

认知控制双控制理论的生物学机制研究进展

刘丽 钟娜 赵敏

200030 上海交通大学医学院附属精神卫生中心物质依赖科

通信作者: 赵敏, Email: drminzhao@smhc.org.cn

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2022.07.010

【摘要】 认知控制障碍是近些年来精神卫生相关研究中的一个重要领域, 至今其病因机制并不十分明确。认知控制双控制理论包括主动性控制和反应性控制, 主动性控制是指对目标相关信息的预期维护, 而反应性控制则是一种纠正机制, 精神疾病患者常存在认知控制障碍, 现综述近期双控制理论的一些研究进展, 期望对今后的深入研究提供参考信息。

【关键词】 主动性控制; 反应性控制; 精神障碍; 生物学机制; 综述

基金项目: 国家自然科学基金(82130041); 上海市科技重大专项(2018SHZDZX05)

Research progress on the biological mechanism of the dual control theory about cognitive control

Liu Li, Zhong Na, Zhao Min

Substance Dependence Department, Shanghai Mental Health Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200030, China

Corresponding author: Zhao Min, Email: drminzhao@smhc.org.cn

【Abstract】 Cognitive control disorder is an important field in mental health related research in recent years. However, its etiology and mechanism are not very clear. Cognitive dual control theory includes proactive control and reactive control. Proactive control refers to the expected maintenance of target related information, while reactive control is a correction mechanism. Mental disorders often have cognitive control disorders. We review the recent research progress of dual control theory, hoping to provide reference information for further research in the future.

【Key words】 Proactive control; Reactive control; Mental disorder; Biological mechanism; Review

Fund programs: National Nature Science Foundation (82130041); Shanghai Municipal Science and Technology Major Project (2018SHZDZX05)

冲动行为是成瘾、精神分裂症、注意缺陷多动障碍及双相情感障碍等多种精神疾病的核心特征^[1-2], 更好地理解冲动行为背后的神经生物学机制对精神疾病的治疗及预防至关重要^[3]。认知控制障碍导致的反应抑制减弱是冲动行为产生的重要原因^[4-5]。认知控制的一个核心组成部分可能是其内在的可变性, 即根据行为目标调节思想和行为的能力, 这种可变性可能源于主动控制模式和被动控制模式之间的时间动态差异。据此, Braver^[6]及其团队提出了认知控制双控制理论, 包括主动性控制和反应性控制, 研究发现精神障碍可能与其缺陷存在相关性。

一、双控制理论

在主动性控制中, 任务和目标相关信息会被牢记, 以便在认知冲突或错误发生前及时预测和阻止,

以此来提高目标导向行为的效率, 从而提高任务效能。在主动性控制下, 目标在实施之前被触发, 并持续保持, 从而优化准备, 同时最小化内部或外部的干扰。因此, 主动控制的优势在于可以不断调整计划和行为, 以促进成功完成目标。然而, 主动控制策略的缺点是持续的目标维护需消耗大量资源。考虑到关注目标维护的明显且强大的容量需求, 主动控制将减少维护工作记忆中其他信息的可用容量。相比之下, 在反应性控制下, 目标仅在需要(或检索)时激活, 具有效率高的优点, 在意图形成和完成之间的时间间隔内释放资源, 以便更有效地执行其他任务和目标。然而, 这种策略的缺点是, 它需要反复重新激活目标, 因此, 对触发事件本身有更大的依赖性, 如果这些事件不够突出或有辨别力,

将不会被重新激活。

主动性控制为“早期选择”的一种形式,在事件发生之前,持续维护目标相关信息,以目标驱动的方式,优化注意力、感知和行动。相反,反应性控制为“延迟纠正”机制,仅在需要时及时调动,例如在检测到高干扰事件后。因此,主动性控制是指对目标相关信息的预期维护,依赖于干扰发生前的预测和预防。而反应性控制则是一种纠正机制,在冲突发生时被激活,依赖于干扰发生后的检测和解决。由于主动性和反应性认知控制各有利弊,因此在认知任务中,两种模式可相互独立,也可相互补充。其核心是提供了一个统一的框架,来理解认知控制功能的个体内和个体间差异,以及不同人群(如儿童和老年人)及患有特定神经精神疾病的群体中可能存在的认知控制变化^[7-9]。

