

## 网络成瘾者的大脑异于常人吗?\*

贺金波 洪伟琦 鲍远纯 雷玉菊

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室;  
华中师范大学心理学院暨湖北省人的发展与心理健康重点实验室, 武汉 430079)

**摘要** 研究网络成瘾者的大脑是否异于常人的问题有助于对网络成瘾进行定性、诊断和治疗。近年来认知神经科学研究发现,与正常人相比,网络成瘾者的大脑主要存在四个方面的异常:①额叶和扣带回多部位存在结构性萎缩和功能退化,导致其对上网行为的冲动控制出现障碍。②海马功能障碍,导致其认知功能特别是工作记忆能力下降。③奖赏中枢功能代偿性增强,可能与其多巴胺系统的功能异常有关。④内囊后肢的神经纤维结构较密、活性较高,可能与其长时间兴奋性操作键盘、鼠标或游戏手柄有关。目前的研究结果至少说明:网络成瘾者的大脑存在一些功能性的、与物质成瘾者类似的异常,但这些异常是否由网络成瘾导致,以及这些异常是结构性的,还是持久性的,则还需要进一步的研究来证实。

**关键词** 网络成瘾; 脑结构; 脑功能; 异常

**分类号** B845

随着网络的逐渐普及,越来越多的人已经或正在成为网民。网络不断改变人们的生活,创造新的体验,但同时也在伤害生活,许多人因为过度使用和依赖网络而出现了生理、心理和社会功能的严重损害。研究者们给这种损害定义了不同的名称,同时也表达了不同的观点,其中代表性的有三种:网络成瘾综合症(Internet Addiction Disorder, IAD)、病理性网络使用(Pathological Internet Use, PIU)和网络依赖(Internet Dependent, ID)。IAD是Goldberg(1995)根据DSM-IV中关于药物成瘾的诊断标准所提出的概念,他把网络成瘾视为一种类似于精神障碍的心理疾病。PIU是Young(1996)参照DSM-IV中关于病理性赌博的诊断标准所提出的概念,它被定义为一种类似于行为冲动的控制障碍。ID是Hall和Parsons(2001)提出的概念,他们认为,网络成瘾仅仅是个体应对生活的一种不适的认知行为风格。由此可见,这些定义不仅只是名称的不同,其实也反映了对

此种损害的定性问题(为叙述方便,文内以下统称“网络成瘾”)。有些学者认为,网络成瘾的表现与药物成瘾症状相类似,其依赖状态的形成主要是心理机制所致(Shapira et al., 2003)。另有一些学者则认为,与物质成瘾行为相比,网络成瘾没有受到任何摄入物质的影响,应将其归为行为障碍一类(Johansson & Götestam, 2004)。因此,目前对网络成瘾定性尚不明确,从而造成测量和诊断量表也很不统一,更缺乏规范的治疗和干预措施。

回溯物质成瘾的研究历史,现在对物质成瘾在定性、诊断和治疗上之所以能达成一致,主要源自20世纪中叶开始的对物质成瘾者脑功能改变的探讨。众多的研究结果发现,物质成瘾者的大脑结构和认知功能发生了显著而持久的损害,因此将其归入了精神障碍疾病之列。鉴于此,近年来一些研究者认识到,上述关于网瘾研究存在的问题在很大程度上源于对其生理机制,特别是脑机制缺乏深入而系统的研究。2008年,我国学者贺金波等发表了第一篇关于网络成瘾者存在认知功能缺陷的研究报告(贺金波,郭永玉,柯善玉,赵仑,2008),之后短短5年时间内,国内外围绕此问题的研究报告已有数十篇,研究者们采用ERP、MRI、fMRI、PET等技术,分别探究了静

收稿日期: 2012-05-21

\* 2012年教育部人文社科规划基金项目“现实社交焦虑影响网络成瘾的发生机制研究”(12YJA190006)资助。

通讯作者: 贺金波, E-mail: hjb@mail.ccnu.edu.cn

息状态条件、非网络信息诱发条件,以及网络信息诱发条件下,网络成瘾者与非成瘾者在脑结构和脑功能上的差异,得出了一些初步的结论。

## 1 静息状态下的大脑异常

### 1.1 脑结构异常

Zhou 等(2011)采用核磁共振(MRI)和基于体素的形态学测量(voxel-based morphometry, VBM)技术,研究了网瘾青少年和健康青少年在静息状态下的大脑灰质密度的差异。他们使用由 Young 编制,后经 Bear 和 Wolf 修订的《网络成瘾量表》筛选出 18 名青少年网瘾被试,通过严格匹配的组间设计选取 15 名非成瘾被试为对照。结果显示,与对照组相比,成瘾组被试的左侧前扣带回、左侧后扣带回、左脑岛、左侧舌回的大脑灰质密度降低,体积也显著减小。扣带回是边缘系统的重要组成部分,负责控制情绪、情感、动机以及其他情绪状态,同时对冲突识别、反应抑制和错误监测等机能也有支配作用(Dufour et al., 2008)。一些研究发现,脑岛与药物成瘾者外显的用药动机有关(Chase, Eickhoff, Laird, & Hogarth, 2011; Contreras, Ceric, & Torrealba, 2007; Naqvi, Rudrauf, Damasio, & Bechara, 2007; Sutherland, McHugh, Pariyadath, & Stein, in press),其作用机制是脑岛接受躯体内部生理状态的信息,将其整合成有意识的感觉,并综合到涉及特定风险和奖赏的决策过程中(Naqvi & Bechara, 2009)。Zhou 等(2011)因此推断,两组被试在上述脑区灰质密度上的差异可能是临床上网瘾者表现出情绪与行为障碍的生理基础,但舌回在网络成瘾中的具体作用尚不清楚。

