

眼动追踪技术在心境障碍全病程评估中应用的研究进展

林健森 吴晓慧 陈俊 方贻儒

201100 上海交通大学医学院附属精神卫生中心(林健森、吴晓慧、陈俊、方贻儒);

200000 上海交通大学医学院附属瑞金医院情感障碍中心(方贻儒)

通信作者: 方贻儒, Email: yirufang@aliyun.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2024.09.012

【摘要】 心境障碍主要指抑郁障碍及双相情感障碍,常在成年早期发病,是青壮年社会功能受损乃至残疾的主要原因之一,给社会造成了巨大的经济负担。心境障碍患者存在多种功能受损,然而其功能损害难以量化评估,且在疾病不同阶段表现不一,对患者的生活造成潜在影响,甚至引起自伤、自杀等严重不良后果。眼动追踪技术是一项针对眼球一系列自发性、控制性及目的性运动的客观评估手段,具有仪器轻便,操作相对简单,非侵入性等优势,在精神医学领域应用日渐广泛。本文总结目前心境障碍相关的眼动研究,围绕可用于临床的眼动追踪范式、潜在临床应用方向、多模态分析的潜能及眼动追踪技术的发展方向等展开综述,发掘眼动追踪技术作为心境障碍患者功能评估工具的潜力,以期为临床应用提供参考。

【关键词】 双相情感障碍; 抑郁障碍; 眼动追踪技术; 功能评估; 多模态; 综述

基金项目: 上海市精神卫生中心临床研究中心重点项目(CRC2021DX01); 上海市市级科技重大专项(2018SHZDZX05); 上海市精神卫生中心临床研究中心关键支撑项目(SHDC2020CR6023)

Research progress of eye tracking technology as a functional status assessment tool for patients with mood disorders

Lin Jiansen, Wu Xiaohui, Chen Jun, Fang Yiru
Shanghai Mental Health Centre, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 201100, China (Lin JS, Wu XH, Chen J, Fang YR); Centre for Affective Disorders, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200000, China (Fang YR)
Corresponding author: Fang Yiru, Email: yirufang@aliyun.com

【Abstract】 Mood disorders mainly refer to depression and bipolar disorder, which often occur in early adulthood and are one of the main causes of social dysfunction and disability in young adults, causing

- [14] Wang S, Cheng S, Feng M, et al. Sevoflurane augmentation in treatment-resistant depression: a clinical case study[J]. *Ther Adv Psychopharmacol*, 2020, 10: 2045125320957126. DOI: 10.1177/2045125320957126.
- [15] Feng M, Cheng S, Fang Y, et al. Augmentation of Sevoflurane inhalation for treatment-resistant depression with different features: a case series[J]. *Asian J Psychiatr*, 2023, 82: 103495. DOI: 10.1016/j.ajp.2023.103495.
- [16] Dogan Z, Senoglu N, Yildiz H, et al. Comparison of enflurane and propofol in electroconvulsive therapy, a randomized crossover open preliminary study on seizure duration and anaesthetic recovery[J]. *Rev Bras Anesthesiol*, 2011, 61(5): 582-590, 319-323. DOI: 10.1016/S0034-7094(11)70069-1.
- [17] Kafashan M, Brian Hickman L, Labonte AK, et al. Quiescence during burst suppression and postictal generalized EEG suppression are distinct patterns of activity[J]. *Clin Neurophysiol*, 2022, 142: 125-132. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.07.493.
- [18] Langer G, Karazman R, Neumark J, et al. Isoflurane narcotherapy in depressive patients refractory to conventional antidepressant drug treatment. A double-blind comparison with electroconvulsive treatment[J]. *Neuropsychobiology*, 1995, 31(4): 182-194. DOI: 10.1159/000119190.
- [19] Weeks HR 3rd, Tadler SC, Smith KW, et al. Antidepressant and neurocognitive effects of isoflurane anesthesia versus electroconvulsive therapy in refractory depression[J]. *PLoS One*, 2013, 8(7): e69809. DOI: 10.1371/journal.pone.0069809.
- [20] Antila H, Ryazantseva M, Popova D, et al. Isoflurane produces antidepressant effects and induces TrkB signaling in rodents[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 7811. DOI: 10.1038/s41598-017-08166-9.
- [21] Zhang SS, Tian YH, Jin SJ, et al. Isoflurane produces antidepressant effects inducing BDNF-TrkB signaling in CUMS mice[J]. *Psychopharmacology (Berl)*, 2019, 236(11): 3301-3315. DOI: 10.1007/s00213-019-05287-z.

