

网络游戏成瘾者的自然奖赏和抑制控制缺陷的神经机制

朱理欣¹, 滕慧娜¹, 张轩宇², 邱博宇^{1*}

¹广州医科大学卫生管理学院, 广东 广州

²广州医科大学精神卫生学院, 广东 广州

收稿日期: 2023年10月6日; 录用日期: 2023年11月14日; 发布日期: 2023年11月24日

摘要

网络游戏成瘾的现象愈发严重, 研究网络游戏成瘾的机制和影响变得尤为重要。以往的研究多通过社会心理变量、心理认知和决策能力等因素对网络游戏成瘾的机制及其影响其他成瘾行为的路径及逆行进行讨论, 但仍缺乏对网络游戏成瘾的认知神经机制的讨论。本文从神经机制的角度讨论网络游戏成瘾的两个通路, 一是抑制奖赏寻求的脑区功能失调, 二是自然奖赏的反应降低。一方面, 网络游戏成瘾导致抑制控制能力的神经基础异常, 即尾状核体积增加、额纹状体和额扣带回脑区过度激活, 从而影响个体的抑制控制能力, 进而增加其他成瘾行为产生的风险; 另一方面网络游戏成瘾患者表现出中脑多巴胺系统功能障碍, 前额皮质、边缘系统和杏仁核三个脑结构异常, 以致对自然奖赏的反应降低, 可能导致一系列的行为问题。未来研究应关注网络游戏成瘾下抑制控制能力和奖赏反应之间的关系, 以及抑制控制和奖赏寻求能力的修复。

关键词

网络游戏成瘾, 神经机制, 抑制控制, 自然奖赏

Neural Mechanisms of Natural Reward and Inhibitory Control Deficits in Online Game Addicts

Lixin Zhu¹, Huina Teng¹, Xuanyu Zhang², Boyu Qiu^{1*}

¹School of Health Management, Guangzhou Medical University, Guangzhou Guangdong

²School of Mental Health, Guangzhou Medical University, Guangzhou Guangdong

Received: Oct. 6th, 2023; accepted: Nov. 14th, 2023; published: Nov. 24th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 朱理欣, 滕慧娜, 张轩宇, 邱博宇(2023). 网络游戏成瘾者的自然奖赏和抑制控制缺陷的神经机制. *心理学进展*, 13(11), 5431-5437. DOI: 10.12677/ap.2023.1311687

Abstract

The issue of online game addiction has become increasingly grave. Therefore, it is crucial to investigate the mechanisms and consequences of this addiction. Previous studies have mainly examined the mechanisms and pathways of online game addiction, as well as its impact on other addictive behaviours, which can be attributed to various psychosocial variables, cognitive factors and decision-making abilities. However, insufficient attention has been paid to the cognitive neural mechanisms of online game addiction. In this paper, we examine two pathways of online gaming addiction from a neural mechanisms perspective, namely, brain region dysfunction that inhibits reward-seeking and the decreased response to natural rewards. Online gaming addiction causes neural basis abnormalities in inhibitory control. The enlarging of the caudate nucleus and heightened activity of the frontal striatum and frontal cingulate gyrus areas of the brain affect an individual's ability to control impulses, thus increasing the likelihood of other addictive behaviours. On the contrary, individuals with internet gaming disorder present with midbrain dopamine system dysfunction and anomalies in the prefrontal cortex, limbic system, and amygdala. This ultimately results in a decrease in their ability to respond to natural rewards, potentially leading to various behavioural issues. Future research should prioritise exploring the correlation between inhibitory control and reward response in individuals with online gaming addiction, and the potential for improving inhibitory control and reducing reward-seeking behaviour. It is recommended that future studies investigate these factors in depth to further our understanding of this phenomenon.

