

# 网络成瘾影像学研究进展

喻大华<sup>1</sup>, 卜利梅<sup>1</sup>, 薛婷<sup>2</sup>, 张明<sup>1</sup>, 任晓颖<sup>1</sup>, 谷宇<sup>1</sup>, 袁凯<sup>3</sup>

(1. 内蒙古科技大学信息工程学院内蒙古自治区模式识别与智能图像处理重点

实验室, 包头 014010; 2. 内蒙古科技大学数理与生物工程学院, 包头 014010;

3. 西安电子科技大学生命与科学技术学院生命科学研究中心, 西安 710071)

**【摘要】** 在我国青少年中网络成瘾的发生率已高达14.1%。本文主要对几年来应用神经影像学技术对网络成瘾神经机制的相关研究进行了分析和综述,并总结了未来可能的发展方向,以期揭示网络成瘾的神经机制提供有价值的资料。

**【关键词】** 网络成瘾; 渴求; 奖赏; 神经影像学

中图分类号: R395.1

DOI: 10.16128/j.cnki.1005-3611.2016.03.010

## The Neuroimaging Progress of Internet Addiction Disorder

YU Da-hua<sup>1</sup>, BU Li-mei<sup>1</sup>, XUE Ting<sup>2</sup>, ZHANG Ming<sup>1</sup>, REN Xiao-ying<sup>1</sup>, GU Yu<sup>1</sup>, YUAN Kai<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inner Mongolia Key Laboratory of Pattern Recognition and Intelligent Image Processing, School of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China; <sup>2</sup>School of Mathematics, Physics and Biological Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China;

<sup>3</sup>Life Sciences Research Center, School of Life Sciences and Technology, Xidian University, Xi'an 710071, China

**【Abstract】** Internet addiction disorder(IAD), similar with gambling addiction, alcohol addiction and drug addiction, is a kind of addictive disorder. In China, the incidence of IAD is 14.1% in adolescent. In this paper, the neuroimaging researches which investigated the neural mechanism of IAD were analyzed and reviewed. The possible research directions were discussed, which may provide valuable information of IAD.

**【Key words】** Internet addiction disorder(IAD); Craving; Reward; Neuroimaging

“网络成瘾”(Internet Addiction Disorder, IAD)由Goldberg于1994年借用DSM-IV中关于药物依赖的判断标准首次提出,是指由于过度使用网络而导致的明显的社会心理损害的一种现象<sup>[1]</sup>。Young认为网络成瘾与赌博、酗酒、吸毒成瘾等无异,也是一种成瘾疾病<sup>[2]</sup>。作为近20年来的第一次重大更新,美国精神病学协会(APA)2013年5月出版的《精神疾病诊断与统计手册》第五版(DSM-V, <http://www.dsm5.org/>)第一次明确将“网络游戏成瘾”列入值得研究的问题,这是国际社会对网络游戏成瘾的研究和认识的一大进步<sup>[3,4]</sup>。据中国互联网信息中心2015年7月发布的统计报告显示,截至2015年6月,我国网民规模达6.68亿,其中20-29岁年龄段的网民占比最高,达31.4%,而青少年网络成瘾的发生率已高达14.1%,并已成为我国未成年人犯罪的重要诱因<sup>[5-7]</sup>。然而,由于对网络成瘾发生机制的认识匮乏,导致目前对于网络成瘾的干预仍进展缓慢<sup>[8]</sup>。

近年来,神经影像学技术被广泛应用于网络成瘾神经机制的研究中,取得了一系列研究发现。网络成瘾作为一种特殊的行为成瘾疾病,难以建立动物模型,只能基于人进行相关的研究。现有的影像学研究发现表明,网络成瘾<sup>[9,10]</sup>与物质

成瘾<sup>[11,12]</sup>的渴求具有相似的神经机制,主要涉及奖赏、控制、决策以及记忆等回路的核心脑区,其中以纹状体多巴胺神经递质为核心的奖赏通路为研究热点<sup>[12]</sup>。本文将从以下3个方面对网络成瘾的影像学及干预研究进行总结。

