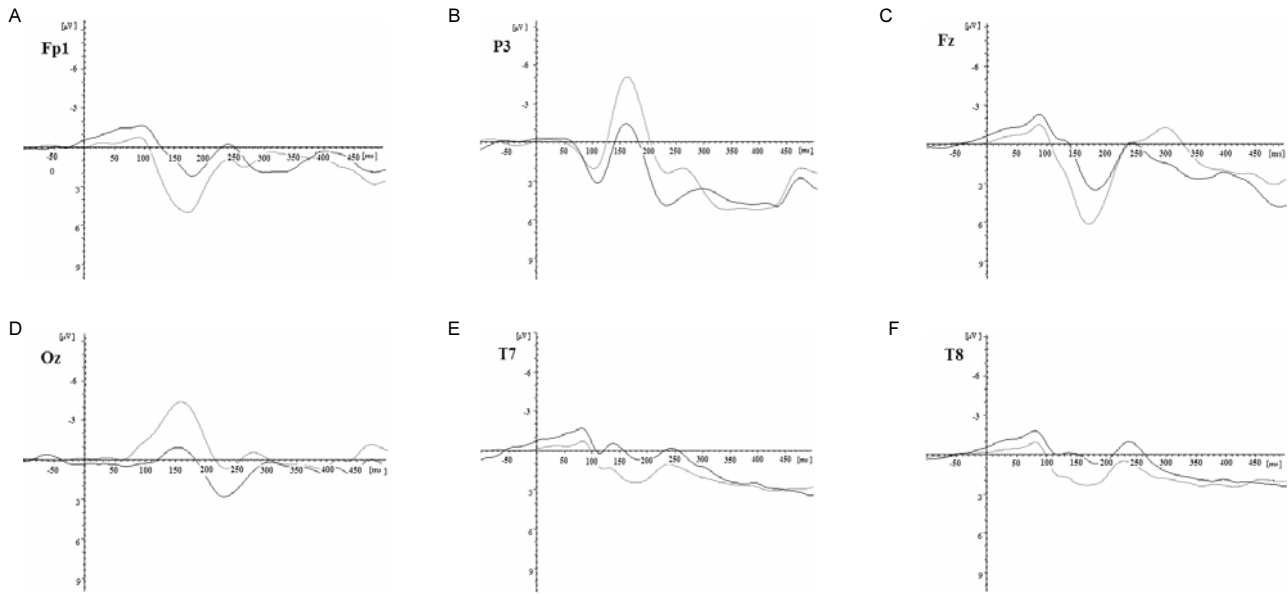


图3 维持注意与选择注意的事件相关电位总平均图(n=18)

Figure 3 The chart of mean event-related potentials in the selective and sustained attention tasks

图注: 图 A, C: 可以看出在头皮前部诱发出 N100、P180、N250; B, D: 可以看出在头皮后部诱发出 P100、N180、P250, 说明头皮前后的事件相关电位发生逆转现象; E, F: 可以看出头皮中部的波峰及其成分不明显。

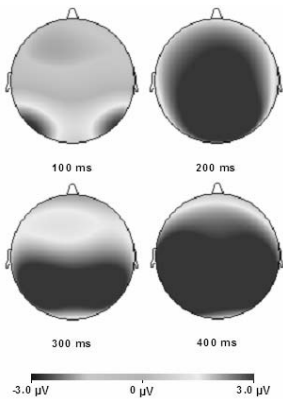


图4 维持注意的脑地形图  
Figure 4 The brain electrical activity mapping of sustained attention

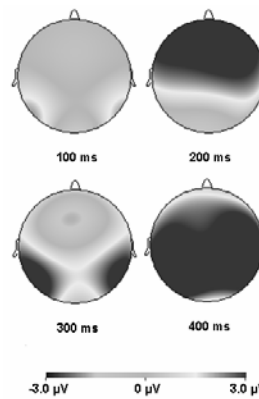


图5 选择注意的脑地形图  
Figure 5 The brain electrical activity mapping of selective attention