(收稿日期: 2024-02-26)

(本文编辑: 赵金鑫)

a huge economic burden on society. Patients with mood disorders have multiple functional impairments, but their functional impairments are difficult to quantify and may manifest differently at different stages of the disease, potentially affecting their lives and even causing serious adverse consequences such as self-injury and suicide. Eye tracking technology is an objective evaluation method for a series of spontaneous, controlled, and purposeful movements of the eye. It has the advantages of lightweight instruments, relatively simple operation, and non-invasiveness, and is increasingly widely used in the field of psychiatry. This article summarizes the current eye tracking research related to mood disorders, focusing on the eye tracking paradigms that can be used in clinical practice, potential clinical application directions, the potential of multimodal analysis, and the development direction of eye tracking technology. It explores the potential of eye tracking technology as a functional assessment tool for patients with mood disorders, to provide reference for clinical applications.

【Key words】 Bipolar disorder; Depressive disorders; Eye tracking technology; Functional evaluation; Multimodal; Review

Fund programs: Key Project of the Clinical Research Center, Shanghai Mental Health Center (CRC2021DX01); Shanghai Municipal Science and Technology Major Project (2018SHZDZX05); Key Supporting Project of the Clinical Research Center, Shanghai Mental Health Center (SHDC2020CR6023)

心境障碍主要指抑郁障碍及双相情感障碍。抑郁障碍以持续的情绪低落、兴趣缺失、意志活动减退等为主要表现^[1]；双相情感障碍以抑郁和躁狂或轻躁狂交替或混合发作为特征，轻躁狂和躁狂发作以能量异常增加、情绪升高、自我评价高等症状为主^[2]。心境障碍主要在成年早期发病，是青壮年社会功能受损乃至残疾的主要原因之一，给社会造成了巨大的经济负担^[1,3]。心境障碍起病隐匿，往往需数月甚至数年才得到明确诊断与治疗^[4]。心境障碍患者病程中存在多种功能受损，其功能损害在不同疾病阶段表现不一，对患者的生活造成影响，甚至引起自伤自杀等严重后果，但目前尚缺乏量化评估损伤程度的手段，需要新的技术以实现疾病的早期发现和干预^[5]。

眼动追踪技术是一项针对眼球一系列自发性、控制性及目的性运动的客观评估手段，其量化评估的内容包括瞳孔的动态变化、眼睛注视的位置和时间、运动轨迹等，为探索人类的视觉感知过程及个体的认知加工过程提供了可视化手段，同时又有仪器轻便、操作相对简单、非侵入性等优势，在医学领域发挥重要的作用^[6-7]，于1908年首次应用于精神病学研究^[8]。Carvalho等^[9]通过对2014年之前使用眼动追踪技术研究抑郁障碍的文章进行系统综述，初步提出了眼动追踪技术用于心境障碍临床诊断的潜力。本文总结目前心境障碍相关的眼动研究，围绕可用于功能评估的眼动追踪任务、潜在临床应用方向、多模态分析的潜能及眼动追踪技术的发展方向等展开综述。

一、评估心境障碍患者不同功能维度的眼动追踪范式

1. 评估患者注意力偏向的眼动任务：自由观看任务中，受试者被指示如平时看电视或浏览手机屏幕一般自由观看屏幕上出现的图片、视频，不对其

提出进一步的观看要求或执行任务，在一定的时间范围内收集眼动数据^[10]。该任务执行难度低，可调节性强，可以根据现实情况设定感兴趣区域，分析视线位于此区域内时的眼动数据。

点探针任务中，在屏幕的左右侧同时显示两个图像，这些图像中的一个或两个具有情感特征。例如，一张表情愤怒的脸和一张无明显情绪的脸。这两个图像呈现之后经固定的短暂时间间隔，让受试者执行一项判断任务：一个图形出现在其中一张图片周围，受试者需按下按钮反馈其形状。如果受试者的注意力因为带有情感刺激的照片而偏向刺激侧或对侧，后续反馈需要的时间就会相应缩短或延长，为评估注意力偏差提供了可视化的依据，相较自由观看任务更具可控性^[11]。

视觉参与-脱离任务在点探针任务的基础上，将情感图片与后续任务的出现从固定时间间隔改为由患者足够长的注视(通常为100 ms)触发^[12]。该任务将受试者的眼部运动作为触发视觉刺激的条件，可减少注意力再分配及运动启动功能受损引起的误差。