## 1 网络成瘾大脑结构和功能的影像学研究

在大脑结构方面,青少年网络成瘾患者大脑灰质结构相对于健康对照组出现了明显异常,Zhou等人发现网络成瘾青少年包括左侧前扣带回皮层、后扣带回皮层、脑岛、舌回的一些脑区灰质密度有所减少<sup>[13]</sup>。其他的研究还包括脑区灰质体积<sup>[14]</sup>和皮层厚度<sup>[15]</sup>的变化,这些异常脑区包括背外侧前额叶皮层、前扣带回皮层、眶额皮层、脑岛等<sup>[16]</sup>。而白质研究还揭示了网络成瘾人群左侧内囊后肢各向异性数值较高,而右侧海马旁回各向异性数值较低<sup>[14]</sup>,丘脑、左侧后扣带、眶额束、胼胝体、放射冠、内囊和外囊等区域也被发现各向异性异常<sup>[17,18]</sup>;Xing等人最近采用纤维束跟踪技术还发现凸显网络内部白质纤维束连接各向异性分数降低<sup>[19]</sup>。

而在静息状态功能异常方面,通过采用低频振幅方法发现了网络成瘾青少年大脑眶额叶、楔前叶在内的多个脑区的低频振幅值发生了显著性的改变<sup>[20,21]</sup>。借助Granger因果连接方法和纤维束跟踪技术,还发现大脑凸显网络与中央执行网络之间的有效连接和结构连接均出现异常<sup>[22]</sup>,这些改变与被试的网龄以及认知任务中的行为学线性相关。Liu等人发现网络成瘾的大学生的一些脑区区域一致性(ReHo, region-

**【基金项目】** 国家自然科学基金(81571753, 81571751, 81301281, 81401488);内蒙古自治区自然科学基金(2015MS0604);内蒙古科技大学创新基金(2015QNGG03)

通讯作者:喻大华, Email: fmydh@imust.edu.cn

al homogeneity)与正常对照组相比有所增加,这些脑区包括小脑、脑干、右侧扣带回、双侧旁海马、右侧前额叶、左侧楔前叶、右侧中央后回、右侧顶叶、颞叶<sup>[23]</sup>。其他研究还发现网络成瘾青少年部分脑区(前额叶、扣带回、脑干等)局部一致性<sup>[24,25]</sup>,大脑默认网络<sup>[26]</sup>、中央执行网络<sup>[27]</sup>、前额叶-纹状体回路功能连接度<sup>[16]</sup>,杏仁核功能连接度<sup>[28]</sup>以及大脑全局网络功能特性均出现异常<sup>[29]</sup>。

在任务状态功能异常方面,吸毒相关线索的暴露往往会诱发生成对毒品的心理渴求,此过程涉及大脑多个回路中的核心脑区,网络成瘾者也存在类似的线索反应<sup>[9,10,30]</sup>。Ko等人比较网络成瘾和正常对照组在观看在线游戏图片和中性图片时大脑激活的差异,揭示了与网络成瘾有关的脑区,它们分别是右侧的眶额回、伏隔核、背外侧前额叶、尾状核,双侧的前扣带回和额中,上述脑区的激活水平与被试的主观渴求之间存在相关关系,这项研究结果表明网络成瘾中由线索诱导引起的渴求与药物成瘾中的神经机制是类似的,由此可推断网络成瘾与药物成瘾具有某种类似的神经生物学机制<sup>[10]</sup>。而由于奖赏系统在成瘾的发生和维持过程中起重要作用,Dong等利用任务态fMRI检测了网络成瘾者奖赏与惩罚信息的脑内加工过程<sup>[31]</sup>,他们发现与正常对照组相比,网络成瘾组在赢得金钱的情况下眶额皮层激活增强,而在损失金钱的情况下前扣带回的活动减弱。在Lorenz等的研究中<sup>[32]</sup>,进一步分析发现,右侧额下回与左侧眶额皮层及腹侧纹状体的功能连接较强,提示额叶可能对线索反应脑区存在自上而下的抑制性调制。网络游戏成瘾者还表现出对短暂呈现的游戏相关刺激及正性情感刺激的注意偏向,这种偏向并未在正常对照组中观察到,而且在此过程中成瘾组内侧前额叶皮层及前扣带回的活动较强。眶额皮层和前扣带回都是脑内奖赏系统的重要组成部分,该研究提示网络成瘾者对奖赏信息的处理存在异常。抑制控制功能的异常是成瘾的核心行为特点<sup>[33,34]</sup>。Li等人运用Go-Stop冲动行为范式和功能性核磁共振成像(fMRI)考察网络成瘾患者抑制控制相关的神经通路,发现正常对照组抑制控制调用了额叶-基底神经节回路,而网络成瘾患者缺乏这样的有效神经连接<sup>[35]</sup>。Dong等利用Stroop任务研究网络成瘾人群的抑制控制功能及其神经机制<sup>[36]</sup>,结果显示,成瘾组在Stroop任务中前扣带回及后扣带回激活显著强于正常对照组,且前扣带回的活性与反应时间及网络成瘾程度相关。前扣带回与冲突监测和认知控制等脑功能有关,成瘾者该脑区的较强激活可能反映了在抑制性反应中其认知控制效能的降低。此外,Go/Nogo实验范式的ERP研究结果发现网络成瘾组的Nogo N2的波幅低于对照组,这表明网络成瘾者的抑制控制能力低下<sup>[37,38]</sup>;另一项研究还发现网络成瘾组Nogo P3的波幅增高,潜伏期延长,这表明网络成瘾人群在面临同样的抑制任务时需要更多的资源,反映了网络成瘾人群抑制控制的效率较低<sup>[39]</sup>。