间段, 分别对头皮前、后两部分对任务主效应进行统计分析, 结果显示: 在头皮前部, 任务主效应不显著,  $F(1, 17)=2.261, P=0.151$ ; 但在头皮后部, 任务主效应却显著,  $F(1, 12)=7.441, P=0.014$ , 维持注意所激发的事件相关电位的波幅大于选择注意。这说明维持注意在开始和结束时, 所引起的事件相关电位的波幅要强于选择注意, 而选择注意在中间时段所激起的事件相关电位强度要大于维持注意。

2.3 脑地形图分析 见图4, 图5。

从上图可以看出: 维持注意和选择注意都有很强的负波出现, 但是呈现的时间段和脑区部位不同, 维持注意激活的负波出现在刺激呈现后100 ms时, 头皮前部的大部分区域, 而选择注意激活的负波却是在刺激呈现后300 ms时, 且仅出现在头皮前部的额叶区。这表明维持注意激活的脑区要比选择注意更广泛。

3 讨论 Discussion

从事件相关电位时间进程图上分析可以看出: 选择注意在头皮前部诱发出N100、P180和N250三种波, 在头皮后部诱发出了P100、N180和P250成分, 且N100、P180成分很强。选择性注意早期的事件相关电位反应特征与先前的研究基本一致<sup>[12-13]</sup>, 谢莺等<sup>[14]</sup>使用非空间的选择性注意搜索模式, 在头皮前部, 目标字符呈现后150-200 ms之间出现了很强的正成分, 在头皮后部, 目标字符呈现后160-230 ms之间出现了很强的负成分。研究中, 维持注意与选择注意所激发的事件相关电位的波形在总体上具有一致性走向, 但事件相关电位在头皮前后发生逆转现象, 这说明头皮前后事件相关电位的逆转现象与注意的类型、注意的任务无关, 很可能是所有注意都具有的特性。虽然维持注意与选择注意在头皮前部都诱发出了N100和P180成分, 但是选择注意的N100成分明显比维

表2 维持注意与选择注意在头皮后部所诱发的各种成分方差分析结果

Table 2 Variance analysis of potential components at the posterior scalp elicited by selective and sustained attentions

成分	波峰或波幅	效应	均值	F	P
P100	波峰	任务主效应	25.06	9.54	0.007 <sup>b</sup>
		电极主效应	272.27	26.74	0.000 <sup>c</sup>
		任务×电极	5.24	2.51	0.071
	潜伏期	任务主效应	7 896.46	5.44	0.032 <sup>a</sup>
		电极主效应	17 639.81	8.05	0.000 <sup>c</sup>
		任务×电极	5 664.54	3.83	0.019 <sup>a</sup>
P250	波峰	任务主效应	61.97	26.98	0.000 <sup>c</sup>
		电极主效应	132.41	12.33	0.000 <sup>c</sup>
		任务×电极	12.51	1.43	0.254
	潜伏期	任务主效应	10 894.24	6.67	0.019 <sup>a</sup>
		电极主效应	32 121.04	9.01	0.000 <sup>c</sup>
		任务×电极	1 423.03	0.74	0.543
N180	波峰	任务主效应	64.67	16.72	0.001 <sup>c</sup>
		电极主效应	140.06	14.62	0.000 <sup>c</sup>
		任务×电极	16.03	2.01	0.156
	潜伏期	任务主效应	10 922.67	5.35	0.034 <sup>a</sup>
		电极主效应	2 469.29	1.54	0.213
		任务×电极	1 416.28	0.82	0.480

表注: <sup>a</sup> $P < 0.05$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$ , <sup>c</sup> $P < 0.001$ .

持注意弱, 而 P180 成分却显著强于维持注意, 这说明对事物的选择过程发生在刺激呈现后 180 ms 左右。

在头皮中部, 两种注意任务所引起的波峰不明显, 但可以看出在刺激呈现到 100 ms 和 200–300 ms 时出现了负电位, 而在刺激呈现后的 100–200 ms 时出现了正电位, 这和 Hopf 等<sup>[15]</sup>(2000)的研究结果基本一致, 他认为 200–350 ms 间注意的效应也很明显, 中部电极出现负电位, 似乎就是“选择或加工负电位”。

