

酒精对执行功能的急性影响研究述评

丁凡栖

江西师范大学, 江西 南昌

收稿日期: 2023年1月12日; 录用日期: 2023年2月13日; 发布日期: 2023年2月22日

摘要

以往的研究发现, 急性酒精摄入会对个体的大脑与行为造成影响。本文总结了急性酒精对个体工作记忆、认知灵活性和抑制控制等执行功能造成的影响及相应的神经机制。研究表明, 酒精使用会影响个体的扣带回皮质、额顶网络和额颞部等大脑区域的活动性, 从而影响个体的执行功能。未来的影像研究可以探究在不同的个体特质下, 酒精对执行功能产生影响的差异性。

关键词

急性酒精, 执行功能, 神经机制

Review of Studies on Acute Effects of Alcohol on Executive Function

Fanxi Ding

Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi

Received: Jan. 12th, 2023; accepted: Feb. 13th, 2023; published: Feb. 22nd, 2023

Abstract

Previous studies have found that acute alcohol consumption can affect an individual's brain and behavior. The current study summarizes the effects of acute alcohol on individual executive functions such as working memory, cognitive flexibility and inhibitory control and the corresponding neural mechanisms. Studies have shown that alcohol use affects an individual's executive function by affecting the activity of brain regions such as the cingulate cortex, the frontoparietal network and the frontotemporal region. Future imaging studies could explore the differences in the effects of alcohol on executive function under different individual characteristics.

Keywords

Acute Alcohol, Executive Function, Neural Mechanism

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

酒精的急性影响是指，个体在饮酒后，酒精对行为、认知功能及相应大脑区域产生的短暂影响。由于酒精在体内存在的时间较短，所以一次饮酒后，酒精对于人体的急性影响存在时间通常较短(Bjork & Gilman, 2014)。国外学者的研究表明，酒精会对个体多方面的行为产生负面影响，例如攻击性增加，危险驾驶、危险的性行为、以及自杀可能性的增加(Anderson et al., 2011)。

关于酒精对个体行为的急性影响，存在几种模型假说。例如，Giancola 等人指出，执行功能调节酒精和攻击行为的关系，因为急性酒精中毒会破坏执行功能，从而增加攻击的可能性(Giancola, 2000)。类似地，其余的假说也表明，酒精对个体行为的急性影响是由酒精对个体执行功能的损害所导致的(Bartholow et al., 2018; Lyvers, 2000)。

2. 执行功能

执行功能是指一系列将复杂的认知与情绪活动加以统合，使其指向特定目标的心理功能，也就是在抑制不相关或不需要的信息的同时维持激活所需要的信息以完成目标导向行为的心理过程(Miller, 2000)。执行功能是自上而下的加工过程，包括一系列涉及目标导向行为的计划、启动和调节的高阶认知能力，也被称为认知控制或执行控制。执行功能只通过自动化加工或本能是无法完成的，它通过协调各种认知过程，分配与调节注意资源，保证认知系统以灵活的方式达到目标。以往的研究表明，大脑的额顶网络和执行功能密切相关(Aron, Robbins, & Poldrack, 2004; Miller & Cohen, 2001)。其中，前额叶皮层对于执行功能尤为重要。例如，外侧前额叶皮层和额极支持目标导向行为，负责任务相关信息的提取和选择，内侧前额叶皮层与前额叶皮层协同工作，负责监控正在进行的活动从而调节认知控制的过程。

研究者们一般认为执行功能包括三个核心成分：认知灵活性(Cognitive Flexibility)、工作记忆(Working Memory)和抑制控制(Inhibitory Control) (Diamond, 2013)。

