

· 述评 ·

# 抑郁症患者视觉损伤的研究进展

张莉 沈辉 钱竹书

201108 上海交通大学医学院附属精神卫生中心

通信作者: 沈辉, Email: shenhui790915@hotmail.com; 钱竹书, Email: 61209701@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2023.04.001

**【摘要】** 视觉损伤在抑郁症患者中较为常见, 抑郁症患者的视觉处理能力在各个阶段都受到了损害, 目前研究集中在对比敏感度、视觉掩蔽、视觉注意、面部表情识别、运动视觉等方面。视觉加工障碍会导致正常感觉的缺陷, 因此无法正常激活奖赏通路, 进而加重抑郁症患者的快感缺乏。文章就抑郁视觉加工方面的损害情况及相关的脑机制进行综述, 旨在为进一步的研究作参考。

**【关键词】** 抑郁症; 对比敏感度; 视觉掩蔽; 视觉注意; 面部表情; 运动视觉; 综述

**基金项目:** 上海交通大学“交大之星”计划医工交叉研究基金(YG2021QN135)

**Research progress on visual processing disorders in major depressive disorder** Zhang Li, Shen Hui, Qian Zhushu

Shanghai Mental Health Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201108, China

Corresponding authors: Shen Hui, Email: shenhui790915@hotmail.com; Qian Zhushu, Email: 61209701@163.com

**【Abstract】** Visual impairment is common in patients with major depressive disorder. The visual processing ability of patients with depression is impaired at all stages. Current studies focus on contrast sensitivity, visual masking, visual attention, facial expression recognition, visual motion. Visual processing disorders can lead to the deficit of normal sensory perception, so that the reward pathway cannot be activated properly, and then aggravate the anhedonia in patients with depression. This article reviews the impairment of visual processing in major depressive disorder and the related brain mechanisms, so as to provide reference for further research.

**【Key words】** Depressive disorder; Contrast sensitivity; Visual masking; Visual attention; Facial expression; Motion visual; Review

**Fund program:** Shanghai Jiao Tong University "Star of Jiao Tong University" Medical staff Cross Research Fund Project (YG2021QN135)

抑郁症是一种以心境低落、兴趣和快感缺失、劳累感增加和精力下降为主要表现的情感障碍类疾病。有视力损伤的人群更容易罹患抑郁症<sup>[1]</sup>, 眼科疾病伴抑郁症状的患者也表现出与眼疾严重程度不相匹配的主观视力下降<sup>[2-3]</sup>。既往认为抑郁症不同于精神分裂症, 不存在视觉损伤, 但近年越来越多的研究提示抑郁症患者的视觉处理能力在各个阶段都受到了损害<sup>[4]</sup>。抑郁症患者会存在光线变暗、色彩失真、线条模糊、视觉易疲劳等感官上的视觉损伤<sup>[5-6]</sup>, 这与该类患者常觉得世界变得灰暗了, 生活失去了色彩等临床表现相符合。现就抑郁症几种常见的视觉加工障碍作综述, 分析其可能的脑机制, 为进一步研究提供参考。

## 一、对比敏感度

对比度指的是视觉目标中最亮区域和最暗区域不同亮度层级的测量, 通常用百分比来表示, 0%表示最亮区域和最暗区域的亮度是一致的, 两者没有边缘, 也就是说看不到物体, 100%表示黑白反差, 此时边界最清楚。个体看到目标刺激所需要的最小对比度称为对比度阈值。对比敏感度(contrast sensitivity, CS)是对比度阈值的倒数, 该值越高则提示视觉系统识别物体越灵敏。

有多项研究提示抑郁症患者在对比度辨别任务中(判断目标物与参照物是相同还是不同)显示出较低的CS<sup>[7-8]</sup>, 并有学者认为抑郁症患者CS的降低是原发性的视觉损害, 而不是由于抗抑郁药物、工作

