

工作记忆与选择性注意的交互作用

刘兆敏 郭春彦*

(首都师范大学教育科学研究院心理系, 北京 100037. * 联系人, E-mail: guocy@mail.cnu.edu.cn)

摘要 采用事件相关电位(ERP)技术研究了工作记忆与选择性注意的相互关系。实验使用两个不相关的工作记忆任务和选择性注意任务, 要求被试同时完成。结果显示, 选择性注意任务的一致和不一致刺激均诱发出N400成分, 并在500 ms处到达最大值。不一致刺激的N400要比一致刺激的更为负走向, 即选择性注意任务中的一致与不一致刺激表现出语义N400的差异。在顶区, 工作记忆负荷对选择性注意的N400有显著影响。工作记忆提取的ERPs在中央区和顶区存在工作记忆负荷的主效应, 高负荷任务在刺激出现后350~550 ms比低负荷任务的ERPs更为正走向, 但是工作记忆信息的提取不会因选择性注意任务中刺激类型的不同而表现出差异。结果表明, 虽然工作记忆对选择性注意中的分心物抑制不起决定性作用, 但工作记忆作为选择性注意的一种加工背景会对其产生影响; 选择性注意中目标和分心物的一致性程度不会影响工作记忆的提取。

关键词 工作记忆 选择性注意 N400

对于知觉、思维和行为之间动态的相互作用来说, 工作记忆和选择性注意是两个关键的认知概念^[1]。工作记忆的一个重要特征就是对信息的即时保持以指导未来的行为。而视觉选择注意能够使与任务相关的信息在知觉、选择决定和任务操作中处于被优先加工的地位。

对注意和工作记忆的研究中, 已有报告发现, 注意任务与额叶皮层(frontal cortex)的激活有关^[2,3], 而工作记忆的保持则受顶皮层(parietal cortex)某些特定脑区的调节^[4,5]。虽然对视觉注意和工作记忆的研究很多, 但就两者的相互作用问题, 研究者近期才进行了探讨。

有人提出, 工作记忆可能在控制选择性注意方面发挥着一定的作用^[6,7]。但它到底发挥着什么作用, 目前看法不一。一部分研究者认为, 工作记忆负荷的增加会减弱对分心物的抑制, 工作记忆在控制选择性注意方面是一种直接的因果作用^[6,7]。例如, 在de Fockert等人^[7]的实验中, 屏幕上呈现一些名字, 要求被试对每个名字进行分类(明星还是政治家), 而且每个名字的背景是一张面孔图片, 这张图片可能跟名字是同一个人, 也可能不是。这就促使被试尽量忽略面孔图片, 只专注于文字信息。结果发现, 被试在名字和面孔不匹配时做出正确判断需要的时间显著延

长。同时, 研究者为了检验工作记忆的参与程度, 要求被试首先记住5个数字, 在选择性注意任务之后再对数字进行回忆。结果发现, 高负荷工作记忆中分心物的干扰作用要比低负荷工作记忆的大, 表明在高负荷工作记忆条件下, 选择注意任务中的分心物得到了更多的加工。而且, 功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究发现, 额叶在调节注意方面发挥着关键的作用。这种观点受到不少研究者的认同^[8,9]。也有研究者认为, 工作记忆负荷的增加可以增强对分心物的抑制。例如, D'Arcy等人^[10]使用事件相关电位(event-related potential, ERP)技术研究了工作记忆负荷对语义N400反应(N400 response)的影响。他们给被试呈现语义相关的句子, 但是对目标句的句尾词与句子内容的一致性进行了操作。对不同工作记忆负荷下句尾词(一致的和不一致的)诱发的ERPs进行分析发现, 语义不一致的单词诱发出的N400更为负走向。而且, 工作记忆负荷的增加引起了一致性效应(congruency effect, 不一致刺激减去一致刺激的差)的减少(即N400差异波的减小), 而一致性效应的减少则表明工作记忆的高负荷引起被试对分心物抑制的增强。而且, D'Arcy等人^[10]通过源分析发现, 枕区、颞区和顶区都有激活, 工作记忆负荷的增加导致前部颞区偶极子激活水平的增加,

2007-04-17 收稿, 2007-06-17 接受

国家自然科学基金(批准号: 30170322, 30570603)、高等学校博士学科点专项科研基金(批准号: 20040028001)、教育部哲学社会科学重大项目(批准号: 06JZD0039)、北京市重点《学习与认知》实验室及北京市属市管高校人才强教计划资助项目

并引起左侧顶下区的新异源激活。

另一种观点则认为,工作记忆负荷不会对选择性注意产生影响。例如,Yi等人^[11]采用fMRI技术对视觉空间工作记忆负荷与知觉负荷进行了操作,结果显示,增加目标任务的知觉难度可以减弱与任务无关的背景信息的加工,但是增加工作记忆中客体的数目却不会对分心物的加工产生影响。有研究也证实了工作记忆不会对选择性注意产生影响^[12~14]。然而,Han和Kim等人^[15]的研究却发现,虽然需要工作记忆保持功能的任务不会对视觉搜索(visual search)产生影响,但需要工作记忆操作功能的任务却导致视觉搜索的效率下降。