2.1. 工作记忆

工作记忆是指一个容量有限的系统，个体在执行一些认知任务时，可以在工作记忆系统中短暂地储存和加工信息。学者们按照工作记忆的内容，将工作记忆分为言语工作记忆和非言语工作记忆(视觉 - 空间工作记忆) (Diamond, 2013)。研究者们通常使用 n-back 任务与工作记忆跨度任务(WM span tasks)来衡量被试的工作记忆能力(Barrouillet, Gavens, Vergauwe, Gaillard, & Camos, 2009; Owen, Mcmillan, Laird, & Bullmore, 2010; Verhaeghen & Basak, 2005)。在 n-back 任务中，被试需要同时记住 n 个刺激，并将当前呈现的刺激与之前倒数第 n 个刺激比较，做出不同的按键反应。按键反应的正确率和反应时能够反映被试的工作记忆能力。在这些任务中，被试需要不断地刷新工作记忆中的信息，丢掉旧的信息同时记住新的信息，当 n 代表的数值越大时，被试的认知负荷也就越大。

2.2. 认知灵活性

认知灵活性指的是, 当下的情境发生变化时, 个体灵活地转变自己的思维方式与行为方式以适应新情境的要求。研究者们常采用各种各样的任务切换和设置转移任务来评估个体的认知灵活性。其中最早的任务是威斯康星卡片分类任务(Milner, 1964; Stuss et al., 2000)。测试中的每张卡片都可以按颜色、形状或数字进行排序。被试的任务是在反馈的基础上推导出正确的排序准则, 并在研究者反馈排序准则发生变化时灵活地切换排序规则。除此之外, 任务转换范式也常用于评估认知灵活性。在线索任务转换范式中, 被试需要根据不同的线索来做出不同规则的反应, 若当前线索与前一试次的线索相同, 则为重复条件, 若不同则为转换条件, 转换条件和重复条件的错误率和反应时相减产生的差值称为切换代价, 可以反映被试的认知灵活性, 切换代价越大则反映认知灵活性越差。

2.3. 抑制控制

抑制控制是指抑制不符合当前需要的或不恰当的行为反应的能力, 它对于人们基于情境变化做出灵活的和目标指向的行为十分重要。Gonogo 任务、stroop 任务和停止信号任务是测量抑制控制能力的常用任务(Entel & Tzelgov, 2018; Verbruggen, Schneider, & Logan, 2008)。在这些任务中, 被试需要克服干扰刺激以做出正确的反应。以 stroop 任务为例, 在这个任务中, 会呈现不同颜色的颜色字, 个体需要克服字义带来的干扰, 从而对颜色进行命名。个体的抑制控制能力一般通过这些任务中相应试次的正确率或反应时来体现。

3. 酒精对执行功能的急性影响及神经机制

3.1. 酒精对工作记忆的影响及神经机制

大量的研究表明, 急性酒精会对个体的工作记忆能力产生影响。Melchior 等人于 1993 年的一项动物研究表明, 急性酒精摄入会损伤工作记忆能力(Melchior, Glasky, & Ritzmann, 1993)。在此研究中, 注射了酒精的小鼠, 在工作记忆相关任务中的表现显著差于注射了安慰剂(生理盐水)的小鼠。这表明, 酒精显著降低了小鼠的工作记忆能力。在以人类为被试的研究中, 也得到了类似的结果。比如, 一项以 72 名社交饮酒者为被试的研究发现, 与安慰剂相比, 被试在酒精条件下的听觉视觉记忆任务的表现显著更差(Saults, Cowan, Sher, & Moreno, 2007)。这表明, 酒精显著降低了被试的听觉和视觉序列工作记忆能力。Gundersen 等人也发现, 被试在饮酒后, 在执行工作记忆相关任务时, 错误率显著增加(Gundersen, Specht, Gruner, Ermland, & Hugdahl, 2008), 并且, 酒精显著降低了背侧前扣带皮层和前额叶区域的激活。然而, 一项采用变化觉察任务的研究发现, 酒精没有影响被试在任务中的行为表现。但神经成像结果表明, 酒精会减弱工作记忆负荷有关的背外侧前额叶皮层激活(Paulus, Tapert, Pulido, & Schuckit, 2006)。Lechner 和同事们采用 Trail Making Test-B 任务评估了饮酒行为、酒精相关后果和酒精诱导的工作记忆变化之间的关系(Lechner, Day, Metrik, Leventhal, & Kahler, 2016)。结果表明, 酒精会导致个体工作记忆能力的衰退。此外, 该研究还揭示, 每日饮酒的平均饮酒量显著中介了酒精诱导的工作记忆衰退程度与酒精使用的不良后果之间的关系。因此, 个体对酒精诱导的工作记忆衰退的敏感性可能会限制一个人适度饮酒的能力, 这可以从每天饮酒的量中得到证明, 这将导致酒精使用的更多不良后果。