Keywords

Internet Games Addiction, Neural Mechanism, Inhibition Control, Natural Reward

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

随着游戏行业的不断发展，在线游戏越来越普及，网络游戏成瘾的现象也愈发严重。据第 50 次《中国互联网络发展状况统计报告》(中国互联网络信息中心, 2022), 截至 2022 年 6 月, 中国网络游戏用户规模达 5.52 亿, 占网民整体的 52.6%。近年的研究指出, 中国的网络游戏成瘾率为 3.5% 至 17% (Long et al., 2018), 中国青少年成瘾率达 3.2%, 未成年人成瘾率达 2.9% (佐斌, 马红宇, 2010)。多个研究指出网络游戏成瘾会导致个体出现明显的身体、心理、社会功能受损的现象(Derevensky et al., 2019; 秦燕等, 2013; 余祖伟等, 2010)。因此, 研究网络游戏成瘾的原因和机制变得至关重要。

以往对网络游戏成瘾的研究大多停留在诊断标准、人格风险因素等传统心理学层面(张楠等, 2012), 近年来, 一些学者通过探索社会心理变量(孙丽君等, 2022)、心理认知(陈梅等, 2022)和决策能力(Kim et al., 2021)等因素与网络游戏成瘾的联系来研究网络游戏成瘾的原因并探求干预措施。孙丽君等基于角色依恋与化身认同的视角开展了相对剥夺影响个体网络游戏成瘾的机制的研究, 陈梅等认为自尊在认知重评与网络游戏成瘾中起着中介作用, Kim 等利用晚正电位(late positive potential, LPP)的电生理标志物研究了网络游戏成瘾患者对游戏相关线索的注意偏差以及晚正电位的增加与决策能力的关系。但关于网络游戏成瘾的认知神经机制的讨论较为缺乏。

从理论基础看, 大脑发育的神经生物模型指出(Casey et al., 2008), 成瘾行为可能是大脑的奖赏系统和认知控制系统发展缺陷的结果。相比于儿童和成人, 青少年的与奖赏加工相关的边缘系统发展过于迅速, 而与认知控制相关的前额叶发展又相对迟滞(Galvan et al., 2006; Galvan et al., 2007; Grace et al., 2007), 这是造成网络游戏成瘾在内的各种成瘾问题高发的重要原因。从大脑发育的神经生物模型出发, 探讨网络游戏成瘾者大脑奖赏系统和认知控制系统的缺陷, 一部分学者认为网络游戏成瘾个体难以控制渴求的主要原因是抑制奖赏寻求的脑区功能受损(Yao et al., 2017), 但也有一部分学者认为, 网络游戏成瘾患者对奖励结果和风险的敏感性降低(Dong et al., 2011a; Kim et al., 2014)。本文将通过对前人研究的梳理, 从神经机制的角度讨论网络游戏成瘾的两个通路, 其一是抑制奖赏寻求的脑区功能失调, 其二是对自然奖赏的反应降低。

2. 抑制控制能力

Miyake 等(2000)通过验证性因子分析指出, 执行功能存在三个潜在变量(转移、更新和抑制)。转移是指注意力在多个任务或心理状态之间来回切换的能力(Monsell, 1996), 更新是监控、更新和主动操作工作记忆里的信息的能力(Morris & Jones, 1990), 其中最重要的是抑制, 抑制控制是克服内外干扰、抑制不恰当行为或无关任务信息的一种能力(Miyake et al., 2000)。大脑前额皮层(prefrontal cortex, PFC)是抑制控制功能的神经基础, 参与抑制控制活动, 主要加工选择和维持任务相关的信息(Bradshaw, 2001), 包括背外侧前额皮层、额纹状体和前扣带回皮层等脑区。尾状核是前额叶皮质 - 纹状体神经的重要节点, 此回路在认知控制能力中发挥着关键作用(Yuan et al., 2017)。薛婷等(2022)通过采集颅脑核磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI), 观察 43 例 17 至 24 岁网络游戏成瘾患者的纹状体体积变化, 发现年轻网络游戏成瘾患者右侧尾状核体积明显增加。基于 27 项(合并样本量为 951 人, 其中网络游戏成瘾组 507 人, 健康对照组 444 人)抑制控制任务相关的网络游戏成瘾研究的功能磁共振成像结果的元分析指出, 比之健康对照组, 网络游戏成瘾人群在预期或接受奖励时, 其额纹状体和额扣带回脑区出现过度激活(Yao et al., 2017)。

