❖综述

Research progresses on cognitive function and neuroimaging study of internet gaming disorder

WANG Xing，CHEN Zhuangfei*

(Deparment of Basic Medicine，Medical Faculty，Kunming University of Science and Technology，Research Center for Brain Science and Visual Cognition，Kunming University of Science and Technology，Kunming 650500，China)

[**Abstract**]　With the rapid development of internet technology，internet gaming disorder (IGD) has become a global mental health problem. At present，most of the researches on IGD focus on three aspects，i. e. reward system，suppression control and intertemporal decision-making. With the development of cognitive neuroscience，it becomes popular to use electroencephalogram (EEG)，MRI and PET in exploring the neural mechanism of IGD. Previous neuroimaging studies have shown that brain structure and function of IGD patients both changed accordingly compared with healthy controls. Besides，the degree of brain damage is related to the duration of addictive behavior. The recent work in cognitive function and neuroimaging researches of IGD were reviewed in this article，highlighting research methods and corresponding results，in order to provide references for further exploration and scientific research in this area.

[**Keywords**]　internet gaming disorder；cognition；neuroimaging

DOI：10.13929/j.1003-3289.201901097

网络游戏成瘾的认知功能和神经影像学研究进展

王　星，陈壮飞*

(昆明理工大学医学院基础医学系，昆明理工大学脑科学与视觉认知研究中心，云南 昆明　650500)

[**摘　要**]　互联网科技快速发展之下，网络游戏成瘾(IGD)已经成为全球性心理健康问题。目前大多数关于 IGD 的研究主要集中在奖赏系统、抑制控制及跨期决策 3 个方面。随着认知神经科学的发展，采用脑电图(EEG)、MRI 和 PET 等技术探讨 IGD 的神经机制已成为主流。与健康对照者相比，IGD 者脑结构和功能均发生相应变化，且大脑损害程度与成瘾行为的持续时间有关。本文对近年来有关 IGD 的认知功能及其神经影像学研究进展进行综述，重点介绍其研究方法和相应结果，为进一步探索该领域及相关研究拓展思路。

[**关键词**]　网络游戏成瘾；认知；神经成像

[**中图分类号**]　R395；R445　[**文献标识码**]　A　　[**文章编号**]　1003-3289(2019)07-1103-04

随着全球互联网的快速发展，网络游戏的载体、类型不断丰富，游戏品质不断提高，使得越来越多的人被网络游戏所吸引。针对网络游戏成瘾(internet gaming disorder，IGD)这一被普遍关注的社会性问题，国内外学者[1-2]从多方面对 IGD 的形成、表现、认知以及神经损伤机制等展开了大量研究，其中 IGD 的认知功能和神经机制方面的研究已经成为关注焦点。揭示 IGD 的认知神经机制对深入了解其发生与发展机制、临床治疗和预防等具有重要的指导意义。本文针对国内外 IGD 认知神经机制的相关研究综述，旨在

[**基金项目**] 国家自然科学基金(31760281、31300926)。

[**第一作者**] 王星(1991—)，女，陕西咸阳人，在读硕士。研究方向：网络成瘾的脑机制。E-mail：984931946@qq.com

[**通信作者**] 陈壮飞，昆明理工大学医学院基础医学系，昆明理工大学脑科学与视觉认知研究中心，650500。E-mail：chen.zhf@foxmail.com