Yuan 等(2007)采取相同的技术,分别考察了网络成瘾者和非成瘾者的大脑灰质体积和白质部分各向异性(fractional anisotropy, FA)的差异,以及网络成瘾者的脑异常与成瘾时间之间的关系。实验采用组间设计,成瘾组和控制组被试各 18 名。实验之前对所有被试进行了尿液检查,以排除可能的物质成瘾的影响。结果显示,就灰质体积来看,网络成瘾者的背外侧额叶皮层、辅助运动区、眶额皮层、小脑和左侧前扣带回下部的灰质体积较对照组显著减小,同时,右侧背外侧额叶皮层、右侧辅助运动区以及左侧前扣带回下部的体积与网络成瘾时间(以月为单位)呈负相关,

也即成瘾的时间越长,这些灰质的萎缩越明显。许多研究表明,眶额皮层、背外侧额叶皮层和前扣带回下部与认知控制能力有关,它们根据对刺激重要性的评估来选择行为,以获得预期的结果。辅助运动区决定是否执行一个正确反应或者拒绝一个不正确反应(Simmonds, Pekar, & Mostofsky, 2008),对认知控制具有调节作用(Li, Huang, Constable, & Sinha, 2006; Li & Sinha, 2008)。Yuan 等(2007)的观点是,这些灰质体积减少至少能部分地解释网络成瘾者的认知控制和目标导向行为的功能紊乱(Dong, Lu, Zhou, & Zhao, 2010; Ko et al., 2009, 2010)。白质各向异性的情况是:网络成瘾者的右侧海马旁回各向异性值较小,而左侧内囊后肢的各向异性值较大,且左侧内囊后肢的各向异性值与成瘾时间成正相关。各向异性值是白质完整性的信号强度,实验说明成瘾者海马旁回的白质受损,而内囊后肢的密度反而增强。海马旁回对记忆的编码和提取具有重要作用(Burgmans et al., 2009),此结构异常应该是成瘾者工作记忆功能受损的病理基础(Ko et al., 2009)。内囊后肢包括皮质脊髓纤维、躯体感觉纤维和一些皮质延髓纤维,它们对手指活动和运动想象具有重要作用。因此,Yuan 等(2007)认为,内囊后肢的各向异性值增大可能是由于网络成瘾者长时间打网络游戏时,精巧快速的点击鼠标、敲击键盘或操控游戏手柄所致。

以上研究均是网瘾组与控制组的比较,最近,Han, Lyoo 和 Renshaw (2012)采用 MRI 技术对比了网络游戏成瘾者(12 名)和非成瘾网络游戏玩家(17 名)的脑结构,两组被试的平均玩网游时间相等。结果显示,专业玩家的扣带回皮质显著大于成瘾者的,而丘脑皮质则相反:成瘾者的显著大于专业玩家的。扣带回与控制执行功能和注意保持有关,丘脑是多巴胺的关键靶区,在条件强化和奖赏期待中具有重要作用(Dong et al., 2010; Piras, Caltagirone, & Spalletta, 2010; Silton et al., 2010)。基于此,Han 等(2012)对实验结果的解释是,专业玩家和网游成瘾者玩网游的动机和体验不同。对专业玩家来说,玩网游是工作,工作结果必须要“赢”才有收入,所以,他们玩网游时专注于技术训练,这样负责注意保持和控制执行的扣带回皮层功能得以不断增强。而网游成瘾者则不同,他们更加在意网游给他们带来的兴奋和快乐体验,

因此隶属于奖赏中枢的丘脑机能逐渐得到强化。

## 1.2 脑功能异常

Park 等(2010)利用正电子发射断层(positron emission tomography, PET)技术测试了网络成瘾者静息状态下的葡萄糖代谢情况, 及其与冲动性的关系。采用韩国学者编制的《网络游戏成瘾量表》筛选了 11 名成瘾者, 同时随机选取 9 名非成瘾者为对照组, 成瘾和对照被试均为男性。被试完成 PET 扫描后立即用 Barratt 冲动性量表(BIS-II)测其冲动性。结果发现, 与对照组相比, 成瘾组被试右侧眶额中回、左侧尾状核和右侧脑岛的葡萄糖代谢率更高, 而且这种增高值与冲动性得分正相关。另外, 成瘾组被试双侧中央后回、左侧中央前回、右侧枕上回、左侧枕下回和右侧顶上小叶的代谢较控制组有显著降低。从右侧眶额中回代谢增强角度来说, 这似乎是个矛盾的实验结果, 因为眶额皮层是负责冲动抑制的, 它们的代谢增强的结果应该是冲动控制表现得更好才对。对物质成瘾者的 PET 研究, 也是这样的结果(Dimitropoulos, Tkach, Ho, & Kennedy, 2011; Grakalic, Panlilio, Quiroz, & Schindler, 2010)。对此, Park 等(2010)做出的两种解释是: 其一, 网络成瘾者已处在精神病性状态, 要求他们在静息状态下做 PET 扫描时, 他们的精神较正常被试兴奋程度要高, 因而需要付出更大的努力进行抑制控制。其二, 眶额皮层的代谢水平与冲动性之间的关系不是线性的, 或许代谢水平过低或过高都会导致冲动控制异常。至于脑岛的反应, 则与物质成瘾者的结果一致, 有研究认为, 脑岛代谢与成瘾之后被试报告的对成瘾源的渴求感相关(Piras et al., 2010; Sutherland et al., in press; Volkow & Fowler, 2000), 网络成瘾者脑岛代谢的增强应该是他们对网络行为的渴求所致。尾状核与脑岛一样, 与奖赏加工有关, 它和眶额皮层都接收来自多巴胺能的神经支配, 因此 Park 等(2010)猜测, 尾状核内代谢的变化可能与其多巴胺神经递质变化有关。为验证这一假设, 该研究组(Kim et al., 2011)针对网络成瘾者的多巴胺 D2 受体的可用性进行了研究。PET 扫描结果表明, 成瘾者左侧壳核、双侧尾状核内的 D2 受体可用性较控制组低, 且可用性与成瘾程度负相关。也即: 成瘾越严重, D2 受体可用性越低, 对多巴胺释放越不敏感, 这时成瘾者不得不通过更多的网络使用来满足其不断增

