

冲突适应独立于意识：来自行为和 ERP 的证据*

蒋军^{1,2} 向玲³ 张庆林¹ 陈安涛¹

(¹ 认知与人格教育部重点实验室(西南大学); 西南大学心理学部, 重庆 400715)

(² University of Amsterdam, Department of Psychology, Amsterdam, The Netherlands)

(³ 江西师范大学心理学院, 南昌 330022)

摘要 尽管已有研究发现诸如抑制控制和任务转换等认知控制功能独立于意识, 但是对冲突适应是否需要意识的参与目前还存在激烈的争论。为了进一步探讨此问题, 本研究记录了 18 名被试在完成箭头偏对比掩蔽任务(meta-contrast masking task)时的行为和脑电数据。结果显示, 在有意识和无意识条件下在反应时和额中 N2 和中顶 P3 波幅上均表现出了显著的冲突适应效应。这不仅表明冲突控制独立于意识, 而且也表明先前无意识经验对人类信息加工系统的适应性调节作用。本研究对认识认知控制和意识的本质具有重要意义, 也为建构认知控制与意识关系的理论提供了启示。

关键词 冲突适应; 无意识; 有意识; 冲突控制; ERP

分类号 B842

1 引言

认知控制是指对不适宜行为进行调节和优化以达到目标的一种能力, 包括对行为的计划和调节、抑制不适宜行为、监控和解决冲突等(Clayson & Larson, 2011a; Ridderinkhof, Ullsperger, Crone, & Nieuwenhuis, 2004; van Gaal & Lamme, 2012)。尽管已有研究对认知控制及其机制进行了大量的卓有成效的研究, 但是对意识在认知控制中的作用还存在激烈的争议(Hommel, 2007)。传统的理论不但认为认知控制需要意识的参与, 而且几乎将意识与认知控制对等起来(Dehaene & Naccache, 2001; Norman & Shallice, 1986)。Norman 和 Shallice (1986)认为意识直接参与行为调节和冲突解决, 尽管他们没有清楚地说明为什么这些认知加工需要意识以及意识如何在这些认知加工中起作用。另外, 有关意识如何产生的全局工作空间(global workspace)理论(Baars, 2002; Dehaene & Naccache, 2001)认为, 信息加工由一系列单独的执行特定任务的无意识模块完成, 只有当信息在整个加工系统中整合起来

即“全局点燃”(global ignition)时才能使信息达到意识通达状态。据此 Dehaene 和 Naccache (2001)认为, 有意识是自上而下的策略性认知控制的前提条件。这些将意识与控制紧密联系的观点如此之强以至于人们自然而然的想到了“有意识控制”, 并将意识与认知控制等同起来。存在这种状况的原因是: 先前的研究发现认知控制的唤起和执行依赖于前额皮层的功能, 而前额皮层又与意识经验有关, 因而许多研究者自然而然地想到了“有意识认知控制”的概念, 好像“无意识认知控制”是不可想象的(Hommel, 2007)。

但与传统的观点不同, 最近的研究发现认知控制不仅可以由有意识信息引发而且还可以由无意识信息引发(蒋军, 陈安涛, 张蔚蔚, 张庆林, 2012)。具体来说, 最近的一些研究表明诸如抑制控制(Boy, Husain, & Sumner, 2010; Hughes, Velmans, & De Fockert, 2009; van Gaal, Ridderinkhof, Fahrenfort, Scholte, & Lamme, 2008)、任务转换(Lau & Passingham, 2007; Reuss, Kiesel, Kunde, & Hommel, 2011)等认知控制功能并不需要意识的参

收稿日期: 2013-05-16

* 国家自然科学基金项目(31170983, 31100743, 31170980); 国家留学基金委(201306990046)。

通讯作者: 张庆林, E-mail: zhangql@swu.edu.cn

与。尽管如此,对其他一些认知控制能力尤其是冲突适应是否需要意识的参与还存在激烈的争论(Desender & van Den Bussche, 2012; Kunde, Reuss, & Kiesel, 2012; van Gaal, De Lange, & Cohen, 2012; 蒋军 et al., 2012)。冲突适应(conflict adaptation)是指个体在经历冲突后对冲突进行控制以达到对行为的优化。该现象不但反映了先前经验对随后行为的影响,也反映了人类认知加工的灵活性和适应性(Clayson & Larson, 2011a; Ridderinkhof et al., 2004)。本文将关注冲突适应是否依赖于意识这一问题,进而对认知控制是否需要意识的参与这个问题进行探讨。下面我们将对冲突适应及其机制进行更为详细的介绍。

在诸如 Flanker (Gratton, Coles, & Donchin, 1992; Ullsperger, Bylsma, & Botvinick, 2005)、Stroop (Larson, Kaufman, & Perlstein, 2009; Notebaert, Gevers, Verbruggen, & Liefoghe, 2006)和 Simon 范式(Kerns, 2006; Stürmer, Leuthold, Soetens, Schroter, & Sommer, 2002)等一致性任务中,研究者不但发现不一致(incongruent, I)较一致(congruent, C)试次的反应时(reaction times, RT)更长(RT_{I-C} 为冲突效应),而且也发现先前试次对当前试次的行为具有调节作用:在不一致试次之后的不一致试次(简称 iI)的反应时较一致试次之后的不一致试次(cI)的反应时更短,而不一致试次之后的一致试次(iC)较一致试次之后的一致试次(cC)的反应时更长,即冲突效应在不一致试次之后比一致试次之后的冲突效应更小: $cI - cC > iI - iC$ (Gratton et al., 1992; Larson et al., 2009)。在统计上表现为先前试次类型和当前试次类型的显著交互作用。另外,也有研究采用如下公式计算冲突适应的强度:冲突适应 = $(cI - cC) - (iI - iC)$ (Nieuwenhuis et al., 2006)。有意识状态下的冲突适应在事件相关电位(event-related potentials, ERP)和功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究中得到了进一步的证实。在 ERP 研究中,研究者除了在行为上,也在 N2 (Clayson & Larson, 2011a, 2011b; Forster, Carter, Cohen, & Cho, 2011; Freitas, Banai, & Clark, 2009)和 P3 (Clayson & Larson, 2011a; Correa, Rao, & Nobre, 2009)成分的波幅上观察到了可靠的冲突适应。相关研究发现,当前不一致试次较当前一致试次诱发了更大的 N2 波幅,并且 N2 波幅受到先前试次一致性的影响,表现为当前不一致试次与当前一致试次之间的 N2 的波幅差异在不一致试次之

