

网络游戏成瘾者的线索反应性

黄 鑫

西南大学心理学部, 重庆

收稿日期: 2024年5月13日; 录用日期: 2024年7月17日; 发布日期: 2024年7月24日

摘 要

研究表明, 游戏成瘾的神经生理机制在诸多方面均与物质成瘾相类似。成瘾者常表现出对成瘾性线索的注意偏向, 这种由线索诱发的大脑反应性, 能够为成瘾行为的发展、维持和复发提供重要解释。网络游戏成瘾者将自己大部分的注意力聚焦于游戏相关线索, 表现出对游戏的过度渴望, 却对生活中的自然奖赏缺乏动力, 从而造成生理和心理上的损伤。而游戏线索似乎能够诱发男性更强烈的渴望, 神经层面的研究也确实获得了男性相较于女性更易游戏成瘾的部分证据。

关键词

网络游戏成瘾, 动机突显性, 线索反应性, 神经机制, 性别差异

Cue Reactivity in Internet Game Addicts

Xin Huang

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Received: May 13th, 2024; accepted: Jul. 17th, 2024; published: Jul. 24th 2024

Abstract

Research has shown that the neurophysiological mechanisms of game addiction are similar to those of substance addiction in many ways. Addicts often exhibit an attentional bias toward addiction-related cues. Cue-induced brain reactivity has been suggested to be a fundamental and important mechanism explaining the development, maintenance, and relapse of addiction, including Internet gaming disorder. Online game addicts often focus their attention on game-related cues. They show an overwhelming desire for online games, but a lack of motivation for the natural rewards in life, resulting in physical and psychological damage. Game cues seem to induce stronger cravings in men, and neurological studies have indeed obtained partial evidence that men are more prone to game addiction compared to women.

文章引用: 黄鑫(2024). 网络游戏成瘾者的线索反应性. *心理学进展*, 14(7), 514-520.
DOI: 10.12677/ap.2024.147508

Keywords

Internet Gaming Disorder, Incentive Saliency, Cue Reactivity, Neural Mechanisms, Gender Differences

Copyright © 2024 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

2013 年, 美国精神病学学会(APA)首次在《精神障碍诊断与统计手册》第五版(DSM-5)第 3 章的需进一步研究对象名录中介绍了网络游戏成瘾(Internet Gaming Disorder, IGD), 并提出了 9 条诊断标准(靳宇倡等, 2019)。网络游戏成瘾是指持续且反复地参与游戏活动, 通常是多个玩家共同游戏, 并导致临床上显著的损伤和痛苦(Gentile et al., 2017; Paulus et al., 2018)。成瘾者通常会表现出对游戏的过分渴望, 以及不计负面后果的过度游戏, 与物质成瘾相类似, 都具有突显性、戒断性、耐受性和冲动性的特征(Paulus et al., 2018; van Rooij et al., 2017)。成瘾的青少年将大量的时间花费在各式各样的游戏中, 他们沉浸在虚拟的世界中无法自拔, 且对更复杂和更具挑战性的游戏有着渐进的需求, 当游戏活动被拒止时, 则可能出现戒断现象, 衍生出焦虑抑郁的情绪, 甚至是攻击暴力等行为(Saunders et al., 2017)。