记忆、注意力受损所导致的<sup>[8]</sup>。CS的降低不仅仅发生在抑郁症患者, 阈下抑郁的群体也同样存在<sup>[9]</sup>。虽然还没有直接的试验证实抑郁症状缓解后, 抑郁症患者的CS恢复正常, 但是一项利用图形视网膜电图(pattern electroretinogram, PERG)的研究提示抗抑郁治疗成功后视网膜功能恢复正常<sup>[10]</sup>。

但也有研究提示在不同的试验条件下, 抑郁症患者的CS结果并不一致, 如: 在高空间频率下, 抑郁症患者的CS与健康人群相比并不是下降, 而是增高<sup>[11]</sup>; 使用图形视网膜电图测量CS, 重度抑郁症患者的CS与健康人群无明显差异<sup>[12]</sup>。这些结果的差异可能与患者的区分标准不同, 测量仪器的灵敏度不同等多种因素相关。

视网膜是视觉信号处理的第一个阶段, 视网膜上多巴胺活性下降被认为是造成CS下降的主要原因<sup>[13]</sup>。而抑郁症患者的多巴胺功能紊乱也被越来越多的学者认识到<sup>[14]</sup>, 抑郁症患者的CS降低与视网膜上的多巴胺功能缺乏相关。重度抑郁症患者视网膜功能下降的同时, 枕叶皮层功能也受到影响, 但是其枕叶皮层功能下降的程度与视网膜功能不相符, 这可能是由于视觉信号在外侧膝状体或皮层中修改的对比适应缓和了视网膜中多余的损失<sup>[15]</sup>。

## 二、视觉掩蔽

视觉掩蔽是指注视的目标由于在时间或者空间上有相邻的其他注视物的出现而导致可见度下降的现象。视觉掩蔽有多种方式, 目前应用在精神科的主要是反向视觉遮蔽。视觉遮蔽在精神分裂症中的研究较多, 被认为是精神分裂症的内在表型, 其发生可能与视觉通路大细胞的损伤、胆碱系统功能异常等有关<sup>[16]</sup>。

视觉遮蔽在抑郁症患者中的试验结果并不一致, 有研究认为抑郁症患者并不存在视觉遮蔽现象<sup>[17]</sup>, 但也有研究提示抑郁症患者存在微弱的视觉遮蔽, 它的视觉遮蔽程度介于精神分裂症和健康人群之间<sup>[18]</sup>。抑郁症患者的视觉遮蔽现象不仅仅与早期视觉通路的损伤有关, 与高级视觉皮层的信息处理异常也有关系<sup>[18]</sup>。

## 三、视觉注意

视觉注意是指一种在大量的视觉输入信息中有选择性的进行压缩和处理的过程, 它可以帮助人们快速理解视野中的内容。视觉注意可以是自下而上产生的, 比如让人惊恐的场景可以快速进入意识层面, 也可以是自上而下产生, 比如在众多背景的干扰下立即看到想要的东西。抑郁症患者的视觉注意

存在缺陷<sup>[19]</sup>, 有Meta分析认为, 与健康对照相比, 抑郁症患者的持续性视觉注意缺陷较为明显, 视觉空间注意的缺陷较小, 选择性视觉注意基本没有差异<sup>[20]</sup>。也有研究认为对于消极信息的选择性注意是抑郁症发生和发展的重要因素<sup>[21]</sup>。

多项研究试图从不同的角度解释抑郁症患者视觉注意缺陷的机制。脑电图的研究结果并不一致, 有研究发现抑郁症患者视觉诱发电位P1成分并无异常, 提示该类患者视觉注意并无异常<sup>[22]</sup>, 但也有研究认为抑郁症患者专注于自己的精神世界, 对于外部信息处理能力下降, 其视觉诱发电位中顶点正电位(VPP)波幅低于健康对照, 提示抑郁症患者视觉注意分配异常。这两个研究结果的不一致, 可能与视觉注意不同阶段相关, P1比VPP出现的时间早, 注意力可能无法影响最初的视觉传入活动<sup>[23]</sup>。

脑磁图的研究提示, 抑郁症患者在静息状态下, 左枕叶的 $\theta$ 、 $\alpha$ 频段能量均低于健康对照组, 且抑郁组枕叶的 $\theta$ 频段能量右偏侧化更为明显, 这说明抑郁症患者视觉注意功能的受损是由于两侧枕叶的低频能量不对称导致了大脑半球间功能协调性和信息传递的效率下降所致<sup>[24]</sup>。