## 2 同位素影像学研究

借助于PET受体成像技术,可以对大脑局部神经功能活动进行多巴胺神经递质水平的分析,物质成瘾研究已证实药

物相关线索会诱发患者强烈的渴求并伴随纹状体多巴胺数量的增加<sup>[40,41]</sup>,该过程中多巴胺的释放量与渴求程度之间还存在明显的相关关系,这说明纹状体多巴胺系统与渴求存在着密切的联系<sup>[40,41]</sup>。对于网络成瘾患者,通过PET葡萄糖代谢成像技术发现与正常对照组相比,静息状态下网络游戏成瘾组右侧中眶额回、左侧尾状核及右侧岛叶的局部葡萄糖代谢较活跃,而双侧中央后回、左侧中央前回及双侧枕叶的葡萄糖代谢减弱<sup>[42]</sup>。同时已有研究发现被试在玩游戏的过程中也会伴随纹状体多巴胺释放量的增加<sup>[43]</sup>,游戏线索诱导可以引起纹状体区域的激活并伴随渴求分数的增加<sup>[9,10]</sup>,并且静息状态下纹状体多巴胺系统以及多巴胺转运体表现出异常<sup>[44,45]</sup>。Kim等以<sup>11</sup>C标记的多巴胺D<sub>2</sub>受体拮抗剂雷氯必利为放射示踪剂,在网络成瘾及正常对照中分别检测脑内纹状体(腹侧纹状体、背侧尾状核、背侧苍白球)多巴胺D<sub>2</sub>受体的可利用度<sup>[45]</sup>,发现网络成瘾组双侧背侧尾状核及左侧背侧苍白球内多巴胺D<sub>2</sub>受体的可利用度显著降低;其中左侧背侧尾状核及左侧背侧苍白球的受体可结合性与成瘾严重程度具有反比关系。多巴胺受体与奖赏体验密切相关,对于网络成瘾者而言,网络活动可能作为一种有效的高水平刺激激活脑内奖赏通路,使其原本低多巴胺活动状态趋于正常,产生兴奋和愉悦的感受。此外,Hou等采用SPECT扫描技术对网络成瘾者纹状体内多巴胺转运体水平进行了检测<sup>[46]</sup>,发现与正常对照组相比,成瘾者脑内双侧纹状体的多巴胺转运体水平显著降低;且其纹状体体积减小、形状不规则,呈哑铃型、细条纹状、新月形或散点状。