2. 评估患者整体认知功能的眼动任务：视觉搜索任务需受试者根据给出的要求，在屏幕上若干个目标中寻找一个或多个符合条件的目标；或在一系列目标中互相比对，找出与其他不同的一个或多个目标；受试者作出反馈的方式一般有两种：持续注视正确目标直到该项任务结束，或者按下按键。该任务需根据难度设定合理的反馈空间和时间，避免受试者在多个任务中形成固定视觉搜索模式^[13]。该任务需要患者的理解、识别、判断等能力相互配合才能完成，易于暴露患者的整体认知损害程度。

3. 评估患者的运动预测及追踪能力的眼动任务：平滑眼球追踪任务中，屏幕上会出现一个点或物体，以可变的速率按设定的轨迹连续移动，要求

受试者尽可能地用眼球活动追踪移动轨迹。在此基础上,为研究受试者对于不连续可见运动轨迹的追踪差异,又衍生出了全斜面任务、中间空白任务、短斜面任务、后期斜面任务等^[14]。该任务通过计算患者在追踪过程中注视轨迹的角速度与正常值差异,评估患者的运动预测追踪能力下降程度。

会聚眼球任务通过注视棒测量患者的近会聚点,具体过程为将目标物从远处朝向受试者眼球运动,直到受试者报告出现复视,或检查者发现受试者眼睛停止会聚并偏离注视点,随即让目标物远离受试者眼球,直到受试者恢复单眼视力^[15]。通过测量受试者在上述过程中眼球与会聚点的距离,与健康人群对比以发现其眼球追踪能力的改变。

4. 评估患者抑制功能的眼动任务: 预眼跳任务中,先在屏幕中央出现初始目标点,该点固定不动。受试者被要求注视初始目标点,一段时间后,在周围会出现一个新的视觉目标点。受试者被要求尽可能快地注视新的目标点。根据初始目标点与新目标点出现的时间关系,预眼跳任务分为3种类型: 初始目标点消失的同时新的视觉目标点出现,称为顺序预眼跳; 初始目标点消失后经过短暂的延迟(常为80~130 ms)后新的视觉目标点出现,称为间隙预眼跳; 如果初始目标点还没消失新的视觉目标点即出现,称为重叠预眼跳^[9]。

反眼跳任务则在预眼跳任务基础上要求受试者避免注视新的目标点,而是注视其沿垂直中线的镜像点。受试者在抑制追踪目标的同时,执行向目标点镜像位置的眼跳,使受试者的抑制功能缺陷更容易暴露。反眼跳任务常以预眼跳任务作为对照。任务中需通过随机顺序,并在每次任务开始前才告知受试者本次任务执行预眼跳还是反眼跳,以减少注意力分配定式形成导致的误差。抑制功能受损表现为错误率和反应时间的延长(与预眼跳任务相比)^[16]。

二、心境障碍患者的眼动相关功能改变

1. 注意偏差: 使用自由观看任务、点探针任务等范式的研究中发现,抑郁患者对悲伤或中性面孔的首次注视持续时间和总注视时间延长,对快乐面孔的注视时间减少,后者在中年抑郁患者中较青少年更明显^[17-20]。抑郁的老年人花在情感特征上的时间更少,对悲伤和中性的人像更感兴趣^[21]。同时,抑郁症患者需更长的时间才能脱离与抑郁相关的刺激^[12, 22]。

双相情感障碍患者的注意偏差会因所处发作期的变化而改变,其中双相抑郁期患者对积极刺激缺乏敏感性,而双相躁狂期患者对悲伤、愤怒及中性

情绪刺激缺乏敏感性^[23]。然而无论处于何种发作期,甚至是无症状的双相障碍期,患者都表现出对威胁刺激的注意力倾向^[24-25]。

注意偏差贯穿于心境障碍患者全病程,在不同发作状态、不同疾病阶段均有不同的表现。通过眼动追踪识别注意偏向的变化,较根据诊断标准识别临床表现的改变更具敏感性。

2. 整体认知功能: 在视觉搜索任务中,抑郁障碍患者需投入更多的注意力,表现出更多的注视次数,更长的总注视时间和平均注视时间^[26]。目前临床上依赖MoCA等主观性评估工具对患者的认知功能进行评估,眼动追踪技术则提供了更客观的评估途径。

3. 运动预测及追踪能力: 平滑追踪任务中发现,抑郁症患者较健康对照者的眼跳持续时间明显缩短,峰值扫视速度显著降低,表明抑郁症患者可能通过反复地追赶扫视来补偿位置追踪的误差^[27]。