功能磁共振的研究提示抑郁症患者大脑的视觉和背侧注意网络的功能连接减少<sup>[25]</sup>, 且不管是在静态还是在动态, 重度抑郁症患者的视觉网络聚类系数均显著增加和有更高的小世界性, 此外, 抑郁症的视觉网络对背侧注意网络(DAN)的网络间连接降低<sup>[26]</sup>。有研究对比了抑郁症患者和健康人的全脑功能网络, 发现在节点水平上, 抑郁症患者的躯体运动网络(SMN)、背侧注意网络(DAN)和视觉网络(VN)的节点程度降低, 以及默认网络(DMN)、SMN、DAN和VN的节点效率降低, 这表明抑郁症患者局部和全部脑网络的效率都下降了<sup>[27]</sup>。综上所述, 这些结果支持抑郁症患者视觉系统更少的接受来自注意网络的调节。

## 四、面部表情识别

达尔文认为表达情绪的面部表情是进化过程的产物, 在人类物种的生存中起着功能性的作用。对情绪的准确面部识别是有效的社会交流和适应性行为的核心。抑郁症患者存在面部表情识别能力的缺陷。抑郁症患者能更快地识别悲伤情绪面孔<sup>[28]</sup>, 而识别快乐情绪的准确率低, 且抑郁程度越高, 准确率越低<sup>[29]</sup>。除了在识别情绪面孔上存在缺陷, 与健康个体相比, 抑郁症患者对焦虑面孔的注意维持有中等程度的增加, 对快乐面孔的注意维持有中等程

度的减少<sup>[30]</sup>。除了识别他人的面部表情有缺陷,抑郁症患者自身的面部表情也存在一定的问题,如在非言语交际中,其积极面部表情同步性较差<sup>[31]</sup>。

5-HT和去甲肾上腺素(NE)这两种神经递质与面部表情识别相关<sup>[4]</sup>,使用抗抑郁药物治疗能够改善抑郁症患者面部表情识别障碍<sup>[32-33]</sup>。而抑郁症患者自身的面部表情减少可能与多巴胺功能低下相关<sup>[34]</sup>。

事件相关电位的研究提示,当对快乐的面孔进行分类时,抑郁的患者表现出N170振幅的下降和潜伏期的延长,这说明抑郁症患者处理积极面部信息时间过长,难以产生正面情绪反应<sup>[35]</sup>。但面对悲伤面孔时,P1振幅增大,且随着抑郁症状的好转,P1会正常,这说明抑郁症患者处理负性面部信息时反应偏大,比较容易感受到负性情绪<sup>[36]</sup>。

杏仁核在面部表情识别中的作用已被证实,有研究认为抑郁症患者的杏仁核右侧内侧核体积较健康人群增大,提示杏仁核的亚结构改变可能参与了该疾病的病理生理过程<sup>[37]</sup>。抑郁症患者的左侧杏仁核对于负性情绪面孔的反应性增强曾被认为是导致面部表情识别障碍的机制,但是也有研究认为杏仁核高反应性只与部分患者症状的病因学相关,它在面部识别中起到的作用并没有之前认为的那么大<sup>[38]</sup>。

### 五、运动视觉

运动视觉是指对运动物体所产生的视觉反应。在健康的年轻人中,增加低对比度刺激的大小可以提高运动辨别性能。但是,增加高对比度刺激的大小会降低运动辨别能力,这种现象被称作空间抑制。目前研究认为抑郁症患者空间抑制能力下降,表现为对高对比度大光栅的运动辨别能力增强<sup>[39]</sup>,高对比度小光栅的运动辨别能力减弱<sup>[40]</sup>。抑郁症状持续时间越长,其空间抑制就越弱,长期康复的抑郁症患者空间抑制与健康成人类似<sup>[39]</sup>。但也有研究提示了不一致的结果,认为抑郁症患者的运动辨别敏感度无异常,且在66 ms的呈现时间下,其中心周围抑制作用还有增强<sup>[41]</sup>。结果的不一致性可能还与入组的病例标准不同,抑郁程度不同且检测方法不同有关。