二、相关神经环路

既往研究发现主动性控制与前额叶皮层-纹状体环路相关^[10];前额叶皮层调节执行功能,纹状体参与运动的准备、启动和执行,对停止信号后的成功激活可能反映出其对停止信号发生的预期、初级运动皮层的抑制及反应累积。主动性控制被认为是一种长期机制,通过持续的外侧前额叶皮层-纹状体活动实现自上而下的偏向。因此,维持目标导向信息所需的时间长度、目标导向任务的重要性以及工作记忆容量等因素可能会影响主动控制的效率。目前,工作记忆被认为是主动性控制的先决条件,因此工作记忆容量较低的人可能倾向于采用被动控制策略;纹状体对运动刺激的反应随着停止运动反应可能性的增加而增加,因此,纹状体在抑制性运动控制中起着重要作用。当纹状体活性较低时,受试者无法抑制运动反应^[11-12]。

反应性控制被认为是一种具有自下而上倾向的短期机制,这种倾向可能与前额叶皮层-扣带回皮层环路相关,根据前扣带回皮质(anterior cingulate cortex, ACC)在短时间内检测到的冲突,瞬时激活前额叶皮层^[13],并且与主动性控制相比,被认为在认知资源方面成本较低^[7]。大量研究表明,前额叶皮层和ACC在人类认知控制中起着关键作用,特别是ACC在认知任务执行过程中检测反应冲突的作用,以及随后将这种冲突转化为认知控制^[11],这两个大脑区域之间的关系已在神经成像和神经网络模型中得到广泛研究^[14-16]。此外与认知功能调节有关的小脑、与记忆有关的海马和内侧颞叶、与注意有关

的顶叶等脑区可能在认知控制双控制理论中发挥作用^[17]。

三、影像学研究

研究表明,年轻人的行为表现和大脑活动(即持续的腹外侧前额叶皮层激活)与其以主动控制为主的风格一致,而老年人通常更被动,这可能是由于主动控制在认知上要求更高有关^[18]。与年轻人相比,在老年人中,外侧前额叶皮质和枕下回的激活和连接性增强,可能会补偿衰老期间主动性控制效应的降低,而在反应性控制中,两组人群没有明显差异^[19]。

既往研究发现冲动性与认知控制相关,在Stroop任务的功能MR研究中,较高的冲动性与顶下小叶活性增强介导的主动性控制增强和右侧背外侧前额叶皮质和前扣带回区活性降低介导的反应性控制减弱相关^[20]。在go/no go任务中,也发现冲动性与左顶叶下叶和上叶的活性增加、主动性控制增强相关^[21]。目前的研究结果将为进一步的研究提供理论基础,旨在更好地了解认知控制功能。

四、基因多态性研究

多巴胺(dopamine, DA)通过D2受体(dopamine D2 receptor, DRD2)的神经传递与奖赏加工、认知控制和药物滥用效应的调节有关。DRD2基因存在于前额叶、纹状体、前扣带回,调节认知控制环路^[22]。

研究发现DRD2 rs2514218风险等位基因携带者的纹状体对主动性控制的反应减弱,而携带者的纹状体激活总体水平高于非携带者。与非携带者相比,危险等位基因携带者在反应性抑制期间纹状体反应减弱,表明风险等位基因携带者纹状体无法灵活地响应相关线索^[23]。纹状体DRD2/D3受体有效性与反应性抑制的速度呈负相关,与额叶-纹状体神经回路中抑制相关的功能MR激活区域呈正相关。涉及D2/D3纹状体背侧区域(尾状核和壳核)的受体有效性最强,这与动物研究中反应性抑制相关DA受体结果一致。表明纹状体D2受体在介导行为控制的神经回路中发挥着重要作用,这种能力对于适应性反应至关重要,并且在各种常见的神经精神疾病中受到损害^[24]。

Gaspar等^[25]在ACC的神经元中发现了DRD2,研究发现在酒精使用障碍患者中,在反应性抑制期间,DRD2 rs1799732基因多态性在楔前回和扣带回中存在差异。这些发现为多巴胺基因在反应性抑制和自我监控过程中调节神经反应的作用提供了进一

步的证据。这些基因中的变异似乎会影响与冲动行为相关的过程,冲动行为可能会增加酗酒和依赖的风险^[23]。

五、常见的行为学范式

1. 连续性操作测试任务(Ax-continuous performance task, AX-CPT): 在该任务中,受试者必须保持线索信息,积极灵活地响应探测目标^[26-27]。重要的是,与其他认知控制任务相比,AX-CPT允许在同一试验范式中直接对比反应性和主动性过程。见图1。