3.2. 酒精对认知灵活性的影响及神经机制

以往的研究也表明, 急性酒精会对认知灵活性产生影响。例如, Zink 等人采用线索提示型任务转换范式和 EEG 考察了酒精对 32 名健康的年轻男性认知功能的影响(Zink, Zhang, Chmielewski, Beste, &

Stock, 2019)。结果表明,在转换任务时,酒精通常会损害行为任务表现(准确性和反应时间)。这种任务表现的降低与被试饮酒后在任务中 P1, N1 振幅降低以及后部 θ 波波幅降低有关。该研究还发现,进行了约 30 分钟任务练习的个体没有表现出与酒精相关的较差的任务表现,因此可以推断,通过刺激-反应联结的(部分)任务集自动化可能有助于减少在任务转换过程中酒精对认知灵活性的有害影响。类似地, Wolff 等人同样使用线索提示型任务转换范式和交替运行型任务转换范式,考察酒精对被试认知灵活性的影响。结果表明,酒精的摄入会影响被试在交替运行型这种对工作记忆要求较高的任务转化范式的表现(Wolff, Gussek, Stock, & Beste, 2018)。脑电结果表明,酒精会增加 P1, N1 的潜伏期以及 N2、P3 的波幅。此外,一项使用 set-shifting 范式衡量酒精对个体认知灵活性的影响的研究也表明,酒精显著降低了被试在任务中的表现(Korucuoglu et al., 2017)。

3.3. 酒精对抑制控制的影响及神经机制

此外,一些研究表明,酒精也会影响个体的抑制控制能力。Bartholow 等人采用三种常用的抑制任务(Stroop 任务、抗眼跳任务和停止信号任务)来衡量酒精对抑制控制的影响。结果表明,相对于对照和安慰剂条件,在血液酒精浓度上升和下降时,抗眼跳表现均受影响,而停止信号反应时间(RT)仅在血液酒精浓度下降条件下受影响。Stroop 任务干扰效应不受酒精影响,但酒精损害不一致 Stroop 试次的反应准确性(Bartholow et al., 2018)。一项以健康成年人为被试的大样本研究表明,与安慰剂条件相比,酒精显著降低了被试在抑制控制任务中的表现(Lambert, Wicht, Mouthon, & Spierer, 2020)。Liu 等人研究了在接触酒精相关刺激时,中等剂量酒精摄入是否以及如何影响刺激驱动抑制(停止信号任务)和内部抑制(追逐瓶子任务)。结果表明,中等剂量酒精摄入对内部抑制有负面影响,但不影响刺激驱动抑制(Liu, Grasman, Wiers, Ridderinkhof, & van den Wildenberg, 2021)。一项神经成像研究表明,酒精降低前扣带、外侧前额叶皮层、岛叶和顶叶区域的活动,从而导致被试在 nogo 试次的错误率显著高于安慰剂条件(Anderson et al., 2011)。类似地,另一项使用停止型号任务衡量酒精对抑制控制及大脑产生影响的影像研究发现,与安慰剂条件相比,酒精条件下的停止信号反应时间更长,表明抑制控制能力明显降低。在神经水平上,酒精条件下的抑制控制受损与抑制网络右侧额颞部分的大脑激活减弱有关,该抑制网络支持对不频繁的停止信号的注意捕获,以及随后从响应执行到抑制的行动计划更新(Gan et al., 2014)。

4. 未来研究展望

以上研究均表明,酒精使用会影响个体的扣带回皮质、额顶网络和额颞部等大脑区域的活动性,从而对个体的执行功能造成一定的影响。以往的神经影像学研究的证据提供了大脑中急性酒精效应的有力特征:在大脑试图保持注意力、评估刺激或执行认知任务时,酒精对大脑的影响。