长的对兴奋和刺激的需求。而对于网瘾者躯体感觉区和枕区代谢显著低于控制组的结果, Park 等(2010)根据成瘾的躯体标记模型(Verdejo-García & Bechara, 2009)进行了解释: 成瘾者对由情绪体验诱发的躯体状态的神经元表征功能受损, 这导致他们对成瘾带来的长期负性后果不敏感, 无法基于负性结果做出决策。

Liu 等(2010)的 fMRI 实验重点分析了网瘾者静息状态下的脑功能同步性, 意在考察脑区局部活动在时间上的差异, 而不是密度差异。成瘾组和对照组被试各 19 名, 筛选工具也是 Bear 和 Wolf (2001)修订的 Young (1999)的量表。结果显示, 与控制组被试相比, 成瘾组的右侧扣带回、双侧海马旁回、右侧额叶(直肠回、额下回和额中回)、左侧额上回、左侧楔前叶、右侧中央后回、右侧枕中回、右侧颞下回、左侧颞上回和颞中回的同步性都有所增强, 说明这些脑区的神经活动整体增强了。这种变化也与其他成瘾行为的研究结果相一致, 如 Crockford, Goodyear, Edwards, Quickfall 和 El-Guebaly (2005)在研究赌博成瘾时发现, 患者右背外侧前额叶、右内侧额叶、右侧海马及左梭状回激活较正常被试增强。Pelchat, Johnson, Chan, Valdez 和 Ragland (2004)也发现, 贪食症者的海马、岛叶和尾状核激活程度也显著增强。上面提到的这些区域基本与奖赏中枢相吻合。

## 2 非网络信息刺激诱发的脑功能异常

### 2.1 感知觉功能异常

赵仑和高文彬(2007)首次将事件相关电位(ERP)技术应用于网络成瘾的研究, 他们用面孔原理图和非面孔物体做刺激材料, 观察 170ms 左右反映面孔敏感性的负波(N170 成分), 结果发现网络成瘾者表现出明显的面孔早期知觉加工的易化现象, 即 Nd170 (卡通面孔减去非面孔的诱发电位)的潜伏期明显提前并且更趋于枕区分布, 他们据此认为, 网络成瘾者对面孔的早期特异性加工的脑区在枕叶视觉皮层。但 He, Liu, Guo 和 Zhao (2011)采用真实面孔和真实物体材料诱发 N170 时, 得到的结果与赵仑等的研究不一致: 网络成瘾者的 Nd170 (真实面孔减去真实物体的诱发电位)较控制组显著减小, 说明成瘾组对真实面孔的早期加工(面孔敏感性)减弱。但这个矛盾的结果可能与两个研究使用的刺激材料有关, 赵仑等

采用的是卡通面孔, 而 He 等则是真实面孔。对网瘾者来说, 他们面对面的社交活动减少自然导致其接触真实面孔少, 而反过来, 非面对面的网络社交活动增加导致接触卡通面孔更多。

贺金波等(2008)还以声音作为刺激材料, 考察了网络成瘾者的听感觉成分 N100 和知觉成分 P300, 试图探讨网络成瘾者与非成瘾者在感知觉加工能力上是否存在差异。实验为组间设计, 成瘾者和对照组被试各 15 名, 实验采用的是 Oddball 实验范式。结果显示, 成瘾组被试的 N100 较对照组增强, 而 P300 幅值较对照组减弱。他们据此认为, 网络成瘾者的 N100 增强可能是因为其玩网络游戏时长期受游戏声音刺激导致听觉神经细胞的适应性改变, 而 P300 减弱则说明其大脑的知觉加工受到成瘾行为的影响。

## 2.2 反应抑制功能异常

反应抑制也称为冲动控制, 通常是指对优势反应或习惯行为进行抑制控制, 是一种重要的执行控制功能(Aron, 2007), 网络成瘾最早就被定性为类似于病理性赌博的冲动控制行为障碍(Young, 1996)。Dong 等(2010)应用 ERP 技术, 采用 Go-NoGo 范式, 来验证网络成瘾者是否存在冲动控制障碍的神经反应。Go-NoGo 范式中, 对小概率刺激做出正确反应时诱发的 200ms 左右的负波——N2-NoGo 成分, 被认为是反映反应抑制或冲动控制障碍的。成瘾被试和对照组被试各 12 名, 仍然使用 Young 的《网络成瘾量表》进行筛选。实验的刺激材料是大写字母“O”和“S”, NoGo 任务的概率是 25%。实验结果显示, 网络成瘾组的 N2-NoGo 平均波幅小于控制组, 而 P3 波幅大于对照组, 但 P3 潜伏期却较控制组更长。实验结果显然支持了网瘾者存在冲动控制障碍的假设。至于 P300 的改变, Dong 等(2010)认为, 这个范式中的 P300 波幅反映被试成功抑制其反应冲动时付出的认知努力程度, 而其潜伏期则反映认知效能。P300 的这种改变说明网络成瘾者需要对冲突信息做出更大的抑制努力才能控制惯性反应冲动, 但从结果看, 他们的努力并未得到理想的结果。

