论文

冲突观察所诱发的冲突适应: ERP 研究

唐丹丹, 陈安涛*

西南大学心理学院, 认知与人格教育部重点实验室, 重庆 400715

* 联系人, E-mail: xscat@swu.edu.cn

收稿日期: 2012-09-20; 接受日期: 2012-11-02

国家自然科学基金(批准号: 31170980 和 81271477)、全国优秀博士学位论文作者专项资金(批准号: 201107)、教育部新世纪优秀人才支持计划(批准号: NCET-11-0698)和中央高校基本科研业务费专项资金(批准号: SWU1009001)资助项目

doi: 10.1360/052012-183

摘要 为考察冲突观察条件下冲突适应的神经机制, 记录了 15 个正常成人被试在完成字母 Flanker 任务时的行为和脑电数据. 行为结果显示, 在反应时上, 观察条件的一致性和反应条件的一致性交互作用显著. 事件相关电位结果显示: 在观察任务中, 不一致条件的 N450 波幅比一致条件的波幅更负, 这个差异只出现在大脑的中前区. 在反应任务中, 在左前额叶, 持续电位的差异波幅 $SP_{(iI-iC)}$ 显著小于 $SP_{(cI-cC)}$, 并且 SP 的差异波幅 $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 和反应时的冲突适应 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 呈负相关. 这些结果证明, 在观察任务中, N450 的波幅调整反映了大脑对冲突的监测; 在反应任务中, SP 的波幅调整反映了冲突观察所诱发的冲突适应.

关键词冲突观察
冲突适应
侧边干扰任务
事件相关电位

在一致性任务中, 如 Flanker 任务、Simon 任务和 Stroop 任务, 个体需要调用认知控制机制以有效地解决冲突^[1,2]. 如在字母 Flanker 任务中, 刺激是由中间的靶刺激和两侧的干扰刺激组成, 个体需要根据中间的字母做反应, 同时忽略两侧的字母. 在一致条件(congruent, 简称 C 条件)下, 中间的字母和两侧的字母相同(如, “FFFFF”); 在不一致条件(incongruent, 简称 I 条件)下, 中间的字母和两侧的字母不同(如, “FFKFF”). 和 C 条件的反应时(RT)相比, I 条件的 RT 更长. I 条件与 C 条件的 RT 之差 $RT_{(I-C)}$ 即 Flanker 干扰效应^[3]. 此干扰效应受到先前试次一致性的影响, 不一致条件(简称 i 条件)之后的干扰效应 $RT_{(iI-iC)}$ 显著地小于一致条件(简称 c 条件)之后的干扰效应 $RT_{(cI-cC)}$. 根据先前试次和当前试次的一致性, 将当前试次分为 cC, iC, cI 和 iI 4 种, 在统计上表现出先前试次一致性(c, i)和当前试次一致性(C, I)的交互作用, 此交互作用即代表冲突适应(conflict adaptation)^[4-8]. 它最早

由 Gratton 等人^[9]采用 Flanker 范式^[3]发现. 在反应时或错误率上, 冲突适应的大小可以用如下公式计算: $(cI-cC)-(iI-iC)$ ^[7], 数值越大, 说明冲突适应效应越强.

冲突监测理论(conflict monitoring theory)能够较好地解释冲突适应的神经机制^[4-6]. 根据该理论, 起冲突监测作用的前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)和大脑冲突解决的结构——背外侧前额叶(dorsal lateral prefrontal cortex, DLPFC)的共同作用导致了冲突适应^[10-16]. 即在先前的 i 试次中, ACC 监测到冲突的出现, 随后, ACC 将监测到的冲突信息传到 DLPFC, 使之通过自上而下的调节, 调用更多的认知资源使大脑在当前试次出现之前处于积极的准备状态. 如果在当前试次中再次出现冲突, 大脑便能更好的对冲突进行控制^[13,17].

事件相关电位(event-related potentials, ERPs)研究结果为解释冲突适应提供了高时间分辨率的电生理学证据. 研究发现, 冲突适应与 2 种 ERP 成分有关:

英文引用格式: Tang D D, Chen A T. Conflict adaptation is induced by the observation of conflict: an ERP study. SCIENTIA SINICA Vitae, 2012, 42: 1010-1017, doi: 10.1360/052012-183

反映冲突监测加工的 N450 和反映冲突解决加工的持续电位(sustained potential, SP)^[18-25]. 大脑中前区(centro-frontal region)的 N450 大约出现在刺激呈现后 400~500 ms, 不一致条件的波幅比一致条件的波幅更负^[26-30]. 大脑中顶区(parieto-central region)或侧前区(lateral frontal region)的 SP 大约在刺激呈现后 500 ms 出现, 可以一直持续到 1200 ms, 不一致条件的波幅比一致条件的波幅更正^[18,28,31-33]. Larson 等人^[20]的研究发现: (i) N450 的波幅只与当前试次的一致性有关, 而不受先前试次一致性的影响, 说明 N450 只与当前试次的冲突监测有关. (ii) 不一致试次之后的 SP 波幅差异 $SP_{(iI-iC)}$ 比一致试次之后的 SP 波幅差异 $SP_{(cI-cC)}$ 更小, 说明 SP 的波幅敏感于先前试次的一致性, 与自上而下的认知资源的调整(冲突适应)有关.