有几个未被充分研究的研究领域将增强我们对酒精急性影响的理解。其中一个领域是探索酒精反应的性别差异。例如,酒精引起的全脑葡萄糖利用率降低在男性中更为明显,尽管男性和女性被试的血液酒精浓度时间过程相似,但女性报告的主观水平更高(Wang et al., 2003)。一项研究表明,急性酒精引起的额叶灌注增加是男性特有的(Rickenbacher, Greve, Azma, Pfeuffer, & Marinkovic, 2011)。这些性别差异在很大程度上仍未得到研究。

其他个体差异对急性酒精反应的影响仍未被充分探索,如酒精预期、性格特质和酒精使用障碍的家族史。重要的是,酒精对执行功能造成的影响可能与个体差异相互作用,增加某些特质倾向更强的个体产生暴力行为或成瘾行为的几率。

今后的影像研究可以探究在不同的个体特质下,酒精对执行功能产生影响的差异。

基金项目

本研究得到江西师范大学研究生创新基金项目(YJS2021099)的资助。

参考文献

- Anderson, B. M., Stevens, M. C., Meda, S. A., Jordan, K., Calhoun, V. D., & Pearlson, G. D. (2011). Functional Imaging of Cognitive Control during Acute Alcohol Intoxication. *Alcoholism—Clinical and Experimental Research*, *35*, 156-165. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2010.01332.x>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the Right Inferior Frontal Cortex: One Decade On. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.010>
- Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working Memory Span Development: A Time-Based Resource-Sharing Model Account. *Developmental Psychology*, *45*, 477-490. <https://doi.org/10.1037/a0014615>
- Bartholow, B. D., Fleming, K. A., Wood, P. K., Cowan, N., Saults, J. S., Altamirano, L., & Sher, K. J. (2018). Alcohol Effects on Response Inhibition: Variability across Tasks and Individuals. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *26*, 251-267. <https://doi.org/10.1037/pha0000190>
- Bjork, J. M., & Gilman, J. M. (2014). The Effects of Acute Alcohol Administration on the Human Brain: Insights from Neuroimaging. *Neuropharmacology*, *84*, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.07.039>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Entel, O., & Tzelgov, J. (2018). Focusing on Task Conflict in the Stroop Effect. *Psychological Research*, *82*, 284-295. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0832-8>
- Gan, G., Guevara, A., Marxen, M., Neumann, M., Junger, E., Kobiella, A., & Smolka, M. N. (2014). Alcohol-Induced Impairment of Inhibitory Control Is Linked to Attenuated Brain Responses in Right Fronto-Temporal Cortex. *Biological Psychiatry*, *76*, 698-707. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.12.017>
- Giancola, P. R. (2000). Executive Functioning: A Conceptual Framework for Alcohol-Related Aggression. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *8*, 576-597. <https://doi.org/10.1037/1064-1297.8.4.576>
- Gundersen, H., Specht, K., Gruner, R., Ersland, L., & Hugdahl, K. (2008). Separating the Effects of Alcohol and Expectancy on Brain Activation: An fMRI Working Memory Study. *Neuroimage*, *42*, 1587-1596. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.05.037>
- Korucuoglu, O., Sher, K. J., Wood, P. K., Saults, J. S., Altamirano, L., Miyake, A., & Bartholow, B. D. (2017). Acute Alcohol Effects on Set-Shifting and Its Moderation by Baseline Individual Differences: A Latent Variable Analysis. *Addiction*, *112*, 442-453. <https://doi.org/10.1111/add.13684>
- Lambert, F. R., Wicht, C. A., Mouthon, M., & Spierer, L. (2020). Acute Alcohol Intoxication and Expectations Reshape the Spatiotemporal Functional Architecture of Executive Control. *Neuroimage*, *215*, 116811. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116811>
- Lechner, W. V., Day, A. M., Metrik, J., Leventhal, A. M., & Kahler, C. W. (2016). Effects of Alcohol-Induced Working Memory Decline on Alcohol Consumption and Adverse Consequences of Use. *Psychopharmacology*, *233*, 83-88. <https://doi.org/10.1007/s00213-015-4090-z>
- Liu, Y., Grasman, R., Wiers, R. W., Ridderinkhof, K. R., & van den Wildenberg, W. P. M. (2021). Moderate Acute Alcohol Use Impairs Intentional Inhibition Rather than Stimulus-Driven Inhibition. *Psychological Research*, *85*, 1449-1461. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01353-w>
- Lyvers, M. (2000). "Loss of Control" in Alcoholism and Drug Addiction: A Neuroscientific Interpretation. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *8*, 225-249. <https://doi.org/10.1037/1064-1297.8.2.225>
- Melchior, C. L., Glasky, A. J., & Ritzmann, R. F. (1993). A Low-Dose of Ethanol Impairs Working-Memory in Mice in a Win-Shift Foraging Paradigm. *Alcohol*, *10*, 491-493. [https://doi.org/10.1016/0741-8329\(93\)90071-U](https://doi.org/10.1016/0741-8329(93)90071-U)
- Miller, E. K. (2000). The Prefrontal Cortex and Cognitive Control. *Nature Reviews Neuroscience*, *1*, 59-65. <https://doi.org/10.1038/35036228>
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Milner, B. (1964). Some Effects of Frontal Lobectomy in Man. In J. M. Warren, & K. Akert (Eds.), *The Frontal Granular Cortex and Behavior* (pp. 313-334). McGraw-Hill.
- Owen, A. M., Mcmillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. E. (2010). N-Back Working Memory Paradigm: A Me-