[**收稿日期**] 2019-01-15　　[**修回日期**] 2019-05-24

为深入研究 IGD 提供参考。

1　IGD 概述

网络成瘾(internet addiction disorder，IAD)是指个体反复过度使用网络导致的精神行为障碍，表现为对网络的再度使用产生强烈欲望，停止或减少网络使用时出现戒断反应，同时可伴有精神及躯体症状[3]。IGD 是 IAD 的重要类型，与药物成瘾或物质滥用不同，不涉及化学物质的摄入，但过度上网可能导致躯体依赖，类似于物质成瘾和病理性赌博，也会伴发抑郁、焦虑等精神问题。研究[4]表明，长时间沉迷于网络可引起大脑结构和功能及相关认知改变。长期以来，关于 IGD 的术语、定义及评估方法均不一致。例如，King 等[5]的系统评价报告认为，在 63 项关于 IGD 的研究中，学者们总共使用了 18 种评估工具，却没有任何两种方法在描述 IGD 的概念和诊断特征方面完全相同。因此，对网络游戏特有的认知行为过程进行更深层次的思考可以使 IGD 的评定更加完善。2013 年 5 月，IGD 作为需要进一步研究的疾病而被纳入第五版《精神障碍诊断与统计手册》(diagnosticand statistical manual of mental disorders，DSM-5)中[6]，这标志着 IGD 首次正式被认为是一种心理障碍。2018 年 6 月，WHO 正式将沉迷于网络游戏或电视游戏妨碍日常生活的“游戏障碍”认定为新的疾病[7]。

2　IGD 的认知功能研究

研究[8-9]认为 IGD 者自身存在一定的认知缺陷，更易于对某些行为或物质产生依赖而成瘾，其认知控制能力受损，腹侧纹状体奖励系统也存在缺陷。近年来，有关 IGD 的研究[10-11]多集中在奖赏系统、抑制控制和跨期决策 3 个方面，认为 IGD 者这 3 个方面的功能均已受损。有研究[12]提示，IAD 与物质成瘾相同，均可在大脑产生奖赏效应，引起特定脑区的结构和功能异常。执行金钱选择任务时，相比于对照组，IAD 者的认知控制环路的激活程度更低，可能是 IGD 者追求即时奖赏的冲动性决策所致[11]。通过 Go/No-Go 和停止信号任务的范例发现，IGD 者在执行相关的 Go/No-Go 任务时表现出抑制控制能力受损[9-10]。影像学研究[13]进一步发现，IGD 者抑制控制和跨期选择的认知缺陷与特定脑区结构和功能改变有关，也有学者[8]认为 IGD 者长时间沉迷网络游戏世界的经验对认知功能产生了影响。综合而言，IGD 者比正常人对奖赏的敏感性高，对玩游戏的渴望更加强烈，受损的抑制控制能力无法有效控制其对游戏的渴望，IGD 者受损的执行控制能力和增强的奖赏敏感性导致其跨期决策能力受损，使成瘾者只顾眼前利益，从而加强了奖励寻求行为，三者之间形成相互关联的恶性循环(图 1)。