双相情感障碍患者与精神分裂症患者开环部分的视觉运动转换存在缺陷,导致眼球追踪初速度降低^[14]。此外,与健康对照者相比,双相情感障碍患者在眼球会聚和注视目标所需的眼球会聚运动中表现出更多的误差和更多的扫视次数^[28]。

综上所述,心境障碍患者常表现出工作能力下降,通过眼动追踪发现其运动预测和追踪能力下降,为探索其机制提供了理论基础。

4. 抑制功能: 与健康老年人相比,老年抑郁症患者执行预眼跳和反眼跳任务表现出更长的反应时间和更高的错误率,且抑制所需的时间成本(反眼跳反应时间与预眼跳反应时间之差)较高,这与抑郁的严重程度相关,而非整体精神运动迟缓所致^[29]。成年抑郁患者执行该项任务时也表现出类似的缺陷^[5, 30-32]。也有研究发现,双相情感障碍患者在执行注视稳定性任务中具有和抑郁症患者类似的表现,即表现出更高的眼跳抑制错误率^[33]。综上所述,目前的研究认为,抑制功能下降是心境障碍患者的共同特征,针对抑制功能下降的识别与改善是降低其高自伤自杀率的可能途径。

三、使用眼动追踪技术进行功能评估的临床应用方向

目前,已有单独使用眼动追踪技术辅助临床诊断的案例。Tao等^[34]采用自由观看任务中的面部特征与面部情感捕捉任务进行青少年抑郁症的快速筛查,通过眼动轨迹的距离等数据确定了相应的数字生物标志物,在临床样本中其综合预测有效性达97.4%。另一项研究同样使用人物面孔的自由观看任务进行病种间鉴别诊断,囊括了来自全球9个不同地点的1 600个样本,发现抑郁患者与社交焦

虑障碍患者、创伤后应激障碍患者的眼动特征存在统计学差异^[35],证明了眼动追踪技术在临床疾病诊断与鉴别诊断上的潜力。

除作为疾病诊断的方法外,眼动追踪技术在以下几种临床应用方面具有应用前景。

1. 判断抑郁障碍患者疾病阶段与疗效:在几项缓解期与现患抑郁患者的注意偏差差异性研究中,Isaac等^[36]发现缓解期抑郁患者的注意偏向与发作期患者不同,未出现注视从积极刺激上的快速收回,表明抑郁缓解的患者可能会恢复积极信息的注意处理能力;Li等^[37]则发现了相反的结果,认为缓解期抑郁患者的消极注意力倾向缓解,但其积极注意力倾向仍不足。尽管结果存在异质性,但可以认为,缓解期抑郁患者与现患相比存在注意偏差的改变,可以协助临床医生快速判断抑郁患者(尤其是门诊治疗患者)的治疗疗效,根据其所处疾病阶段调整药物治疗方案。也有研究表明,缓解期抑郁症患者仍存难以脱离消极刺激的注意偏差^[12],这也为快速筛查处于潜伏期的抑郁患者提供了理论依据。

2. 双相情感障碍患者与精神分裂症的鉴别及其精神病性症状识别:双相情感障碍患者在执行眼球会聚运动时,表现出目标跟踪准确性降低、眼跳次数增加,而精神分裂症患者在此基础上,还会表现出最大会聚范围减少,且其非优势眼的追踪能力下降更明显^[15]。

Brakemeier等^[38]研究发现,不伴精神病性症状的双相情感障碍患者在早期和预测性的追踪维持上显著优于伴精神病性症状的双相情感障碍患者,后者在初始眼部加速及早期和预测性追踪维持方面受损。

严重的双相障碍患者精神病性症状易导致其误诊为精神分裂症,而部分患者陈述病史时会忽略其幻听、妄想等精神病性症状。眼动追踪技术可识别其临床表现外的生理改变,以减少误诊,帮助临床医生及时发现与处理精神病性症状。

3. 儿童双相情感障碍患者情绪认知障碍的识别:儿童双相情感障碍患者的情绪变化以易激惹为主要表现,其心智不成熟表现易影响其对自身情绪的正确表述与判断,影响临床诊断。研究发现双相情感障碍的儿童对眼睛的关注度下降,进而导致其情绪识别准确度下降^[39]。通过眼动追踪技术可以暴露此种认知障碍,并针对性地予以矫正训练。

4. 易感人群的快速筛查与早期识别:心境障碍的早期发现与早期干预是临床诊疗的重要原则。通过点探针任务研究发现,诊断为焦虑障碍的儿童如果表现出持续回避威胁刺激,则更容易发展为抑郁