## 3 网络成瘾的干预治疗的影像学研究

由于网络成瘾在青少年群体日益普遍和严重,越来越多的研究人员尝试开发不同的方法对青少年网络成瘾行为进行预防和干预,这些方法主要包括心理-行为干预和药物治疗两种<sup>[25]</sup>。近年,针对网络使用渴求、家庭功能、人际关系等的心理行为干预方法开始受到重视,3周的家庭治疗可以有效降低网络游戏成瘾个体观看游戏图片时额中回的激活程度<sup>[29]</sup>。药物干预方面,6周的盐酸安非他酮(Bupropion)治疗可以有效降低网络游戏成瘾者线索诱导渴求分数和背外侧前额叶的激活程度。然而,网络成瘾的形成原因非常复杂,是遗传、环境与个体等多种因素共同作用的结果,单纯针对成瘾行为或者症状的认知行为疗法是否能做到标本兼治尚不清楚;药物治疗存在一定的副作用,已有网络成瘾的干预研究多使用即时后测,对干预的中长期效果追踪研究较少,因此对于戒断后复发的情况不甚明了。

综上所述,网络游戏成瘾与药物成瘾在某些方面具有类似的神经机制<sup>[30]</sup>,属于非物质成瘾范畴的网络成瘾可能有着更为复杂的神经机制,有关网络成瘾渴求确切的神经机制有待进一步研究。通过以物质成瘾的理论模型为指导,采用线索诱导渴求的研究范式,借助多模态影像学技术,将可能实现对网络成瘾渴求神经机制的多巴胺递质水平和回路水平的共同描述,构造网络成瘾渴求的大脑专属模型,为网络成瘾的干预治疗提供帮助。

## 参 考 文 献

- Goldberg I. Internet addiction disorder. Retrieved November 1996; 24:2004. <http://www.aeps.ulpgc.es/JR/Documentos/ciberadictos.doc>
- Young KS. Internet addiction: symptoms, evaluation and treatment. *Innovations in Clinical Practice: A Source Book*, 1999, 17: 19-31
- Petry NM, O'Brien CP. Internet gaming disorder and the DSM-5. *Addiction*, 2013, 108(7): 1186-1187
- Block JJ. Issues for DSM-V: internet addiction. *American Journal of Psychiatry*, 2008, 165: 306-307
- CNNIC 中国互联网络信息中心. 第36次中国互联网络发展状况统计报告. 2015.07.22, [http://www.cnnic.net.cn/hlw-fzyj/hlwxbzg/hlwjbg/201507/t20150722\\_52624.htm](http://www.cnnic.net.cn/hlw-fzyj/hlwxbzg/hlwjbg/201507/t20150722_52624.htm).
- 周晓琴, 奚晓岚, 程灶火, 等. 大学生网络成瘾患病率及心理健康状况的调查. *中国临床心理学杂志*, 2014, 22(4): 619-622
- 荀寿温, 黄峥, 郭菲, 等. 青少年网络成瘾与抑郁之间的双向关系. *中国临床心理学杂志*, 2013, 21(4): 613-615
- 奚晓岚, 张曼如, 程灶火, 等. 大学生网络成瘾的相关心理社会因素研究. *中国临床心理学杂志*, 2014, 22(5): 799-803
- Ko C-H, Liu G-C, Yen J-Y, et al. Brain correlates of craving for online gaming under cue exposure in subjects with Internet gaming addiction and in remitted subjects. *Addiction Biology*, 2013, 18(3): 559-569
- Ko C, Liu G, Hsiao S, et al. Brain activities associated with gaming urge of online gaming addiction. *Journal of Psychiatric Research*, 2009, 43(7): 739-747
- Sinha R. The clinical neurobiology of drug craving. *Current Opinion in Neurobiology*, 2013, 23(4): 649-654
- Volkow ND, Wang G-J, Fowler JS, et al. Addiction: Beyond dopamine reward circuitry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(37): 15037-15042
- Zhou Y, Lin F, Du Y, et al. Gray Matter abnormalities in Internet addiction: A voxel-based morphometry study. *European Journal of Radiology*, 2011, 79(1): 92-95
- Yuan K, Qin W, Wang G, et al. Microstructure Abnormalities in Adolescents with Internet Addiction Disorder. *PloS One*, 2011, 6(6): e20708
- Yuan K, Cheng P, Dong T, et al. Cortical Thickness Abnormalities in Late Adolescence with Online Gaming Addiction. *PloS One*, 2013, 8(1): e53055
- Kühn S, Gallinat J. Brains online: structural and functional correlates of habitual Internet use. *Addiction Biology*, 2014. In press, DOI: 10.1111/adb.12128