关于选择性注意对工作记忆任务的影响作用,研究者主要采用工作记忆和视觉搜索任务进行了探讨。例如,Woodman等人^[12]通过实验发现,工作记忆负荷的增加不会延缓视觉搜索的时间,而且视觉搜索任务并不能从根本上破坏视觉工作记忆信息的保持。由此,他们认为注意和工作记忆的关系不大,但他们后来的研究却发现,当同时进行视觉搜索和空间记忆任务时,视觉搜索的有效性和空间记忆的正确率都会受到影响^[16]。Oh和Kim^[17]的研究则发现,空间工作记忆的增加会降低视觉搜索的有效性,搜索加工也导致了空间工作记忆正确率的降低。

本研究采用 ERP 技术,设计了一个需要工作记忆和语义选择注意同时参与的任务,通过控制工作记忆负荷与选择性注意任务中目标与分心物的一致性程度,对选择性注意加工和工作记忆提取的 ERPs 进行分析,来寻求两者是否相互影响的时程变化信息。

1 方法

() 被试。15 名大学生(女生 8 名,男生 7 名)参加本实验,年龄在 19~22 岁之间,平均年龄为 20.73 ± 0.88 岁。被试为右利手,视力或矫正视力在 1.0 以上,身体健康,无精神病史和脑部疾病史,实验后获得有限报酬。

() 刺激材料。工作记忆任务以阿拉伯数字为刺激,有高负荷(6 个数字)和低负荷(3 个数字)两种处理水平,且每种水平各有 120 个序列。在每次同时呈现的数字序列中(6 个数或 3 个数),所有的数字都不重复,数字间的排列非递增或递减(如,“123456”属递增序列),也无偶数递增、递减或奇数递增、递减的情

况,一些简单易记的数字序列也被剔除,而且探测数字出现在各个位置上的次数相等。

选择性注意任务使用了 Snodgrass 等人^[18]编制的经过标准化的 120 幅图片及其中文名称,图片及中文名称有日常用品和动物两类,每类 60 对。选择性注意任务包括一致条件和不一致条件两种处理水平。当中文名称和图片一一对应时,就是一致刺激;而中文名称与图片内容不符时,就是不一致刺激。不一致刺激又包括两类:中文名称是动物,图片为日常用品;中文名称为日常用品,图片是动物。在高、低负荷工作记忆任务中,都有一致刺激和不一致刺激各 60 组。并且,在每种实验条件中,对图片和单词的呈现和出现次数都进行了匹配。

刺激呈现的视距为 80 cm,高负荷工作记忆任务的视角为 $5.2^\circ \times 1.2^\circ$,低负荷工作记忆任务的视角为 $2.6^\circ \times 1.2^\circ$,探测数字的视角为 $0.9^\circ \times 1.2^\circ$;在选择性注意任务中,背景图片的视角为 $10.1^\circ \times 10.1^\circ$,中文名称的最大视角为 $5.1^\circ \times 1.6^\circ$ 。

() 实验程序。被试在隔音电磁屏蔽房间内完成任务。刺激材料均呈现于计算机屏幕的中央,背景为黑色。要求被试注视屏幕中央。实验任务有两个:一个是高负荷工作记忆和选择注意任务,另一个是低负荷工作记忆和选择注意任务。在每个任务中,选择性注意任务都包括两种处理水平,即一致条件和不一致条件,这两种条件在工作记忆任务中的出现顺序经过伪随机处理。这样,就构成一个 2 (高、低负荷) $\times 2$ (一致刺激和不一致刺激) 的实验设计。

具体呈现过程参见图 1。首先,屏幕上会呈现 2000 ms 的“+”号,同时伴有“叮”的提示音,要求被试做好准备。随后出现的数字系列呈现时间为 1000 ms,要求被试默记它,接着呈现的“+”在 2800~3000 ms 之间随机。然后,图片和单词会同时呈现 500 ms,要求被试判断呈现的中文名称是否是动物,并尽量忽视图片内容提供的信息。在“+”之后,就会出现一个探测数字,呈现时间为 4000 ms,这个数字在呈现数字序列之列,要求被试指出,在刚才的数字序列中紧跟在这个数字之后的那个数字是几,并尽快按下相应的数字键。一个类似正式实验的小程序供被试充分练习、熟悉按键使用。

在整个实验中,每种处理条件的叠加次数为 60,共 240 个实验序列。每 30 个序列构成一个组块(block),每个组块呈现完成需要 7 min。高、低负荷工作记忆