研究者提出人 - 情感 - 认知 - 执行的交互(the Interaction of Person-Affect-Cognition-Execution, IPACE)模型来解释网络游戏成瘾的发生与发展(Brand et al., 2016)。神经影像学的研究支持了该理论, 例如, 有研究发现, 网络游戏成瘾与跨脑区的大尺度脑网络间异常的功能活动相联系, 尤其是执行控制系统(涉及推理、计划和执行功能的额顶区域)与情感系统(涉及情绪和奖赏加工的边缘环路)间的不平衡是网络游戏成瘾发展与维持的关键原因(Ma et al., 2019a; Qin et al., 2020; Wei et al., 2017)。有研究者用物质成瘾领域被广泛接受的动机敏化模型(Incentive sensitization model)来解释网络游戏成瘾(Koob & Volkow, 2016)。强化学习与脑功能结构的改变共同促成个体对于成瘾性物质使用的相关线索的注意偏向, 为成瘾行为的发展、维持和复发提供了重要解释。有研究指出, 成瘾者的线索反应性能够在一定程度上预测个体的复发风险(Camchong et al., 2012; Janes et al., 2010)。根据日常观察, 成瘾者更易在先前吸食毒品的环境(如吸毒工具、吸毒同伙、吸毒场所等)中重复地使用毒品, 戒毒者也可能在相关环境刺激下出现复吸(Carter & Tiffany, 1999)。有关酒精、尼古丁、可卡因和海洛因等物质成瘾的研究表明, 成瘾个体在面对成瘾性物质的相关线索时, 会出现某些特定的主观和外周生理的变化, 如主观渴求增加, 心率、汗腺活动增强, 皮肤温度下降等(Carter & Tiffany, 1999)。脑功能成像的研究表明, 前额叶皮质、前扣带回、腹侧纹状体、脑岛、海马和杏仁核参与了对物质相关线索的反应(Chase et al., 2011; Jasinska et al., 2014)。事实上, 行为成瘾(如赌博、网络游戏、购物等)与物质成瘾在临床表现及神经层面上均有诸多相似性。例如, 有研究者发现, 赌博障碍者对赌博相关线索的反应与药物成瘾者对药物相关线索的反应相似, 更确切地说, 当面对赌博线索时, 赌博障碍者同样表现出主观及外周生理唤醒的增加, 以及背外侧前额叶、纹状体和杏仁核区域激活的增强(Starcke et al., 2018)。在烟草使用障碍中, 同样发现, 与成功戒断的吸烟者相比, 复吸的个体在面对线索刺激时, 与情绪、内感受知觉相关的区域激活更强, 而参与认知控制的脑区间的功能连接下降, 反映了复吸者对于线索诱导的情绪自上而下的控制减弱(Janes et al., 2010)。网络游戏成瘾作为一种尚需更多研究的行为成瘾形式, 受到广泛关注, 大量研究者采用线索反应性范式(cue-reactivity paradigm)对游戏成瘾的相关问题进行了研究, 为游戏成瘾的诊断提供了客观指标, 也为相

关治疗措施的制定带来诸多启发。

2. 成瘾性线索获得动机突显性的机制

物种的生存和延续,要求有机体能够知晓在何种环境下可以获得食物和其他资源以满足身体的需要,并寻求到交配的机会。个体对于自然奖赏或成瘾性药物的反应显示出诸多共同点,例如享乐反应(快感),渴求或“想要”,快速习得预测性线索等(Hyman et al., 2006)。研究者采用体内神经化学测量的手段,向特定脑区注射微量的激动剂或拮抗剂,发现自然奖赏和成瘾性药物均导致中脑腹侧被盖区(the ventral segmental area, VTA)多巴胺细胞放电频率的增加。早期的“颅内自我电刺激实验”则将刺激电极直接埋置在动物的腹侧被盖区,当动物按压杠杆时就会电刺激该区域,结果导致动物疯狂的压杆,似乎说明多巴胺的释放给动物带来了快感。但这种说法早已过时, Berridge 和 Robinson 通过一系列实验否定了多巴胺引起快感的说法,当消除动物脑内几乎所有的多巴胺之后,动物仍然对糖水(含有蔗糖的非营养性甜味剂)表现出明显的偏好(快感),尽管此时动物极度厌食,丧失获取食物的愿望(Robinson & Berridge, 2008)。他们提出动机敏化理论(incentive sensitization theory),认为通过巴甫洛夫条件反射,成瘾相关线索的突显性会增加,且负责“喜欢”和“想要”的机制是相分离的,增加或减少多巴胺并不会导致有机体对于自然奖赏或成瘾药物的快感体验,但是会改变个体获得奖赏刺激的动机。多巴胺会赋予正常的奖赏刺激以动机属性,而成瘾药物能够“劫持”多巴胺系统,使得中脑边缘叶多巴胺奖赏回路敏化,从而使成瘾性物质的相关线索获得动机突显性(incentive salience),从而像磁铁一样吸引个体的注意力和欲望(Berridge & Robinson, 2016)。