神经基础的变化对抑制功能的变化起着关键作用。Yao 等(2015)通过每周玩网络游戏的时间(CIAS)和陈氏网瘾量表筛选出 34 名男性作为网络游戏成瘾组(CIAS 得分大于或等于 67 分, 每周游戏时长超过 14 小时, 至少持续一年), 32 名匹配的男性作为健康对照组(CIAS 得分小于或等于 50 分, 每周游戏时长不超过 2 小时)。采用 Go/No-Go 任务对个体抑制控制能力进行的研究发现, 在 Go/No-Go 任务中, 与健康对照组相比较, 网络游戏成瘾组在 No-Go 任务中明显出现更多错误, 表现出抑制缺陷。这表明在游戏相关的刺激下抑制控制能力受损。网络游戏成瘾患者尾状核体积增加与其认知控制能力下降有关(薛婷等, 2022)。多项研究指出, 网络游戏成瘾患者抑制控制功能受损(Dong et al., 2010, 2011b; Littel et al., 2012; Liu et al., 2014; Luijten et al., 2015), 并认为该机制对网络游戏成瘾起着重要作用(Brand et al., 2014)。且当网络游戏成瘾患者面对游戏相关线索时, 表现出更为显著的抑制控制衰退(Brand et al., 2014; Liu et al., 2014)。

抑制控制功能的神经基础异常将影响个体在现实生活中表现出的抑制控制能力(Dempster, 1991)。在药物成瘾中, 药物使用者抑制控制功能损伤可能导致其药物使用行为缺乏控制, 出现强迫性药物寻求和过量摄入药物的行为(Koob & Le Moal, 2001)。在酒精成瘾中, 酒精引起的抑制控制受损可能会进一步损害饮酒者停止饮酒的自我管理能力, 增加酗酒的风险(Weafer & Fillmore, 2008)。在病理性赌博中, 赌博成瘾患者在脑功能上, 参与抑制控制活动的脑区激活程度低(叶绿等, 2013)。网络游戏成瘾导致个体抑制控制能力受损, 从而进一步增加了其他成瘾行为产生的风险。

3. 自然奖赏

奖赏系统的核心是皮层 - 基底神经节回路, 该网络的关键结构是前扣带皮层、眶额叶前部皮层、腹

侧纹状体、腹侧苍白球和中脑多巴胺神经(Haber & Knutson, 2010)。大脑奖励功能的关键基础是特定的神经元信号, 这些信号发生在有限数量的大脑结构中, 包括中脑多巴胺神经元、纹状体、杏仁核和眶额皮质(Schultz, 2015)。此外, 背侧前额皮质、海马体和丘脑, 以及特定的脑干结构, 都是调节奖励回路的关键组成部分(宋之琰等, 2020)。奖励信号也存在于基底节区 and 大脑皮层区域的大多数组成结构中, 通常与感觉或运动活动有关(Schultz, 2015)。这些区域之间连接成一个复杂的脑网络, 调节奖赏处理的不同方面。已有研究指出, 这些脑区的体积、功能连接与网络游戏成瘾有密切联系。

中脑多巴胺系统对自然奖赏的反应性降低被认为是成瘾的重要原因之一(Bühler et al., 2010)。药物成瘾患者的多巴胺释放减少, 多巴胺神经元突触后膜 D2 受体水平降低(Volkow et al., 2009)。网络游戏成瘾患者也具有相似的神经基础的变化, Hou 等(2012)通过对 5 名男性网络游戏成瘾患者和 9 名健康年龄匹配的对照组进行了单光子发射计算机化成像(single photon emission computed tomography)脑部扫描。结果表明, 与对照组相比, 网络游戏成瘾患者的纹状体多巴胺转运体表达水平显著降低, 神经影像学检查结果进一步说明网络游戏成瘾与中脑多巴胺系统功能障碍有关。Li 等(2020)通过对 31 名网络游戏成瘾的青少年和 32 名匹配的健康被试在 Go/No-Go 任务和赌博任务中的脑电成像发现, 比之控制组, 网络游戏成瘾组获益后, 在 No-Go 条件下表现出更小的 P3 脑电波幅和反馈相关复性脑电波幅(Feedback-related negativity)变化。因此可以推断相较于健康对照组, 网络游戏成瘾患者获得奖励时, 奖赏反馈信号更弱, 对自然奖赏的反应降低。