障碍^[40]。选择性关注愤怒的面孔与女性抑郁患者的高复发风险相关^[41]。Ekin等^[42]发现,双相情感障碍超高风险个体(包括亚临床症状个体及高遗传风险个体)在反眼跳及记忆引导眼跳任务中的存在预期性和快速的眼跳增加。眼动追踪任务的便捷性使此类人群的定期快速复查成为可能,为疾病提供了早期识别和干预的途径。

5. 患者自杀风险预测:老年抑郁患者存在较高的自杀风险,然而受言语功能退化影响,其消极观念不易暴露。在眼跳与反眼跳任务中,有自杀倾向的老年抑郁症患者较无自杀倾向者,反眼跳任务中错误的纠正率更低,纠正需要的时间更长^[31]。有自杀意念史的儿童则表现出对具有社会威胁性的面部表情的持续关注^[43]。通过眼动任务进行筛查,可以识别病房、学校、社区中的潜在自杀风险人群,提前采取干预措施降低自杀率。

6. 认知修正训练疗效评估:注意力偏差修正训练通过改善抑郁患者的负性注意倾向来缓解抑郁症状。点探针任务等范式在注意偏差上的识别能力得到大量临床研究证明,目前已被多项研究用于评估与验证该训练的疗效,并在研究训练的机制中发挥作用^[44-46]。患者的注意偏向减少与疾病严重程度下降密切相关,眼动追踪技术具备评估心境障碍患者恢复程度的潜力。

7. 眼动追踪技术联合其他检查技术提高诊断准确率:除单独用于临床研究,部分研究将眼动追踪技术与其他辅助检查技术结合,通过多种模型的构建来探索提高情感障碍诊断准确率的方法^[47-48]。Ding等^[49]收集了眼动、脑电图、皮肤电反应等数据,并通过机器学习算法进行门诊抑郁患者与健康患者的区分,在使用逻辑回归算法时准确率达79.63%,预测值达76.67%。Zhu等^[47]使用基于内容的集成方法分析眼动与脑电数据,在抑郁症的识别上准确率达82.5%。另有针对抑郁患者使用油画诱导眼动及脑电信号,通过Transformer深度学习模型,诊断精确度达92.19%^[50]。随着模型构建方法的进步与范式的改进,眼动追踪技术与现有经典检测技术的结合也能取得越来越高的诊断准确度。

此外,眼动追踪技术还与更多的新兴检测技术结合用于研究。在捕捉眼动特征的同时进行眼部成像,利用三流卷积神经网络技术检测抑郁症,该模型准确率达79.3%^[51];在获取眼球运动信息的同时捕捉受试者面部表情特征如头部位置、旋转方向等信息,通过深度学习方法针对抑郁症的快速预诊断准确率达91.67%^[52]。随着更多检测技术的开发,眼动追踪技术的应用也将得到拓展,获得更高的诊

断准确率。

在双相情感障碍的研究中,研究者着眼于眼动异常与面部表情特征作为双相障碍的辅助诊断工具的可能性,发现双相障碍患者观看负性图片或电影片段时表现出注意偏差和面部表情异常^[53]。Broch-Due 等^[54]发现与健康对照者相比,双相障碍患者在观看中性或负性图片时注视均减少,同时在观看期间普遍表现出更惊讶的面部表情,为进一步构建模型探索提高双相情感障碍的诊断准确率提供了理论依据。

以上研究成果表明,眼动追踪技术具有与多种辅助检查技术结合,提高临床诊断准确率的应用潜力。

四、眼动追踪技术在评估患者社会功能中的应用

在上述典型任务的基础上,许多研究者通过改良范式评估患者社会功能及复合场景下的功能异常,取得了新的发现。抑郁患者在查看新闻网站时会增加对焦虑烦躁内容的注意,且抑郁症状更重者认为包含焦虑信息的文章较积极内容的文章更有趣,表明抑郁患者对社会信息认知存在异常^[55];在浏览图片时存在对人际攻击信息的持续注意倾向,表明抑郁患者在人际交往中对威胁信息的认知敏感性增加^[56];在演讲期间对消极反馈的注视时间更长,表明抑郁患者的社会压力适应不良,压力调节能力降低^[57]。通过眼动追踪技术,原本依赖主观性判断的社会功能可以通过注视持续时间、注视脱离延迟等数据来具体表现,实现社会功能的客观量化评估。