已知 Flanker 任务中的冲突适应受到空间注意策略^[34]、冲突类型^[35]和特征整合^[36,37]的影响. 然而, 排除了这些因素的影响之后, 如果在先前试次中执行反应, 则会导致反应转换效应^[38,39], 进而削弱冲突适应^[40]. 为了排除反应转换效应的影响, 本实验室^[40]先前设计了冲突观察实验范式, 该范式中包括 2 种反应形式: 冲突观察任务(观察刺激, 但不做反应)和手动反应任务(观察刺激, 并且做反应). 他们采用该范式成功地分离了冲突监测和冲突解决这 2 个加工过程, 在词-色 Stroop 任务中得到了纯净的冲突适应. 但这是一个行为研究, 不能考察冲突适应的神经机制. 当前的研究采用冲突观察实验范式, 考察冲突适应过程中的神经动态变化. 本研究记录了 15 个正常成人被试在完成字母 Flanker 任务时的行为和脑电数据. 脑电数据经离线处理后, 本研究对观察条件中 N450 的平均波幅和反应条件中 SP 的平均波幅进行了分析, 并且对行为上的冲突适应 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 和 SP 平均波幅的差异 $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 做了相关分析.

1 方法

1.1 被试

15 名 20~23 岁的大学生(8 名女生)自愿报名参加本次实验, 平均年龄 22.77 岁(SD=0.70). 均为右利手, 视力或矫正视力正常.

1.2 实验设计

采用 2(观察条件的一致性: 一致、不一致)×2(反

应条件的一致性: 一致、不一致)的被试内设计.

1.3 实验仪器与材料

实验采用计算机呈现刺激, 计算机的显示器为联想 LX-GJ556D, 17 寸彩显, 分辨率为 1024×768, 颜色为真彩色, 刷新率为 85 Hz, 屏幕背景为黑色. 实验程序由 E-prime 编制运行, 刺激呈现时间、反应时均由计算机自动记录. 被试距屏幕的距离约为 60 cm, 在亮度适中的单间实验室里单独参加测试. 刺激由白色的注视点(+或*)及 4 类白色的大写字母组成(K, N, F 和 W). 字母用 22 号 Times New Roman 字体呈现, 字母之间的空隙是一个空格的宽度. 刺激的长和宽分别为 5 和 1.2 cm(视角: 4.77°×1.15°). 每个试次中包含一个注视点和 5 个水平排列的大写字母, 中间的字母是目标(靶)刺激, 两侧的 4 个字母是干扰(分心)刺激. 包含一致(如, KKKKK)和不一致(如 FFNFF)2 种条件.

1.4 实验程序

实验流程见图 1A. 首先在屏幕中央呈现 300 ms 的注视点, 然后呈现时间间隔在 300~500 ms 内随机变化的空屏, 之后呈现 5 个水平排列的大写字母, 直到被试在 1500 ms 内做出反应; 反应之后呈现时间间隔在 800~1200 ms 内随机变化的空屏, 然后进入下一试次. 为了使被试熟悉反应规则, 在正式实验前他们需完成一个包含 64 个试次(随机排列)的练习 block, 刺激和反应都与正式实验一致. 正式实验包含 6 个 block, 每个 block 各包含 145 个试次. 这些试次被伪随机地排列, 使得从观察条件到反应条件转换时, cC, cI, iC 和 iI 试次各 80 个, 观察条件和反应条件各 320 个试次, 并且前后 2 个试次中没有刺激重复和反应重复(避免特征整合效应)的试次. 为了排除反应定势的影响, 在刺激序列中伪随机地插入连续的观察试次或反应试次.