抑郁症患者运动视觉的受损,尤其是空间抑制能力的下降,被认为与颞中区(middle temporal area, MT)密切相关<sup>[42]</sup>。颞中区的抑制性神经递质 $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)和谷氨酸(GLU)浓度减少,可能导致视知觉中冗余信息的抑制减少,从而造成运动空间抑制能力的下降<sup>[40]</sup>。

### 六、总结与展望

人类所获取的所有信息中,视觉信息占据了80%以上,正常的视觉对于人类来说非常重要。抑郁症患者的视觉功能广泛受损,除了CS、视觉遮蔽、视觉注意、面部表情识别、运动视觉5个方面的视觉功能受损外,其立体视觉、眼动、视觉翻转等方面也均有不同程度的受损<sup>[43-45]</sup>。视知觉的受损会让抑郁症患者更多地关注负面信息,正常的感官知觉通路受损,无法正常的激活奖赏通路,使患者处于快感缺失的状态<sup>[4]</sup>。

抑郁症视觉的评估方法多样,研究选择的抑郁症群体不一样,这些都给抑郁症的视觉缺陷评估带来了困难。有研究提出运动视觉中的空间抑制可能代表了抑郁症中一种敏感的特征性的内表型标记<sup>[39]</sup>。但是后续的研究并没有进一步论证这种检测方法的可行性及可靠性。因此如何全面系统且统一化的评估抑郁症患者的视觉功能是值得探索的。

抑郁症患者的视觉受损可能由多方面的因素造成,枕叶发育异常<sup>[46]</sup>,多巴胺、GABA和GLU等神经递质的异常,以及脑电、脑神经网络的异常均可导致。但是研究仍处在初期阶段,具体机制仍有待进一步研究。

抑郁症患者的视觉受损可以通过药物、心理治疗改善<sup>[4, 47]</sup>,但是药物、心理治疗是通过何种机制起到改善作用的并不清晰。视知觉的产生不一定非要通过视觉刺激产生,也可以通过其他的感官系统,例如听觉、触觉来实现。这一过程可以通过知觉学习来完成<sup>[48]</sup>。抑郁症患者的视知觉是否可以通过其他的知觉学习来改善,这些问题都值得思考。

综上所述,抑郁症患者的视觉损害广泛,但是视觉损害评估方法、损害发生机制以及改善的方法都处在初级研究阶段,需要进一步研究探讨。

**利益冲突** 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

**作者贡献声明** 论文撰写为张莉,论文修订为钱竹书,论文审核为沈辉

### 参 考 文 献

- [1] Pardhan S, López Sánchez GF, Bourne R, et al. Visual, hearing, and dual sensory impairment are associated with higher depression and anxiety in women[J]. *Int J Geriatr Psychiatry*, 2021, 36(9): 1378-1385. DOI: 10.1002/gps.5534.
- [2] Cosh S, Carriere I, Nael V, et al. The association of vision loss and dimensions of depression over 12 years in older adults: Findings from the Three City study[J]. *J Affect Disord*, 2019, 243: 477-484. DOI: 10.1016/j.jad.2018.09.071.