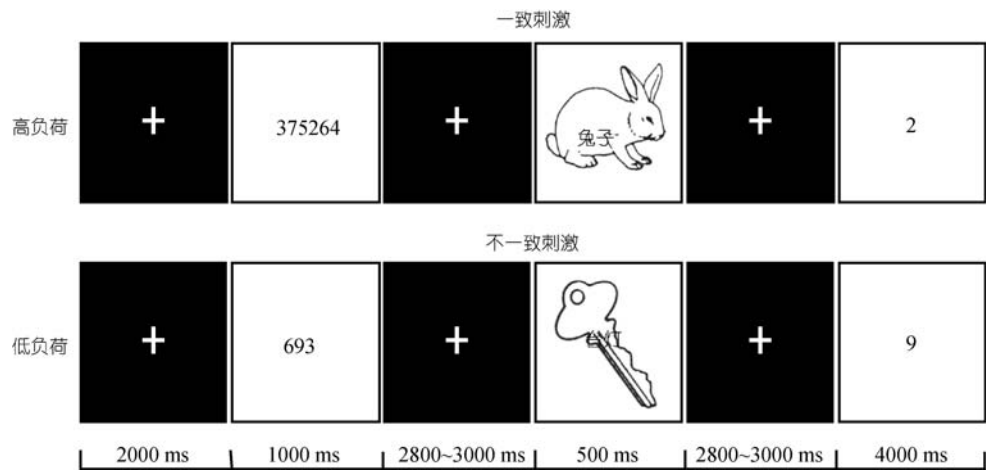


图 1 实验序列示意图

和注意任务组块的呈现顺序在被试间进行平衡，被试每完成一个组块后都进行充分休息。

() 数据的获取与处理. 采用 Neuroscan ERPs 记录与分析系统, 根据国际 10~20 系统扩展的 62 导 Ag/AgCl 电极帽记录 EEG. 左眼眶额上、下记录垂直眼电, 两眼外侧记录水平眼电. 左、右耳乳突连线为参考电极. 接地点在 Fpz 与 Fz 的中点. 脑电信号采集增益为 500, A/D 采样频率为 500 Hz, 滤波带通为 0.05~100 Hz. 电极与头皮间的阻抗小于 5 kΩ.

对记录获得的连续 EEG 数据进行离线(off-line)分析, 自动排除眼动伪迹, 其他在±75 μV 之外的伪迹在叠加中被剔除. 脑电分析时程为 1100 ms, 基线为刺激呈现前的 100 ms. 对工作记忆任务和注意任务都正确的波形进行叠加, 得到选择性注意的 ERPs 和工作记忆提取的 ERPs. 其中选择性注意任务的 ERPs 有高负荷工作记忆下语义一致刺激的 ERPs 和不一致刺激的 ERPs, 低负荷工作记忆下语义一致刺激的 ERPs 和不一致刺激的 ERPs; 而工作记忆提取的 ERPs 包括高负荷工作记忆下语义一致刺激的 ERPs 和不一致刺激的 ERPs, 低负荷工作记忆下语义一致

刺激的 ERPs 和不一致刺激的 ERPs. 而且, 被试在每种实验处理条件下的叠加次数大多在 50 次以上.

由于在不同处理条件下需要分析的 ERPs 成分在不同脑区有不同的表现, 所以针对不同的 ERPs 成分会选择不同的脑区和电极进行分析. 数据分析使用 SPSS11.5 软件包, 采用重复测量的方差分析, 方差分析的 *P* 值采用 Greenhouse-Geisser 法矫正.

2 结果

2.1 行为数据

工作记忆和选择注意任务的反应时和正确率见表 1. 对选择性注意任务在高、低负荷工作记忆下的反应时做重复测量的两因素方差分析发现, 工作记忆负荷的主效应和注意条件的主效应都极为显著 ($F(1,14) = 16.70, P < 0.001$; $F(1,14) = 48.09, P < 0.001$). 进一步分析发现, 不一致刺激比一致刺激的反应时更长, 低负荷条件比高负荷条件需要更长的反应时. 工作记忆与选择性注意的交互作用不显著 ($P > 0.05$). 对工作记忆任务成绩做重复测量的两因素(一致、不一致刺激和高、低负荷)方差分析发现, 只

表 1 工作记忆和选择注意任务的反应时和正确率

工作记忆负荷	选择性注意任务		工作记忆任务	
	一致条件	不一致条件	一致条件	不一致条件
高负荷				
反应时/ms (SE)	861(39.7)	904(39.7)	1616 (64.2)	1616 (62.7)
正确率%(SE)	93.67 (0.86)	93.56 (0.76)	93.67 (0.86)	93.56 (0.76)
低负荷				
反应时/ms(SE)	892(43.7)	932(43.6)	1258(64.3)	1236 (62.9)
正确率%(SE)	96.56 (0.82)	96.78 (0.55)	96.56 (0.82)	96.78 (0.55)

有工作记忆负荷的主效应显著, $F(1,14) = 90.382, P < 0.001$, 高负荷工作记忆的反应时显著长于低负荷的。

在正确率方面, 本实验只对工作记忆任务和选择注意任务都正确的情况进行了统计。结果发现, 低负荷的正确率要显著高于高负荷条件下的, $F(1,14) = 11.694, P < 0.01$, 注意条件的主效应及其与工作记忆负荷的交互作用均不显著($P > 0.05$)。

2.2 ERPs 结果

() 选择性注意的语义 N400。不同负荷工作记忆中选择性注意任务的 ERPs 比较及差异波(一致减不一致)的脑地形分布见图 2。N400 在刺激呈现后约 430 ms 处开始表现出注意条件的差异, 到 500 ms 处到达最大值, 并一直延续到 600 ms。不一致刺激诱发的 N400 及其后支要比一致刺激的更负, 且在额-中央-顶区差异较大, 在前额区较小, 枕区差异不明显。