参与者被要求进行4种类型的试验:(1)AX试验: 线索“a”(即字母a)后面跟着探针“X”(即字母X);(2)AY试验: 线索“a”(即字母a)后面跟着探针“Y”(即字母表中除a、X或K以外的任何字母);(3)BX试验: 线索“B”(即字母表中除a、X或K以外的任何字母)后面跟着一个探针“X”(即字母X);(4)BY试验: 一个提示“B”(即字母表中除a、X或K以外的任何字母)后面跟着一个探针“Y”(即字母表中除a、X或K以外的任何字母)。字母K之所以没有出现,是为了避免与字母X相似而造成混淆。参与者被要求对AX试验给出一个目标反应,对任何其他试验(如AY、BX或BY)给出一个非目标反应。

在AX-CPT中,参与者在AY和BX试验(即冲突试验)中的表现被用来评估主动性控制和反应性控制。如果参与者使用主动策略,由于AX试验的高频率(70%),在提示“A”后,他们倾向于期待探针“X”,并且不得不抑制优势目标反应。因此,AY试验的干扰(即反应较慢)反映的是主动控制(即反应较慢,主动控制越高)。如果参与者使用反应性策略,他们对BX试验的反应会更慢,因为参与者对探针X

做出反应,而不能使用提示B给出的情境。因此,BX试验中的干扰(即响应较慢)反映了反应性控制(即响应越慢,反应性控制越高)。BY试验被认为是一种控制条件,用于确定参与者是否理解和遵守指示。

各种试验类型的频率重复了以往大多数AX-CPT范式的研究。在这个版本的AX-CPT中,年轻人倾向于使用主动策略来解决任务,这是由于在90%的试验(AX、BX和BY试验)中,主动策略是最有效的策略。

2. 停止信号预期任务(stop-signal anticipation task, SSAT): 3条水平线构成了任务期间连续显示的背景^[28]。

(1) 在每次试验中,一条线从底部向上匀速移动,在800 ms内到达中线。主要任务是用右手拇指按下按钮,使这条线尽可能靠近中间。目标响应时间为800 ms。这些试验称为go信号试验(go-signal trials)。(2) 在少数试验中,线在到达中线(即停止信号)之前自动停止移动,表明必须停止响应,不能按下按钮。这些试验称为停止信号试验(stop-signal trials)。(3) 停止信号发生的概率在整个试验中被控制,并由目标响应线的颜色表示。有5种停止信号概率等级:0%(绿色)、17%(黄色)、20%(琥珀色)、25%(橙色)和33%(红色),见图2。如果中间线为绿色,则该条线将永远不会自动停止。如果中间线为黄色,则该条会偶尔自动停止。如果中间线为琥珀色,则该条有时会自动停止。如果中间线为橙色,则该条线将经常自动停止。如果中间线是红色,则该条线通常会自动停止。总共有414个go信号试验和60个停止信号试验以伪随机顺序在一次运行中呈现。密切注意中间线的颜色非常重要。在这个范式中,需要响应的