有研究显示, 注意缺陷多动障碍(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)的青少年常常伴随网络成瘾症状(Yen, Ko, Yen, Wu, & Yang, 2007; Yoo et al., 2004), Han 等(2009)为此设计了一个精巧的实验来考察抑制冲动的药物对网络成瘾

的影响。他们采用哌醋甲酯(methylphenidate, MPH)对 ADHD 和网络成瘾并发的患者进行了 8 周的治疗。结果, 8 周以后, 患者的网络成瘾症状和多动障碍均显著减少。哌醋甲酯又名利他林, 化学结构与神经递质中的苯丙胺相似, 因此, 此实验结果不仅证明了网络成瘾者的反应抑制障碍存在神经病理机制, 而且也提示可以从神经递质的角度对网络成瘾者的脑功能进行更加深入的研究。

## 2.3 奖罚反应的脑功能异常

多数网络成瘾者的社会功能均严重受损, 比如辍学、离职、离婚, 甚或犯罪等。事实上, 成瘾者对这些行为后果的危害(惩罚)不是不知晓, 可为什么其成瘾行为不能阻止呢? 一些研究者考虑是否与他们奖罚反应的敏感性有关。最近, Dong, Huang 和 Du (2011)采用 fMRI 方法, 利用概率猜测任务(probabilistic guessing task)范式来探究了此问题。成瘾被试 14 名, 控制组被试 13 名。实验中, 首先在屏幕中间呈现两张扑克牌的背面, 要求被试通过按键从中选择左边或右边的一张, 根据其选择的扑克牌的花色产生两种结果: 如果是红桃和方片赢得 10 美元, 黑桃和梅花则损失 10 美元。各种花色的扑克牌呈现顺序, 以及实验中赢和输的比例均是随机的。结果显示, “赢”的情况下, 成瘾组被试的眶额皮层活性显著高于控制组, “输”的情况下, 前扣带回的活性则显著低于控制组。眶额皮层对于价值引导行为具有重要的作用, 眶额皮层活性强说明成瘾组对奖赏更敏感。前扣带回与厌恶刺激加工有关, 有研究表明, 前扣带回活性的增强与损失引起的不愉快等级增加有关。因此可以认为, 成瘾组被试对金钱损失的反应减小, 由此可以解释为何网络成瘾者沉迷网络而不担心由此产生的心理、生活和工作困难等负面后果。

## 3 网络信息诱发的大脑异常

### 3.1 网络游戏直接诱发多巴胺释放

还有研究直接观察了网络游戏活动时的大脑代谢状态, 这些研究采用 PET 技术或单光子发射计算机断层扫描(single photon emission computed tomography, SPECT)技术分析网游活动时相应脑区的多巴胺释放情况。这两种技术常使用  $^{11}\text{C}$  标记的雷氟必利和  $^{123}\text{I}$  标记的 IBZM 作为介质, 如

果脑内内源性多巴胺浓度增加,那么这两种介质与多巴胺能神经元 D2 受体的结合位能将下降(Farde et al., 1992)。Koepf 等(1998)比较了 8 名健康男性被试(36~46 岁)在打网络游戏和面对电脑空屏(基线水平)时纹状体内多巴胺的释放情况。结果显示:被试在游戏过程中,纹状体内雷氟必利与 D2 受体的结合位能较基线水平(面对空屏)显著降低,特别是在腹侧纹状体内,降低达到了 13%,并且,降低程度与游戏成绩成正相关。动物研究表明,在动机行为的期待或渴求阶段,多巴胺释放增加(Ljungberg, Apicella, & Schultz, 1992)。因此, Koepf 等(1998)认为,与动物研究的结果一致,网游活动也是较强的动机行为,被试在此活动中受期待的奖励动机驱使,以及受到不断反馈的奖励结果激励,因而导致多巴胺的大量释放。Weinstein (2010)也发现,健康对照组被试在打网络游戏之后其尾状核内多巴胺 D2 受体结合位能相对基线水平减小 10.5%,而“摇头丸”戒毒者在游戏后的 D2 受体结合位能较基线水平几乎没有变化。Weinstein (2010)因此推测,健康被试在打游戏过程中释放了大量多巴胺,产生强烈快感,奖赏回路受到强化,此行为反复进行,就会导致其对网络游戏线索有关的信息更加敏感,最终可能导致成瘾;而反复吸食摇头丸者,由于其在吸食过程中大脑长期释放大量多巴胺,其大脑对自然奖赏的敏感性降低,因此玩网游时没有出现多巴胺的大量释放现象。

### 3.2 网络游戏线索诱发的神经异常

另有一些研究发现网络成瘾者对与游戏有关的线索更加敏感,表现出明显的对网络游戏线索的注意偏好,而且这种偏好与成瘾者对致瘾源的渴求有关(Field & Cox, 2008)。Ko 等(2009)采用 fMRI 技术,比较了网瘾者和非网瘾者在面对网游图片时脑区的激活情况。他们采用自编量表《大学生网络成瘾诊断标准》(DCIA-C)选取成瘾组和控制组被试各 10 名,该量表包括:全神贯注于网络、无法控制的冲动、比预计使用更多网络、耐受性、戒断反应、控制功能受损、过度的时间和精力沉迷于网络、决策功能受损等 8 项,符合 6 项及以上者为网络成瘾。刺激材料两类,一类是取自魔兽世界网络游戏图片,另一类是颜色和亮度与之相匹配的马赛克图片,两类图片各 8 张。扫描结束后,让被试回忆看图片时对网游的渴求