Schultz 等人基于强化学习模型,提出了“奖赏预测误差假说(reward prediction error hypothesis)”。奖赏预测误差,即个体实际得到的奖赏与预期能够获得的奖赏之间的差异,正的奖赏预测误差本身就是一种强化,能够促进个体的联结学习(Keiflin & Janak, 2015; Schultz, 2016)。研究者训练猴子将一种视觉线索(CS)和果汁的奖励刺激(US)联系起来,并记录猴子腹侧被盖区多巴胺神经元的放电模式。训练初期,意料之外的奖赏,即果汁,能够诱发多巴胺神经元快速放电;而在训练后期,即使给予果汁奖赏,多巴胺细胞也不再放电,此时奖赏完全可预期,不存在预测误差。值得注意的是,联结建立时,猴子会对最初的视觉线索表现出多巴胺神经元放电的增加,因为最初的视觉线索是不可预期的,诱发了正的奖赏预测误差(Schultz et al., 1997)。成瘾性物质通过直接的药理作用可靠地增加了突触多巴胺,因此每当个体接触成瘾物时,大脑都会收到一个信号,表明奖励“比预期的要好”,这种病态的过度学习不断强化着成瘾性线索和成瘾物之间的联结,获得线索的突显性(Hyman et al., 2006; Koob & Volkow, 2016)。

总之,强化学习理论和动机敏化理论都对成瘾的认知神经机制进行了解释,并得出了一致的结论,即个体在反复接触成瘾性物质后,大脑奖赏系统对成瘾性相关线索会变得敏感,与此同时,也会对日常生活中的自然奖赏变得不敏感,这使得个体的注意力与渴望聚焦于获得成瘾物上,从而造成严重的心理和生理上的损害。

3. 网络游戏成瘾者的线索反应性

3.1. 网络游戏成瘾者对游戏线索的大脑反应性

大量研究采用功能磁共振成像技术(fMRI)检测了网络游戏成瘾者在线索诱导下的大脑激活情况,发现其与诸多成瘾性疾病表现出类似的脑区激活情况。Liu 等人选取了 39 名网络游戏成瘾被试和 23 名健康对照组被试,让他们在磁共振扫描仪中观看两种不同的图片,一种是游戏相关的刺激图片,取自游戏成瘾者经常玩得 3 款游戏的截图;另一种是日常使用网络的相关图片,包括浏览网页,聊天以及下载界面的截图。结果发现,与健康对照组相比,网络游戏成瘾者在面对游戏线索时,其腹侧和背侧纹状体区域

激活增加,且两组之间的差异在背侧纹状体区域最为明显,进一步的研究则发现,腹侧纹状体的线索反应性与游戏线索诱导的渴求之间存在负相关,表明在网络游戏成瘾个体中腹侧纹状体参与线索处理的程度降低,这与物质成瘾患者相一致,存在一种由腹侧向背侧过渡的机制(Liu et al., 2016)。有关大鼠的研究表明,在操作性条件学习过程中,背内侧纹状体和背外侧纹状体分别控制着目标导向行为和习惯行为,这可能代表的是一种由目标导向的成瘾性物质使用向习惯性、强迫性物质使用的过渡(Balleine, 2005)。Ma 等人在先前研究的基础上,采用线索反应性范式得出了一致的结论,并探讨了在网络游戏线索下大脑功能网络(包括与感觉加工相关的颞枕和颞岛网络,与记忆和执行功能相关的额顶网络,以及与奖赏和动机加工相关的背侧边缘网络)的激活情况。结果表明,在网络游戏成瘾者中,颞枕和额顶神经网络的激活与游戏成瘾的严重程度或渴求感呈正相关,这一群体表现出对游戏线索视觉加工方面的增强(例如,视觉扫描和对游戏图片细节的加工),且重度成瘾者在看到游戏线索时,也会引发更多与游戏相关的记忆和积极预期。与前人的研究一致,背侧纹状体与条件化的成瘾线索的动机突显性密切相关,并与强迫性药物寻求的习惯化和自动化有关(Ma et al., 2019b)。