由于在各处理水平中, 刺激诱发的 N400 没有表现出明显的峰, 故对刺激出现后 400~500 和 500~600 ms 两个时间窗口的平均幅值进行统计, 各脑区做重复测量的 4 因素方差分析, 4 因素分别为负荷(高负荷和低负荷)、注意条件(一致刺激和不一致刺激)、脑区(额区、中央区和顶区)和电极位置(左、中、右)。

结果显示, 在 400~500 ms 之间, 选择性注意任务中的一致刺激和不一致刺激的差异极为显著, $F(1,14) = 16.73, P < 0.001$, 进一步分析发现, 不一致刺激均比一致刺激的 ERPs 更为负走向。脑区的主效应显著, $F(1,14) = 10.44, P < 0.01$, 分析发现, 顶区比中央区更正, 而中央区则比额区更正。注意条件和脑区的交互作用显著, $F(1,14) = 5.41, P < 0.05$, 简单效应分析发现, 一致刺激和不一致刺激在这 3 个脑区都存在显著差异, 只不过显著性水平不同罢了。另外, 高低负荷、注意条件、脑区和电极的 4 重交互作用显著, $F(1,14) = 4.39, P < 0.05$; 高低负荷、注意条件和脑区三者的交互作用也达到了显著水平, $F(1,14) = 4.60, P < 0.05$ 。对每个脑区一致刺激和不一致刺激分别在高低负荷上的差异作简单效应分析发现, 在额区, 高负荷注意条件间的差异不显著, $F(1,14) = 2.31, P > 0.05$, 但在低负荷水平上, 注意条件间的差异极为显著, $F(1,14) = 15.11, P < 0.01$; 中央区在高负荷与低负荷水平上, 注意条件间的差异都达到了显著水平(高、负荷, $F(1,14) = 5.43, P < 0.05$; 低负荷, $F(1,14) = 7.78, P < 0.05$); 顶区在高负荷上一致与不一致刺

激的差异显著, $F(1,14) = 4.91, P < 0.05$, 但是在低负荷水平上却没有显著的差异, $F(1,14) = 1.47, P > 0.05$, 与额区和中央区的总体趋势不同。

在 500~600 ms 之间, 选择性注意任务中的一致刺激和不一致刺激的差异也极为显著, $F(1,14) = 32.66, P < 0.001$, 进一步分析发现, 不一致刺激均比一致刺激的 ERPs 更为负走向。脑区与电极位置的交互作用显著, $F(1,14) = 3.91, P < 0.05$ 。此外, 高低负荷与脑区的交互作用显著, $F(1,14) = 4.90, P < 0.05$, 简单效应分析发现, 在顶区, 高低负荷的差异显著, $F(1,14) = 5.352, P < 0.05$, 进一步分析发现, 高负荷工作记忆的 N400 要比低负荷条件下注意刺激的 N400 更为负走向, 但是在额区和中央区均不存在高低负荷的显著差异($P > 0.05$)。

() 工作记忆提取的 ERPs。工作记忆提取的 ERPs 如图 3 所示。从波形图来看, 在刺激出现后 200 ms 左右, 就能观察到头皮前部高、低负荷间 ERPs 的不同, 即高负荷工作记忆诱发的 P2 成分比低负荷的更为正走向, 在头皮后部没有明显的 P2。而负荷差异更为明显的是在探测刺激出现后 350~550 ms, 且主要在头皮后部, 高负荷工作记忆的提取 ERPs 比低负荷的更为正走向。但是在一致性方面上, 似乎差别不大。

为检验探测刺激出现后的 350~550 ms 间不同负荷工作记忆的 ERPs 是否存在显著的主效应和交互作用, 选取额区(F3, Fz, F4)、中央区(C3, Cz, C4)、顶区(P3, Pz, P4)共 9 个电极的 ERPs 平均幅值做重复测量的方差分析, 4 个因素为高低负荷、一致与不一致条件、脑区和电极。结果发现, 脑区的主效应显著, $F(1,14) = 36.69, P < 0.001$ 。进一步分析发现, 顶区的 ERPs 比中央区的更为正走向, 而中央区的 ERPs 则比额区的更为正走向。脑区和高低负荷的交互作用也非常显著, $F(1,14) = 7.76, P < 0.01$, 简单效应分析发现, 在顶区和中央区, 高低负荷的差异均显著(顶区: $F(1,14) = 16.12, P < 0.001$; 中央区: $F(1,14) = 7.062, P < 0.05$), 多重比较分析发现, 在这两个脑区, 高负荷工作记忆提取的 ERPs 都要比低负荷的 ERPs 更为正走向。但是, 额区高低负荷的差异不显著($P > 0.05$)。此外, 重复测量的方差分析没有发现注意条件的主效应及其与其他因素的交互作用($P > 0.05$), 即对中间选择性注意任务一致刺激和不一致刺激的操作并没有影响到之后工作记忆提取的 ERPs。