感和游戏体验,渴求感和游戏体验度均为 11 点计分。扫描结果显示,相对于对照组,成瘾组被试在面对游戏图片刺激时右侧眶额叶皮层、伏隔核、双侧前扣带回、内侧前额皮层、右侧背外侧额叶皮层和右侧尾状核的激活显著,并且,所有被试在上述这六个脑区的激活水平与其渴求感和游戏体验度成正相关。这些脑区与物质成瘾中与渴求感相关的脑区相一致(Chase et al., 2011; Franken, 2003; Wilson, Sayette, & Fiez, 2004; Young, 1996), Ko 等(2009)据此推断:在网络图片的刺激下,伏隔核激活了先前有关游戏的情绪性记忆,眶额皮层和前扣带回据此产生打游戏的期待和对游戏的渴求感,由背外侧额叶皮层产生并执行打游戏的计划,尾状核使得线索刺激-反应这一联结得到不断加强。

Han, Kim, Lee, Min 和 Renshaw (2010)也对网游线索诱发的渴求感进行了研究。被试选取的是 21 名玩网游但并未成瘾的大学生,要求他们连续 6 周每天至少打 1 小时之前从未玩过的一款网络游戏——“遗忘英雄传说(Lost SAGA)”,具体时间由他们自己控制。最后根据实际打游戏时间将他们分为两组:过度组(10 名)和正常组(11 名)。实验前后应用 fMRI 对他们进行大脑活性扫描,实验前是基线扫描,实验后用该款游戏的线索作为刺激诱发扫描,扫描后要求报告渴求感(7 点自我评定计分)。结果显示,基线水平两组被试的扫描结果和渴求感无显著差异,但 6 周实验后,过度组对游戏的渴求感显著高于正常组,过度组前扣带回和额上回的大脑活性较基线水平显著增强,且报告的渴求感的变化与前扣带回皮层活性变化正相关,而正常组则没有此种改变。渴求感与全神贯注寻求药物的行为有关,在由“滥用”向“依赖”转化的过程中起到关键作用(Koob, 2008),同时,前额叶内侧皮层与线索诱发的复吸行为(relapse behavior)有关(Myrick et al., 2004; Park et al., 2007),因此, Han 等推测,过度组被试有成瘾的倾向,他们连续打网游 6 周后,相关游戏线索诱发的脑内变化与物质成瘾者类似。

钱若兵等(2008)采用 fMRI 比较了网游成瘾者和非成瘾者在观看网游视频和生活视频时大脑的激活情况。被试选取也是 Young 的 20 个题目《网络成瘾量表》,成瘾和非成瘾者各 12 名。两类视频材料均为 4 分钟。观看结束后,要求被试对视

频内容作出有关兴奋性、感兴趣程度和厌倦程度的 5 点评定。结果支持了假设,成瘾组对网游视频的兴奋性、感兴趣程度较生活视频高,厌倦感则相反。同时,扣带回、隔区、前额叶、海马、尾状核的激活程度,网游视频诱发的显著高于生活视频,而对于非成瘾者,这两个线索诱发的脑活动则差异不大。作者因此认为,这些在毒品成瘾的形成和维持过程中具有重要作用的脑区,可能也与网络游戏成瘾行为的产生相关,或者说,这些脑区是与网络游戏成瘾相关的“奖赏系统”的一部分。

#### 4 结论和展望

网络成瘾研究的开创者 Young 认为,网络成瘾是与赌博成瘾相似的行为成瘾,主要特征是冲动控制障碍(Young, 1999),并以此为依据编制诊断量表。从上面综述来看,研究者绝大多数均采用了该诊断量表或以此为基础修订的量表,所以,目前网络成瘾脑机制研究在被试的诊断方面还是较为统一的,避免了因此造成的各研究结果无法比较的问题。众多研究所得到的首要结论,基本上支持了 Young 的观点,即发现网络成瘾脑机制的最突出特点是负责冲动控制的额叶和扣带回结构和功能异于常人,表现为额叶皮层灰质体积较小和白质密度较低,这应该是网络成瘾者无法控制上网冲动的神经病理学基础。同时成瘾者海马结构和功能也存在弱化现象,表明成瘾者的认知加工,特别是工作记忆功能明显低于常人。研究得到的第二个结论是,与正常人相比较,网络成瘾者的奖赏中枢存在活性更强的反应,涉及脑区主要是丘脑、纹状体、尾状核和脑岛等,研究者均认为,这可能是网络行为引发的快感不断刺激奖赏中枢释放多巴胺的结果。其三,在渴求状态下,除额叶、扣带回外,成瘾者伏隔核的激活显著高于非成瘾者,且激活程度与其报告的渴求感成正相关,证明网络成瘾者存在较强的对网络的渴求感。其四,初步证实了成瘾者对奖励敏感和对惩罚迟钝,前者表现为奖励线索下眶额皮层的功能显著强于对照组,后者则是惩罚线索下前扣带回的功能显著低于控制组。第五,与行为成瘾的定性相一致的是,成瘾者与手指精细运动有关的内囊后肢的结构更加致密,功能显著增强,这可能是网络成瘾者长时间兴奋性操作键盘、鼠标或