对自然奖赏的反应降低的患者, 其从生活中的奖赏反馈中获得的快感也随之变少, 将导致一系列内外化问题, 且对个体的认知能力产生负面影响。海洛因戒断者对自然奖赏的反应降低可能会导致自然奖赏无法满足其快感需求, 而继续寻求毒品来满足自己的快感需求(杨玲等, 2020)。与控制组相比, 网络游戏成瘾组在收到赞美和鼓励时颞上回的激活较弱, 且激活程度与每天持续消耗在网络游戏上的时间呈负相关(Kim et al., 2014)。而颞上回脑区与计划和判断能力密切相关, 因此网络游戏成瘾患者消耗在网络游戏上的时间过多, 鼓励这一刺激对提高其计划和判断能力的积极作用将会受损。由此推断, 自然奖赏反应降低的网络游戏成瘾患者的人际关系将受到一定程度的损害。海洛因戒断者自然奖赏功能的损伤, 将导致其再分配认知资源的能力受损(杨玲等, 2017), 从而影响其注意定向和再定向能力, 导致自然奖赏无法促进其在工作记忆中对信息进行更新的能力(杨玲等, 2020)。抑郁症是网络游戏成瘾的常见共病症, 抑郁症患者往往在前额皮质、边缘系统和杏仁核三个与自然奖赏密切相关的主要脑结构存在异常(黄燕等, 2019), 表现出对自然奖赏的反应低的特点。网络游戏成瘾患者与自然奖赏相关的脑区激活异常, 对自然奖赏的反应性降低, 将增大其患上抑郁症的风险。

4. 讨论

网络游戏成瘾问题是当前威胁青少年身心健康及其家庭幸福的主要问题之一, 故揭示网络成瘾的神经机制、制定预防和干预方案是关系人们身心健康和成长的重要课题(聂余峰, 2022)。基于前文的综述, 网络游戏成瘾可以通过两个不同的通路对个体的正常生活和生理功能造成负面影响。其一是网络游戏成瘾者抑制控制脑区异常激活导致其抑制控制能力失调, 抑制能力的损伤会增加其他类型成瘾的风险。其二是网络游戏成瘾者自然奖赏相关的脑区对奖赏信号的反馈异常, 使其对自然奖赏的反应降低, 对自然奖赏的反应降低将导致更多内外化问题和认知能力上的隐患。

我们发现大量研究表明奖赏能够提升抑制控制能力(Pessoa, 2009; 王宴庆等, 2019), 因此可以进一步猜想网络游戏成瘾的两个通路并非是完全独立的。Padmala & Pessoa (2011)让 54 名健康被试做一个类似于 Stroop 任务的选择性注意任务, 在一部分任务组开始时有提示: 若被试做出快速、正确的反应则可以获得金钱奖励, 而另一组任务前无提示则表示该组任务无奖励。通过对错误率和反应时的分析发现,

被试在有奖励的任务组中的表现优于无奖励的任务组,说明奖赏能够提升抑制控制能力。Boehler 等(2014)在 16 名被试奖励调节的停止信号任务中,通过核磁共振扫描被试的奖励相关和反应抑制相关过程相关的大脑网络的共同激活的部分,发现与反应抑制相关的关键大脑区域在奖励相关的停止试验中激活效果得到增强。这说明,相比于无奖赏刺激的条件,个体在奖赏刺激条件下更能有效地抑制分心刺激带来的干扰,提高奖赏相关刺激的反应。如果能厘清网络游戏成瘾下抑制控制能力和奖赏的关系,那么对于理解网络游戏成瘾的机制有更进一步的推进作用。因此,未来研究应关注网络游戏成瘾的通路中抑制控制能力和对奖赏反应之间的关系。

大部分研究者关注的是网络游戏成瘾者抑制控制能力等方面的神经机制,而少有研究者从这些角度探讨网络游戏成瘾的治疗和干预方法。在网络游戏成瘾患者的治疗中还应关注抑制控制和奖赏寻求的能力的修复,可通过神经调控的方式,例如使用经颅直流电刺激(tDCS)技术对网络游戏成瘾患者进行治疗。Lee 等(2018)以连续四周、每周三次的频率对 15 名被试(其中 7 名为网络游戏成瘾患者)的背外侧前额叶皮层进行经颅直流电刺激,经过 12 次刺激治疗评估后发现,平均游戏时间和亚临床抑郁症状显著减少,抑制控制能力增强。