- [ 3 ] Morse AR. Addressing the Maze of Vision Loss and Depression[ J ]. JAMA Ophthalmol, 2019, 137(7): 832-833. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2019.1234.
- [ 4 ] Fitzgerald PJ. Gray colored glasses: is major depression partially a sensory perceptual disorder?[ J ]. J Affect Disord, 2013, 151(2): 418-422. DOI: 10.1016/j.jad.2013.06.045.
- [ 5 ] Friberg TR, Borrero G. Diminished perception of ambient light: a symptom of clinical depression?[ J ]. J Affect Disord, 2000, 61(1/2): 113-118. DOI: 10.1016/s0165-0327(99)00194-9.
- [ 6 ] Qi X, Fan H, Yang X, et al. High level of pattern glare in major depressive disorder[ J ]. BMC Psychiatry, 2019, 19(1): 415. DOI: 10.1186/s12888-019-2399-6.
- [ 7 ] Fam J, Rush AJ, Haaland B, et al. Visual contrast sensitivity in major depressive disorder[ J ]. J Psychosom Res, 2013, 75(1): 83-86. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2013.03.008.
- [ 8 ] Bubl E, Tebartz Van Elst L, Gondan M, et al. Vision in depressive disorder[ J ]. World J Biol Psychiatry, 2009, 10(4 Pt 2): 377-384. DOI: 10.1080/15622970701513756.
- [ 9 ] Chen S, Zhong H, Mei G. Stable abnormalities of contrast discrimination sensitivity in subthreshold depression: A longitudinal study[ J ]. Psych J, 2022, 11(2): 194-204. DOI: 10.1002/pchj.525.
- [ 10 ] Bubl E, Ebert D, Kern E, et al. Effect of antidepressive therapy on retinal contrast processing in depressive disorder[ J ]. Br J Psychiatry, 2012, 201: 151-158. DOI: 10.1192/bjp.bp.111.100560.
- [ 11 ] Wesner MF, Tan J. Contrast sensitivity in seasonal and nonseasonal depression[ J ]. J Affect Disord, 2006, 95(1/3): 19-28. DOI: 10.1016/j.jad.2006.03.028.
- [ 12 ] Fam J, Rush AJ, Haaland B, et al. Visual contrast sensitivity in major depressive disorder[ J ]. J Psychosom Res, 2013, 75(1): 83-86. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2013.03.008.
- [ 13 ] Langheinrich T, Tebartz van Elst L, Lagrèze WA, et al. Visual contrast response functions in Parkinson's disease: evidence from electroretinograms, visually evoked potentials and psychophysics[ J ]. Clin Neurophysiol, 2000, 111(1): 66-74. DOI: 10.1016/s1388-2457(99)00223-0.
- [ 14 ] Belujon P, Grace AA. Dopamine System Dysregulation in Major Depressive Disorders[ J ]. Int J Neuropsychopharmacol, 2017, 20(12): 1036-1046. DOI: 10.1093/ijnp/pyx056.
- [ 15 ] Bubl E, Kern E, Ebert D, et al. Retinal dysfunction of contrast processing in major depression also apparent in cortical activity[ J ]. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci, 2015, 265(4): 343-350. DOI: 10.1007/s00406-014-0573-x.
- [ 16 ] 沈辉, 张莉, 刘燕. 精神分裂症视觉加工障碍的研究进展[ J ]. 神经疾病与精神卫生, 2021, 21(5): 361-364. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2021.05.010.  
Shen H, Zhang L, Liu Y. Research progress on visual processing disorders in schizophrenia[ J ]. Journal of Neuroscience and Mental Health, 2021, 21(5): 361-364.
- [ 17 ] Rund BR, Egeland J, Sundet K, et al. Early visual information processing in schizophrenia compared to recurrent depression[ J ]. Schizophr Res, 2004, 68(2/3): 111-118. DOI: 10.1016/S0920-9964(03)00193-2.