后较一致试次之后更小(Clayson & Larson, 2011a, 2011b; Forster et al., 2011; Freitas et al., 2009)。不仅在 N2 上,有的研究在 P3 波幅上也发现了与 N2 类似的冲突适应模式(Clayson & Larson, 2011a; Correa et al., 2009)。可见, N2 和 P3 的波幅敏感于冲突的变化和调节,也说明 N2 和 P3 能够反映出冲突适应的神经动态过程。在冲突适应研究中,通常认为额中央 N2 波幅的调整可能是前扣带回(Anterior cingulate cortex, ACC)冲突监测功能的反映(Folstein & van Petten, 2008),而中顶部 P3 波幅的调整可能与反应抑制或注意控制等冲突控制过程有关(Clayson & Larson, 2011a; Polich, 2007)。另外, fMRI 研究也发现, ACC 在 iI 试次引起的激活显著小于 cI 试次引起的激活,并且在先前试次中,不一致试次的 ACC 激活越强,当前试次的背外侧前额叶(dorsal lateral prefrontal cortex, DLPFC)的激活也越强(Kerns, 2006; Kerns et al., 2004)。这些发现与冲突监测理论(Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001)的预测一致:冲突效应在高冲突试次后较低冲突试次后更小,说明冲突适应是 ACC 在监控到冲突后通过 DLPFC 增加认知资源进行自上而下的调节来达到对冲突的控制。尽管冲突检测理论很好的解释了冲突适应现象,但它并没有阐明意识在冲突控制环路中所起的作用(Mayr, 2004)。

与传统研究采用行为、ERP 和 fMRI 等多种研究手段对冲突适应探讨不同,据我们所知,目前对冲突适应是否需要意识的参与这个问题仅采用掩蔽启动范式从行为上进行了考察,并且得出了截然相反的结论。Kunde (2003)以及 Ansorge, Fuchs, Khalid 和 Kunde (2011)他们在意识和无意识条件下虽然均观察到了反应冲突,但他们也发现只有当启动刺激被有意识地感知到时,启动刺激引发的冲突才会诱发冲突适应。研究者使用带有情绪色彩的刺激作为启动和目标时,也得到了类似的结果(Frings & Wentura, 2008; Jiang, Bailey, Chen, Cui, & Zhang, 2013)。这些研究似乎表明,冲突适应依赖于意识。但上述发现与一些研究者(Bodner & Mulji, 2010; Francken, Gaal, & de Lange, 2011; van Gaal, Lamme, & Ridderinkhof, 2010)在有意识和无意识掩蔽条件下都观察到了冲突适应的实验发现不一致。因此,已有研究对冲突适应是否需要意识的参与这个问题得出了相互矛盾的结论。实验设计和刺激本身的差异可能是得出不同结论的原因。以往对无意识冲突适应的研究在实验设计上主要存在三方面的差

异：(i)每一试次是否以注视点或咔声等警觉信号开始；(ii)对启动刺激的意识状态的测量是在每一试次之后还是在整个实验任务完成之后；(iii)刺激是否带有情绪色彩。相关研究发现，无意识信息的神经痕迹具有强度弱、持续时间短的特点，即与有意识信息加工相比，无意识信息加工引起的脑区激活程度更小，消退也更快(Haynes, Driver, & Rees, 2005; Kiefer & Spitzer, 2000)。尽管如此，有研究发现自上而下的注意控制可以促进大脑对无意识信息的加工(Sumner, Tsai, Yu, & Nachev, 2006)。因此，试次之间的时间间隔(inter-trial interval, ITI)长短、注意资源对无意识启动刺激的加工和冲突信息的神经痕迹的保持至关重要。van Gaal 等人(2010)认为，试次不以警觉信号开始可能使被试在当前试次结束后并不立即解脱注意并等到下一试次的警觉信号出现时再集中注意，使得被试在实验中保持较高的注意力，这促进了对无意识启动刺激的加工进而导致无意识冲突的增大，较短的 ITI 巩固了对反应冲突的记忆痕迹。虽然 Ansorge 等人(2011)使用了较短的 ITI，但与 van Gaal 等人(2010)在正式测试中对启动刺激的意识状态进行后测不同，他们在每一试次之后都对启动刺激的意识状态进行了测量。由于这种实验操作类似于任务转换，不但延长了 ITI，而且也可能导致在下一个试次出现之前使得微弱的无意识冲突或者无意识启动刺激的神经痕迹就已经消失(Greenwald, Draine, & Abrams, 1996; Jiang et al., 2013; Ruz, Madrid, Lupiáñez, & Tudela, 2003)，导致研究者没能观察到显著的无意识冲突适应。此外，采用带有情绪色彩的刺激诱发的无意识情绪冲突(Frings & Wentura, 2008; Jiang et al., 2013)相对于无意识认知冲突其本身效应更小，因而要观察先前试次对当前试次冲突的调节效应，可能存在地板效应。

尽管 Bodner 等、Francken 等和 van Gaal 等人发现了无意识冲突适应，但 Francken 等人和 Bodner 等人的研究由于在意识测量方面的缺陷使得他们的结论往往不那么受研究者的认同(Desender & van Den Bussche, 2012)。因此，迄今为止只有 van Gaal 等令人信服地证明了无意识冲突适应的存在。但必须注意的是，由于 van Gaal 等将无意识和有意识条件试次混合呈现，这使得他们观察到的无意识冲突适应可能是先前有意识冲突的延续，而不是真正地由先前的无意识冲突所引起的。另外，混合呈现也可能使得无意识冲突效应较

小，不利于观察到更大的无意识冲突适应。因此，为了排除上述可能性和增大无意识冲突适应，最好的方法是将试次按意识条件 block 呈现。

综上所述，如何通过精细的实验设计来保持无意识启动刺激或者是无意识冲突引起的微弱的、持续时间短暂的神经痕迹似乎是能否观察到无意识冲突适应的关键。另外需要指出的是，采用对微弱的持续时间较短的神经痕迹较为敏感的探测手段或许也是探讨无意识冲突适应的有效途径。Desender 和 van Den Bussche (2012)指出，由于 EEG 技术具有很高的时间分辨率，因此它适合于探讨短时间呈现的刺激诱发的 ERP 活动，尤其适合考察无意识刺激引起的神经活动，而且该技术也广泛运用于无意识认知控制的研究中(van Gaal, Lamme, Fahrenfort, & Ridderinkhof, 2011; van Gaal et al., 2008)。

总之，本研究的目的是从行为和认知神经层面上探讨冲突适应是否依赖于意识的参与。为了达到实验目的，本研究采用偏对比掩蔽任务。在该任务中启动刺激与掩蔽刺激(该刺激往往也作为目标)具有类似的知觉轮廓，由于启动刺激刚好填满掩蔽刺激，因而在以较短时间呈现启动刺激时被试通常不能觉知到启动刺激的存在(蒋军 等, 2012)。我们假设，如果存在无意识冲突适应，那么无论是在意识还是无意识条件下我们将在行为上观察到 iI 和 iC 试次之间反应时的差异要小于 cI 和 cC 试次之间反应时的差异；在 ERP 上将观察到 iI 和 iC 试次之间 N2 或 P3 的波幅的差异均小于 cI 和 cC 试次之间 N2 波幅的差异。研究假设如果得到证实，那么将有助于对认知控制是否需要意识的参与这个问题的探讨，这将进一步为认知控制和意识的关系的理论建构提供启示，对揭示意识和无意识本身的功能也具有十分重要的意义(Mayr, 2004)。

2 方法

2.1 被试

在某大学校内 BBS 上发帖随机招募年龄在 19 岁到 22 岁($M = 20.67$, $SD = 1.15$)之间的有偿本科生被试 18 名(女生 11 名)，由于一名女生在脑电记录中眨眼太频繁，在后续分析中被去除。所有被试均为右利手，视力正常或者矫正正常，并且无心身疾病。在向被试说明了实验流程后，被试签署了知情同意书。