通过对两种注意任务所引起的各成分的波峰和波幅的方差分析可以看出: 在头皮前部, N100、P180 成分的波峰任务主效应不显著, 但是电极与任务间的交互作用却达到了显著水平, 这说明两种注意任务所激发的事件相关电位在强度上是否一致与脑区相关。同时也可表明选择注意主要激活了头皮前部的脑区, 在早期阶段选择注意所激活的脑区强度要高于维持注意, 但在刺激呈现 180 ms 之后所激活的脑区强度却显著低于维持注意。N250 和 P180 成分的潜伏期任务主效应不显著, 但是电极与任务间的交互作用达到了显著水平, 这说明两种注意任务在时间进程上是否一致与不同的脑区有很大相关, 表明在不同的脑区上, P180 成分选择注意出现的早, 而 N250 成分维持注意出现的早。在头皮后

表3 两种注意在各时间段所诱发的的事件相关电位平均波幅的方差分析结果

Table 3 Variance analysis of the mean amplitude of event-related potentials elicited by selective and sustained attentions at different time points

时间段	效应	平均波幅	F	P
0–100 ms	任务	21.19	9.43	0.007 <sup>c</sup>
	电极	1.83	3.36	0.027 <sup>a</sup>
	前后	2.31	0.88	0.360
	任务×前后	3.28	1.74	0.205
	电极×前后	2.57	6.12	0.001 <sup>c</sup>
	任务×电极	0.14	0.85	0.480
100–200 ms	前后×电极×任务	0.05	0.38	0.810
	任务	137.01	18.90	0.000 <sup>c</sup>
	电极	5.34	2.63	0.071
	前后	0.43	0.04	0.852
	任务×前后	2.90	0.40	0.537
	电极×前后	9.20	2.41	0.104
200–300 ms	任务×电极	1.35	1.77	0.168
	前后×电极×任务	1.93	3.06	0.037 <sup>a</sup>
	任务	0.09	0.01	0.912
	电极	29.12	12.32	0.000 <sup>c</sup>
	前后	21.73	0.71	0.412
	任务×前后	50.04	9.38	0.007 <sup>b</sup>
300–400 ms	电极×前后	18.05	6.33	0.000 <sup>c</sup>
	任务×电极	4.30	2.73	0.055
	前后×电极×任务	2.65	2.26	0.076
	任务	0.04	0.00	0.954
	电极	38.87	14.90	0.000 <sup>c</sup>
	前后	3.34	0.08	0.779
任务×前后	0.02	0.00	0.964	
电极×前后	59.98	19.44	0.000 <sup>c</sup>	
任务×电极	1.36	0.73	0.534	
前后×电极×任务	1.18	0.61	0.635	

表注: <sup>a</sup> $P < 0.05$ , <sup>b</sup> $P < 0.01$ , <sup>c</sup> $P < 0.001$ .

部, P100、N180 和 P250 三种成分的波峰主效应都达到了显著水平, 但任务与电极的交互作用却不显著, 这说明两种注意任务在头皮后部所引起的事件相关电位程度不同, 脑区却是一致的, 也就是说两种注意任务在头皮后部所激活的脑区基本相同。在头皮后部, 3 种成分的潜伏期在任务主效应方面都达到了显著水平, 这说明两种注意任务在时间进程上不一致, 选择注意早于维持注意。

通过对 0–400 ms 时间段的平均波幅进行分析, 发现在 0–100 ms 时间段中, 维持注意的波幅大于选择注意; 在 100–200 ms 时间段中, 选择注意的波幅总是大于维持注意; 在 200–300 ms 时间段中, 头皮后部维持注意的波幅大于选择注意, 这说明在任务的开始和结束时, 维持注意所消耗的资源多, 而在任务中期, 选择注

意所消耗的资源更多,也即是对事物的选择发生在任务呈现后的 180 ms 左右,在头皮前部表现为正波,在头皮后部表现为负波。这种现象可以从两种注意任务的本身特性来解释,选择注意是要求被试在同时呈现一系列刺激中对目标刺激进行选择,因此在目标刺激出现并进行选择的时候,其注意力集中程度提高,相应的呈现在脑电方面,其激活的事件相关电位增大。而维持注意则是让被试持续关注一个目标刺激,中间不会间断,在整个时间段内注意力都要高度集中,反应在脑电波上,其激活的事件相关电位无论是在目标刺激未出现或已经消失时,都会维持在一定的高度,当目标刺激出现时,其激活的事件相关电位会显著增大,但增大的幅度却不及选择注意。