在整个任务中, 如果呈现的注视点是“*”, 则提示被试将出现观察试次(观察刺激, 但不需要做反应); 如果呈现的注视点是“+”, 则提示被试将出现反应试次(观察刺激, 并且做反应). 实验要求被试采用主键盘, 根据中间的字母(忽略两旁的字母)快速且准确地做出反应: 如果中间的字母是 K, 则用左手手指按“1”键; 如果中间的字母是 N, 则用左手食指按“2”键; 如果中间的字母是 F, 则用右手食指按“9”键; 如果中间的字母是 W, 则用右手手指按“0”键. 完成每个

图1 实验流程图和反应时(RT)结果

A(上): 一个试次的时间序列; A(下): 有代表性的2个试次(iC和iI试次, 不包括注视点和空屏); B: 展现了RT上显著的冲突适应, 即不一致条件之后的干扰效应显著小于一致条件之后的干扰效应[$RT_{(iI-iC)} < RT_{(cI-cC)}$], 在统计上表现为观察条件一致性(一致、不一致)和反应条件一致性(一致、不一致)的显著的交互作用。误差线表示每种条件下的标准误

block 后休息 2 min, 整个实验持续 1 h 左右。

1.5 脑电记录

采用国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽, 以 Brain Products GmbH 记录脑电信号, 参考电极置于左侧乳突。同时, 为了避免左右半球不对称性的情况, 在右侧乳突上也放置电极, 接地点在 FPz 和 Fz 的中点。左眼上下安置电极记录垂直眼电(VEOG), 双眼外侧安置电极记录水平眼电(HEOG)。每个电极处的头皮电阻小于 5 k Ω 。滤波带通为 0.01~100 Hz, 采样频率为 500 Hz/导, 离线式(off-line)叠加处理数据。

1.6 行为测量与统计分析

行为数据采用 SPSS 16.0 统计软件进行数据处理。根据冲突观察范式的设计, 本研究只分析从观察条件到反应条件转换时, 反应条件下的平均 RT 和错误率, 其他试次被剔除。首先进行 2 (观察条件的一致性: 一致、不一致) $\times$ 2 (反应条件的一致性: 一致、不一致)的两因素重复测量方差分析(ANOVA), 事后配对比较采用 Bonferroni 法校正。再对反应时采用配对样本 t 检验(2-tailed, 双尾), 比较 $RT_{(iI-iC)}$ 和 $RT_{(cI-cC)}$ 。

1.7 ERP 数据处理与统计分析

(i)公式求值: $R_m = M2/2$; (ii)建新参考: 用每个电极的脑电信号值减去 R_m ; (iii)去眼电: 去掉水平眼电和垂直眼电; (iv)滤波: 所得的 ERP 采用 0.1~30 Hz 进行数字滤波; (v)分段(epoch)和基线校正: ERP 的分析时程为刺激呈现前 200 ms 至呈现后 1000 ms, 以

刺激呈现前 200 ms 为基线; (vi)去伪迹: 眼动伪迹和其他伪迹, 以及使脑电电压超过 $\pm 80 \mu V$ 的脑电信号被自动剔除; (vii)叠加平均: 在冲突观察任务中, 对没有执行反应的试次进行叠加平均; 在手动反应任务中, 对 RT 小于 1500 ms 的正确反应试次进行叠加平均。去伪迹后, 每种条件下 ERP 总平均的有效叠加次数均大于 70 次。

根据总平均图和差异波地形图, 在观察任务和反应任务中, 本研究选择以下 3 个脑区作为感兴趣区域(region-of-interests, ROIs): 左前额叶(left frontal region: (F1+F3+FC1+FC3+FC5)/5); 右前额叶(right frontal region: (F2+F4+F8+FC2+FC4+FC6)/6); 中前区(centro-frontal region: (F1+Fz+F2+FC2+FC1+FCz)/6)。

对 ERP 数据采用 SPSS 16.0 统计软件进行数据处理。由于 N450 通常没有明显的波峰, 根据已有的研究^[20,21,29,41]和差异波最大波幅的潜伏期, 在冲突观察任务中, 本研究对 N450 成分的平均波幅进行分析, 时间窗口分别为 350~400 和 400~450 ms; 并且采用配对样本 t 检验(双尾)比较一致条件和不一致条件下的 N450 平均波幅。在手动反应任务中, 我们分析 SP 成分的平均波幅, 时间窗口为 700~750 和 750~800 ms。为了评估冲突适应, 根据观察条件和反应条件的一致性, 我们对 cC, iC, iI 和 cI 试次中的 SP 平均波幅进行 2(观察条件的一致性: 一致、不一致) $\times$ 2 (反应条件的一致性: 一致、不一致)的两因素重复测量方差分析, 事后配对比较采用 Bonferroni 法校正。

由于在行为上, 冲突适应的大小可以反映在 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 上, 其值越大, 代表冲突适应越强,

那么在认知神经上, 冲突适应可以用 $ERP_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ 表示. 在反应条件下, 为考察 $RT_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ 和 $ERP_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ 的相关关系, 本研究对二者进行 Pearson 相关(双尾)分析.