为还原患者遇到的社会场景, Sanchez 等^[57]在研究中每隔一段固定时间向受试者展示一张包括所有观众表情的图片, Lin 等^[58]的研究则事先录制了观众作出反馈的视频并直接播放给受试者。改良后的眼动任务更具生物有效性,通过更真实地模拟社会情景引出患者的异常行为,判断患者的社会功能受损程度,具有评估患者病情严重程度及康复程度的潜在应用价值。

五、总结与展望

心境障碍研究的常用眼动任务包括自由观看任务、视觉搜索任务、预眼跳与反眼跳任务等,操作简便,易于患者学习,其有效性得到大量临床研究证明,具备临床广泛应用的基础。眼动追踪技术直观地反映心境障碍患者的注意偏差、抑制功能损害、视觉追踪能力等异常,具有辅助诊断、判断疾病阶段与疗效、预测起病风险等多种应用方向,也可与其他诊断技术联合,提高预诊断的准确性和有效性。眼动追踪技术作为功能状态评估工具,可以覆盖心境障碍患者由潜伏期、发作期到缓解期的全病程阶段,覆盖多维度的功能改变。心境障碍的发生、发展与多种神经生理改变及社会心理因素相关,眼动

追踪技术将其中多种难以量化的功能受损转化为可量化的数据,是探索神经生理改变与社会心理功能改变之间关联性的桥梁。

目前,眼动追踪技术的临床应用仍存在一定的局限性:(1)心境障碍相关眼动异常的机制仍不明确,尚无充足的证据表明眼动异常与心境障碍之间的因果关系,眼动追踪技术用作心境障碍的功能评估工具需更多的生理机制研究作为理论支撑。(2)目前眼动追踪技术研究纳入的样本多仅针对其发作相进行分组,缺少针对不同心境障碍分型的眼动差异研究,例如双相情感障碍的混合性发作与快速循环型、抑郁障碍的恶劣心境等,需进一步探索各分型之间心境障碍患者的不同眼动特征,进一步拓展其应用。(3)目前眼动临床研究结果异质性仍较大,可能与使用不同设备、采集数据场景不同等因素相关,不同地区间缺乏统一的采集指标及数据参考范围。如果要推广到临床应用,需更多、更标准化的眼动追踪临床数据,建立广泛认可的评价标准。Cai 等^[59]于 2022 年创立了抑郁患者的眼动、脑电图及音频的标准数据库,为心境障碍的眼动数据收集打下基础。数据库的建立与相应的采集数据规范,有助于减少心境障碍相关眼动特征的异质性,提高其作为临床评估工具的信度和效度。

未来,眼动研究应着眼于探索心境障碍患者注意偏差、抑制功能等对应的脑区改变及相应的生理变化,阐明眼动相关功能改变与心境障碍的因果关系与内在机制;在标准化的数据采集基础上开展更多的临床大样本研究,并根据样本的临床特征划分亚组,探索眼动特征与心境障碍病程变化、药物治疗敏感性、疾病预后等的相关性,拓展眼动追踪技术的应用。眼动追踪技术与其他诊断技术的结合能力强,作为多模态分析的组分,在未来将不限于辅助疾病诊断,还可以对疾病病程、治疗敏感性和转归起预测作用。

随着人工智能技术的飞速发展,眼动追踪的精度、准确度与便利性不断改进,这项技术将在心境障碍领域乃至精神病学与精神卫生学领域发挥重要的作用。

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 构思与设计为林健森、吴晓慧,文献调研与整理、论文撰写为林健森,论文修订为陈俊、方贻儒审校

参 考 文 献

- [1] McCarron RM, Shapiro B, Rawles J, et al. Depression[J]. Ann Intern Med, 2021, 174(5): ITC65-ITC80. DOI: 10.7326/AITC202105180.