2.2 仪器与刺激

采用在无意识认知控制领域中广为使用的箭

头版偏对比掩蔽任务(Kiesel et al., 2006; Kunde, 2003; van Gaal et al., 2010)。刺激呈现在灰色(RGB, 128, 128, 128)背景的 24 英寸 IBM 纯平 VGA 显示器上, 显示参数分别设置为: 刷新率 70 Hz (每屏约为 14.3 ms), 分辨率 1024×768。使用 E-prime 1.1 软件包刺激呈现与计时, 被试距离屏幕 70 cm。以指向左或右的箭头的空心黑色箭头(视角为 $0.98^\circ \times 0.49^\circ$)作为启动刺激, 以比启动箭头稍大的指向左或右的空心黑色箭头($2.87^\circ \times 1.23^\circ$)作为目标刺激。由于启动刺激与目标刺激具有相同的知觉轮廓, 并且启动箭头刚好填满目标箭头, 因而在当启动刺激的呈现时间较短以及启动与目标之间的时间间隔较短时, 目标对启动构成了良好的掩蔽(见图 1A)。

2.3 实验设计与程序

根据启动与目标箭头的方向一致性以及先前试次和当前试次的一致性关系, 可以将试次类型分为 4 种: cC, cI, iC, iI 试次。本研究通过操纵启动刺激的呈现时间来控制被试完成启动刺激的意识。即: 在一半的试次中, 目标刺激对启动刺激构成强掩蔽(无意识条件), 而在另一半试次中为弱掩蔽(有意识条件)。刺激按启动刺激的掩蔽程度 block 呈现, 意识和无意识 blocks 之间随机呈现。每一个 block 内所有试次随机呈现。

正式实验任务的流程如下: 首先, 启动箭头呈现 14 ms (强掩蔽) 或者呈现 129 ms (弱掩蔽); 随后呈现 29 ms 的空屏; 接着目标箭头呈现 129ms; 最后呈现一个时间间隔在 1200~1500 ms 之间的随机空屏(见图 1A)。实验中要求被试对目标刺激的方向做又快又准的反应。

整个实验的程序为: 被试首先完成一个包含 24 个试次的完全反馈(反应时与正确率)的练习 block, 接着完成 14 个实验 blocks, 每个 block 包含 128 个试次。为了考察启动刺激的可见性, 被试最后完成一个包含 256 个试次的辨别 block。在辨别 block 刺激呈现顺序与时间都与实验 blocks 完全相同, 但是有两处不同的是, 在该 block 中要求被试对启动刺激而不是目标刺激的方向进行辨别, 并且强掩蔽和弱掩蔽条件的试次混合呈现。

2.4 行为数据分析

首先去除每个 block 的第一个试次, 为了排除刺激重复与反应重复对冲突适应的解释(Hommel, Proctor, & Vu, 2004; Mayr, Awh, & Laurey, 2003), 接着去除刺激/反应重复试次, 随后排除错误反应试次以及紧随错误反应试次后的第一个正确试次, 最后排除反应时大于 1000 ms 或者小于 100 ms 的试次(van Gaal et al., 2010)。为了分析强掩蔽条件和弱掩蔽条件下是否存在冲突适应, 本研究按掩蔽程度, 分别对平均反应时和错误率被进行了先前试次一致性(一致, 不一致) × 当前试次一致性(一致, 不一致)的两因素重复测量方差分析(ANOVA)。为了考察被试对启动刺激的觉知情况, 本研究对辨别力指数(d')进行单样本 t 检验(Bodner & Mulji, 2010; Hughes et al., 2009)。所有统计分析均采用双侧检验, 并以 $p < 0.05$ 作为统计显著性标准。

2.5 EEG 记录与分析

实验在微暗和良好电磁屏蔽的房间内进行。实验前告知被试在刺激呈现时避免眨眼和头动。使用德国 Brain Products 公司的 64 导电极帽记录 EEG

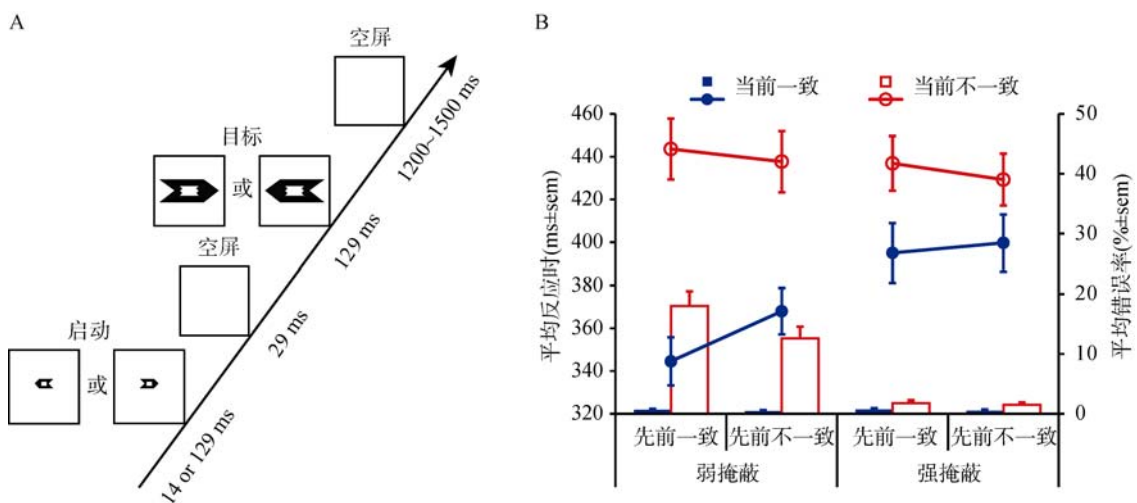


图 1 实验流程与行为结果

注: (A)实验流程; (B)行为结果。折线图表示反应时, 柱状图表示错误率(sem = 平均标准误)。

活动。在记录时以 FCz 为参考点, 以 AFz 接地, 同时在眼眶周围记录水平眼电(HEOG)和垂直眼电(VEOG)。EEG 和 EOG 以 0.01~100 Hz 的带宽记录, 并且采样率为 500 Hz/导。在记录时使每一电极的电阻保持在 5 k Ω 以下。

对 EEG 的离线分析使用自编的基于 EEGLAB (Delorme & Makeig, 2004)的脚本在 Matlab (R2009a, The MathWorks, Inc.)中进行。首先将连续的 EEG 数据以双耳乳突电极(两侧耳后乳突上各放置一个)的平均值进行重参考, 然后以 0.5~20 Hz 的频带进行滤波(van Gaal et al., 2011), 随后将 EEG 基于目标刺激分割为 1000 ms 的分段, 其中以目标刺激前 200 ms 作为基线。在排除行为分析时所去除的试次对应的分段后, 剩余的分段使用如下三种方法进行伪迹去除: (a)所有在正负 5 个标准差电压的平均概率分布(mean probability distribution)之外的“不可能”分段被去除(Danielmeier, Wessel, Steinhäuser, & Ullsperger, 2009); (b)计算独立成份(independent component analysis, ICA)来分离包含在 EEG 信号中的伪迹(Delorme & Makeig, 2004)。在名为 ADJUST (Mognon, Jovicich, Bruzzone, & Buiatti, 2011)的 EEGLAB 插件的辅助下, 代表眨眼、眼动、肌电以及其他类型的伪迹的独立成份被排除; (c)去除电压在 $\pm 80 \mu\text{V}$ 之外的分段。为了排除通过这些处理后每一种条件下试次不同可能导致的结果偏差, 使用 Matlab 中的 randperm 函数随机挑选分段, 确保每一种条件下均为 80 个分段(Purmann, Badde, Luna-Rodriguez, & Wendt, 2011)。最后, 对所有分段按条件进行叠加平均。