由此可见,成瘾相关线索可诱发网络游戏成瘾者强烈的渴求感,表现为奖赏环路、记忆-学习环路、动机环路以及认知控制环路多个脑区的高度而广泛的激活反应模式(贺金波等, 2017)。例如,在观察与游戏有关的刺激时,与对照组相比,网络游戏成瘾个体的伏隔核、眶额叶皮质、背外侧前额叶皮质、背侧前扣带回、腹内侧前额叶皮质以及脑岛均表现出激活增加(Lei et al., 2020; Weinstein et al., 2017)。

3.2. 网络游戏成瘾者对日常奖赏线索的大脑反应性

成瘾者在面对毒品相关线索时,其奖赏回路中(伏隔核和背外侧纹状体)的多巴胺水平要高于普通人,因此多年来人们总是错误地认为,他们对于毒品本身带来的奖赏效果也应当更敏感(Hyman et al., 2006)。事实上,恰好相反。临床研究表明,与无吸毒史的人相比,成瘾者服用药物时所引起的多巴胺水平的增加要小得多,这种多巴胺释放的减弱,使得大脑的奖赏系统对药物相关奖赏刺激的敏感性大大降低。结果,成瘾者不再像他们第一次使用毒品时那样快乐,也正是出于同样的原因,成瘾者往往对以前具有激励性和回报性的日常刺激(如人际交往活动)缺乏动力(Volkow et al., 2016)。

与物质成瘾者类似,网络游戏成瘾的个体同样表现出对先前的爱好和娱乐活动失去兴趣,他们沉浸在游戏情节中无法自拔,其奖励和动机系统重新定向于能够诱发多巴胺更加有效释放的游戏线索上,从而造成心理和生理上的损害。Lei 等人采用奖赏相关的预测误差任务(reward-related prediction-error task)来探究网络游戏成瘾者对日常奖赏线索的反应性,实验中选取 45 名成瘾被试和 42 名健康控制组被试,要求他们在练习阶段,将一张“王牌”与金钱奖赏的图片线索联系起来,而在正式扫描阶段,则有意制造出存在预测误差的情境。结果发现,与健康控制组被试相比,成瘾被试在奖赏回路的多个脑区表现出钝化的 RPE (reward prediction error)信号,具体包括右侧尾状核,左侧眶额叶以及右侧背外侧前额叶。且生理心理交互分析的结果显示,网络游戏成瘾的个体显示出奖赏回路各脑区连接性的增强(Lei et al., 2020)。成瘾者对日常奖赏线索敏感性的减弱,可能会通过削弱日常奖励作为行动选择的强化作用而损害一个人的强化学习,从而使成瘾者难以从日常生活中获得乐趣,例如培养爱好或维持关系等。有研究者使用线索反应性任务,探讨了网络游戏成瘾者与普通娱乐玩家在游戏(二级强化物)相关线索和食物(一级强化物)相关线索下大脑激活的差异。结果发现,游戏线索能够引起成瘾组被试更高的主观渴望,而食物线索则诱发了普通娱乐玩家更高的主观渴望;且对于成瘾组而言,当面对游戏线索时,楔前叶-尾状核功能连接增强,而健康控制组被试则表现出相反的模式。这些结果支持了网络游戏成瘾者对不同类型的奖赏敏感度不平衡的假设,并在神经层面上显示出次级奖赏(游戏)高于初级奖赏(食物)的激活模式(Zhou et al., 2021a)。