- [2] Bauer MS. Bipolar Disorder[J]. *Ann Intern Med*, 2022, 175(7): ITC97-ITC112. DOI: 10.7326/AITC202207190.
- [3] Grande I, Berk M, Birmaher B, et al. Bipolar disorder[J]. *Lancet*, 2016, 387(10027): 1561-1572. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00241-X.
- [4] Bowden CL. Diagnosis, treatment, and recovery maintenance in bipolar depression[J]. *J Clin Psychiatry*, 2010, 71(1): e01. DOI: 10.4088/JCP.8125cc5c.
- [5] Li Y, Xu Y, Xia M, et al. Eye movement indices in the study of depressive disorder[J]. *Shanghai Arch Psychiatry*, 2016, 28(6): 326-334. DOI: 10.11919/j.issn.1002-0829.216078.
- [6] Larrazabal AJ, García Cena CE, Martínez CE. Video-oculography eye tracking towards clinical applications: a review[J]. *Comput Biol Med*, 2019, 108: 57-66. DOI: 10.1016/j.compbimed.2019.03.025.
- [7] Ban S, Lee YJ, Kim KR, et al. Advances in materials, sensors, and integrated systems for monitoring eye movements[J]. *Biosensors (Basel)*, 2022, 12(11). DOI: 10.3390/bios12111039.
- [8] Diefendorf AR, Dodge R. An experimental study of the ocular reactions of the insane from photographic records[J]. *Brain*, 1908, 31(3): 451-489. DOI: 10.1093/brain/31.3.451.
- [9] Carvalho N, Laurent E, Noiret N, et al. Eye movement in unipolar and bipolar depression: a systematic review of the literature[J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 1809. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01809.
- [10] Soleymani A, Ivanov Y, Mathot S, et al. Free-viewing multi-stimulus eye tracking task to index attention bias for alcohol versus soda cues: satisfactory reliability and criterion validity[J]. *Addict Behav*, 2020, 100: 106117. DOI: 10.1016/j.addbeh.2019.106117.
- [11] van Rooijen R, Ploeger A, Kret ME. The dot-probe task to measure emotional attention: a suitable measure in comparative studies[J]. *Psychon Bull Rev*, 2017, 24(6): 1686-1717. DOI: 10.3758/s13423-016-1224-1.
- [12] von Koch L, Kathmann N, Reuter B. Lack of speeded disengagement from facial expressions of disgust in remitted major depressive disorder: evidence from an eye-movement study[J]. *Behav Res Ther*, 2023, 160: 104231. DOI: 10.1016/j.brat.2022.104231.
- [13] García-Blanco A, Salmerón L, Perea M. Inhibitory control for emotional and neutral scenes in competition: an eye-tracking study in bipolar disorder[J]. *Biol Psychol*, 2017, 127: 82-88. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2017.05.006.
- [14] Trillenber P, Sprenger A, Talamo S, et al. Visual and non-visual motion information processing during pursuit eye tracking in schizophrenia and bipolar disorder[J]. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*, 2017, 267(3): 225-235. DOI: 10.1007/s00406-016-0671-z.
- [15] Chrobak AA, Rybakowski JK, Abramowicz M, et al. Vergence eye movements impairments in schizophrenia and bipolar disorder[J]. *J Psychiatr Res*, 2022, 156: 379-389. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2022.10.042.
- [16] Currie J, Ramsden B, McArthur C, et al. Validation of a clinical antisaccadic eye movement test in the assessment of dementia[J]. *Arch Neurol*, 1991, 48(6): 644-648. DOI: 10.1001/archneur.1991.00530180102024.
- [17] Lu S, Xu J, Li M, et al. Attentional bias scores in patients with depression and effects of age: a controlled, eye-tracking study[J]. *J Int Med Res*, 2017, 45(5): 1518-1527. DOI: 10.1177/0300060517708920.
- [18] Bodenschatz CM, Skopinceva M, Ruß T, et al. Attentional bias and childhood maltreatment in clinical depression - an eye-tracking study[J]. *J Psychiatr Res*, 2019, 112: 83-88. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2019.02.025.
- [19] Klawohn J, Bruchnak A, Burani K, et al. Aberrant attentional bias to sad faces in depression and the role of stressful life events: evidence from an eye-tracking paradigm[J]. *Behav Res Ther*, 2020, 135: 103762. DOI: 10.1016/j.brat.2020.103762.
- [20] Duque A, Vázquez C. Double attention bias for positive and negative emotional faces in clinical depression: evidence from an eye-tracking study[J]. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 2015, 46: 107-114. DOI: 10.1016/j.jbtep.2014.09.005.
- [21] Noiret N, Carvalho N, Laurent É, et al. Visual scanning behavior during processing of emotional faces in older adults with major depression[J]. *Aging Ment Health*, 2015, 19(3): 264-273. DOI: 10.1080/13607863.2014.926473.
- [22] Sanchez A, Vazquez C, Marker C, et al. Attentional disengagement predicts stress recovery in depression: an eye-tracking study[J]. *J Abnorm Psychol*, 2013, 122(2): 303-313. DOI: 10.1037/a0031529.
- [23] Liu YH, Liu TB, Zhao J, et al. A study on attentional bias and response inhibition of facial expressions in manic patients: evidence from eye movement[J]. *Int J Psychiatry Clin Pract*, 2019, 23(3): 164-170. DOI: 10.1080/13651501.2019.1569238.
- [24] García-Blanco A, Salmerón L, Perea M. Attentional capture by emotional scenes across episodes in bipolar disorder: Evidence from a free-viewing task[J]. *Biol Psychol*, 2015, 108: 36-42. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2015.03.010.
- [25] García-Blanco A, Salmerón L, Perea M, et al. Attentional biases toward emotional images in the different episodes of bipolar disorder: an eye-tracking study[J]. *Psychiatry Res*, 2014, 215(3): 628-633. DOI: 10.1016/j.psychres.2013.12.039.
- [26] Chen S, Zhou R, Cui H, et al. Deficits in cue detection underlie event-based prospective memory impairment in major depression: an eye tracking study[J]. *Psychiatry Res*, 2013, 209(3): 453-458. DOI: 10.1016/j.psychres.2013.01.015.
- [27] Takahashi J, Hirano Y, Miura K, et al. Eye movement abnormalities in major depressive disorder[J]. *Front Psychiatry*, 2021, 12: 673443. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.673443.
- [28] Chrobak AA, Rybakowski JK, Abramowicz M, et al. Vergence eye movements in bipolar disorder[J]. *Psychiatr Pol*, 2020, 54(3): 467-485. DOI: 10.12740/PP/OnlineFirst/105229.
- [29] Carvalho N, Noiret N, Vandel P, et al. Saccadic eye movements in depressed elderly patients[J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e105355. DOI: 10.1371/journal.pone.0105355.
- [30] Lo BC, Liu JC. Executive control in depressive rumination: backward inhibition and non-inhibitory switching performance in a modified mixed antisaccade task[J]. *Front Psychol*, 2017, 8: 136. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00136.
- [31] Barsznica Y, Noiret N, Lambert B, et al. Saccadic eye movements in elderly depressed patients with suicidal behaviors: an exploratory eye-tracking study[J]. *Front Psychol*, 2021, 12: 712347. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.712347.
- [32] Yang C, He L, Liu Y, et al. Anti-saccades reveal impaired attention control over negative social evaluation in individuals