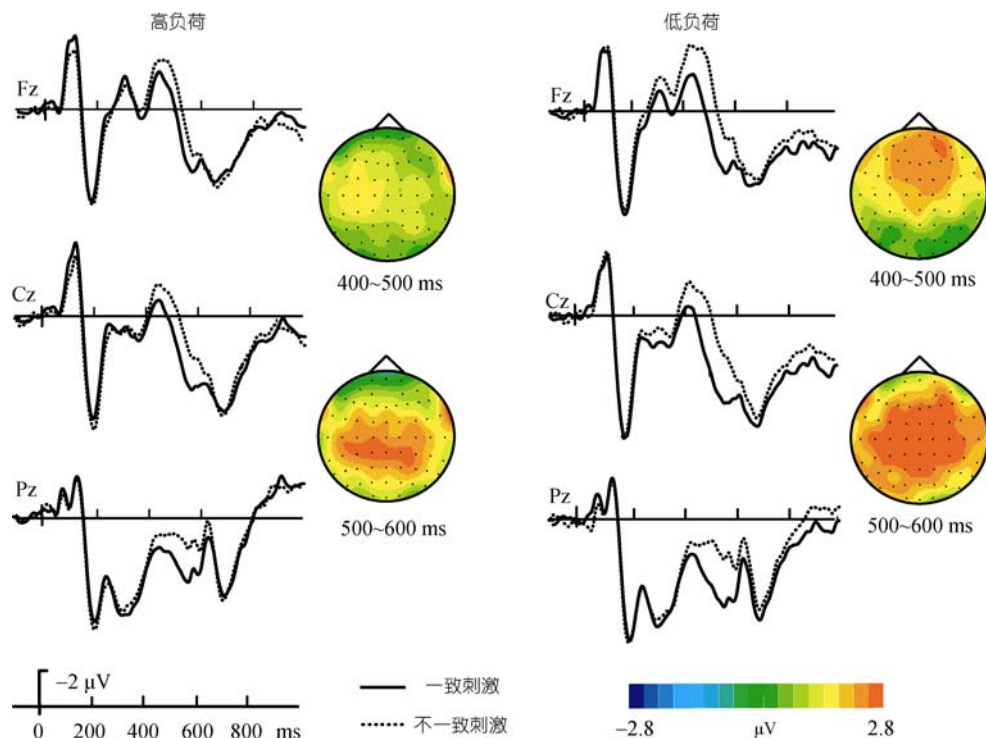


图2 高、低负荷工作记忆中选择注意的语义 N400 及差异波(一致减不一致刺激)地形图

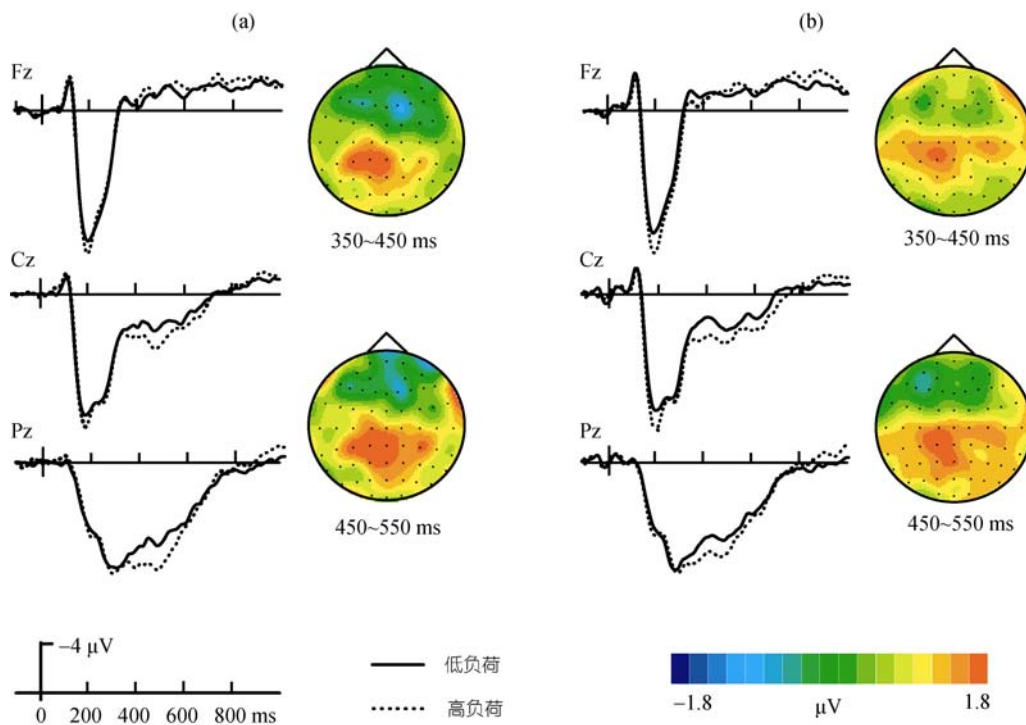


图3 工作记忆提取的 ERPs 及脑地形图

(a) 选择注意的一致干扰刺激后工作记忆提取的 ERPs 及高低负荷差异波(高负荷减低负荷)的脑地形图; (b) 选择注意的不一致干扰刺激后工作记忆提取的 ERPs 及高低负荷差异波(高负荷减低负荷)的脑地形图