本文通过从神经机制的角度探讨网络游戏成瘾的两个通路及其对个体造成的负面影响,并为更加具有针对性地对网络游戏成瘾患者的治疗提供了可参考的思路。基于患者的抑制控制能力受损和对自然奖赏反应降低导致的对个体心理的负面影响,在传统的认知行为疗法和药物疗法之外,还可通过团体咨询的心理干预方式改善网络游戏成瘾患者的内外化问题和认知能力,针对因抑制控制能力受损导致的自我管理受损的网络游戏成瘾患者,开展以时间管理和自我管理为主题的团体心理辅导;针对因自然奖赏反应性降低导致的社交能力受损、认知资源分配能力受损和抑郁焦虑的网络游戏成瘾患者,开展以增强人际信任、人际交流和互动为目的的团体心理咨询(黄峥等, 2010)。

参考文献

- 陈梅, 黄时华, 陈正, 许娜, 侯小花(2022). 认知重评对青少年网络游戏成瘾的影响: 自尊的中介作用. *中国健康心理学杂志*, 30(9), 1350-1354
- 黄燕, 程淑英, 林亨(2019). 青少年游戏障碍共病抑郁症的研究进展. *华北理工大学学报(医学版)*, 21(5), 407-413. <https://doi.org/10.19539/j.cnki.2095-2694.2019.05.015>
- 黄峥, 钱铭怡, 朱松, 沈东郁, 张智丰(2010). 人际团体辅导对游戏成瘾大学生的干预效果. *中国心理卫生杂志*, 24(1), 29-33.
- 聂余峰(2022). *网络游戏成瘾的社会奖赏功能失调及其认知神经机制*. 博士学位论文, 武汉: 华中师范大学.
- 秦燕, 刘军, 周顺科(2013). 网络游戏成瘾的磁共振研究进展. *中国临床心理学杂志*, (3), 376-378.
- 宋之琰, 陈军, 汪雅琪, 许诗丽, 喻婷婷, 戴云蕊, 张洁(2020). 基于格兰杰因果分析法对酒精使用障碍者双侧伏隔核效应连接变化的研究. *临床放射学杂志*, 39(9), 1704-1709. <https://doi.org/10.13437/j.cnki.jcr.2020.09.007>
- 孙丽君, 刘子奇, 武涵, 雷玉菊(2022). 相对剥夺感对大学生网络游戏成瘾的影响: 基于虚拟化身-玩家关系的视角. *中国临床心理学杂志*, 30(6), 1276-1281.
- 王宴庆, 陈安涛, 胡学平, 尹首航(2019). 奖赏通过增强信号监测提升认知控制. *心理学报*, 51(1), 48-57.
- 薛婷, 陶占龙, 唐俊, 康永强, 喻大华(2022). 年轻网络游戏障碍患者纹状体体积改变及其与认知控制的关系. *中国医学影像技术*, 38(2), 187-190.
- 余祖伟, 孙配贞, 张仕华, 等(2010). 广州市中学生网络游戏成瘾状况调查. *临床心身疾病杂志*, 16(2), 137-138, 141.
- 叶绿, 马红宇, 史文文, 李娜, 王斌(2013). 病理性赌博的发生机制研究综述. *中国临床心理学杂志*, 21(4), 623-626. <https://doi.org/10.16128/j.cnki.1005-3611.2013.04.044>
- 杨玲, 王莎, 苏波波, 等(2017). 奖赏对海洛因成瘾者执行功能的影响机制. *心理科学进展*, 25(11), 1888-1897.
- 杨玲, 张炆, 张建勋, 陈开林(2020). 海洛因戒断者对金钱和社会奖赏的敏感性. *中国心理卫生杂志*, 34(11), 926-931.
- 佐斌, 马红宇(2010). 青少年网络游戏成瘾的现状研究——基于十省市的调查与分析. *华中师范大学学报(人文社会*

科学版), 49(4), 117-122.

张楠, 汪凯, 梁振(2012). 网络游戏成瘾的执行功能研究. *中华疾病控制杂志*, 16(5), 431-434.

中国互联网络信息中心(2022). 第50次中国互联网络发展状况统计报告.

Boehler, C. N., Schevernels, H., Hopf, J. M., Stoppel, C. M., & Krebs, R. M. (2014). Reward Prospect Rapidly Speeds up Response Inhibition via Reactive Control. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 14, 593-609.