为了提高信噪比, 基于前人的研究(Clayson & Larson, 2011a; Purmann et al., 2011; van Gaal et al., 2011)以及头皮地形图的分布确立了两个感兴趣区(region of interest, ROI): 前额叶中部 N2 ROI (Fz, FCz, FC1, FC2, Cz)和中顶部 P3 ROI (Cz, CPz, CP1, CP2, Pz)。从图 2A 和图 3A 可以看出, N2 在弱掩蔽条件下要比强掩蔽条件下更早达到峰值, 而 P3 潜伏期在两种条件下几乎没有什么变化, 因此采用如下方法计算 N2 和 P3 的波幅。对 N2 首先在 240~320 ms 窗口内按条件提取前额叶中部 ROI 内每一电极的波峰, 为了提高信噪比, 接着对该 ROI 内的所有电极点按前述方式获得的电压值进行平均。对 P3 先按条件分别计算中顶部 ROI 内每一电极在 350~500 ms 窗口内的平均电压, 然后再将按各电极平均。为了考察冲突适应, 对 N2 和 P3

的平均电压值按掩蔽条件分别进行单独的先前试次(一致, 不一致) \times 当前试次(一致, 不一致)的两因素重复测量 ANOVA, 对结果使用 Greenhouse-Geisser 法校正。为了比较弱掩蔽和强掩蔽条件下的冲突适应, 对两种条件下的冲突适应大小进行配对 t 检验(双尾)。

3 结果与分析

3.1 行为结果与分析

3.1.1 弱掩蔽条件

对反应时的重复测量 ANOVA 结果显示: 先前试次的主效应显著, $F(1,16) = 13.52, p = 0.002, \eta^2 = 0.458$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 190.04, p < 0.001, \eta^2 = 0.922$, 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 27.28, p < 0.001, \eta^2 = 0.630$ 。该交互效应反映了在不一致试次之后的冲突效应($RT_{il-ic}, M = 70 \text{ ms}, SD = 30.00$)较一致试次之后的冲突效应($RT_{cl-cc}, M = 99 \text{ ms}, SD = 26.46, t(16) = -7.33, p < 0.001$)更小。对错误率的方差分析也发现先前试次的主效应显著, $F(1,16) = 18.71, p < 0.001, \eta^2 = 0.539$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 48.57, p < 0.001, \eta^2 = 0.752$; 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 16.53, p < 0.001, \eta^2 = 0.508$ 。该交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应($ER_{cl-cc}, M = 11.89\%, SD = 0.08$)比一致试次之后的冲突效应($ER_{cl-cc}, M = 17.26\%, SD = 0.11, t(16) = -4.38, p < 0.001$)要小(见图 1B 左半部分)。

3.1.2 强掩蔽条件

对反应时的方差分析表明, 先前试次的主效应显著, $F(1,16) = 7.05, p = 0.017, \eta^2 = 0.306$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 242.48, p < 0.001, \eta^2 = 0.938$, 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 20.18, p < 0.001, \eta^2 = 0.558$ 。该交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应($M = 30 \text{ ms}, SD = 13.93$)显著地小于一致试次之后的冲突效应($M = 42 \text{ ms}, SD = 15.60, t(16) = -3.89, p < 0.001$)。对错误率的方差分析发现先前试次的主效应不显著, $F(1,16) = 1.58, p > 0.05, \eta^2 = 0.090$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 5.39, p < 0.05, \eta^2 = 0.252$; 二者的交互作用不显著, $F < 1$ 。这表明在强掩蔽条件下的错误率上并未发现冲突适应(见图 1B 右半部分)。

3.1.3 弱掩蔽和强掩蔽条件下冲突适应的比较

对弱掩蔽和强掩蔽条件下在反应时上发现的冲突适应的配对 t 检验发现: 弱掩蔽条件下的冲突适应($RT_{(cl-cc)-(il-ic)}, M = 29 \text{ ms}, SD = 14.46$)显著

大于强掩蔽条件下的冲突适应($M = 12 \text{ ms}$, $SD = 13.04$, $t(16) = 3.13$, $p = 0.006$)。

3.2 ERP 结果

3.2.1 弱掩蔽条件

(1)额中部 N2 如图 2A 所示, 不一致试次较一致试次诱发了更大的 N2 波幅。一致和不一致试次在 N2 上的差异主要体现在额中部的头皮分布(图 2B)。对电压的重复测量 ANOVA 结果显示, 先前试次的主效应不显著, $F < 1$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 14.08$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.468$; 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 26.70$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.625$ 。该交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应($M = -1.69 \mu\text{V}$, $SD = 2.47$)显著小于一致试次之后的冲突效应($M = -3.15 \mu\text{V}$, $SD = 2.95$, $t(16) = -5.17$, $p < 0.001$) (见图 2B)。

(2)中顶部 P3 如图 2C 所示, 不一致试次较一致试次引起了更大的 P3 波幅, 该差异主要反映在头皮的中顶部(图 2D)。重复测量 ANOVA 结果显示, 先前试次的主效应不显著, $F < 1$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 46.43$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.744$; 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 5.40$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.252$ 。该

交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应($M = 1.61 \mu\text{V}$, $SD = 1.07$)显著小于一致试次之后的冲突效应($M = 2.08 \mu\text{V}$, $SD = 1.30$, $t(16) = -2.32$, $p < 0.05$)。

3.2.2 强掩蔽条件

(1)额中部 N2 如图 3A 所示, 与弱掩蔽条件类似不一致试次较一致试次引起了更大的 N2 波幅, 这种差异主要体现在额中部(图 3B)。重复测量 ANOVA 结果显示, 先前试次的主效应不显著, $F < 1$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 28.06$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.637$; 尤为重要的是二者的交互作用显著, $F(1,16) = 4.73$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.228$ 。该交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应($M = -1.86 \mu\text{V}$, $SD = 1.65$)显著小于一致试次之后的冲突效应($M = -2.39 \mu\text{V}$, $SD = 1.80$, $t(16) = -2.18$, $p < 0.05$) (图 3B)。

(2)中顶部 P3 如图 3C 所示, 不一致试次较一致试次诱发了更大的 P3 波幅。P3 的差异主要体现在中顶部的头皮分布上(见图 3D)。重复测量 ANOVA 结果显示, 先前试次的主效应不显著, $F(1,16) = 2.49$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.135$; 当前试次的主效应显著, $F(1,16) = 73.82$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.822$; 二者的交互作用显著, $F(1,16) = 4.69$, $p < 0.05$, $\eta^2 =$