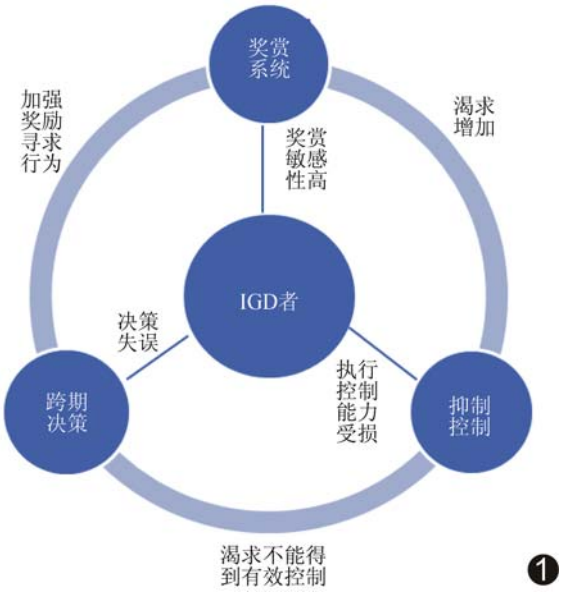

图 1　IGD 者奖赏系统、抑制控制和跨期决策 3 方面相互关联的恶性循环模型图

3　IGD 的电生理及神经影像学研究

IGD 者持续成瘾行为的时间越长，大脑损害越明显[4]。目前国内外学者已针对 IGD 者的大脑活动和神经机制进行了多方面研究。

3.1　脑电图(electroencephalogram，EEG)　IGD 者与冲动控制障碍者和药物成瘾者相似，其认知、冲动控制和信息处理的能力均受损。一项针对青少年 IGD EEG 研究的 Meta 分析[14]发现，IAD 者的脑电波幅明显变长，潜伏期与正常人相比存在差异。采用事件相关电位(event-related potential，ERP)技术的研究[15]发现，与对照组相比，IGD 者对奖励的 P300 减弱，而 N100 的潜伏期延长和振幅增加，认为 IGD 者在玩电子游戏时存在耐受性效应。采用 Go/No-Go 实验范式的 ERP 研究[16]结果显示，IGD 者 No-Go N2 波幅减小，而 No-Go P3 波幅增高、潜伏期延长，提示 IGD 者在面对抑制任务时与健康对照组相比需要投入更多精力，其抑制控制能力较低。

3.2　神经影像学

3.2.1　fMRI　Weinstein 等[1]总结近年关于 IGD 的静息态 fMRI 研究，发现 IGD 者负责执行功能、决策、冲动控制和情绪调节等脑区之间的功能连接强度异常，存在广泛的静息态功能连接紊乱。Dong 等[17]观察 IGD 者性别相关的神经认知差异，发现男性及女性

IGD 者在游戏中背外侧前额叶皮层和额叶上回之间的功能连接均相对减少,纹状体和丘脑之间的功能连接相对增加;而强制中断游戏时,背外侧前额叶皮层与额上回之间的功能连接变化和纹状体与丘脑间功能连接变化具有性别差异,女性 IGD 与其对照组差异更明显,功能连接与自报渴求度呈显著正相关。任务态 fMRI 研究[11,13]则指出,IGD 者在奖赏系统、执行功能和决策等方面的功能损伤伴随着脑区(包括前额叶、纹状体、扣带回和额下回等)活动异常。Lin 等[18]采用低频振荡振幅 fMRI 对比 IGD 者与健康对照者注视游戏图片和中性图片时的大脑激活情况,发现 IGD 者的前额叶皮层、右侧眶额叶皮层、右侧背外侧前额叶、双侧前扣带皮层、右侧尾状核及右侧伏隔核等脑区激活十分显著,且受试者自述的渴求强度与激活水平呈正相关。一项线索—反应任务的 fMRI 研究[19]结果显示,与健康对照组相比,IGD 者腹侧和背侧纹状体均表现出更高的线索诱导激活,提示 IGD 者可能与物质成瘾者相同,存在从腹侧到背侧纹状体加工的过渡。Meng 等[20]在对于 fMRI 的 Meta 分析中指出,IGD 者的前额叶脑区功能失调;鉴于前额叶在奖励和自我调节系统中的重叠作用,该研究结果支持 IGD 是一种行为成瘾的分类方式。

3.2.2 结构 MRI 对于 IGD 者的结构 MRI 研究[21]表明,其参与决策、行为抑制和情绪调节的脑区(额枕、眶额皮质及前扣带回等)白质完整性较低。另有学者[22]发现 IGD 者背外侧前额叶、脑岛、扣带回及舌回等脑区灰质密度较低,而且涉及认知控制的灰质密度与 IGD 病程、渴望及冲动性相关。

研究[23]显示,IGD 者的海马和背外侧前额叶的灰质体积增加与游戏渴求相关。Seok 等[24]在控制了游戏活动的影响后发现 ,与健康对照组相比,IGD 者双侧额叶中部灰质体积显著减小,左侧尾状核灰质体积显著增大,提示左侧尾状核灰质体积与成瘾严重度呈正相关。基于体素的形态学和 DTI 分析发现 IAD 者双侧背外侧前额叶皮层、辅助运动区、前扣带回皮质喙部的灰质体积减少,而内囊后肢白质各向异性值增加,其变化与 IAD 持续时间显著相关[4]。此外,Yao 等[2]通过 Meta 分析发现 IGD 者的前扣带回、眶额叶、背外侧前额叶和运动前区皮质的灰质体积减少,推测这些主要涉及认知控制和决策能力的结构受损,可能与成瘾行为有关。Yuan 等[25-26]也发现 IGD 者的左侧眶额皮层的厚度显著降低,灰质体积显著减小,认为眶额皮层结构萎缩可能是导致游戏玩家对游戏的渴求度抑制认知控制能力,进而做出不合理的冲动性决策的机制之一。