- ta-Analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. *Human Brain Mapping*, 25, 46-59. <https://doi.org/10.1002/hbm.20131>
- Paulus, M. P., Tapert, S. F., Pulido, C., & Schuckit, M. A. (2006). Alcohol Attenuates Load-Related Activation during a Working Memory Task: Relation to Level of Response to Alcohol. *Alcoholism-Clinical and Experimental Research*, 30, 1363-1371. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2006.00164.x>
- Rickenbacher, E., Greve, D. N., Azma, S., Pfeuffer, J., & Marinkovic, K. (2011). Effects of Alcohol Intoxication and Gender on Cerebral Perfusion: An Arterial Spin Labeling Study. *Alcohol*, 45, 725-737. <https://doi.org/10.1016/j.alcohol.2011.04.002>
- Saults, J. S., Cowan, N., Sher, K. J., & Moreno, M. V. (2007). Differential Effects of Alcohol on Working Memory: Distinguishing Multiple Processes. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 15, 576-587. <https://doi.org/10.1037/1064-1297.15.6.576>
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., & Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test Performance in Patients with Focal Frontal and Posterior Brain Damage: Effects of Lesion Location and Test Structure on Separable Cognitive Processes. *Neuropsychologia*, 38, 388-402. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00093-7)
- Verbruggen, F., Schneider, D. W., & Logan, G. D. (2008). How to Stop and Change a Response: The Role of Goal Activation in Multitasking. *Journal of Experimental Psychology—Human Perception and Performance*, 34, 1212-1228. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1212>
- Verhaeghen, P., & Basak, C. (2005). Ageing and Switching of the Focus of Attention in Working Memory: Results from a Modified N-Back Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section a-Human Experimental Psychology*, 58, 134-154. <https://doi.org/10.1080/02724980443000241>
- Wang, G. J., Volkow, N. D., Fowler, J. S., Franceschi, D., Wong, C. T., Pappas, N. R., & Ma, Y. M. (2003). Alcohol Intoxication Induces Greater Reductions in Brain Metabolism in Male than in Female Subjects. *Alcoholism—Clinical and Experimental Research*, 27, 909-917. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2003.tb04415.x>
- Wolff, N., Gussek, P., Stock, A. K., & Beste, C. (2018). Effects of High-Dose Ethanol Intoxication and Hangover on Cognitive Flexibility. *Addiction Biology*, 23, 503-514. <https://doi.org/10.1111/adb.12470>
- Zink, N., Zhang, R., Chmielewski, W. X., Beste, C., & Stock, A. K. (2019). Detrimental Effects of a High-Dose Alcohol Intoxication on Sequential Cognitive Flexibility Are Attenuated by Practice. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 89, 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.08.034>