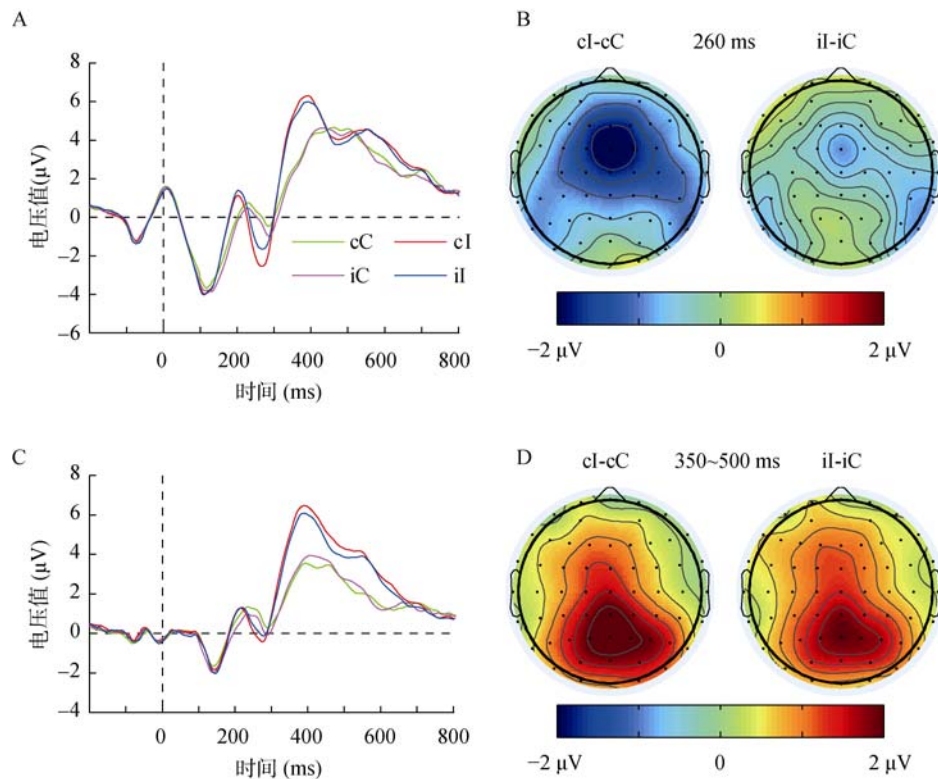


图 2 弱掩蔽条件下的总平均 ERP 和冲突适应头皮地形图

注: 横轴 0 点表示目标刺激呈现, 基线时间为 -200 ms 到 0 ms 。在头皮地形图中, 额中 N2 ROI 所包括的电极 (Fz, FCz, FC1, FC2, Cz), 中顶 P3 ROI 所包括的电极 (Cz, CPz, CP1, CP2, Pz)。彩图见电子版。

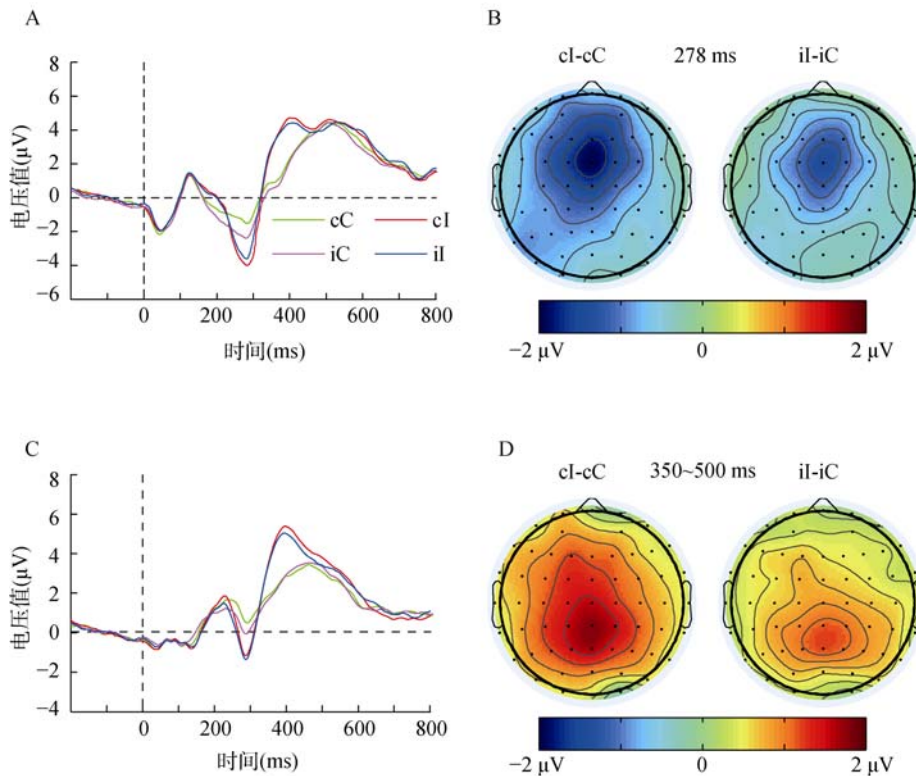


图 3 强掩蔽条件下的总平均 ERP 和冲突适应头皮地形图

注：横轴 0 点指示目标刺激呈现，基线时间为 -200 ms 到 0 ms。在头皮地形图中，额中 N2 ROI 所包括的电极 (Fz, FCz, FC1, FC2, Cz)，中顶 P3 ROI 所包括的电极 (Cz, CPz, CP1, CP2, Pz)。彩图见电子版。

0.227。该交互效应反映了不一致试次之后的冲突效应 ($M = 1.24 \mu\text{V}$, $SD = 0.55$) 显著小于一致试次之后的冲突效应 ($M = 1.66 \mu\text{V}$, $SD = 0.99$, $t(16) = -2.17$, $p < 0.05$)。

3.2.3 弱掩蔽和强掩蔽条件下冲突适应的对比

对于 N2 波幅，弱掩蔽条件 ($M = -1.46 \mu\text{V}$, $SD = 1.16$) 下的冲突适应显著强于强掩蔽条件 ($M = -0.53 \mu\text{V}$, $SD = 1.01$) 下的冲突适应 ($t(16) = -2.45$, $p < 0.05$)。对于 P3 波幅，弱掩蔽 ($M = 0.47 \mu\text{V}$, $SD = 0.83$) 条件下和强掩蔽条件 ($M = 0.42 \mu\text{V}$, $SD = 0.81$) 下的冲突适应不存在显著差异 ($t < 1$) (见图 4)。

3.3 辨别力分析

对辨别测试任务中弱掩蔽和强掩蔽条件下 d' 的分析显示，在强掩蔽条件下，被试不能有意地觉知到启动刺激的存在 ($M = 0.08$, $SD = 0.25$, $t(16) = 1.24$, $p = 0.231$)，而在弱掩蔽条件下则可以有意地觉知到启动刺激的存在 ($M = 1.53$, $SD = 0.75$, $t(16) = 8.40$, $p < 0.001$)。这说明本实验对掩蔽这个实验因素的操纵是有效的。因此，在强掩蔽条件下启动刺激对被试来说是无意识的，而在弱掩蔽条件下则是有意地。