3 讨论

本实验采用工作记忆和语义选择注意同时参与的范式对工作记忆和选择性注意任务的相互影响问题进行了探讨。对注意任务的行为数据分析发现,无论在一致条件还是不一致条件下,低负荷的反应时都比高负荷的要长,但是正确率却显著高于高负荷条件的。这与 de Fockert 等人^[7]和 D'Arcy 等人^[10]的研究结果不同,可能由以下原因造成:完成工作记忆任务的同时执行选择性注意任务,也可以被认为是双任务的一个变式,会有任务协调的成分参与。这时对多个任务的协调要优先于各个任务的执行,所以个体可能会采取适当的策略来应对不同工作记忆负荷下的注意选择任务。而且,有研究者指出,复述次数是工作记忆任务的一个重要变量^[19]。在不同的负荷条件下,当工作记忆与选择注意任务的时间间隔相同时,被试对高负荷工作记忆的复述次数要少于低负荷的,这就造成他们在记忆高负荷任务时比较紧张,迫使他们之后出现的注意任务迅速做出判断,并导致正确率的下降,而在低负荷条件下的正确率则相对要高。

本研究记录、分析选择性注意任务和工作记忆提取的 ERPs 发现,选择性注意任务中的一个主要结果就是,被试的反应因目标和分心物一致性程度不同而有所差异,具体表现在不一致刺激在 400~600 ms 比一致刺激诱发的 N400 更为负走向。在工作记忆提取中,选择注意任务的刺激特征并没有影响到工作记忆的提取,工作记忆提取的 ERPs 只受到了记忆难度的影响。

3.1 选择性注意任务的 N400

关于 N400 问题,研究者已经发现,单词和图片的语义冲突都会诱发 N400^[20~23]。而且,仅用图片刺激也能产生语义冲突的 N400,例如, Huddy 等人^[22]要求被试对系列呈现的两张面孔图片进行职业是否匹配的判断或回忆两张图片的名字,结果发现,在两个任务中,第 2 张面孔图片与第 1 张面孔图片不一致时,要比一致时诱发出更大的 N400。而且,在职业匹配判断中,450~550 ms 间不一致刺激与一致刺激在中央-顶区的差异最明显。也有研究者为被试系列呈现由多张图片组成的一个简短故事,而呈现的最后一张图片跟前面图片描述的内容有一致和不一致两种条件,在不一致条件下,最后一张图片诱发的 N400 比

一致条件的更负,即 N400 因语义的一致性程度不同而有所变化^[23],而且有 fMRI 研究发现,前额皮层和扣带回的激活与对信息的抑制相关^[24,25]。

本实验同时呈现单词和图片,要求被试对单词做出分类任务,在高低负荷下注意刺激出现后的 400 ms 开始表现出一致刺激和不一致刺激的 N400 差异,而且对 400~600 ms 间的平均幅值分析表明,不一致刺激和一致刺激的 ERPs 在 400~600 ms 间差异非常显著,说明 N400 对选择性注意任务中目标与分心物的一致性程度反应灵敏,单词和图片的语义冲突程度确实会对 N400 产生显著影响。而且,在额-中央-顶区均表现出注意条件间的差异,这种语义冲突的解决可能离不开额叶和扣带回的作用。此外,在之前介绍的实验中,单词和图片大多是继时呈现的,本实验则采用了同时呈现的方式,进一步证明了同时出现的语义信息的一致性程度也会导致 N400 的差异。

3.2 工作记忆对选择性注意的影响

关于工作记忆负荷对选择性注意的影响问题,研究者通过各自的实验得到了不同的结果^[6~12]。Lavie 等人的一系列研究^[6,7,19,26]发现,当一个人的工作记忆被占用时,在同时完成另一个独立的注意任务时将很难不受分心物的影响,工作记忆对选择性注意的作用是一种因果关系。其他研究者也提出了不同的观点,如前言所述。

Sakai 和 Passinihan^[27]的 fMRI 研究揭示,前额皮层的激活主要是因为选择与任务相关的信息不受无关分心物干扰而引起的,而内侧颞叶(medial temporal lobe)的激活主要是由于对储存过但已离线信息再反应的结果。Rowe 等人^[28]采用事件相关的 fMRI,对实验数据进行分析与比较后指出,背外侧前额皮层的 BA46 区(Broadman 46)主要与反应选择有关,顶内皮层(intraparietal cortex)和前额 BA8 区则与工作记忆信息的保持相关。本实验得到的 ERPs 与 D'Arcy 等人^[10]得到 ERPs 波形极为类似,即不一致刺激的 ERPs 比一致刺激的更为负走向,而且随着工作记忆负荷的增加,不一致刺激和一致刺激间的差异减小。对每个脑区一致刺激和不一致刺激分别在高低负荷上的差异进行分析发现,在额区,高负荷注意条件间的差异不显著,在低负荷水平上,注意条件间的差异极为显著;中央区在高负荷与低负荷水平上,注意条件间的差异都达到了显著水平;而顶区在高负荷上一致与不一致刺激的差异显著,在低负荷水平上却没有显