2 结果

2.1 行为结果

被试的正确率都高于 85%, 每个被试的平均反应时都在 3 个标准差以内. 对 RT 进行分析时, 共剔除了 34 个错误反应的试次(所有被试错误试次的平均值), 大约占反应试次的 10.63%. 反应时结果见图 1B.

在 RT 上, 观察条件的一致性主效应显著, $F(1,14)=7.90$, $P<0.05$, $\eta^2=0.36$; 反应条件的一致性主效应显著, $F(1,14)=55.41$, $P<0.001$, $\eta^2=0.80$, 这反映了显著的 Flanker 干扰效应. 观察条件的一致性与反应条件的一致性交互作用显著, $F(1,14)=5.43$, $P<0.05$, $\eta^2=0.28$. 其中 cC, cI, iC 和 iI 4 种条件下的 RT 分别为 756, 795, 754 和 778 ms. 事后检验显示: cC 试次的反应时显著小于 cI 试次的反应时, $P<0.001$; iC 试次的反应时显著小于 iI 试次的反应时, $P<0.001$; iI 试次的反应时显著小于 cI 试次的反应时, $P<0.01$. 这个结果和冲突适应的模式相同: $RT_{(cl-cC)}=39\text{ ms}>RT_{(il-iC)}=24\text{ ms}$, $t(14)=2.33$, $P<0.05$.

在错误率上, 观察条件的一致性主效应显著, $F(1,14)=5.25$, $P<0.05$, $\eta^2=0.27$; 反应条件的一致性主效应不显著, $F(1,14)=2.90$, $P>0.05$, $\eta^2=0.17$; 观察条件的一致性与反应条件的一致性交互作用也不显著, $F(1,14)=1.65$, $P>0.05$, $\eta^2=0.11$. 其中, cC, cI, iC 和 iI 4 种条件下的错误率分别为 3.80%, 5.27%, 5.40% 和 5.73%. 所以, 在错误率上没有展现出冲突适应, 也没有速度-准确率权衡.

2.2 ERP 结果

(1) 观察任务中的 N450 波幅. 观察条件下的总平均波形图和头皮地形图见图 2A 和 B. 由图 2 可知, 总平均波形图和头皮地形分布图都显示了 N450 成分在一致条件和不一致条件的差异. 配对样本 t 检验(双尾)结果显示: 在 350~400 ms 内, N450 的平均波幅在所有的 ROIs 的差异都不显著, $t(14)s<1$. 在 400~450 ms 内, N450 的平均波幅只在中前区 $[(F1+Fz+F2+ssFC2+FC1+FCz)/6]$ 差异显著, $t(14)=2.42$, $P<0.05$.

其中, 一致条件和不一致条件的平均波幅分别为 -0.86 和 $-1.63\text{ }\mu\text{V}$. 在其他的 ROIs 中, 一致条件和不一致条件的波幅都无显著差异, $Ps>0.1$.

(2) 反应任务中的 SP 波幅. 反应条件下的总平均波形图和 SP 的差异波头皮地形图见图 3. 由图 3

图 2 观察条件下的 N450 总平均波形图和地形图

A: 从上到下分别展现了左前额叶 $[(F1+F3+FC1+FC3+FC5)/5]$ 、右前额叶 $[(F2+F4+F8+FC2+FC4+FC6)/6]$ 和中前区 $[(F1+Fz+F2+FC2+FC1+FCz)/6]$ 的总平均波形图, 纵轴代表平均波幅(μV), 横轴代表时间(ms), 绿线和红线分别代表一致和不一致条件的波形, 黑线代表差异波(不一致条件减去一致条件), 矩形指示 N450 成分的时间窗; B: 展现了 N450 成分在 400~450 ms 的头皮地形图(上: 不一致条件, 下: 一致条件), 差异主要集中在中前区

图 3 反应条件下 SP 的总平均波形图和差异波地形图

A: 从上到下分别展现了左前额叶 $[(F1+F3+FC1+FC3+FC5)/5]$ 、右前额叶 $[(F2+F4+F8+FC2+FC4+FC6)/6]$ 和中前区 $[(F1+Fz+F2+FC2+FC1+FCz)/6]$ 的 SP(750~800 ms) 的总平均波形图, 纵轴代表平均波幅(μV), 横轴代表时间(ms), 黑线、红线、绿线和蓝线分别代表 cC, cI, iC 和 iI 条件的波形, 矩形指示 SP 成分的时间窗; B: 展现了 SP 成分在 750~800 ms 的差异波地形图(上: cI-cC, 下: iI-iC). cI-cC 的差异在左前额叶为正, iI-iC 的差异在左前额叶为负, 所以 $SP_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ 为正, 显示了显著的冲突适应