3.3. 线索反应性的性别差异

鉴于网络游戏成瘾在男性中的患病率高于女性,且大多数研究仅在男性被试中开展,似乎都从侧面说明性别差异会影响个体对游戏相关线索的反应性。40位女性和68位男性被试共同参与了Dong等人的实验。实验中要求所有被试依次进行游戏前的线索反应性任务,30分钟的游戏和游戏后的线索反应性任务,并比较在游戏前、中、后男女被试行为和神经层面上的差异。结果发现,游戏线索引发了男性被试更高的主观渴望(Dong et al., 2018a)。游戏前的线索反应性任务的结果表明,相比于女性,男性被试的纹状体、眶额叶以及额下回都显示出更强的激活;而游戏中,男性被试的额中回和颞中回激活更强,其中颞中回与情景记忆、自传体记忆相联系;关于游戏前后的对比,男性被试比女性被试表现出更大的丘脑激活(Dong et al., 2018a)。综上,与女性相比,男性在游戏线索或较短时间的游戏之后,其皮层纹状体边缘回路的相关激活更强,这些结果在一定程度上解释了为什么男性比女性更容易患上网络游戏障碍。类似的研究还发现,在女性群体中,健康控制组被试与游戏成瘾者在左侧背外侧前额叶上的激活无显著差异;而在男性群体中,游戏成瘾者在该区域的激活则显著小于普通娱乐玩家,且激活程度与主观报告的渴望分数呈显著负相关。这些结果或许能够表明,普通女性娱乐玩家在面对游戏线索时能够表现出优于男性的执行控制能力,这使得女性更不易发展为游戏成瘾(Dong et al., 2018b; Zhou et al., 2021b)。

先前有关毒品成瘾的研究表明,与男性相比,女性更容易成瘾,且对毒品线索也更加敏感(Zhou et al., 2021b)。而有关行为成瘾的研究同样发现了成瘾的性别差异,例如,在赌博成瘾中,男性对于赌博的渴望往往是由赌博相关的线索(如赌博广告)诱发的,而女性则往往是由消极的情绪状态所诱发(Hardee et al., 2017)。网络游戏在广大青少年群体中的普及性,以及男性玩家中更高比例的成瘾性,使得研究者积极思考这其中的原因。目前,采用线索反应性范式,已对该问题进行了有价值的探索,这为游戏成瘾的机制提供了更多见解,也为差异化的治疗提供了理论基础。

4. 讨论

网络游戏成瘾作为近年来的一个社会热点话题,引起了广泛的关注与讨论。其关键特征是对网络游戏及其相关线索的高度渴望,而改善线索诱导的渴望或许是网络游戏成瘾干预的一个有希望的目标。神经影像学的证据表明,网络游戏成瘾的青少年,其前额叶脑区(对认知控制功能很重要)、颞顶区(与注意过程和自我概念相关)以及大脑奖赏环路(与情绪调节和奖赏处理有关)都有显著改变,与物质成瘾类似(Gentile et al., 2017; Schettler et al., 2021; Yao et al., 2021)。有研究者借助线索反应性任务,进行渴求行为的干预治疗,结果发现,治疗组的依赖程度及线索诱导的渴望均显著降低,且前脑岛激活增强,岛叶和楔前叶的连接降低(Zhang et al., 2016a)。这些发现表明,渴求行为疗法可能通过改变岛叶的激活及其与视觉处理和注意力偏向相关区域的连接来缓解网络游戏成瘾者的渴求和依赖程度(Zhang et al., 2016a)。更多地,基于成瘾者的线索反应性,研究者开发出多种辅助治疗手段,如线索暴露法、与线索相关的记忆检索与消退法等,对游戏成瘾者的渴求与依赖治疗提供了积极的帮助(Zhang et al., 2016b; Zhao et al., 2022)。本文聚焦于网络游戏成瘾者的线索反应性问题,进行了多方面的探讨,具有一定的理论和实践意义。一方面,游戏成瘾者对游戏相关线索变得敏感,但同时却对日常生活中的自然奖赏不敏感,这使得他们将自己大部分的注意力与渴望都聚焦在游戏上,失去了之前原有的爱好或兴趣,其强化学习也受到损伤,引起严重的生理和心理障碍。另一方面,有关游戏成瘾的性别差异,神经影像学的研究已获得了男性比女性更易游戏上瘾的部分证据。