著的差异,这与额区和中央区的总体趋势不同。之所以会出现上述情况,可能是由于额区和中央区主要负荷冲突解决,顶区除了要解决目标和分心物的冲突问题外,还负责之前的工作记忆任务的复述[2-5,24,25,29,30]。由于在进行选择性注意任务的同时,还要记住工作记忆中的信息,所以,之前进行的高负荷工作记忆可能要求顶区发挥更大的功能,导致其在注意任务中注意刺激类型在不同负荷下的差异与额区和中央区的不同。

在进行选择性注意任务时,在额区、中央区和顶区都存在刺激类型的显著差异,表现在不一致刺激的N400比一致刺激的更为负走向;而顶区还表现出记忆负荷的ERPs差异,即高负荷选择性注意的ERPs要比低负荷下的更为负走向,说明选择性注意任务的ERPs波形受到工作记忆负荷的影响。然而,本实验并没有在统计上发现工作记忆负荷与注意条件这两个因素的交互作用,即一致与不一致刺激间的差异并没有因工作记忆负荷的高低而变化。这可以用Kim等人[31]的观点来解释,他们认为工作记忆负荷对分心物抑制的影响取决于工作记忆任务和选择性注意任务使用的信息类型是否一致。当工作记忆和目标信息占用相同的信息时,工作记忆负荷的增加会减弱对分心物的抑制;当工作记忆和分心物占用相同的信息时,增加工作记忆负荷则可能增强对分心物的抑制。而在本研究中,除了工作记忆任务,选择注意任务中的图片和文字也都占用了语义信息,这就导致工作记忆负荷分心物抑制的影响作用体现不出来。

3.3 选择性注意对工作记忆的影响

关于选择性注意对工作记忆的影响,以前的研究也探讨过,但研究者主要关心的是知觉范畴内的注意对工作记忆加工的导向作用,而且较多采用了空间工作记忆任务[1,12,16,17],很少涉及晚期选择加工对工作记忆提取的影响。而在Lavie等人[7,19,26]进行的多项实验中,他们只就注意任务的刺激类型和注意负荷(分心物的多少)对选择性注意加工的影响进行了探讨,很少有人就选择性注意的刺激类型对工作记忆提取的ERPs影响做出解答。

本实验通过对工作记忆提取的ERPs在探测刺激呈现后的350~550 ms进行分析后发现,选择性注意任务的刺激类型对工作记忆提取的ERPs没有显著差异,但是工作记忆负荷的作用明显,即高负荷工作记

忆提取的ERPs比低负荷条件下的更为正走向,并且这种差异表现在头皮后部的中央区 and 顶区,即工作记忆的提取不会受到工作记忆保持过程中不同的选择加工的影响,但是工作记忆负荷的作用在提取时却仍有所反映。尽管有研究者认为工作记忆的保持和提取主要与额区和前额皮层的激活有关[32~34],但也有研究者提出了不同的观点[4,5,35,36]。他们认为,工作记忆与顶区和枕区的激活相联系。例如,Vogel等人[36]发现,在顶区和枕区的电极处,工作记忆广度不同的被试在ERPs幅值上存在差异。本研究通过采用被试内设计发现高低负荷工作记忆提取的ERPs差异出现在中央区 and 顶区,进一步表明头皮后部,特别是顶区对工作记忆负荷的反映灵敏。

3.4 结论

本研究采用单词和图片同时呈现的方式,要求被试在记住工作记忆信息的过程中对选择性注意任务做出语义判断,之后再对工作记忆内容进行提取。通过记录和分析选择性注意判断的ERPs,发现了选择性注意任务中语义N400的存在,且N400受信息冲突与否的影响,即不一致刺激诱发的N400在头皮各脑区均比一致刺激的更为负走向。工作记忆负荷对选择性注意的影响则主要体现在顶区。这说明,虽然工作记忆对选择性注意加工中的分心物抑制不起决定性作用(即选择性注意任务中不同刺激ERPs的差异不会因工作记忆负荷的增加而产生变化),但仍能间接地影响到选择性注意的执行,它作为选择注意的一种加工背景而对其产生影响。然而,工作记忆提取的ERPs只受工作记忆负荷的影响,而且负荷的差异主要表现在头皮后部,特别是顶区。它不受选择性注意任务中的刺激类型的影响,即选择性注意中目标和分心物的语义是否一致不会对工作记忆的提取产生影响。

参 考 文 献

- 1 Jha A P. Tracking the time-course of attentional involvement in spatial working memory: An event-related potential investigation. *Cogn Brain Res*, 2002, 15: 61—69[DOI]
- 2 Hopfinger J B, Buonocore M H, Mangun G R. The neural mechanisms of top-down attentional control. *Nat Neurosci*, 2000, 3: 284—291[DOI]
- 3 Hopf J M, Mangun G R. Shifting visual attention in space: An electrophysiological analysis using high spatial resolution mapping. *Clin Neurophysiol*, 2000, 111: 1241—1257[DOI]
- 4 Belger A, Puce A, Krystal J H, et al. Dissociation of mnemonic and perceptual processes during spatial and nonspatial working mem-