可知, 总平均波形图和头皮地形分布图都显示了 SP 波幅在 cC, cI, iC 和 iI 条件的差异. SP 波幅的重复测量方差分析结果显示, 在左前额叶 $((F1+F3+FC1+FC3+FC5)/5, 750\sim 800\text{ ms})$, 观察条件的一致性主效应显著, $F(1,14)=6.60, P<0.05, \eta^2=0.32$; 反应条件的一致性主效应边缘显著, $F(1,14)=4.17, P=0.06, \eta^2=0.23$, 这反映了边缘显著的 Flanker 干扰效应; 观察条件的一致性与反应条件的一致性交互作用显著, $F(1,14)=5.53, P<0.05, \eta^2=0.28$. 其中, cC, cI, iC 和 iI 4 种条件下的 SP 波幅分别为 4.08, 5.52, 4.37 和 3.90 μV . 事后检验显示, cC 试次的波幅显著小于 cI 试次的波幅, $P<0.01$; iI 试次的波幅显著小于 cI 试次的波幅, $P<0.01$. 这个结果和冲突适应的模式相同: $SP_{(cI-cC)}=1.44\text{ }\mu\text{V}>SP_{(iI-iC)}=-0.47\text{ }\mu\text{V}, t(14)=2.35, P<0.05$. 另外, 观察条件与反应条件的一致性交互作用在其他的 ROIs 中都不显著, $P_s>0.08$, 说明这些区域可能没有参与冲突适应的过程.

(3) 反应任务中 SP 平均波幅的差异与反应时的相关. SP 的平均波幅见图 4A. 因为只在左前额叶的 SP 成分上显示了观察条件一致性和反应条件一致性的交互作用, 所以计算了 750~800 ms 内左前额叶的 $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 与 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 的 Pearson 相关系数. 结果显示, 两者成显著的负相关, $r=-0.54, P<0.05$. 说明 SP 平均波幅的差异可以预测行为上的冲突适应的大小, 即 SP 平均波幅的差异越大, 反应时的冲突适应越小(图 4B).

3 讨论

本研究采用冲突观察范式和 Flanker 任务, 考察冲突观察条件下冲突适应的神经动态变化. 行为结果发现, 在 RT 上, 观察条件的一致性和反应条件的一致性交互作用显著, 说明反应条件的干扰效应受到观察条件的一致性的影响, 冲突观察能诱发 Flanker 任务中的冲突适应. ERP 结果显示, 在观察任务中, 只在中前区发现了不一致条件的 N450 平均波幅显著大于一致条件的 N450 波幅; 在反应任务中, 左前额叶的 SP 平均波幅出现了观察条件的一致性和反应条件的一致性的交互作用, 并且 $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 与 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 呈显著的负相关. 这些结果证明, 在 Flanker 任务中, 冲突观察能诱发中前区的 N450 成分, 说明中前区的 N450 可能反映大脑对冲突的监测; 反应冲突的解决则反映在左前额叶 SP 的波幅调整上, 说明左前额叶可能参与反应冲突的解决过程, 从而导致行为上的冲突适应^[35].

3.1 冲突观察所诱发的冲突适应

为考察反应执行对冲突适应的影响, 本实验室^[40]在 Stroop 任务中设计了冲突观察范式. 结果发现, 在 RT 上, 反应条件的 Stroop 干扰效应受到观察条件的一致性的影响, $RT_{(cI-cC)}$ 显著大于 $RT_{(iI-iC)}$. 这与冲突适应的模式相同, 说明冲突观察能诱发 Stroop 任务中的冲突适应. 本研究成功地将冲突观察范式

图 4 反应条件下 SP 的平均波幅及 SP 平均波幅的差异和反应时的冲突适应线性相关图

A: 展示了左前额叶 SP (750~800 ms) 的平均波幅, 该图展示了冲突适应, 即观察条件的一致性(一致、不一致)和反应条件的一致性(一致、不一致)的显著交互作用, 误差线表示每种条件下的标准误; B: 展现了左前额叶 $((F1+F3+FC1+FC3+FC5)/5, 750\sim 800\text{ ms})$ 的 $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 和 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 的线性相关, 纵轴代表反应时的冲突适应(ms), 横轴代表 SP 成分的平均波幅的差异(μV), 其中 $N=15$. 由 B 图可以看出, SP 成分平均波幅的差异越大, 反应时的冲突适应越小

运用到反应集为四的字母 *Flanker* 任务中, 在控制了刺激-反应的重复、一致试次和不一致试次的比例 ($C:I=1:1$) 之后, 本研究结果与本实验室先前研究的结果一致, 说明在 *Stroop* 任务和 *Flanker* 任务中运用冲突观察范式都能得到稳定的冲突适应. 将来的研究可以采用其他的干扰任务(如 *Simon* 任务^[42])或者联合采用多种干扰任务, 研究冲突观察条件下, 冲突适应的领域性问题.