游戏手柄,导致的代偿性功能改变。以上五个研究结果,可以解释网络成瘾者在知、情、意、行诸方面的异常表现。而且,除最后(第五)一个结论外,其它情况与对物质成瘾者进行研究的结论基本一致,因此,我们可以认为,当前对网络成瘾脑机制研究的结果越来越支持网络成瘾是一种新型成瘾的观点。

但是也要看到,网络成瘾者这些大脑异常,基本上只能得出功能性异常的结论,理由在于:第一,虽然发现了在静息状态下的大脑许多部位灰质和白质结构的异常,但这样的研究数量显然还很少,而且还没有研究证实这种异常是否是因为网络成瘾导致的,也还不能进一步推测这种异常是暂时的还是持久的;第二,多数的改变,都是在网络线索或者直接的网络行为的诱发下发现的,这显然与功能连接得很紧密。而对物质类成瘾的研究发现,物质成瘾者大脑的结构和功能的损害,是慢性的、永久性和难以逆转的(Jones & Bonci, 2005; Robinson & Kolb, 2004)。所以,据现有结论,要把网络成瘾归于精神障碍疾病类型还需要确定其脑损害是否持久和不可逆。为解决此问题,接下来的研究可以考虑的方案有:实验设计时,要把成瘾时间和脑异常指标结合起来,分析大脑异常是否随着成瘾时间而改变,这样才能得出网络成瘾行为是否造成脑改变的令人信服的结论;要比较不同程度网络成瘾的脑异常情况。如果用现在使用的网络成瘾量表测量,网络成瘾的比例很高,但真正达到接近或已经成为精神病状态标准的成瘾者的数量,应该还不是太多,所以,需要比较精神病状态的成瘾者和非精神病状态的成瘾者之间的脑差异,以确定网络成瘾者大脑受损的程度是仅仅只能在功能层次,抑或和物质成瘾者一样,具有持久的器质性改变。要采用被试内实验设计,分别考察静息状态、网络线索诱发和直接网络活动中同一被试不同的脑活动情况,以分析网络成瘾者脑结构和功能变化的趋势。

既往的研究方法没有结合不同研究方法的优势,fMRI、PET 侧重于空间分辨率,ERP 偏重时间分辨率,这样的局面难以从行为-心理-神经动态层面揭示网络成瘾者的脑机制。因此,今后的研究,需要把提高时间分辨率和空间分辨率综合起来,在一个实验中,同时采用行为学、ERP、fMRI

和 PET 等方法, 全面动态分析网络行为导致的心理变化, 心理变化导致的中枢神经改变, 以及神经活动对心理行为的回向作用, 从而建立起网络成瘾的行为-心理-神经机制理论模型。

最后, 要特别重视神经递质的研究。既往研究虽然考察了网络线索诱发或直接网络活动时多巴胺的释放情况, 但还没有对其它类神经递质的研究。事实上, 从物质成瘾的研究来看, 多巴胺、5-羟色胺、乙酰胆碱、 $\gamma$ -氨基丁酸等对成瘾的发生都有不同的作用机制, 并且存在着相互作用。如果只考虑多巴胺的情况, 显然无法真正准确揭示网络成瘾的脑机制。