但值得注意的是,游戏成瘾的相关研究还不够充分,仍存在诸多问题。首先,与其他行为成瘾不同,网络游戏类型多样,不同性别、年龄的玩家对游戏类型的偏爱也存在差异,这为相关领域的研究带来挑战(Na et al., 2017)。其次,缺乏有关网络游戏成瘾者大脑结构和功能变化的纵向研究,无法推断这些变化

对游戏成瘾的发展和维持的影响,因此,未来应开展较长时间和较大样本的追踪研究,探讨网络游戏成瘾的发病进程及发展模式,考察网络游戏成瘾是否导致了特定脑区的功能改变(张卫等, 2012)。总之,由于成瘾者常表现出对成瘾相关线索的注意偏向,而这种由成瘾线索诱发的大脑反应性,能够为成瘾行为的发展、维持和复发提供重要解释。本文聚焦于游戏成瘾的线索反应性,或许能为未来游戏成瘾的诊断与治疗带来更多启发。

参考文献

- 贺金波, 聂余峰, 周宗奎, 柴瑶(2017). 网络游戏成瘾与海洛因成瘾存在相同的神经机制吗?——基于 MRI 的证据. *心理科学进展*, 25(8), 1327-1336.
- 靳宇倡, 余梦, 胡云龙(2019). 网络游戏成瘾研究的争议及趋势. *心理科学进展*, 27(1), 83-95.
<http://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2019.00083>
- 张卫, 胡谏萍, 甄霜菊, 曾毅茵, 张燕贞(2012). 网络游戏成瘾的心理与神经机制研究. *华南师范大学学报(社会科学版)*, (5), 48-53.
- Balleine, B. (2005). Neural Bases of Food-Seeking: Affect, Arousal and Reward in Corticostriatolimbic Circuits. *Physiology & Behavior*, 86, 717-730. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.08.061>
- Berridge, K. C., & Robinson, T. E. (2016). Liking, Wanting, and the Incentive-Sensitization Theory of Addiction. *American Psychologist*, 71, 670-679. <https://doi.org/10.1037/amp0000059>
- Brand, M., Young, K. S., Laier, C., Wölfling, K., & Potenza, M. N. (2016). Integrating Psychological and Neurobiological Considerations Regarding the Development and Maintenance of Specific Internet-Use Disorders: An Interaction of Person-Affect-Cognition-Execution (I-PACE) Model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, 252-266.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.08.033>
- Camchong, J., Stenger, A., & Fein, G. (2012). Resting-State Synchrony during Early Alcohol Abstinence Can Predict Subsequent Relapse. *Cerebral Cortex*, 23, 2086-2099. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs190>
- Carter, B. L., & Tiffany, S. T. (1999). Meta-Analysis of Cue-Reactivity in Addiction Research. *Addiction*, 94, 327-340.
<https://doi.org/10.1046/j.1360-0443.1999.9433273.x>
- Chase, H. W., Eickhoff, S. B., Laird, A. R., & Hogarth, L. (2011). The Neural Basis of Drug Stimulus Processing and Craving: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Biological Psychiatry*, 70, 785-793.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.05.025>
- Dong, G., Wang, L., Du, X., & Potenza, M. N. (2018a). Gender-Related Differences in Neural Responses to Gaming Cues before and after Gaming: Implications for Gender-Specific Vulnerabilities to Internet Gaming Disorder. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 13, 1203-1214. <https://doi.org/10.1093/scan/nsy084>
- Dong, G., Zheng, H., Liu, X., Wang, Y., Du, X., & Potenza, M. N. (2018b). Gender-Related Differences in Cue-Elicited Cravings in Internet Gaming Disorder: The Effects of Deprivation. *Journal of Behavioral Addictions*, 7, 953-964.
<https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.118>
- Gentile, D. A., Bailey, K., Bavelier, D., Brockmyer, J. F., Cash, H., Coyne, S. M. et al. (2017). Internet Gaming Disorder in Children and Adolescents. *Pediatrics*, 140, S81-S85. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758h>
- Hardee, J. E., Cope, L. M., Munier, E. C., Welsh, R. C., Zucker, R. A., & Heitzeg, M. M. (2017). Sex Differences in the Development of Emotion Circuitry in Adolescents at Risk for Substance Abuse: A Longitudinal fMRI Study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12, 965-975. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx021>
- Hyman, S. E., Malenka, R. C., & Nestler, E. J. (2006). Neural Mechanisms of Addiction: The Role of Reward-Related Learning and Memory. *Annual Review of Neuroscience*, 29, 565-598.
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.113009>
- Janes, A. C., Pizzagalli, D. A., Richardt, S., Frederick, B. d., Chuzy, S., Pachas, G. et al. (2010). Brain Reactivity to Smoking Cues Prior to Smoking Cessation Predicts Ability to Maintain Tobacco Abstinence. *Biological Psychiatry*, 67, 722-729.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.12.034>
- Jasinska, A. J., Stein, E. A., Kaiser, J., Naumer, M. J., & Yalachkov, Y. (2014). Factors Modulating Neural Reactivity to Drug Cues in Addiction: A Survey of Human Neuroimaging Studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 38, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.10.013>
- Keiflin, R., & Janak, P. H. (2015). Dopamine Prediction Errors in Reward Learning and Addiction: From Theory to Neural Circuitry. *Neuron*, 88, 247-263. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.08.037>
- Koob, G. F., & Volkow, N. D. (2016). Neurobiology of Addiction: A Neurocircuitry Analysis. *The Lancet Psychiatry*, 3,