3.2 观察任务中的 N450 波幅

Liotti 等人^[26]采用 3 种反应形式考察 *Stroop* 任务中冲突加工的时间动态过程, 这 3 种反应包括出声反应(口语报告)、手动反应和不出声反应(不出声也不执行手动反应, 只观察颜色字). ERP 结果显示, 在 3 种反应条件中, 大脑中前区的 N450 波幅在不一致条件都比在一致条件的更负, 并且差异波的源定位结果显示, ACC 是 N450 的神经触发源. 而来自功能磁共振(functional magnetic resonance imaging)的研究结果显示, ACC 在冲突监测上扮演着重要角色^[13,43-46]. 这些功能磁共振的结果和 Liotti 等人^[26]的研究结果说明, 无论有无外显的行为反应, 由 ACC 所诱发的 N450 都与冲突监测有关. 本研究采用字母 *Flanker* 任务, 在冲突观察条件下得到的结果和 Liotti 等人^[26]的相似, 也和 Donohue 等人^[18]采用听觉 *Stroop* 任务的研究结果一致, 说明在冲突观察条件下, 被试能监测到冲突.

3.3 反应任务中的 SP 波幅

Larson 等人^[20,21]的研究显示, 中顶区的 SP 波幅在 cI, iI, iC 和 cC 条件下依次减小, 并且 SP 差异波波幅与冲突适应有关. 说明 SP 的波幅受到先前试次的一致性的影响, 在当前的不一致条件下, 为了有效地

完成任务, 被试需要利用先前试次中的冲突信息来解决当前试次中的冲突. 有研究对 SP 的差异波进行偶极子定位, 结果显示外侧前额叶和后顶叶(*posterior parietal cortex*, PPC)是 SP 的神经触发源^[30-33]. 研究证实, 外侧前额叶可以接收来自 ACC 的冲突监测信号, 调整认知资源, 使其重新被分配到与任务相关的信息上, 从而解决冲突^[4,6,13,47-50]; PPC 反映了大脑对与任务相关的反应冲突的调整^[51-53].

本研究结果显示, 左前额叶的 SP 成分在 iI-iC 条件下的波幅显著小于在 cI-cC 条件下的波幅; $SP_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 与 $RT_{[(cI-cC)-(iI-iC)]}$ 呈显著负相关. 本文认为在冲突适应过程中, 左前额叶的 SP 成分与冲突解决有关, 如果在观察任务中没有冲突发生, 那么被试不能提前监测到冲突并调用认知资源于即将出现的任务上, 所以在反应任务中的干扰更大; 如果观察任务中有冲突发生, 那么被试能提前调用认知资源于即将出现的任务上, 所以在反应任务中的干扰更小. 这说明左前额叶可能参与反应冲突的解决过程, 即左前额叶根据观察任务和反应任务中冲突出现的信息, 及时地调整认知资源以更好地解决当前的冲突, 从而导致行为上的冲突适应. 相关分析结果进一步说明, 在观察任务中经历了冲突之后, 大脑能更好地调用认知资源于即将出现的任务上, 所以行为上的冲突适应更强.

4 结论

在 *Flanker* 任务中, 冲突观察能够诱发稳定的冲突适应. 在观察任务中, 中前区的 N450 成分反映大脑对冲突的监测; 在反应任务中, 左前额叶的 SP 波幅调整反映了反应冲突的解决, 从而导致冲突适应.

参考文献

- 1 Miller E K, Cohen J D. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*, 2001, 24: 167-202
- 2 Fan J, Flombaum J I, McCandliss B D, et al. Cognitive and brain consequences of conflict. *NeuroImage*, 2003, 18: 42-57
- 3 Eriksen B A, Eriksen C W. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Attent Percept Psychophys*, 1974, 16: 143-149
- 4 Botvinick M M, Braver T S, Barch D M, et al. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*, 108: 624-652
- 5 Botvinick M M, Cohen J D, Carter C S. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends Cogn Sci*, 2004, 8: 539-546
- 6 Botvinick M M, Nystrom L E, Fissell K, et al. Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 1999, 402: 179-180
- 7 Nieuwenhuis S, Stins J F, Posthuma D, et al. Accounting for sequential trial effects in the flanker task: conflict adaptation or associative priming? *Memory Cognit*, 2006, 34: 1260-1272