- Lin F, Zhou Y, Du Y, et al. Abnormal White Matter Integrity in Adolescents with Internet Addiction Disorder: A Tract-Based Spatial Statistics Study. *PloS One*, 2012, 7(1): e30253
- Dong G, DeVito E, Huang J, et al. Diffusion tensor imaging reveals thalamus and posterior cingulate cortex abnormalities in internet gaming addicts. *Journal of Psychiatric Research*, 2012, 46(9): 1212-1216
- Xing L, Yuan K, Bi Y, et al. Reduced fiber integrity and cognitive control in adolescents with internet gaming disorder. *Brain Research*, 2014, 1586: 109-117
- Yuan K, Jin C, Cheng P, et al. Amplitude of Low Frequency Fluctuation Abnormalities in Adolescents with Online Gaming Addiction. *PloS One*, 2013, 8(11): e78708
- 喻大华, 赵丽玫, 袁凯, 等. 网络游戏成瘾青少年大脑静息态低频振荡振幅异常的研究. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2013, 22(7): 630-632
- Yuan K, Qin W, Yu D, et al. Core brain networks interactions and cognitive control in internet gaming disorder individuals in late adolescence/early adulthood. *Brain Structure and Function*, 2015. In press, DOI: 10.1007/s00429-014-0982-7
- Liu J, Gao X, Osunde I, et al. Increased regional homogeneity in internet addiction disorder a resting state functional magnetic resonance imaging study(2009). *Chinese Medical Journal(English)*, 2010, 123(14): 1904-1908
- King DL, Delfabbro PH, Griffiths MD, et al. Cognitive-behavioral approaches to outpatient treatment of Internet addiction in children and adolescents. *Journal of Clinical Psychology*, 2012, 68(11): 1185-1195
- Winkler A, Dörsing B, Rief W, et al. Treatment of Internet addiction: a meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 2013, 33(2): 317-329
- King DL, Delfabbro PH, Griffiths MD, et al. Assessing clinical trials of Internet addiction treatment: A systematic review and CONSORT evaluation. *Clinical Psychology Review*, 2011, 31(7): 1110-1116
- Dong G, Lin X, Potenza MN. Decreased functional connectivity in an executive control network is related to impaired executive function in Internet gaming disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 2014, 57(3): 76-85
- Ko C-H, Hsieh T-J, Wang P-W, et al. Altered gray matter density and disrupted functional connectivity of the amygdala in adults with Internet gaming disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 2014, 57(3): 185-192
- Han DH, Kim SM, Lee YS, et al. The effect of family therapy on the changes in the severity of on-line game play and brain activity in adolescents with on-line game addiction. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 2012, 202(2): 126-131
- Yuan K, Qin W, Liu Y, et al. Internet addiction: Neuroimaging findings. *Communicative & Integrative Biology*, 2011, 4