<https://doi.org/10.3758/s13415-014-0251-5>

Bradshaw, J. L. (2001). *Developmental Disorders of the Frontostriatal System: Neuropsychological, Neuropsychiatric, and Evolutionary Perspectives*. Psychology Press.

Brand, M., Young, K. S., & Laier, C. (2014). Prefrontal Control and Internet Addiction: A Theoretical Model and Review of Neuropsychological and Neuroimaging Findings. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, Article 375.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00375>

Bühler, M., Vollstädt-Klein, S., Kobiella, A., Budde, H., Reed, L. J., Braus, D. F., Büchel, C., & Smolka, M. N. (2010). Nicotine Dependence Is Characterized by Disordered Reward Processing in a Network Driving Motivation. *Biological Psychiatry*, 67, 745-752. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.10.029>

Casey, B. J., Jones, R. M., & Hare, T. A. (2008). The Adolescent Brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 111-126. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.010>

Dempster, F. (1991). Inhibitory Processes: A Neglected Dimension of Intelligence. *Intelligence*, 15, 157-173.

[https://doi.org/10.1016/0160-2896\(91\)90028-C](https://doi.org/10.1016/0160-2896(91)90028-C)

Derevensky, J. L., Hayman, V., & Gilbeau, L. (2019). Behavioral Addictions: Excessive Gambling, Gaming, Internet, and Smartphone Use among Children and Adolescents. *Pediatric Clinics of North America*, 66, 1163-1182.

<https://doi.org/10.1016/j.pcl.2019.08.008>

Dong, G., Huang, J., & Du, X. (2011a). Enhanced Reward Sensitivity and Decreased Loss Sensitivity in Internet Addicts: An fMRI Study during a Guessing Task. *Journal of Psychiatric Research*, 45, 1525-1529.

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2011.06.017>

Dong, G., Lu, Q., Zhou, H., & Zhao, X. (2010). Impulse Inhibition in People with Internet Addiction Disorder: Electrophysiological Evidence from a Go/NoGo Study. *Neuroscience Letters*, 485, 138-142.

<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.002>

Dong, G., Zhou, H., & Zhao, X. (2011b). Male Internet Addicts Show Impaired Executive Control Ability: Evidence from a Color-Word Stroop Task. *Neuroscience Letters*, 499, 114-118. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.05.047>

Galvan, A., Hare, T. A., Parra, C. E. et al. (2006). Earlier Development of the Accumbens Relative to Orbitofrontal Cortex Might Underlie Risk-Taking Behavior in Adolescents. *Journal of Neuroscience*, 26, 6885-6892.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1062-06.2006>

Galvan, A., Hare, T., Voss, H. et al. (2007) Risk-Taking and the Adolescent Brain: Who Is at Risk? *Developmental Science*, 10, F8-F14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2006.00579.x>

Grace, A. A., Floresco, S. B., Goto, Y. et al. (2007). Regulation of Firing of Dopaminergic Neurons and Control of Goal-Directed Behaviors. *Trends in Neurosciences*, 30, 220-227 <https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.03.003>

Haber, S. N., & Knutson, B. (2010). The Reward Circuit: Linking Primate Anatomy and Human Imaging. *Neuropsychopharmacology*, 35, 4-26. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.129>

Hou, H., Jia, S., Hu, S. et al. (2012). Reduced Striatal Dopamine Transporters in People with Internet Addiction Disorder. *BioMed Research International*, 2012, Article ID: 854524. <https://doi.org/10.1155/2012/854524>

Kim, B. M., Lee, J., Choi, A. R. et al. (2021). Event-Related Brain Response to Visual Cues in Individuals with Internet Gaming Disorder: Relevance to Attentional Bias and Decision-Making. *Translational Psychiatry*, 11, Article No. 258.