- 760-773. [https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(16\)00104-8](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(16)00104-8)
- Lei, W., Liu, K., Chen, G., Tolomeo, S., Liu, C., Peng, Z. et al. (2020). Blunted Reward Prediction Error Signals in Internet Gaming Disorder. *Psychological Medicine*, 52, 2124-2133. <https://doi.org/10.1017/s003329172000402x>
- Liu, L., Yip, S. W., Zhang, J., Wang, L., Shen, Z., Liu, B. et al. (2016). Activation of the Ventral and Dorsal Striatum during Cue Reactivity in Internet Gaming Disorder. *Addiction Biology*, 22, 791-801. <https://doi.org/10.1111/adb.12338>
- Ma, S., Worhunsky, P. D., Xu, J., Yip, S. W., Zhou, N., Zhang, J. et al. (2019). Alterations in Functional Networks during Cue-Reactivity in Internet Gaming Disorder. *Journal of Behavioral Addictions*, 8, 277-287. <https://doi.org/10.1556/2006.8.2019.25>
- Na, E., Choi, I., Lee, T., Lee, H., Rho, M. J., Cho, H. et al. (2017). The Influence of Game Genre on Internet Gaming Disorder. *Journal of Behavioral Addictions*, 6, 248-255. <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.033>
- Paulus, F. W., Ohmann, S., von Gontard, A., & Popow, C. (2018). Internet Gaming Disorder in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60, 645-659. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13754>
- Qin, K., Zhang, F., Chen, T., Li, L., Li, W., Suo, X. et al. (2020). Shared Gray Matter Alterations in Individuals with Diverse Behavioral Addictions: A Voxel-Wise Meta-Analysis. *Journal of Behavioral Addictions*, 9, 44-57. <https://doi.org/10.1556/2006.2020.00006>
- Robinson, T. E., & Berridge, K. C. (2008). The Incentive Sensitization Theory of Addiction: Some Current Issues. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, 3137-3146. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0093>
- Saunders, J. B., Degenhardt, L., & Farrell, M. (2017). Excessive Gambling and Gaming: Addictive Disorders? *The Lancet Psychiatry*, 4, 433-435. [https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(17\)30210-9](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(17)30210-9)
- Schettler, L., Thomasius, R., & Paschke, K. (2021). Neural Correlates of Problematic Gaming in Adolescents: A Systematic Review of Structural and Functional Magnetic Resonance Imaging Studies. *Addiction Biology*, 27, e13093. <https://doi.org/10.1111/adb.13093>
- Schultz, W. (2016). Dopamine Reward Prediction Error Coding. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18, 23-32. <https://doi.org/10.31887/dcns.2016.18.1/wschoultz>
- Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997). A Neural Substrate of Prediction and Reward. *Science*, 275, 1593-1599. <https://doi.org/10.1126/science.275.5306.1593>