- [ 18 ] Favrod O, da Cruz JR, Roinishvili M, et al. Electrophysiological correlates of visual backward masking in patients with major depressive disorder[ J ]. Psychiatry Res Neuroimaging, 2019, 294: 111004. DOI: 10.1016/j.psychres.2019.111004.
- [ 19 ] 乔正学, 孙国栋, 赵晓云, 等. 大学生抑郁症患者视觉信息前注意加工的失匹配负波研究[ J ]. 哈尔滨医科大学学报, 2019, 53(4): 442-445.  
Qiao ZX, Sun GD, Zhao XY, et al. Study on pre-attentive change detection index by visual mismatch negativity in undergraduate students with major depressive disorder[ J ]. Journal of Harbin Medical University, 2019, 53(4): 442-445.
- [ 20 ] Wang X, Zhou H, Zhu X. Attention deficits in adults with Major depressive disorder: A systematic review and meta-analysis[ J ]. Asian J Psychiatr, 2020, 53: 102359. DOI: 10.1016/j.ajp.2020.102359.
- [ 21 ] 夏海莎, 李雨谿, 刘小菠, 等. 抑郁患者情绪面孔注视特征: 基于眼动研究的 Meta 分析[ J ]. 中国组织工程研究, 2022, 26(29): 4735-4741. DOI: 10.12307/2022.836.  
Xia HS, Li YX, Li XB, et al. Gaze characteristics of emotional faces in depressed patients: a Meta-analysis based on eye movement studies[ J ]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2022, 26(29): 4735-4741.
- [ 22 ] Spironelli C, Romeo Z, Maffei A, et al. Comparison of automatic visual attention in schizophrenia, bipolar disorder, and major depression: Evidence from P1 event-related component[ J ]. Psychiatry Clin Neurosci, 2019, 73(6): 331-339. DOI: 10.1111/pcn.12840.
- [ 23 ] Alilović J, Timmermans B, Reteig LC, et al. No Evidence that Predictions and Attention Modulate the First Feedforward Sweep of Cortical Information Processing[ J ]. Cereb Cortex, 2019, 29(5): 2261-2278. DOI: 10.1093/cercor/bhz038.
- [ 24 ] 冯毅刚, 管玉芳, 沈拾亦, 等. 抑郁症患者静息态枕叶  $\theta$ 、 $\alpha$  频段能量偏侧化与视觉注意功能损伤的相关研究[ J ]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2019, 40(6): 525-530. DOI: 10.11778/j.jdx.2019.06.008.  
Feng YG, Guan YF, Shen SY, et al. Correlation between resting-state energy lateralization of  $\theta$  and  $\alpha$  bands in occipital region and visual attention impairment in patients with major depressive disorder[ J ]. Journal of Jinan University ( Natural Science & Medicine Edition), 2019, 40(06): 525-530.
- [ 25 ] Yan CG, Chen X, Li L, et al. Reduced default mode network functional connectivity in patients with recurrent major depressive disorder[ J ]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2019, 116(18): 9078-9083. DOI: 10.1073/pnas.1900390116.
- [ 26 ] Chen H, Liu K, Zhang B, et al. More optimal but less regulated dorsal and ventral visual networks in patients with major depressive disorder[ J ]. J Psychiatr Res, 2019, 110: 172-178. DOI: 10.1016/j.jpsychores.2019.01.005.
- [ 27 ] Yang H, Chen X, Chen ZB, et al. Disrupted intrinsic functional brain topology in patients with major depressive disorder[ J ]. Mol Psychiatry, 2021, 26(12): 7363-7371. DOI: 10.1038/s41380-021-01247-2.
- [ 28 ] Porter-Vignola E, Booij L, Bossé-Chartier G, et al. Emotional facial expression recognition and depression in adolescent girls: Associations with clinical features[ J ]. Psychiatry Res, 2021, 298: 113777. DOI: 10.1016/j.psychres.2021.113777.
- [ 29 ] Krause FC, Linardatos E, Fresco DM, et al. Facial emotion recognition in major depressive disorder: A meta-analytic review[ J ]. J Affect Disord, 2021, 293: 320-328. DOI: 10.1016/j.jad.2021.06.053.