3.2.3 PET PET 研究[27]表明,相比对照组,IGD 者的腹侧、背侧纹状体的多巴胺 D2 受体异常,且该异常与摄取成瘾药物后的反应十分相似。Park 等[12]通过脱氧葡萄糖的 PET 研究发现 IGD 者的右侧中部眶额回、左侧尾状核和脑岛葡萄糖代谢增加,双侧中央后回、左侧中央前回以及双侧枕叶区域葡萄糖代谢减少,均与冲动控制和奖赏系统有关。一项 PET 研究[27]观察到同一 IGD 者的前额、颞叶和边缘系统中的葡萄糖代谢显著降低,纹状体中的 D2 受体失调,认为 D2 受体介导的眶额皮质功能失调可能是 IGD 者易于失控和发生强迫行为的原因之一。通过研究线索诱发条件下 IGD 者大脑神经活动的 PET 影像,陶然等[3]认为枕叶和中央后回等的视觉空间网络脑区代谢减慢,有可能解释 IGD 者视觉空间处理功能下降。视觉空间网络代谢减慢和奖赏系统活动增加也许是导致 IGD 的原因。

4 小结与展望

随着认知神经科学技术的发展与应用,EEG、fMRI 和 PET 等技术被越来越多地用于探讨 IGD 的神经机制。IGD 者的不同大脑区域存在变化,这些改变有助于阐明 IGD 影响整体大脑功能的不同方式,以及可能在行为和认知层面产生的变化[28],进一步突显了 IGD 认知神经机制的复杂性。目前的研究结果提示,IGD 可能与其他类型的冲动控制障碍和物质使用障碍有着共同的神经机制。关于 IGD 者的奖赏系统、抑制控制及跨期决策 3 方面功能的受损研究结果越来越清晰地指明这三者是一个恶性循环过程;IGD 认知功能损伤可能是由于多巴胺的作用,但也可能还有其他更复杂的因素。因此,需要对 IGD 和其他类型的 IAD 者进行更系统的脑机制与行为学纵向关联研究,以促进理解 IGD 的发展和维持机制,并进一步寻找针对性的干预措施。

[参考文献]

[1] Weinstein A, Livny A, Weizman A. New developments in brain research of internet and gaming disorder. Neurosci Biobehav Rev, 2017,75:314-330.

[2] Yao YW, Liu L, Ma SS, et al. Functional and structural neural alterations in Internet gaming disorder: A systematic review and meta-analysis. Neurosci Biobehav Rev, 2017,83:313-324.

[3] 陶然,李焕,邵永聪,等.青少年网络游戏成瘾者在线索诱发条件

下大脑的 PET 研究.脑与神经疾病杂志,2014,22(1):23-26.

[4] Yuan K, Qin W, Wang G, et al. Microstructure abnormalities in adolescents with internet addiction disorder. PLoS One, 2011,6(6):e20708.

[5] King DL, Haagsma MC, Delfabbro PH, et al. Toward a consensus definition of pathologicalvideo-gaming: A systematic review of psychometric assessment tools. Clin Psychol Rev, 2013,33(3):331-342.

[6] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. 5th ed. Washington: Merican Psychiatric Association, 2013.

[7] 宋昕.世界卫生组织发布 ICD-11 草案.中华灾害救援医学,2018,6(9):542.

[8] Dong G, Potenza MN. A cognitive-behavioral model of Internet gaming disorder: Theoretical underpinnings and clinical implications. J Psychiatr Res, 2014,58:7-11.