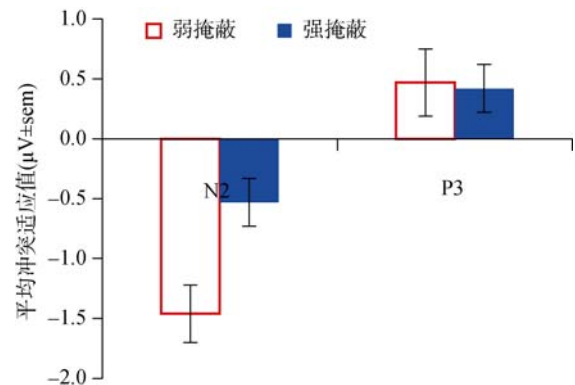


图 4 弱掩蔽和强掩蔽条件下冲突适应的对比

注：冲突适应 = $(cI - cC) - (iI - iC)$

4 讨论

本研究的目的是从行为和认知神经层面上探讨冲突适应是否需要意识的参与，进而探讨认知控制是否需要意识的参与。辨别任务结果表明，强掩蔽条件下被试不能有意地觉知到启动刺激，而在弱掩蔽条件下则可以。这说明本研究有效地操纵了被试对启动刺激的意识这一变量。在此前提条件下，行为和 ERP 结果均显示，在意识与无意识条件下

都观察到了显著的冲突适应,这与我们的实验预期一致。

在行为上发现,无论是在无意识还是在有意识条件下,当前不一致试次的反应时都比当前一致试次的反应时更长,错误率更高。这说明在无意识和有意识条件下均观察到了典型的冲突效应。尤为重要的是,无意识冲突和有意识冲突均受到了先前试次一致性的调节,表现为 $RT_{(ii-ic)}$ 均显著小于 $RT_{(ci-cc)}$ 。这说明无意识冲突与意识冲突一样也能诱发个体对后续的冲突进行适应性地调节。这与先前的行为研究结果一致(Bodner & Mulji, 2010; Francken et al., 2011; van Gaal et al., 2010)。由于本研究在排除了刺激/反应重复后仍在无意识条件下观察到了显著的冲突适应,这就排除了重复启动效应对本研究结果解释的可能性(Mayr et al., 2003)。与此同时,在数据分析时保证了每种条件下的试次数量相同之后,无意识条件下观察到的冲突适应效应仍然显著,这也排除了条件间试次数量不同而导致的实验污染。因此,本研究观察到的无意识冲突适应的确是由无意识冲突所诱发的。

行为结果得到了ERP结果的进一步证实。ERP结果显示,在无意识和有意识条件下,当前不一致试次都较当前一致试次诱发了更大的N2和P3波幅,这表明在ERP上也观察到了经典的冲突效应。更为重要的是,无意识和有意识刺激诱发的冲突均受到先前试次一致性的调节,表现为在N2和P3成分上 $ii-ic$ 波幅显著小于 $ci-cc$ 的波幅。这与前人在意识层面的冲突适应研究一致,说明N2和P3成分也可以作为测量冲突适应的指标(Clayson & Larson, 2011a, 2011b; Correa et al., 2009; Forster et al., 2011; Freitas et al., 2009)。在N2波幅上观察到冲突适应,这与冲突监测假设的预测一致。该假设认为, N2反映了ACC对冲突的评估和监测能力有关。大脑如果在先前试次中监测到冲突的发生,那么它将分配更多的认知资源对随后试次的冲突进行控制。这会降低冲突相关的ACC的激活程度,导致当前试次冲突诱发的N2波幅的减小(Botvinick et al., 2001; Botvinick, Cohen, & Carter, 2004; MacDonald, Cohen, Stenger, & Carter, 2000; Ridderinkhof et al., 2004)。因此,冲突适应会通过N2波幅的调整表现出来。先前的研究认为, P3与注意控制或反应抑制有关(Clayson & Larson, 2011a, 2011b; Fröhholz, Godde, Finke, & Herrmann, 2011; Polich, 2007)。但从本研究中的P3头皮地形图的分

布可以看出,各条件之间的差异主要体现在中顶部。这似乎说明当前研究在P3中发现的冲突适应主要体现在P3b成分上。在认知控制领域内,相关研究发现P3b与反应抑制有关,在P3b上表现出来的差异可能反映了被试在当前试次上的行为抑制能力受到先前试次一致性的调节。另外,根据冲突检测假设, P3可能与需要解决的冲突的多少有关,即冲突越大, P3波幅越大,反之越小(Botvinick et al., 2001, 2004; Clayson & Larson, 2011a)。在先前试次为不一致试次时,由于投入认知资源的增多施加了更强的控制,使得需要解决的冲突减少,所以在当前不一致试次所诱发的P3波幅减小。

本研究观察到的无意识冲突适应对于认知控制及其和意识关系的理论建构有重要的启示。传统理论认为认知控制需要意识参与,只有对冲突信息进行有意识的表征才能引发认知控制进而影响随后的信息加工(Dehaene & Naccache, 2001; Norman & Shallice, 1986),而无意识冲突适应的存在提醒我们有必要重新审视已有的将认知控制与意识紧密联系在一起甚至将二者对等起来的习惯性倾向。另外,冲突检测理论(Botvinick et al., 2001)为解释冲突适应提供了良好的理论框架,但是它却没有明确阐述意识在冲突监控的反馈环路的什么地方以及起什么作用,尽管该模型认为控制的某些方面能够在意识之外发生(Mayr, 2004)。因而,该理论需要作出适当的修正,考虑意识在该环路所起的作用,以便能够更好的解释无意识的冲突适应。正如在引言中提及的,前人将意识与认知控制对等起来的部分原因是因为PFC是产生意识的区域,而它也是执行认知控制功能的重要脑区。但是本研究的结果表明,涉及到前额叶功能的冲突适应能够被无意识的信息激活,这可以用区别视觉意识的快速前馈扫描(fast feedforward sweep)和复发加工(recurrent processing)的理论来进一步理解(Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, & Sergent, 2006)。快速前馈扫描是指视觉信息从大脑的低级传递到高级阶段的过程,前馈扫描并不能够产生快速意识。意识与否可能主要依赖涉及的脑区是否存在复发加工。复发加工是指高层级节点将信号反馈给低层级节点,使得信息长时的、广泛的传播和大规模的回荡激活(reverberating activation)。Dehaene和Naccache(2001)等人也将回荡激活称之为“全局点燃”(global ignition)。无意识冲突适应的存在说明即使像额叶这些脑区的激活并不必然能够导致“全

局点燃”，也就是说并不必然导致意识(van Gaal & Lamme, 2012; van Gaal et al., 2011)。可以看出，本研究对认识意识和无意识的功能和机制也具有十分重要的意义。