- Starcke, K., Antons, S., Trotzke, P., & Brand, M. (2018). Cue-Reactivity in Behavioral Addictions: A Meta-Analysis and Methodological Considerations. *Journal of Behavioral Addictions*, 7, 227-238. <https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.39>
- van Rooij, A. J., Van Looy, J., & Billieux, J. (2016). Internet Gaming Disorder as a Formative Construct: Implications for Conceptualization and Measurement. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 71, 445-458. <https://doi.org/10.1111/pcn.12404>
- Volkow, N. D., Koob, G. F., & McLellan, A. T. (2016). Neurobiologic Advances from the Brain Disease Model of Addiction. *New England Journal of Medicine*, 374, 363-371. <https://doi.org/10.1056/nejmra1511480>
- Wei, L., Zhang, S., Turel, O., Bechara, A., & He, Q. (2017). A Tripartite Neurocognitive Model of Internet Gaming Disorder. *Frontiers in Psychiatry*, 8, Article 285. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00285>
- Weinstein, A., Livny, A., & Weizman, A. (2017). New Developments in Brain Research of Internet and Gaming Disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 75, 314-330. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.01.040>
- Yao, Y., Zhang, J., Fang, X., Liu, L., & Potenza, M. N. (2021). Reward-Related Decision-Making Deficits in Internet Gaming Disorder: A Systematic Review and Meta-analysis. *Addiction*, 117, 19-32. <https://doi.org/10.1111/add.15518>
- Zhang, J., Yao, Y., Potenza, M. N., Xia, C., Lan, J., Liu, L. et al. (2016a). Effects of Craving Behavioral Intervention on Neural Substrates of Cue-Induced Craving in Internet Gaming Disorder. *NeuroImage: Clinical*, 12, 591-599. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.09.004>
- Zhang, Y., Ndasauka, Y., Hou, J., Chen, J., Yang, L. z., Wang, Y. et al. (2016b). Cue-Induced Behavioral and Neural Changes among Excessive Internet Gamers and Possible Application of Cue Exposure Therapy to Internet Gaming Disorder. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 675. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00675>
- Zhao, Q., Zhang, Y., Wang, M., Ren, J., Chen, Y., Chen, X. et al. (2022). Effects of Retrieval-Extinction Training on Internet Gaming Disorder. *Journal of Behavioral Addictions*, 11, 49-62. <https://doi.org/10.1556/2006.2022.00006>
- Zhou, W., Wang, M., Dong, H., Zhang, Z., Du, X., Potenza, M. N., & Dong, G. (2021a). Imbalanced Sensitivities to Primary and Secondary Rewards in Internet Gaming Disorder. *Journal of Behavioral Addictions*, 10, 990-1004. <https://doi.org/10.1556/2006.2021.00072>
- Zhou, W., Zhang, Z., Yang, B., Zheng, H., Du, X., & Dong, G. (2021b). Sex Difference in Neural Responses to Gaming Cues in Internet Gaming Disorder: Implications for Why Males Are More Vulnerable to Cue-Induced Cravings than Females. *Neuroscience Letters*, 760, Article ID: 136001. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.136001>