<https://doi.org/10.1038/s41398-021-01375-x>

Kim, J. E., Son, J. W., Choi, W. H., Kim, Y. R., Oh, J. H., Lee, S., & Kim, J. K. (2014). Neural Responses to Various Rewards and Feedback in the Brains of Adolescent Internet Addicts Detected by Functional Magnetic Resonance Imaging. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 68, 463-470. <https://doi.org/10.1111/pcn.12154>

Koob, G. F., & Le Moal, M. (2001). Drug Addiction, Dysregulation of Reward, and allostasis. *Neuropsychopharmacology*, 24, 97-129. [https://doi.org/10.1016/S0893-133X\(00\)00195-0](https://doi.org/10.1016/S0893-133X(00)00195-0)

Lee, S. H., Im, J. J., Oh, J. K., Choi, E. K., Yoon, S., Bikson, M., Song, I. U., Jeong, H., & Chung, Y. A. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation for Online Gamers: A Prospective Single-Arm Feasibility Study. *Journal of Behavioral Addictions*, 7, 1166-1170. <https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.107>

Li, Q., Wang, Y., Yang, Z. et al. (2020). Dysfunctional Cognitive Control and Reward Processing in Adolescents with Internet Gaming Disorder. *Psychophysiology*, 57, e13469. <https://doi.org/10.1111/psyp.13469>

- Littel, M., Berg, I., Luijten, M., Rooij, A. J., Keemink, L., & Franken, I. H. (2012). Error Processing and Response Inhibition in Excessive Computer Game Players: An Event-Related Potential Study. *Addiction Biology*, *17*, 934-947. <https://doi.org/10.1111/j.1369-1600.2012.00467.x>
- Liu, G. C., Yen, J. Y., Chen, C. Y., Yen, C. F., Chen, C. S., Lin, W. C., & Ko, C. H. (2014). Brain Activation for Response Inhibition under Gaming Cue Distraction in Internet Gaming Disorder. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, *30*, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2013.08.005>
- Long, J., Liu, T., Liu, Y., Hao, W., Maurage, P., & Billieux, J. (2018). Prevalence and Correlates of Problematic Online Gaming: A Systematic Review of the Evidence Published in Chinese. *Current Addiction Reports*, *5*, 359-371. <https://doi.org/10.1007/s40429-018-0219-6>
- Luijten, M., Meerkerk, G. J., Franken, I. H., van de Wetering, B. J., & Schoenmakers, T. M. (2015). An fMRI Study of Cognitive Control in Problem Gamers. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *231*, 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.01.004>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Monsell, S. (1996). Control of Mental Processes. In V. Bruce (Ed.), *Unsolved Mysteries of the Mind: Tutorial Essays in Cognition* (pp. 93-148). Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781315784960-4>
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory Updating in Working Memory: The Role of the Central Executive. *British Journal of Psychology*, *81*, 111-121. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x>
- Padmala, S., & Pessoa, L. (2011). Reward Reduces Conflict by Enhancing Attentional Control and Biasing Visual Cortical Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*, 3419-3432. https://doi.org/10.1162/jocn_a.00011
- Pessoa, L. (2009). How Do Emotion and Motivation Direct Executive Control? *Trends in Cognitive Sciences*, *13*, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.006>
- Schultz, W. (2015). Neuronal Reward and Decision Signals: From Theories to Data. *Physiological Reviews*, *95*, 853-951. <https://doi.org/10.1152/physrev.00023.2014>
- Volkow, N. D., Fowler, J. S., Wang, G. J. et al. (2009). Imaging Dopamine's Role in Drug Abuse and Addiction. *Neuropharmacology*, *56*, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2008.05.022>
- Weafer, J., & Fillmore, M. (2008). Individual Differences in Acute Alcohol Impairment of Inhibitory Control Predict Ad Libitum Alcohol Consumption. *Psychopharmacologia*, *201*, 315-324. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1284-7>
- Yao, Y. W., Liu, L., Ma, S. S. et al. (2017). Functional and Structural Neural Alterations in Internet Gaming Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *83*, 313-324. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.10.029>
- Yao, Y. W., Wang, L. J., Yip, S. W., Chen, P. R., Li, S., Xu, J., Zhang, J. T., Deng, L. Y., Liu, Q. X., & Fang, X. Y. (2015). Impaired Decision-Making under Risk Is Associated with Gaming-Specific Inhibition Deficits among College Students with Internet Gaming Disorder. *Psychiatry Research*, *229*, 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.07.004>
- Yuan, K., Yu, D., Cai, C. et al. (2017). Frontostriatal Circuits, Resting State Functional Connectivity and Cognitive Control in Internet Gaming Disorder. *Addiction Biology*, *22*, 813-822. <https://doi.org/10.1111/adb.12348>