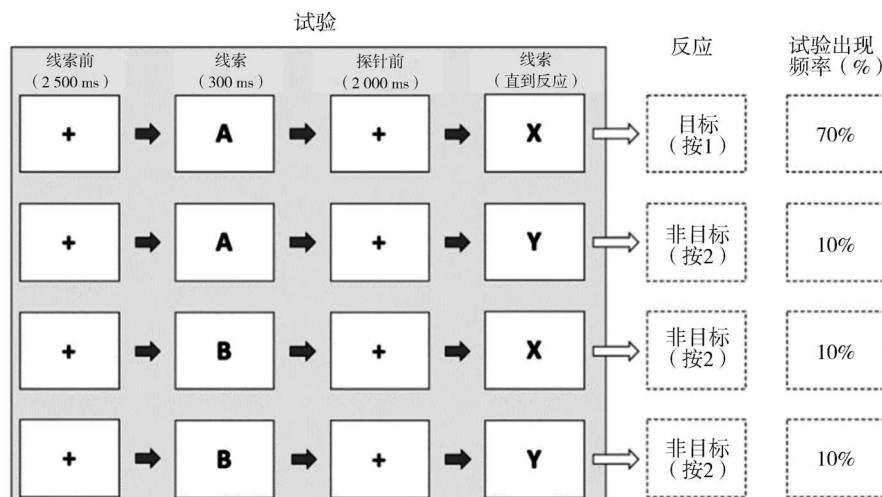


图1 连续性操作测试任务

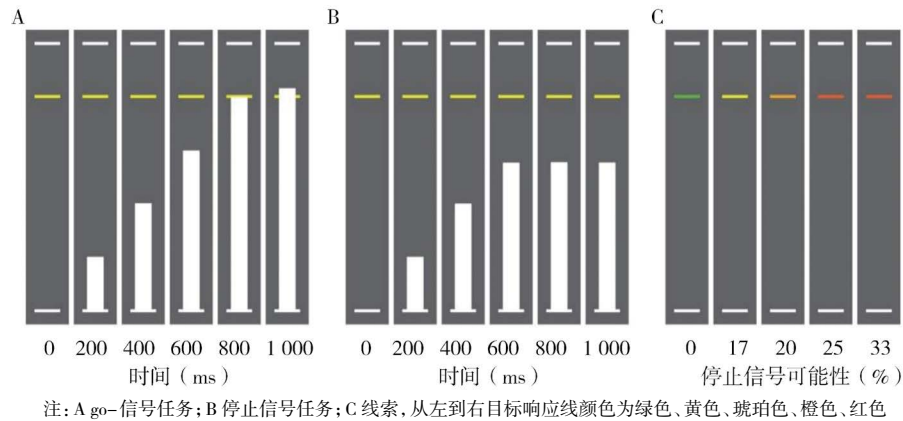


图2 停止信号预期任务

执行信号偶尔会跟随一个停止信号,表明应该停止计划的响应。停止信号任务中的抑制控制涉及由停止信号触发的反应机制(即反应性抑制),但也包括在停止信号出现之前激活的主动机制(即主动性抑制),具体详见 <https://github.com/bramzandbelt/SSAT>。

此外,还有一些在认知控制研究中比较成熟的任务范式: Stroop 任务、Sternberg 任务和线索转换任务(cued task-switching, Cued-TS)等。Stroop 任务中,试验者给被试者呈现用不同颜色写成的单词,要求被试者尽快且正确地说出每个词的颜色,而不理会这个词的名称及其所代表的意义。Sternberg 任务要求受试者记住一套项目(一般是字母或者数字),经过短期延迟之后,对测验项目做出迅速判断。Cued-TS 任务要求被试者根据提示对刺激进行分类按键反应,对刺激的颜色和形状进行判断。左键表示圆形或绿色,右键表示红色或三角形。当被试者看到当前的字母与前一个试次相同时,则同样对当前刺激进行颜色判断,否则,对当前刺激进行形状判断,依此切换。关键的是,每项任务都是在3种不同的条件下执行的,这3种条件鼓励使用不同的认知控制策略:基线、主动和反应^[29]。

六、精神疾病中的双控制理论

1. 精神分裂症: 研究发现精神分裂症患者主动控制受损,与对照组相比,患者和同胞的主动性控制降低,反应性控制不受影响。主动性控制降低与右纹状体、右下额叶皮质和左右颞顶交界处激活失败有关,而反应性控制的激活不受影响。那些主动性控制最低患者的工作记忆跨度也最短。精神分裂症与主动性控制减少有关,可能是因为皮质纹状体功能障碍所致^[12]。主动性控制与背外侧前额叶皮质和顶叶活动增加有关^[30]。在精神分裂症中,主要表

现为主动抑制缺陷,导致对反应性干扰控制过程的依赖性增加。干扰控制过程的压力导致行为性能降低。因此,精神分裂症的抑制性缺陷可能是广泛的工作记忆和认知障碍的基础^[31-32]。但也有研究发现,精神分裂症患者主动、反应性控制均受损^[33-34]。

2. 抑郁症: 研究发现与快乐面孔相比,重度抑郁患者在抑制悲伤面孔反应时,反应潜伏期增加,可能与双侧背侧ACC的活动较强有关,反映出对负性刺激的异常反应控制。此外,重度抑郁患者在面对即将到来的命令性刺激(或有负变异成分的异常调节)时,表现出主动性控制异常,并伴有属于默认模式网络的大脑区域的更多活动^[35]。重度抑郁患者对负面信息注意的抑制缺陷可能源于对主动资源和反应性控制过程的异常。另一项研究也发现,青春期早期抑郁青少年反应性控制能力下降,主动性控制能力也呈下降趋势。但青春期晚期抑郁青少年在反应性或主动性控制方面没有差异,但与早期抑郁青少年相比,他们在主动性控制方面确实表现出改善^[36]。