## 参考文献

- 贺金波, 郭永玉, 柯善玉, 赵仑. (2008). 网络游戏成瘾者认知功能损害的 ERP 研究. *心理科学*, 31(2), 380-388.
- 钱若兵, 傅先明, 韩晓鹏, 牛朝诗, 汪业汉, 王昌新, 等. (2008). 青少年网络游戏成瘾的功能性磁共振成像研究. *立体定向和功能性神经外科杂志*, 21(4), 207-211.
- 赵仑, 高文彬. (2007). 网络成瘾患者早期面孔加工 N170 的研究. *航天医学与医学工程*, 20(1), 72-74.
- Aron, A. R. (2007). The neural basis of inhibition in cognitive control. *The Neuroscientist*, 13(3), 214-228.
- Beard, K. W., & Wolf, E. M. (2001). Modification in the proposed diagnostic criteria for Internet addiction. *CyberPsychology & Behavior*, 4(3), 377-383.
- Burgmans, S., van Boxtel, M. P. J., van den Berg, K. E. M., Gronenschild, E. H. B. M., Jacobs, H. I. L., Jolles, J., et al. (2009). The posterior parahippocampal gyrus is preferentially affected in age-related memory decline. *Neurobiology of Aging*, 32(9), 1572-1578.
- 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(8), 785-793.
- Contreras, M., Ceric, F., & Torrealba, F. (2007). Inactivation of the interoceptive insula disrupts drug craving and malaise induced by lithium. *Science*, 318(5850), 655-658.
- Crockford, D. N., Goodyear, B., Edwards, J., Quickfall, J., & El-Guebaly, N. (2005). Cue-induced brain activity in pathological gamblers. *Biological Psychiatry*, 58(10), 787-795.
- Dimitropoulos, A., Tkach, J., Ho, A., & Kennedy, J. (2011). Greater corticolimbic activation to high-calorie food cues after eating in obese vs. normal-weight adults. *Appetite*, 58(1), 303-312.
- Dong, G. H., Huang, J., & Du, X. X. (2011). Enhanced reward sensitivity and decreased loss sensitivity in Internet addicts: An fMRI study during a guessing task. *Journal of Psychiatric Research*, 45(11), 1525-1529.
- Dong, G. H., Lu, Q. L., Zhou, H., & Zhao, X. (2010). Impulse inhibition in people with Internet addiction disorder: Electrophysiological evidence from a Go/NoGo study. *Neuroscience Letters*, 485(2), 138-142.
- Dufour, F., Schaer, M., Debbané, M., Farhoumand, R., Glaser, B., & Eliez, S. (2008). Cingulate gyral reductions are related to low executive functioning and psychotic symptoms in 22q11. 2 deletion syndrome. *Neuropsychologia*, 46(12), 2986-2992.
- Farde, L., Nordstrom, A. L., Wiesel, F. A., Pauli, S., Halldin, C., & Sedvall, G. (1992). Positron emission tomographic analysis of central D1 and D2 dopamine receptor occupancy in patients treated with classical neuroleptics and clozapine: Relation to extrapyramidal side effects. *Archives of General Psychiatry*, 49(7), 538-544.
- Field, M., & Cox, W. M. (2008). Attentional bias in addictive behaviors: A review of its development, causes, and consequences. *Drug and Alcohol Dependence*, 97(1-2), 1-20.
- Franken, I. H. A. (2003). Drug craving and addiction: Integrating psychological and neuropsychopharmacological approaches. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 27(4), 563-579.
- Goldberg, I. (1995). Internet addiction disorder (IAD) - Diagnostic criteria. Retrieved Jan 3, 2011, from <http://www.cybernothing.org/jdfalk/mediacoverage/archiv e/msg01305.html>
- Grakalic, I., Panlilio, L. V., Quiroz, C., & Schindler, C. W. (2010). Effects of orbitofrontal cortex lesions on cocaine self-administration. *Neuroscience*, 165(2), 313-324.
- Hall, A. S., & Parsons, J. (2001). Internet addiction: College student case study using best practices in cognitive behavior therapy. *Journal of Mental Health Counseling*, 23(4), 312-327.
- Han, D. H., Kim, Y. S., Lee, Y. S., Min, K. J., & Renshaw, P. F. (2010). Changes in cue-induced, prefrontal cortex activity with video-game play. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(6), 655-661.
- Han, D. H., Lee, Y. S., Na, C., Ahn, J. Y., Chung, U. S., Daniels, M. A., et al. (2009). The effect of methylphenidate on Internet video game play in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Comprehensive Psychiatry*, 50(3), 251-256.
- Han, D. H., Lyoo, I. K., & Renshaw, P. F. (2012). Differential regional gray matter volumes in patients with on-line game addiction and professional gamers. *Journal of Psychiatric Research*, 46(4), 507-515.
- He, J. B., Liu, C. J., Guo, Y. Y., & Zhao, L. (2011). Deficits

- in early-stage face perception in excessive internet users. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(5), 303–308.
- Johansson, A. A., & Götestam, K. G. (2004). Problems with computer games without monetary reward: Similarity to pathological gambling. *Psychological Reports*, 95(2), 641–650.
- Jones, S., & Bonci, A. (2005). Synaptic plasticity and drug addiction. *Current Opinion in Pharmacology*, 5(1), 20–25.
- Kim, S. H., Baik, S. H., Park, C. S., Kim, S. J., Choi, S. W., & Kim, S. E. (2011). Reduced striatal dopamine D2 receptors in people with Internet addiction. *Neuroreport*, 22(8), 407–411.
- Ko, C. H., Hsiao, S., Liu, G. C., Yen, J. Y., Yang, M. J., & Yen, C. F. (2010). The characteristics of decision making, potential to take risks, and personality of college students with Internet addiction. *Psychiatry Research*, 175(1-2), 121–125.
- Ko, C. H., Liu, G. C., Hsiao, S., Yen, J. Y., Yang, M. J., Lin, W. C., et al. (2009). Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction. *Journal of Psychiatric Research*, 43(7), 739–747.
- Koeppe, M. J., Gunn, R. N., Lawrence, A. D., Cunningham, V. J., Dagher, A., Jones, T., et al. (1998). Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, 393(6682), 266–267.
- Koob, G. F. (2008). *Neurobiology of addiction*. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing.
- Li, C. S. R., Huang, C., Constable, R. T., & Sinha, R. (2006). Imaging response inhibition in a stop-signal task: Neural correlates independent of signal monitoring and post-response processing. *The Journal of Neuroscience*, 26(1), 186–192.
- Li, C. S. R., & Sinha, R. (2008). Inhibitory control and emotional stress regulation: Neuroimaging evidence for frontal-limbic dysfunction in psycho-stimulant addiction. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(3), 581–597.
- Liu, J., Gao, X. P., Osunde, I., Li, X., Zhou, S. K., Zheng, H. R., et al. (2010). Increased regional homogeneity in internet addiction disorder: A resting state functional magnetic resonance imaging study. *Chinese Medical Journal*, 123(14), 1904–1908.
- Ljungberg, T., Apicella, P., & Schultz, W. (1992). Responses of monkey dopamine neurons during learning of behavioral reactions. *Journal of Neurophysiology*, 67(1), 145–163.
- Myrick, H., Anton, R. F., Li, X. B., Henderson, S., Drobles, D., Voronin, K., et al. (2004). Differential brain activity in alcoholics and social drinkers to alcohol cues: Relationship to craving. *Neuropsychopharmacology*, 29(2), 393–402.
- Naqvi, N. H., & Bechara, A. (2009). The hidden island of addiction: The insula. *Trends in Neurosciences*, 32(1), 56–67.
- Naqvi, N. H., Rudrauf, D., Damasio, H., & Bechara, A. (2007). Damage to the insula disrupts addiction to cigarette smoking. *Science*, 315(5811), 531–534.
- Park, H. S., Kim, S. H., Bang, S. A., Yoon, E. J., Cho, S. S., & Kim, S. E. (2010). Altered regional cerebral glucose metabolism in internet game overusers: A 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography study. *CNS Spectrums*, 15(3), 159–166.
- Park, M. S., Sohn, J. H., Suk, J. A., Kim, S. H., Sohn, S., & Sparacio, R. (2007). Brain substrates of craving to alcohol cues in subjects with alcohol use disorder. *Alcohol and Alcoholism*, 42(5), 417–422.
- Pelchat, M. L., Johnson, A., Chan, R., Valdez, J., & Ragland, J. D. (2004). Images of desire: Food-craving activation during fMRI. *Neuroimage*, 23(4), 1486–1493.
- Piras, F., Caltagirone, C., & Spalletta, G. (2010). Working memory performance and thalamus microstructure in healthy subjects. *Neuroscience*, 171(2), 496–505.
- Robinson, T. E., & Kolb, B. (2004). Structural plasticity associated with exposure to drugs of abuse. *Neuropharmacology*, 47(Suppl), 33–46.
- Shapira, N. A., Lessig, M. C., Goldsmith, T. D., Szabo, S. T., Lazoritz, M., Gold, M. S., et al. (2003). Problematic internet use: Proposed classification and diagnostic criteria. *Depression and Anxiety*, 17(4), 207–216.
- Silton, R. L., Heller, W., Towers, D. N., Engels, A. S., Spielberg, J. M., Edgar, J. C., et al. (2010). The time course of activity in dorsolateral prefrontal cortex and anterior cingulate cortex during top-down attentional control. *Neuroimage*, 50(3), 1292–1302.
- Simmonds, D. J., Pekar, J. J., & Mostofsky, S. H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia*, 46(1), 224–232.
- Sutherland, M. T., McHugh, M. J., Pariyadath, V., & Stein, E. A. (in press). Resting state functional connectivity in addiction: Lessons learned and a road ahead. *NeuroImage*.
- Verdejo-García, A., & Bechara, A. (2009). A somatic marker theory of addiction. *Neuropharmacology*, 56(Suppl), 48–62.
- Volkow, N. D., & Fowler, J. S. (2000). Addiction, a disease of compulsion and drive: Involvement of the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), 318–325.
- Weinstein, A. M. (2010). Computer and video game addiction—a comparison between game users and non-game users. *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, 36(5), 268–276.