- ory using fMRI. *Hum Brain Map*, 1998, 6: 14—32[DOI]
- 5 Jha A P, McCarthy G. The influence of memory load upon delay-interval activity in a working-memory task: An event-related functional MRI study. *J Cogn Neurosci*, 2000, 12(Suppl2): 90—105[DOI]
- 6 Lavie N. Distracted and confused? Selective attention under load. *Trend Cogn Sci*, 2005, 9: 75—82[DOI]
- 7 de Fockert J W, Rees G, Frith C D, et al. The role of working memory in visual selective attention. *Science*, 2001, 291: 1803—1806[DOI]
- 8 Wickelgren I. Working memory helps the mind focus. *Science*, 2001, 291: 1684—1685[DOI]
- 9 Collins P. Working with distraction. *Nat Rev*, 2001, 2: 221
- 10 D'Arcy R C, Service E, Connolly J F, et al. The influence of increased working memory load on semantic neural systems: A high-resolution event-related brain potential study. *Cogn Brain Res*, 2005, 22: 177—191[DOI]
- 11 Yi D J, Woodman G F, Widders D. Neural fate of ignored stimuli: Dissociable effects of perceptual and working memory load. *Nat Neurosci*, 2004, 7: 992—996[DOI]
- 12 Woodman G F, Vogel E K, Luck S J. Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychol Sci*, 2001, 12: 219—224[DOI]
- 13 Woodman G F, Luck S J. Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 2007, 33: 363—377[DOI]
- 14 Downing P E, Doddes C M. Competition in visual working memory for control of search. *Vis Cogn*, 2004, 11: 689—703[DOI]
- 15 Han S H, Kim M S. Visual search does not remain efficient when executive working memory is working. *Psycholog Sci*, 2004, 15: 623—629[DOI]
- 16 Woodman G F, Luck S J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonom Bull Rev*, 2004, 11: 269—274
- 17 Oh S H, Kim M S. The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonom Bull Rev*, 2004, 11: 275—281
- 18 Snodgrass J G, Vanderwart M. A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *J Exp Psychol*, 1980, 6: 174—215
- 19 Lavie N, Hirst A, de Fockert J W, et al. Load theory of selective attention and cognitive control. *J Exp Psychol: Gen*, 2004, 133: 339—354[DOI]
- 20 van Schie H T, Wijers A, Kellenbach M, et al. An event-related potential investigation of the relationship between semantic and perceptual levels of representation. *Brain Lang*, 2003, 86: 300—325[DOI]
- 21 Hamm J P, Johnson B W, Kirk I J. Comparison of the N300 and N400 ERPs to picture stimuli in congruent and incongruent contexts. *Clin Neurophysiol*, 2002, 13: 1339—1350[DOI]
- 22 Huddy V, Schweinberger S R, Jentsch I, et al. Matching faces for semantic information and names: An event-related brain potentials study. *Cogn Brain Res*, 2003, 17: 314—326[DOI]
- 23 West W C, Holcomb P J. Event-related potentials during discourse-level semantic integration of complex pictures. *Cogn Brain Res*, 2002, 13: 363—375[DOI]
- 24 Garavan H, Ross T J, Murphy K, et al. Dissociable executive functions in the dynamic control of behavior: Inhibition, error detection, and correction. *NeuroImage*, 2002, 17: 1820—1829[DOI]
- 25 Yoon J H, Curtis C E, D'Esposito M. Differential effects of distraction during working memory on delay-period activity in the prefrontal cortex and the visual association cortex. *NeuroImage*, 2006, 29: 1117—1126[DOI]
- 26 Lavie N, Ro T, Russell C. The role of perceptual load in processing distractor faces. *Psychol Sci*, 2003, 14: 510—515[DOI]
- 27 Sakai K, Passinihan R E. Prefrontal selection and Medial Temporal Lobe reactivation in retrieval of short-term verbal information. *Cerebr Cortex*, 2004, 14: 914—921[DOI]
- 28 Rowe J B, Toni I, Josephs O, et al. The prefrontal cortex: Response selection or maintenance within working memory. *Science*, 2000, 288: 1656—1660[DOI]
- 29 Rowe J B, Toni I, Josephs O, et al. The prefrontal cortex: Response selection or maintenance within working memory? *Science*, 2000, 288: 1656—1660[DOI]
- 30 Culham J C, Cavanagh P, Kanwisher N G. Attention response functions: Characterizing brain areas using fMRI activation during parametric variations of attentional load. *Neuron*, 2001, 32: 737—745[DOI]
- 31 Kim S Y, Kim M S, Chun M M. Concurrent working memory load can reduce distraction. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102: 16524—16529[DOI]
- 32 Passingham D, Sakai K. The prefrontal cortex and working memory: Physiology and brain imaging. *Curr Opin Neurobiol*, 2004, 14: 163—168[DOI]
- 33 Curtis C E, D'Esposito M. Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. *Trends Cogn Sci*, 2003, 7: 415—423[DOI]
- 34 刘荣, 郭春彦, 姜扬. 儿童工作记忆的事件相关电位. *科学通报*, 2006, 51(10): 1182—1189
- 35 Tod J J, Marois R. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 2004, 428: 751—754
- 36 Vogel E K, Machizawa M G. Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, 2004: 748—751[DOI]