结合脑地形图和事件相关电位,可以得出,在激活的脑区范围上,维持注意要比选择注意更广,在时间进程上也存在很大的差异:在早期阶段维持注意只在额叶皮层出现了很强的负波,而到了任务中期和晚期阶段,却呈现的是正波;选择注意,在任务的早期阶段,枕叶皮质的很小范围内出现了负波,而在额叶皮层仅出现了微弱的负波,中期却在额叶区出现了很强的负波。因此可以认为,正波代表的是注意的维持功能,而注意的选择功能则是由正波和负波共同来体现的。至于结果是否真的如此,还需要进一步的实验来验证。

**结论:** 维持注意和选择注意所诱发的事件相关电位,无论是在时间进程还是波峰、波幅上都存在显著差异。在早期阶段和晚期阶段维持注意所诱发的事件相关电位要大于选择注意所诱发的事件相关电位,但在任务中期阶段相反,选择注意所诱发的事件相关电位要大于维持注意。这可能表明对事物的选择出现在任务的中期阶段;两种注意任务所诱发的事件相关电位在头皮前后发生逆转现象,很可能是所有注意都具有的特性;在脑区激活范围上看维持注意比选择注意更广泛,但从激活的脑电波正负上看,维持注意以正波为主,而选择注意由正波和负波共同体现。

**作者贡献:** 第一作者负责本文的文献资料的搜集、整理,研究的设计及实施以及数据的统计分析以及文字撰写;第二作者对本文设计的合理性进行评估与指导,尤其在实验过程中和数据统计分析中起到十分重要的作用。

**利益冲突:** 所有作者共同认可文章内容不涉及相关利益冲突。

**伦理问题:** 全部受试者都是自愿参加,并对实验过程知情同意。

**文章查重:** 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

**文章外审:** 文章经国内小同行外审专家双盲外审,符合本刊发稿宗旨。

**作者声明:** 第一作者对研究和撰写的论文中出现的不良行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁,可接受核查。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

#### 4 参考文献 References

- [1] Karl S, Helfried M. Attention and working memory as predictors of intelligence. *Intelligence*. 2004;32:329-347.
- [2] 陈传峰,李湘兰,胡珍玉.老年抑郁个体注意偏向的发生阶段[J].心理科学,2011,34(3):738-743.
- [3] 李海江,杨娟,贾磊,等.不同自尊水平者的注意偏向[J].心理学报,2011,43(8): 907-916.
- [4] 杨智辉,王建平.广泛性焦虑个体的注意偏向[J].心理学报,2011,43(2):164-174.
- [5] 周红燕,王伟,刘旭峰,等.大学生对社会暴力信息注意偏向的眼动研究[J].神经心理生物学研究,2011,25(2): 156-160.
- [6] 潘毅,许百华,金红军,等.视觉工作记忆对注意选择的自动导向作用[J].心理科学,2010,33(1):31-35.
- [7] Downing PE. Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*. 2000;11(6):467-473.
- [8] Stankov L, Roberts R, Spilbury G. Attention and speed of test-taking in intelligence and aging. *Personality and Individual Differences*. 1994; 17:273-284.
- [9] Schweizer K. Cognitive mechanisms at the core of success and failure in intelligence testing. *Psychologische Beitrage*. 2000;42: 190-200.
- [10] 陈天勇,韩布新,王金凤.工作记忆中央执行功能的特异性和可分离性[J].心理学报,2002,34(6):573-579.
- [11] 任学柱,钱颖技,李春花,等.注意、工作记忆与推理能力发展的关系[J].心理发展与教育,2010,4 :337-343.
- [12] 敖新宇,范思陆,何逊,等.上下视野空间选择性注意的ERP研究[J].生物物理学报,2000,16(1):73-80.
- [13] Durk T, Heleen A S, Sander N, et al. The orienting of visuospatial attention: An event-related brain potential study. *Cognitive Brain Research*. 2005;25(1): 117-129.
- [14] 谢莺,陈心浩,杨仲乐.非空间视觉选择性注意新模式[J].中南民族学院学报:自然科学版,2000,19(4):1-5.
- [15] Hopf JM, Mangun GR. Shifting visual attention in space: an electrophysiological analysis using high spatial resolution mapping. *Clin Neurophysiol*. 2000;111(7): 1241-1257.