3. 成瘾: 研究发现在赌博障碍患者中,缺乏预谋这一冲动特质与较差的主动性控制相关^[37]。在大麻使用障碍患者中,也发现主动性控制受损^[38]。海洛因使用障碍者表现出明显的注意力和主动控制的钝化,这可能部分解释了较差的执行功能在海洛因复吸中的作用^[39]。目前的研究结果表明,暴露于成瘾相关线索可以调节个体的主动性抑制,可以主动限制成瘾行为。目前相关研究较少,还需进一步研究证实。

此外,在强迫症、注意缺陷多动障碍、品行障碍、进食障碍、焦虑障碍等精神疾病中也存在主动性或反应性控制障碍^[7, 40-43],因此,还需进一步深入研

究,为精神疾病的治疗预防提供理论基础。

越来越多的研究表明,构成精神疾病谱的各种疾病中存在着共同潜在的综合征,可能共享病因、心理病理学及治疗方法和预后^[44]。聚焦共同行为表型的跨诊断研究,对于理解各疾病的共同病理机制,开发共同的生物标志物及新的治疗靶点,具有重要意义^[45]。认知双控制理论在反应抑制及冲动控制方面提供了新的思路,为精神疾病所致冲动攻击行为的干预及治疗提供了新的方向。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 论文撰写、文献查阅为刘丽,构思设计为钟娜,论文修订为赵敏