尽管我们在有意识和无意识两种条件下均在行为和 ERP 上都观察到了冲突适应，但在 N2 波幅上也发现有意识冲突适应显著地大于无意识冲突适应。这种结果模式可能反映了无意识和有意识冲突适应的共性和个性。共性主要表现在无意识冲突和有意识冲突都能激活人类的适应控制系统，个性主要表现在由无意识和有意识冲突适应控制系统的激活程度的差异。无意识冲突的相关研究发现，有意识冲突的通常要大于无意识冲突(Desender & van Den Bussche, 2012; van Gaal et al., 2010)，并且虽然无意识冲突和有意识冲突都激活了与冲突监控有关的 ACC，但有意识冲突下激活的程度更大(D’Ostilio & Garraux, 2012; Ursu, Clark, Aizenstein, Stenger, & Carter, 2009)。而 ERP 研究的溯源分析通常将冲突相关的 N2 定位于 ACC (Botvinick et al., 2001)。因此，无意识和有意识条件下 N2 上冲突适应大小的差异可能是由有意识和无意识冲突引起的 ACC 的激活差异导致的。基于此，这种差异似乎说明无意识冲突仅仅激活了部分冲突控制机制。这与有的研究者认为无意识和有意识冲突控制只是存在量上的差异而不是质上的差异的观点一致(Xiang, Wang, & Zhang, 2013)。但是也必须注意，有的研究者提出无意识控制和有意识控制机制可能是两套完全不同的机制(van Gaal et al., 2008)。因此，对无意识和有意识冲突控制是仅仅是激活程度的差异还是二者是两套完全不同的系统还值得进一步探讨。

实际上，无意识冲突适应机制对人类可能具有重要的进化和适应意义。相对于没有冲突的情境，冲突信息本身可被视为一种新异刺激，当人们面临新异刺激时可能无意识或有意识地分配更多的认知资源来判断对自己是否构成威胁，但是随着冲突信息的不断出现，人们对其加以控制，可能慢慢的适应，从而将有限的认知资源投入到更为重要的事情上。在此过程中，有意识冲突控制可能转化为无意识冲突控制，这与本研究观察到的无意识冲突适应一致。另外，或许元认知能力在无意识冲突适应过程中扮演着重要的作用(Desender & van Den Bussche, 2012)，但是对于其如何起作用还不清楚。因而对元认知能力在无意识冲突控制过程中的作

用，我们预计这将是未来无意识认知控制领域的一个新的研究方向。

5 结论

采用行为和 ERP 方法，我们发现无意识刺激诱发的冲突也能够诱发人们的冲突控制功能。这说明冲突适应独立于意识，也证明了人类认知加工系统的灵活性。本研究有助于揭示意识的功能与局限，为将来进一步揭示意识的功能奠定基础。本研究不但加深了无意识信息加工深度的认识，也加深了对意识与认知控制关系的认识。但也提出了诸如这样的问题：什么认知功能是意识所特有的？这类问题值得将来进一步探讨。

参 考 文 献

- Ansorge, U., Fuchs, I., Khalid, S., & Kunde, W. (2011). No conflict control in the absence of awareness. *Psychological Research, 75*, 351–365.
- Baars, B. J. (2002). The conscious access hypothesis: Origins and recent evidence. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 47–52.
- Bodner, G., & Mulji, R. (2010). Prime proportion affects masked priming of fixed and free-choice responses. *Experimental Psychology, 57*, 360–366.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review, 108*, 624–652.
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: An update. *Trends in Cognitive Sciences, 8*, 539–546.
- Boy, F., Husain, M., & Sumner, P. (2010). Unconscious inhibition separates two forms of cognitive control. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*, 11134–11139.
- Clayson, P. E., & Larson, M. J. (2011a). Conflict adaptation and sequential trial effects: Support for the conflict monitoring theory. *Neuropsychologia, 49*, 1953–1961.
- Clayson, P. E., & Larson, M. J. (2011b). Effects of repetition priming on electrophysiological and behavioral indices of conflict adaptation and cognitive control. *Psychophysiology, 48*, 1621–1630.
- Correa, Á., Rao, A., & Nobre, A. C. (2009). Anticipating conflict facilitates controlled stimulus-response selection. *Journal of Cognitive Neuroscience, 21*, 1461–1472.
- D’Ostilio, K., & Garraux, G. (2012). Dissociation between unconscious motor response facilitation and conflict in medial frontal areas. *European Journal of Neuroscience, 35*, 332–340.
- Danielmeier, C., Wessel, J. R., Steinhauser, M., & Ullsperger, M. (2009). Modulation of the error-related negativity by response conflict. *Psychophysiology, 46*, 1288–1298.
- Dehaene, S., Changeux, J.-P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: A testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 204–211.
- Dehaene, S., & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a

- workspace framework. *Cognition*, 79, 1–37.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9–21.
- Desender, K., & van Den Bussche, E. (2012). Is consciousness necessary for conflict adaptation? A state of the art. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 3.
- Folstein, J. R., & van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45, 152–170.
- Forster, S. E., Carter, C. S., Cohen, J. D., & Cho, R. Y. (2011). Parametric Manipulation of the Conflict Signal and Control-state Adaptation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 923–935.
- Francken, J. C., Gaal, S. V., & de Lange, F. P. (2011). Immediate and long-term priming effects are independent of prime awareness. *Consciousness and Cognition*, 20, 1793–1800.
- Freitas, A. L., Banai, R., & Clark, S. L. (2009). When cognitive control is calibrated: Event-related potential correlates of adapting to information-processing conflict despite erroneous response preparation. *Psychophysiology*, 46, 1226–1233.
- Frings, C., & Wentura, D. (2008). Trial-by-trial effects in the affective priming paradigm. *Acta Psychologica*, 128, 318–323.
- Frühholz, S., Godde, B., Finke, M., & Herrmann, M. (2011). Spatio-temporal brain dynamics in a combined stimulus-stimulus and stimulus-response conflict task. *NeuroImage*, 54, 622–634.
- Gratton, G., Coles, M., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 480–480.
- Greenwald, A. G., Draine, S. C., & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699–1702.
- Haynes, J.-D., Driver, J., & Rees, G. (2005). Visibility reflects dynamic changes of effective connectivity between V1 and fusiform cortex. *Neuron*, 46, 811–821.
- Hommel, B. (2007). Consciousness and control: Not identical twins. *Journal of Consciousness Studies*, 14, 155–176.
- Hommel, B., Proctor, R., & Vu, K.-P. (2004). A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychological Research*, 68, 1–17.
- Hughes, G., Velmans, M., & De Fockert, J. (2009). Unconscious priming of a no-go response. *Psychophysiology*, 46, 1258–1269.
- Jiang, J., Bailey, K., Chen, A., Cui, Q., & Zhang, Q. (2013). Unconsciously triggered emotional conflict by emotional facial expressions. *PLoS One*, 8, e55907.
- Jiang, J., Chen, A. T., Zhang, W. L., & Zhang, Q. L. (2012). Cognitive control triggered by unconscious information and its neural mechanism. *Advances in Psychological Science*, 20, 1573–1584.
- [蒋军, 陈安涛, 张蔚蔚, 张庆林. (2012). 无意识信息引发的认知控制及其神经机制. *心理科学进展*, 20, 1573–1584.]
- Kerns, J. G. (2006). Anterior cingulate and prefrontal cortex activity in an fMRI study of trial-to-trial adjustments on the Simon task. *NeuroImage*, 33, 399–405.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald, A. W., Cho, R. Y., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303, 1023–1026.
- Kiefer, M., & Spitzer, M. (2000). Time course of conscious and unconscious semantic brain activation. *Neuroreport*, 11, 2401–2407.
- Kiesel, A., Wagener, A., Kunde, W., Hoffmann, J., Fallgatter, A. J., & Stöcker, C. (2006). Unconscious manipulation of free choice in humans. *Consciousness and Cognition*, 15, 397–408.
- Kunde, W. (2003). Sequential modulations of stimulus-response correspondence effects depend on awareness of response conflict. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 198–205.
- Kunde, W., Reuss, H., & Kiesel, A. (2012). Consciousness and cognitive control. *Advances in cognitive psychology*, 8, 9–18.
- Larson, M. J., Kaufman, D. A. S., & Perlstein, W. M. (2009). Neural time course of conflict adaptation effects on the Stroop task. *Neuropsychologia*, 47, 663–670.
- Lau, H. C., & Passingham, R. E. (2007). Unconscious activation of the cognitive control system in the human prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience*, 27, 5805–5811.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288, 1835–1838.
- Mayr, U. (2004). Conflict, consciousness, and control. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 145–148.
- Mayr, U., Awh, E., & Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience*, 6, 450–452.
- Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48, 229–240.
- Nieuwenhuis, S., Stins, J. F., Posthuma, D., Polderman, T. J., Boomsma, D. I., & de Geus, E. J. (2006). Accounting for sequential trial effects in the flanker task: Conflict adaptation or associative priming? *Memory and Cognition*, 34, 1260–1272.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (Vol. 4, pp. 1–18). New York: Plenum.
- Notebaert, W., Gevers, W., Verbruggen, F., & Liefvooghe, B. (2006). Top-down and bottom-up sequential modulations of congruency effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 112–117.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*, 118, 2128–2148.
- Purmann, S., Badde, S., Luna-Rodriguez, A., & Wendt, M. (2011). Adaptation to frequent conflict in the Eriksen Flanker Task: An ERP study. *Journal of Psychophysiology*, 25, 50–59.
- Reuss, H., Kiesel, A., Kunde, W., & Hommel, B. (2011). Unconscious activation of task sets. *Consciousness and Cognition*, 20, 556–567.
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306, 443–447.
- Ruz, M., Madrid, E., Lupiáñez, J., & Tudela, P. (2003). High density ERP indices of conscious and unconscious semantic priming. *Cognitive Brain Research*, 17, 719–731.
- Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schroter, H., &

- Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1345–1363.
- Sumner, P., Tsai, P.-C., Yu, K., & Nachev, P. (2006). Attentional modulation of sensorimotor processes in the absence of perceptual awareness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 10520–10525.
- Ullsperger, M., Bylsma, L. M., & Botvinick, M. M. (2005). The conflict adaptation effect: It's not just priming. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 467–472.
- Ursu, S., Clark, K. A., Aizenstein, H. J., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2009). Conflict-related activity in the caudal anterior cingulate cortex in the absence of awareness. *Biological Psychology*, 80, 279–286.
- van Gaal, S., De Lange, F. P., & Cohen, M. X. (2012). The role of consciousness in cognitive control and decision making. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 121.
- van Gaal, S., & Lamme, V. A. F. (2012). Unconscious high-level information processing: Implication for neurobiological theories of consciousness. *The Neuroscientist*, 18, 287–301.
- van Gaal, S., Lamme, V. A. F., Fahrenfort, J. J., & Ridderinkhof, K. R. (2011). Dissociable brain mechanisms underlying the conscious and unconscious control of behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 91–105.
- van Gaal, S., Lamme, V. A. F., & Ridderinkhof, K. R. (2010). Unconsciously triggered conflict adaptation. *PLoS One*, 5, e11508.
- van Gaal, S., Ridderinkhof, K. R., Fahrenfort, J. J., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. F. (2008). Frontal cortex mediates unconsciously triggered inhibitory control. *The Journal of Neuroscience*, 28, 8053–8062.
- Xiang, L., Wang, B., & Zhang, Q. (2013). Is consciousness necessary for conflict detection and conflict resolution? *Behavioural Brain Research*, 247, 110–116.

Conflict Adaptation Is Independent of Consciousness: Behavioral and ERP Evidence

JIANG Jun^{1,2}; XIANG Ling³; ZHANG Qinglin¹; CHEN Antao¹

⁽¹⁾ Key Laboratory of Cognition and Personality, Ministry of Education, and Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China)

⁽²⁾ University of Amsterdam, Department of Psychology, Amsterdam, The Netherlands)

⁽³⁾ School of Psychology, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

Abstract

Previous studies have suggested that some cognitive control functions such as inhibition control and task switching were independent of consciousness, but it is unclear whether consciousness is necessary for conflict adaptation. Prior studies in consciousness domain showed that conflict adaptation reflected on behavioral measures and ERP components (N2 and P3). The purpose of current study is to test whether consciousness is necessary for conflict control. If conflict control was independent of consciousness, we would observe that the conflict effect indexed on reaction times and N2 and P3 amplitude modulated by previous trial congruency regardless of consciousness. If these hypotheses were verified, it could deepen our understanding of unconscious information processing and give us insight into the function of consciousness.

To test our hypotheses, we obtained the behavioral and electroencephalogram (EEG) data from 18 subjects using an arrow version meta-contrast masking task, in which the primes fitted exactly within the inner contour of the target. By manipulating the time interval of prime and target and the presentation time of primes, the prime can be weakly or strongly masked. One subject was excluded from further analysis due to too many artifacts. To exclude the alternative interpretation of conflict adaptation by stimulus/response repetitions, stimulus or (and) response repetitions trials were removed before further analysis. After removing the artifacts included in the EEG segments, the ERPs were obtained according to each condition. The negative peak of N2 was averaged during 240–320 ms across fronto-central ROI electrode sites, while the P3 was averaged during the time 350–500 ms across centro-parietal ROI electrode sites. All analyses were performed separately based on the conditions of consciousness.

The results showed that there was reliable conflict effect on reaction times and N2 and P3 amplitudes under conscious and unconscious conditions, and these effects were modulated by the congruency of previous trial type. Specifically, the conflict effect is smaller when the previous trials were incongruent than when they were congruent. Nevertheless, the size of conflict adaptation effect indexed on reaction times and N2 amplitude were larger under conscious condition than under unconscious condition, while the size of conflict adaptation between conscious and unconscious conditions were not significant.

To our knowledge, we are the first to use ERP methods to study whether consciousness is necessary for conflict adaptation. These results not only suggest that the unconscious experience has great impact on human information processing system, but also suggest that conflict control is independent of consciousness. The difference in magnitude of conflict adaptation effect may come from the magnitude difference of conflict effect, and conscious conflict is far larger than unconscious conflict. Thus, in further studies we should pay attention to the difference and common aspects on unconscious and conscious conflict control. Moreover, the conflict monitoring theory can be perfectly interpreted the conflict control, but it do not elucidate the function of consciousness in the loop of conflict control. In conclusion, the current findings indicate that conflict adaptation is independent of consciousness. The current study could give some insights to understand and reveal the function of consciousness as well as its effect on conflict control.

Key words conflict adaptation; unconscious; conscious; conflict control; event-related potentials (ERPs)