- [ 30 ] Suslow T, Hußlack A, Kersting A, et al. Attentional biases to emotional information in clinical depression: A systematic and meta-analytic review of eye tracking findings[ J ]. *J Affect Disord*, 2020, 274: 632-642. DOI: 10.1016/j.jad.2020.05.140.
- [ 31 ] Altmann U, Brümmer M, Meier J, et al. Movement Synchrony and Facial Synchrony as Diagnostic Features of Depression: A Pilot Study[ J ]. *J Nerv Ment Dis*, 2021, 209(2): 128-136. DOI: 10.1097/NMD.0000000000001268.
- [ 32 ] Harmer CJ, O'Sullivan U, Favaron E, et al. Effect of acute antidepressant administration on negative affective bias in depressed patients[ J ]. *Am J Psychiatry*, 2009, 166(10): 1178-1184. DOI: 10.1176/appi.ajp.2009.09020149.
- [ 33 ] Shiroma PR, Thuras P, Johns B, et al. Emotion recognition processing as early predictor of response to 8-week citalopram treatment in late-life depression[ J ]. *Int J Geriatr Psychiatry*, 2014, 29(11): 1132-1139. DOI: 10.1002/gps.4104.
- [ 34 ] Clausius N, Born C, Grunze H. The relevance of dopamine agonists in the treatment of depression[ J ]. *Neuropsychiatr*, 2009, 23(1): 15-25.
- [ 35 ] Tong Y, Zhao G, Zhao J, et al. Biases of Happy Faces in Face Classification Processing of Depression in Chinese Patients[ J ]. *Neural Plast*, 2020, 2020: 7235734. DOI: 10.1155/2020/7235734.
- [ 36 ] Ruohonen EM, Alhainen V, Astikainen P. Event-related potentials to task-irrelevant sad faces as a state marker of depression[ J ]. *Biol Psychol*, 2020, 149: 107806. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2019.107806.
- [ 37 ] Roddy D, Kelly JR, Farrell C, et al. Amygdala substructure volumes in Major Depressive Disorder[ J ]. *Neuroimage Clin*, 2021, 31: 102781. DOI: 10.1016/j.nicl.2021.102781.
- [ 38 ] Grogans SE, Fox AS, Shackman AJ. The Amygdala and Depression: A Sober Reconsideration[ J ]. *Am J Psychiatry*, 2022, 179(7): 454-457. DOI: 10.1176/appi.ajp.20220412.
- [ 39 ] Golomb JD, McDavitt JR, Ruf BM, et al. Enhanced visual motion perception in major depressive disorder[ J ]. *J Neurosci*, 2009, 29(28): 9072-9077. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1003-09.2009.
- [ 40 ] 李哲. 急性抑郁发作期的视觉外周抑制功能及分子标记物研究[ D ]. 杭州: 浙江大学, 2021.
- [ 41 ] Norton DJ, McBain RK, Pizzagalli DA, et al. Dysregulation of visual motion inhibition in major depression[ J ]. *Psychiatry Res*, 2016, 240: 214-221. DOI: 10.1016/j.psychres.2016.04.028.
- [ 42 ] Liu DY, Ju X, Gao Y, et al. From Molecular to Behavior: Higher Order Occipital Cortex in Major Depressive Disorder[ J ]. *Cereb Cortex*, 2022, 32(10): 2129-2139. DOI: 10.1093/cercor/bhab343.
- [ 43 ] Hou WL, Yin XL, Yin XY, et al. Association between stereopsis deficits and attention decline in patients with major depressive disorder[ J ]. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2021, 110: 110267. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2021.110267.
- [ 44 ] Rantanen M, Hautala J, Loberg O, et al. Attentional bias towards interpersonal aggression in depression - an eye movement study[ J ]. *Scand J Psychol*, 2021, 62(5): 639-647. DOI: 10.1111/sjop.12735.
- [ 45 ] Prat-Ortega G, Wimmer K, Roxin A, et al. Flexible categorization in perceptual decision making[ J ]. *Nat Commun*, 2021, 12(1): 1283. DOI: 10.1038/s41467-021-21501-z.
- [ 46 ] Schmitgen MM, Depping MS, Bach C, et al. Aberrant cortical neurodevelopment in major depressive disorder[ J ]. *J Affect Disord*, 2019, 243: 340-347. DOI: 10.1016/j.jad.2018.09.021.
- [ 47 ] Holloway E, Sturrock B, Lamoureux E, et al. Can we address depression in vision rehabilitation settings? Professionals' perspectives on the barriers to integrating problem-solving treatment[ J ]. *Disabil Rehabil*, 2018, 40(3): 287-295. DOI: 10.1080/09638288.2016.1250172.
- [ 48 ] Proulx MJ, Brown DJ, Pasqualotto A, et al. Multisensory perceptual learning and sensory substitution[ J ]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2014, 41: 16-25. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2012.11.017.

(收稿日期: 2022-10-09)

(本文编辑: 赵金鑫)