参 考 文 献

- [1] Moeller FG, Barratt ES, Dougherty DM, et al. Psychiatric aspects of impulsivity[J]. *Am J Psychiatry*, 2001, 158(11): 1783-1793. DOI: 10.1176/appi.ajp.158.11.1783.
- [2] Bari A, Robbins TW. Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control[J]. *Prog Neurobiol*, 2013, 108: 44-79. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2013.06.005.
- [3] Aron AR. From reactive to proactive and selective control: developing a richer model for stopping inappropriate responses[J]. *Biol Psychiatry*, 2011, 69(12): e55-e68. DOI: 10.1016/j.biopsych.2010.07.024.
- [4] Jacobson L, Javitt DC, Lavidor M. Activation of inhibition: diminishing impulsive behavior by direct current stimulation over the inferior frontal gyrus[J]. *J Cogn Neurosci*, 2011, 23(11): 3380-3387. DOI: 10.1162/jocn_a_00020.
- [5] Nigg JT. On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy[J]. *Psychol Bull*, 2000, 126(2): 220-246. DOI: 10.1037/0033-2909.126.2.220.
- [6] Braver TS. The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework[J]. *Trends Cogn Sci*, 2012, 16(2): 106-113. DOI: 10.1016/j.tics.2011.12.010.
- [7] Fruehauf LM, Fair JE, Liebel SW, et al. Cognitive control in obsessive-compulsive disorder (OCD): Proactive control adjustments or consistent performance[J]. *Psychiatry Res*, 2021, 298: 113809. DOI: 10.1016/j.psychres.2021.113809.
- [8] 徐雷,唐丹丹,陈安涛.主动性和反应性认知控制的权衡机制及影响因素[J].*心理科学进展*, 2012, 20(7): 1012-1022. DOI: 10.3724/SP.J.1042.2012.01012.
- [9] 崔诣晨,王沛,崔亚娟.知觉冲突印象形成的认知控制策略:以刻板化信息与反刻板化信息为例[J].*心理学报*, 2019, 51(10): 1157-1170. DOI: 10.3724/SP.J.1041.2019.01157.
- [10] Vink M, Kahn RS, Raemaekers M, et al. Function of striatum beyond inhibition and execution of motor responses[J]. *Hum Brain Mapp*, 2005, 25(3): 336-344. DOI: 10.1002/hbm.20111.
- [11] Vink M, Zandbelt BB, Gladwin T, et al. Frontostriatal activity and connectivity increase during proactive inhibition across adolescence and early adulthood[J]. *Hum Brain Mapp*, 2014, 35(9): 4415-4427. DOI: 10.1002/hbm.22483.
- [12] Vink M, Zandbelt BB, Gladwin T, et al. Reduced proactive inhibition in schizophrenia is related to corticostriatal dysfunction and poor working memory[J]. *Biol Psychiatry*, 2011, 70(12): 1151-1158. DOI: 10.1016/j.biopsych.2011.07.028.
- [13] Pisapia DN, Braver TS. A model of dual control mechanisms through anterior cingulate and prefrontal cortex interactions[J]. *Neurocomputing*, 2006, 69(10/12): 1322-1326.
- [14] Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, et al. Conflict monitoring and cognitive control[J]. *Psychol Rev*, 2001, 108(3): 624-652. DOI: 10.1037/0033-295x.108.3.624.
- [15] Carter CS, Braver TS, Barch DM, et al. Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance[J]. *Science*, 1998, 280(5364): 747-749. DOI: 10.1126/science.280.5364.747.
- [16] Carter CS, Braver TS, Barch DM, et al. Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control[J]. *Science*, 2004, 303(5660): 1023-1026. DOI: 10.1126/science.1089910.
- [17] Clark SV, King TZ, Turner JA. Cerebellar contributions to proactive and reactive control in the stop signal task: a systematic review and Meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies[J]. *Neuropsychol Rev*, 2020, 30(3): 362-385. DOI: 10.1007/s11065-020-09432-w.
- [18] Manard M, François S, Phillips C, et al. The neural bases of proactive and reactive control processes in normal aging[J]. *Behav Brain Res*, 2017, 320: 504-516. DOI: 10.1016/j.bbr.2016.10.026.
- [19] Hu S, Job M, Jenks SK, et al. Imaging the effects of age on proactive control in healthy adults[J]. *Brain Imaging Behav*, 2019, 13(6): 1526-1537. DOI: 10.1007/s11682-019-00103-w.
- [20] Huang S, Zhu Z, Zhang W, et al. Trait impulsivity components correlate differently with proactive and reactive control[J]. *PLoS One*, 2017, 12(4): e0176102. DOI: 10.1371/journal.pone.0176102.
- [21] Gavazzi G, Rossi A, Orsolini S, et al. Impulsivity trait and proactive cognitive control: an fMRI study[J]. *Eur J Neurosci*, 2019, 49(9): 1171-1179. DOI: 10.1111/ejn.14301.
- [22] Huang JJ, Yen CT, Liu TL, et al. Effects of dopamine D2 agonist quinpirole on neuronal activity of anterior cingulate cortex and striatum in rats[J]. *Psychopharmacology (Berl)*, 2013, 227(3): 459-466. DOI: 10.1007/s00213-013-2965-4.
- [23] VVink M, de Leeuw M, Luyckx JJ, et al. DRD2 Schizophrenia-Risk Allele Is Associated With Impaired Striatal Functioning in Unaffected Siblings of Schizophrenia Patients[J]. *Schizophr Bull*, 2016, 42(3): 843-850. DOI: 10.1093/schbul/sbv166.
- [24] Ghahremani DG, Lee B, Robertson CL, et al. Striatal dopamine D₂/D₃ receptors mediate response inhibition and related activity in frontostriatal neural circuitry in humans[J]. *J Neurosci*, 2012, 32(21): 7316-7324. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4284-11.2012.
- [25] Gaspar P, Bloch B, Le Moine C. D1 and D2 receptor gene expression in the rat frontal cortex: cellular localization in different classes of efferent neurons[J]. *Eur J Neurosci*, 1995, 7(5): 1050-1063. DOI: 10.1111/j.1460-9568.1995.tb01092.x.
- [26] Cooper SR, Gonthier C, Barch DM, et al. The Role of Psychometrics in Individual Differences Research in Cognition: A Case Study of the AX-CPT[J]. *Front Psychol*, 2017, 8: 1482. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01482.