- 8 Stürmer B, Leuthold H, Soetens E, et al. Control over location-based response activation in the Simon task: behavioral and electrophysiological evidence. *J Exp Psychol: Human Percept Perform*, 2002, 28: 1345–1363
- 9 Gratton G, Coles M G, Donchin E. Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *J Exp Psychol: General*, 1992, 121: 480–506
- 10 di Pellegrino G, Ciaramelli E, Ladavas E. The regulation of cognitive control following rostral anterior cingulate cortex lesion in humans. *J Cognit Neurosci*, 2007, 19: 275–286
- 11 Egner T, Hirsch J. The neural correlates and functional integration of cognitive control in a Stroop task. *NeuroImage*, 2005, 24: 539–547
- 12 Egner T, Hirsch J. Cognitive control mechanisms resolve conflict through cortical amplification of task-relevant information. *Nature Neurosci*, 2005, 8: 1784–1790
- 13 Kerns J G, Cohen J D, MacDonald A W, et al. Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303: 1023–1026
- 14 Liston C, Matalon S, Hare T A, et al. Anterior cingulate and posterior parietal cortices are sensitive to dissociable forms of conflict in a task-switching paradigm. *Neuron*, 50: 643–653
- 15 Floden D, Vallesi A, Stuss D T. Task context and frontal lobe activation in the stroop task. *J Cogni Neurosci*, 23: 867–879
- 16 Siltan R L, Heller W, Towers D N, et al. The time course of activity in dorsolateral prefrontal cortex and anterior cingulate cortex during top-down attentional control. *NeuroImage*, 2010, 50: 1292–1302
- 17 Botvinick M M. Conflict monitoring and decision making: reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2007, 7: 356–366
- 18 Donohue S E, Liotti M, Perez R, et al. Is conflict monitoring supramodal? Spatiotemporal dynamics of cognitive control processes in an auditory Stroop task. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2011, 1: 1–15
- 19 Larson M J, Farrer T J, Clayton P E. Cognitive control in mild traumatic brain injury: conflict monitoring and conflict adaptation. *Int J Psychophysiol*, 2011, 82: 69–78
- 20 Larson M J, Kaufman D A S, Perlstein W M. Neural time course of conflict adaptation effects on the Stroop task. *Neuropsychologia*, 2009, 47: 663–670
- 21 Larson M J, Kaufman D A S, Perlstein W M. Conflict adaptation and cognitive control adjustments following traumatic brain injury. *J Int Neuropsychol Soc*, 2009, 15: 927–937
- 22 Clayton P E, Clawson A, Larson M J. Sex differences in electrophysiological indices of conflict monitoring. *Biol Psychol*, 2011, 87: 282–289
- 23 Clayton P E, Larson M J. Effects of repetition priming on electrophysiological and behavioral indices of conflict adaptation and cognitive control. *Psychophysiology*, 2011, 48: 1621–1630
- 24 Clayton P E, Larson M J. Conflict adaptation and sequential trial effects: support for the conflict monitoring theory. *Neuropsychologia*, 2011, 49: 1953–1961
- 25 Appelbaum L, Meyerhoff K, Woldorff M. Priming and backward influences in the human brain: processing interactions during the Stroop interference effect. *Cereb Cortex*, 2009, 19: 2508–2521
- 26 Liotti M, Woldorff M G, Perez III R, et al. An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia*, 2000, 38:701–711
- 27 West R, Alain C. Event-related neural activity associated with the Stroop task. *Cogn Brain Res*, 1999, 8: 157–164
- 28 West R, Alain C. Evidence for the transient nature of a neural system supporting goal-directed action. *Cereb Cortex*, 2000, 10: 748–752
- 29 West R, Jakubek K, Wymbs N, et al. Neural correlates of conflict processing. *Exp Brain Res*, 2005, 167: 38–48
- 30 Hanslmayr S, Pastötter B, Bäuml K H, et al. The electrophysiological dynamics of interference during the Stroop task. *J Cogn Neurosci*, 2008, 20: 215–225
- 31 Chen A, Bailey K, Tiernan B N, et al. Neural correlates of stimulus and response interference in a 2-1 mapping stroop task. *Int J Psychophysiol*, 2011, 80: 129–138
- 32 West R. Neural correlates of cognitive control and conflict detection in the Stroop and digit-location tasks. *Neuropsychologia*, 2003, 41: 1122–1135
- 33 West R, Choi P, Travers S. The influence of negative affect on the neural correlates of cognitive control. *Int J Psychophysiol*, 2010, 76: 107–117
- 34 陈加, 李畅, 何春红, 陈安涛. 空间注意策略对 Flanker 任务下冲突适应的影响. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2009, 39: 401–406
- 35 Liu P, Chen A, Li C, et al. Conflict adaptation is reflected by response interference. *J Cogn Psychol*, 2012, 24: 457–467
- 36 Hommel B, Proctor R W, Vu K P L. A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychol Res*, 2004, 68: 1–17
- 37 Mayr U, Awh E, Laurey P. Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neurosci*, 2003, 6: 450–452
- 38 Kenner N M, Mumford J A, Hommer R E, et al. Inhibitory motor control in response stopping and response switching. *J Neurosci*, 2010, 30: 8512–8518
- 39 Reuter B, Philipp A M, Koch I, et al. Effects of switching between leftward and rightward pro-and antisaccades. *Biol Psychol*, 2006, 721: 88–95