[9] Ding WN, Sun JH, Sun YW, et al. Trait impulsivity and impaired prefrontal impulse inhibition function in adolescents with internet gaming addiction revealed by a Go/No-Go fMRI study. Behav Brain Funct, 2014,10:20.

[10] Chen CY, Huang MF, Yen JY, et al. Brain correlates of response inhibition in internet gaming disorder. Psychiatry Clin Neurosci, 2015,69(4):201-209.

[11] Lin X, Zhou H, Dong G, et al. Impaired risk evaluation in people with Internet gaming disorder: fMRI evidence from a probability discounting task. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 2015,56:142-148.

[12] Park HS, Kim SH, Bang SA, et al. Altered regional cerebral glucose metabolism in internet game overusers: A ^{18}F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography study. CNS Spectr, 2010,15(3):159-166.

[13] Ko CH, Hsieh TJ, Chen CY, et al. Altered brain activation during response inhibition and error processing in subjects with Internet gaming disorder: A functional magnetic imaging study. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci, 2014,264(8):661-672.

[14] 葛缨,陈维,谢雪云,等.青少年网络成瘾的事件相关电位—基于 Meta 分析.西南大学学报(自然科学版),2016,38(2):126-134.

[15] Duven EC, Muller KW, Beutel ME, et al. Altered reward processing in pathological computer gamers-ERP-results from a semi-natural gaming-design. Brain Behav, 2015,5(1):13-23.

[16] Dong G, Zhou H, Zhao X. Impulse inhibition in people with Internet addiction disorder: Electrophysiological evidence from a Go/NoGo study. Neurosci Lett, 2010,485(2):138-142.

[17] Dong G, Wang Z, Wang Y, et al. Gender-related functional connectivity and craving during gaming and immediate abstinence during a mandatory break: Implications for development and progression of internet gaming disorder. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 2019,88:1-10.

[18] Lin X, Jia X, Zang YF, et al. Frequency-dependent changes in the amplitude of low-frequency fluctuations in internet gaming disorder. Front Psychol, 2015,6:1471.

[19] Liu L, Yip SW, Zhang JT, et al. Activation of the ventral and dorsal striatum during cue reactivity in internet gaming disorder. Addict Biol, 2017,22(3):791-801.

[20] Meng Y, Deng W, Wang H, et al. The prefrontal dysfunction in individuals with Internet gaming disorder: A meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies. Addict Biol, 2015,20(4):799-808.

[21] Weinstein AM. An update overview on brain imaging studies of internet gaming disorder. Front Psychiatry, 2017,8:185.

[22] Choi J, Cho H, Kim JY, et al. Structural alterations in the prefrontal cortex mediate the relationship between internet gaming disorder and depressed mood. Sci Rep, 2017, 7(1):1245.

[23] Kuhn S, Gleich T, Lorenz RC, et al. Playing Super Mario induces structural brain plasticity: Gray matter changes resulting from training with a commercial video game. Mol Psychiatry, 2014,19(2):265-271.

[24] Seok JW, Sohn JH. Altered gray matter volume and resting-state connectivity in individuals with internet gaming disorder: A voxel-based morphometry and resting-state functional magnetic resonance imaging study. Front Psychiatry, 2018,9:77.

[25] Yuan K, Cheng P, Dong T, et al. Cortical thickness abnormalities in late adolescence with online gaming addiction. PLoS One, 2013,8(1):e53055.

[26] Weng CB, Qian RB, Fu XM, et al. Gray matter and white matter abnormalities in online game addiction. Eur J Radiol, 2013,82(8):1308-1312.

[27] Tian M, Chen Q, Zhang Y, et al. PET imaging reveals brain functional changes in internet gaming disorder. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2014,41(7):1388-1397.

[28] Palaus M, Marron EM, Viejo-Sobera R, et al. Neural basis of video gaming: A systematic review. Front Hum Neurosci, 2017,11:248.