- [27] MacDonald AW 3rd. Building a clinically relevant cognitive task: case study of the AX paradigm[J]. *Schizophr Bull*, 2008, 34(4): 619-628. DOI: 10.1093/schbul/sbn038.
- [28] Zandbelt BB, Vink M. On the role of the striatum in response inhibition[J]. *PLoS One*, 2010, 5(11): e13848. DOI: 10.1371/journal.pone.0013848.
- [29] Braver TS, Kizhner A, Tang R, et al. The Dual Mechanisms of Cognitive Control Project[J]. *J Cogn Neurosci*, 2021, 12: 1-26. DOI: 10.1162/jocn_a_01768.
- [30] Lesh TA, Westphal AJ, Niendam TA, et al. Proactive and reactive cognitive control and dorsolateral prefrontal cortex dysfunction in first episode schizophrenia[J]. *Neuroimage Clin*, 2013, 2: 590-599. DOI: 10.1016/j.nicl.2013.04.010.
- [31] Eich TS, Nee DE, Insel C, et al. Neural correlates of impaired cognitive control over working memory in schizophrenia[J]. *Biol Psychiatry*, 2014, 76(2): 146-153. DOI: 10.1016/j.biopsych.2013.09.032.
- [32] Kuperberg GR, Ditman T, Choi Perrachione A. When Proactivity Fails: An Electrophysiological Study of Establishing Reference in Schizophrenia[J]. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*, 2018, 3(1): 77-87. DOI: 10.1016/j.bpsc.2017.09.007.
- [33] Fassbender C, Scangos K, Lesh TA, et al. RT distributional analysis of cognitive-control-related brain activity in first-episode schizophrenia[J]. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2014, 14(1): 175-188. DOI: 10.3758/s13415-014-0252-4.
- [34] Minzenberg MJ, Lesh T, Niendam T, et al. Frontal Motor Cortex Activity During Reactive Control Is Associated With Past Suicidal Behavior in Recent-Onset Schizophrenia[J]. *Crisis*, 2015, 36(5): 363-370. DOI: 10.1027/0227-5910/a000335.
- [35] Vanderhasselt MA, De Raedt R, De Paepe A, et al. Abnormal proactive and reactive cognitive control during conflict processing in major depression[J]. *J Abnorm Psychol*, 2014, 123(1): 68-80. DOI: 10.1037/a0035816.
- [36] Vijayakumar N, Whittle S, Yücel M, et al. Impaired Maturation of Cognitive Control in Adolescents Who Develop Major Depressive Disorder[J]. *J Clin Child Adolesc Psychol*, 2016, 45(1): 31-43. DOI: 10.1080/15374416.2014.987381.
- [37] Sharif-Razi M, Hodgins DC, Goghari VM. Reactive and proactive control mechanisms of response inhibition in gambling disorder[J]. *Psychiatry Res*, 2019, 272: 114-121. DOI: 10.1016/j.psychres.2018.12.049.
- [38] Brevers D, Bechara A, Kilts CD, et al. Competing Motivations: Proactive Response Inhibition Toward Addiction-Related Stimuli in Quitting-Motivated Individuals[J]. *J Gambl Stud*, 2018, 34(3): 785-806. DOI: 10.1007/s10899-017-9722-2.
- [39] Nigam KB, Straub LK, Zuniga EA, et al. Blunted prefrontal signature of proactive inhibitory control in cocaine use disorder[J]. *Drug Alcohol Depend*, 2021, 218: 108402. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2020.108402.
- [40] Sidlauskaitė J, Dhar M, Sonuga-Barke E, et al. Altered proactive control in adults with ADHD: evidence from event-related potentials during cued task switching[J]. *Neuropsychologia*, 2020, 138: 107330. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2019.107330.
- [41] Westwater ML, Mancini F, Gorka AX, et al. Prefrontal Responses during Proactive and Reactive Inhibition Are Differentially Impacted by Stress in Anorexia and Bulimia Nervosa[J]. *J Neurosci*, 2021, 41(20): 4487-4499. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2853-20.2021.
- [42] Naaijen J, Mulder LM, Ilbegi S, et al. Specific cortical and subcortical alterations for reactive and proactive aggression in children and adolescents with disruptive behavior[J]. *Neuroimage Clin*, 2020, 27: 102344. DOI: 10.1016/j.nicl.2020.102344.
- [43] Schmid PC, Kleiman T, Amodio DM. Neural mechanisms of proactive and reactive cognitive control in social anxiety[J]. *Cortex*, 2015, 70: 137-145. DOI: 10.1016/j.cortex.2015.05.030.
- [44] van Os J. The dynamics of subthreshold psychopathology: implications for diagnosis and treatment[J]. *Am J Psychiatry*, 2013, 170(7): 695-698. DOI: 10.1176/appi.ajp.2013.13040474.
- [45] McGorry PD, Hartmann JA, Spooner R, et al. Beyond the "at risk mental state" concept: transitioning to transdiagnostic psychiatry[J]. *World Psychiatry*, 2018, 17(2): 133-142. DOI: 10.1002/wps.20514.

(收稿日期: 2021-12-28)

(本文编辑: 赵金鑫)