- 40 唐丹丹, 刘培朵, 陈安涛. 冲突观察能诱发冲突适应, 心理学报, 2012, 44: 295–303
- 41 West R, Bowry R, McConville C. Sensitivity of medial frontal cortex to response and nonresponse conflict. *Psychophysiology*, 2004, 41: 739–748
- 42 Simon J R. The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. In: Proctor R W, Reeve T G, eds. *Stimulus-response Compatibility*. Amsterdam: Elsevier, 1990. 31–86
- 43 Forster S E, Carter C S, Cohen J D, et al. Parametric manipulation of the conflict signal and control-state adaptation. *J Cogn Neurosci*, 2011, 23: 923–935
- 44 Mitchell R L C. Linear increases in BOLD response associated with increasing proportion of incongruent trials across time in a colour Stroop task. *Exp Brain Res*, 2010, 203: 193–204
- 45 Grinband J, Savitsky J, Wager T D, et al. The dorsal medial frontal cortex is sensitive to time on task, not response conflict or error likelihood. *NeuroImage*, 2011, 57: 303–311
- 46 MacDonald A W, Cohen J D, Stenger V A, et al. Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 2000, 288: 1835–1838
- 47 Smith E E, Jonides J. Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 1999, 283: 1657–1661
- 48 Carter C S, Braver T S, Barch D M, et al. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 1998, 280: 747–749
- 49 Yeung N, Botvinick M M, Cohen J D. The neural basis of error detection: conflict monitoring and the error-related negativity. *Psychol Rev*, 2004, 111: 931–959
- 50 Blais C, Bunge S. Behavioral and neural evidence for item-specific performance monitoring. *J Cogn Neurosci*, 2010, 22: 2758–2767
- 51 Bunge S A, Hazeltine E, Scanlon M D, et al. Dissociable contributions of prefrontal and parietal cortices to response selection. *NeuroImage*, 2002, 17: 1562–1571
- 52 Mansouri F A, Tanaka K, Buckley M J. Conflict-induced behavioural adjustment: a clue to the executive functions of the prefrontal cortex. *Nat Rev Neurosci*, 2009, 10: 141–152
- 53 Iyer A, Lindner A, Kagan I, et al. Motor preparatory activity in posterior parietal cortex is modulated by subjective absolute value. *PLoS Biol*, 2010, 8: e1000444

Conflict Adaptation is Induced by the Observation of Conflict: an ERP Study

TANG DanDan & CHEN AnTao^{*}

*Key Laboratory of Cognition and Personality (Ministry of Education) and School of Psychology,
Southwest University, Chongqing 400715, China*

Recent research shows that the observation of conflict can induce conflict adaptation. In the present study, to examine the neural dynamics of conflict adaptation, the behavioral and electroencephalography (EEG) data were recorded from fifteen healthy human subjects when they performed a letter Flanker task within the conflict observation paradigm. Behavioral results showed a significant interaction between the congruency in the observation condition and the congruency in the response condition for response time (RT). Event-related potentials (ERPs) results showed that in the observation condition, the mean amplitude of the N450 was more negative in the incongruent type compared with the congruent type, which was found only in the centro-frontal region; in the response condition, the amplitude difference was significantly smaller for $SP_{(il-iC)}$ than for $SP_{(cl-cC)}$ and a significant negative correlation between the $SP_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ and the $RT_{[(cl-cC)-(il-iC)]}$ in the centro-frontal region. These results confirm that in the observation task, modulations of amplitude of N450 reflect the process of conflict detection; in the response task, modulations of amplitude of SP reflect conflict adaptation that is induced by the observation of conflict.

conflict observation, conflict adaptation, Flanker task, event-related potentials (ERPs)

doi: 10.1360/052012-183