- Wilson, S. J., Sayette, M. A., & Fiez, J. A. (2004). Prefrontal responses to drug cues: A neurocognitive analysis. *Nature Neuroscience*, 7(3), 211–214.
- Yen, J. Y., Ko, C. H., Yen, C. F., Wu, H. Y., & Yang, M. J. (2007). The comorbid psychiatric symptoms of Internet addiction: Attention deficit and hyperactivity disorder (ADHD), depression, social phobia, and hostility. *Journal of Adolescent Health*, 41(1), 93–98.
- Yoo, H. J., Cho, S. C., Ha, J., Yune, S. K., Kim, S. J., Hwang, J., et al. (2004). Attention deficit hyperactivity symptoms and internet addiction. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 58(5), 487–494.
- Young, K. S. (1996). Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. Paper presented at the the 104th annual convention of the American Psychological Association, Toronto, Canada.
- Young, K. S. (1999). Internet addiction: symptoms, evaluation and treatment. In L. VandeCreek & T. L. Jackson (Eds.), *Innovations in Clinical Practice: A Source Book* (Vol. 17, pp. 19–31). Sarasota, FL: Professional Resource Press.
- Yuan, Y. G., Zhang, Z. J., Bai, F., Yu, H., Shi, Y. M., Qian, Y., et al. (2007). White matter integrity of the whole brain is disrupted in first-episode remitted geriatric depression. *Neuroreport*, 18(17), 1845–1849.
- Zhou, Y., Lin, F. C., Du, Y. S., Qin, L. D., Zhao, Z. M., Xu, J. R., et al. (2011). Gray matter abnormalities in Internet addiction: A voxel-based morphometry study. *European Journal of Radiology*, 79(1), 92–95.

## Are the Internet Addicts' Brain Different from the Normal Users'?

HE Jin-Bo; HONG Wei-Qi; BAO Yuan-Chun; LEI Yu-Ju

(Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (CCNU), Ministry of Education;

School of Psychology, Central China Normal University; Key Laboratory of Human Development and Mental Health of Hubei Province, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Studies on whether the brain of internet addicts are different from the normal users' would contribute to defining, diagnosis and treatment of internet addiction. In recent years, cognitive neuroscience studies have suggested that, compared with normal users, internet addicts' brain have four main abnormalities: a. frontal lobe and cingulated gyrus are atrophic and degradative, resulting in inability to control their internet use. b. Hippocampus is dysfunctional, resulting in the decline of cognitive ability, especially working memory. c. Compensation of the reward center is enhanced, which is probably related to dysfunction of dopaminergic system. d. Posterior limb of internal capsule of people with internet addiction becomes more dense and active, which may be related to the fact that IAD subjects spent too much time on computer games and their repetitive actions such as mouse clicking and keyboard typing. These studies, at least, indicate that there are abnormalities in function of addicts' brain, which are similar to substance addicts'. However, further researches are still needed to make sure whether these abnormalities are caused by internet addiction and whether these abnormalities are structural or chronic.

**Key words:** Internet Addiction; brain structure; brain function; abnormality