- (6): 637-639
- 31 Dong G, Huang J, Du X. Enhanced reward sensitivity and decreased loss sensitivity in Internet addicts: an fMRI study during a guessing task. *Journal of Psychiatric Research*, 2011, 45(11): 1525-1529
  - 32 Lorenz RC, Krüger JK, Neumann B, et al. Cue reactivity and its inhibition in pathological computer game players. *Addiction Biology*, 2013, 18(1): 134-146
  - 33 Fillmore MT, Rush CR. Impaired inhibitory control of behavior in chronic cocaine users. *Drug and Alcohol Dependence*, 2002, 66(3): 265-273
  - 34 Fu L-p, Bi G-h, Zou Z-t, et al. Impaired response inhibition function in abstinent heroin dependents: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, 2008, 438(3): 322-326
  - 35 Li B, Friston KJ, Liu J, et al. Impaired Frontal-Basal Ganglia Connectivity in Adolescents with Internet Addiction. *Scientific Reports*, 2014, 5027, doi:10.1038/srep05027
  - 36 Dong G, DeVito EE, Du X, et al. Impaired inhibitory control in "internet addiction disorder": A functional magnetic resonance imaging study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 2012, 203: 153-158
  - 37 Zhou ZH, Yuan GZ, Yao JJ, et al. An event-related potential investigation of deficient inhibitory control in individuals with pathological Internet use. *Acta Neuropsychiatrica*, 2010, 22(5): 228-236
  - 38 Dong G, Lu Q, Zhou H, et al. Impulse inhibition in people with Internet addiction disorder: electrophysiological evidence from a Go/NoGo study. *Neuroscience Letters*, 2010, 485(2): 138-142
  - 39 Dong G, Zhou H, Zhao X. Male Internet addicts show impaired executive control ability: Evidence from a color-word Stroop task. *Neuroscience Letters*, 2011, 499: 114-118
  - 40 Volkow ND, Wang G-J, Telang F, et al. Cocaine cues and dopamine in dorsal striatum: mechanism of craving in cocaine addiction. *The Journal of Neuroscience*, 2006, 26(24): 6583-6588
  - 41 Wong DF, Kuwabara H, Schretlen DJ, et al. Increased occupancy of dopamine receptors in human striatum during cue-elicited cocaine craving. *Neuropsychopharmacology*, 2006, 31(12): 2716-2727
  - 42 Park HS, Kim SH, Bang SA, et al. Altered Regional Cerebral Glucose Metabolism in Internet Game Overusers: A18f-fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography Study. *CNS Spectrums*, 2010, 15(3): 159-166
  - 43 Koeppe MJ, Gunn RN, Lawrence AD, et al. Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, 1998, 393(6682): 266-268
  - 44 Hou H, Jia S, Hu S, et al. Reduced striatal dopamine transporters in people with Internet addiction disorder. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012, 2012: 854524, doi: 10.1155/2012/854524
  - 45 Kim SH, Baik SH, Park CS, et al. Reduced striatal dopamine D2 receptors in people with Internet addiction. *NeuroReport*, 2011, 22(8): 407-411
- (收稿日期:2015-10-21)
- 
- (上接第420页)
- 7 Krusemark EA, Li W. Do all threats work the same way? Divergent effects of fear and disgust on sensory perception and attention. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2011, 31: 3429-3434
  - 8 Rudolf S, Anne S, Bertram W. Hemodynamic responses to fear and disgust-inducing pictures: an fMRI study. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, 50: 225-234
  - 9 Malhi GS, Lagopoulos L, Sachdev PS. Is a lack of disgust something to fear? A functional magnetic resonance imaging facial emotion recognition study in euthymic bipolar disorder patients. *Bipolar Disorders*, 2007, 9: 345-357
  - 10 Cisler JM, Olatunji Bunmi O, Jeffrey M Lohr. Disgust, fear, and the anxiety disorders: A critical review. *Clinical Psychology Review*, 2009, 29: 34-46
  - 11 Mikels JA, Fredrickson BL, Larkin GR, et al. Emotional category data on images from the International Affective Picture System. *Behavior Research Methods*, 2005, 16: 25-32
  - 12 黄宇霞, 罗跃嘉. 国际情绪图片系统在中国的试用研究. *中国心理卫生杂志*, 2004, 18(9): 631-634
  - 13 白露, 马慧, 黄宇霞, 罗跃嘉. 中国情绪图片系统的编制-在46名中国大学生中的试用. *中国心理卫生杂志*, 2005, 9: 719-722
  - 14 Johanna C, van H, Christel D. Disgust-and not fear-evoking images hold our attention. *Acta Psychologica*, 2013, 143: 1-6
  - 15 Sun N, Qu C, Zho S, Yu L, Zheng X. Allocation of attention in response to novel neutral stimuli and predictive negative stimuli in men and women: an event-related potentials research study. *Biological Rhythm Research*, 211, 43(5): 475-483
  - 16 Luo W, Feng W, He W, et al. Three stages of facial expression processing: ERP study with rapid serial visual presentation. *NeuroImage*, 2010, 49: 1857-1867
  - 17 Pourtois G, Thut G, Grave de Peralta R, et al. Two electrophysiological stages of spatial orienting towards fearful faces: Early temporo-parietal activation preceding gain control in extrastriate visual cortex. *NeuroImage*, 2005, 26: 149-163
  - 18 Carretie L, Ruiz-Padial E, Lopez-Martin S, Albert J. Decomposing unpleasantness: Differential exogenous attention to disgusting and fearful stimuli. *Biological psychology*, 2011, 86: 247-253
- (收稿日期:2015-10-31)