- with depressive symptoms[J]. *J Psychiatr Res*, 2023, 165: 64-69. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2023.07.016.
- [33] Wang Y, Lyu HL, Tian XH, et al. The similar eye movement dysfunction between major depressive disorder, bipolar depression and bipolar mania[J]. *World J Biol Psychiatry*, 2022, 23(9): 689-702. DOI: 10.1080/15622975.2022.2025616.
- [34] Tao Z, Sun N, Yuan Z, et al. Research on a new intelligent and rapid screening method for depression risk in young people based on eye tracking technology[J]. *Brain Sci*, 2023, 13(10): 1415. DOI: 10.3390/brainsci13101415.
- [35] Shamai-Leshem D, Abend R, Arad G, et al. The free-viewing matrix task: a reliable measure of attention allocation in psychopathology[J]. *J Anxiety Disord*, 2023, 100: 102789. DOI: 10.1016/j.janxdis.2023.102789.
- [36] Isaac L, Vrijns JN, Rinck M, et al. Shorter gaze duration for happy faces in current but not remitted depression: evidence from eye movements[J]. *Psychiatry Res*, 2014, 218(1/2): 79-86. DOI: 10.1016/j.psychres.2014.04.002.
- [37] Li M, Lu S, Wang G, et al. Alleviated negative rather than positive attentional bias in patients with depression in remission: an eye-tracking study[J]. *J Int Med Res*, 2016, 44(5): 1072-1086. DOI: 10.1177/0300060516662134.
- [38] Brakemeier S, Sprenger A, Meyhöfer I, et al. Smooth pursuit eye movement deficits as a biomarker for psychotic features in bipolar disorder-findings from the PARDIP study[J]. *Bipolar Disord*, 2020, 22(6): 602-611. DOI: 10.1111/bdi.12865.
- [39] Kim P, Arizpe J, Rosen BH, et al. Impaired fixation to eyes during facial emotion labelling in children with bipolar disorder or severe mood dysregulation[J]. *J Psychiatry Neurosci*, 2013, 38(6): 407-416. DOI: 10.1503/jpn.120232.
- [40] Price RB, Rosen D, Siegle GJ, et al. From anxious youth to depressed adolescents: prospective prediction of 2-year depression symptoms via attentional bias measures[J]. *J Abnorm Psychol*, 2016, 125(2): 267-278. DOI: 10.1037/abn0000127.
- [41] Woody ML, Owens M, Burkhouse KL, et al. Selective attention toward angry faces and risk for major depressive disorder in women: converging evidence from retrospective and prospective analyses[J]. *Clin Psychol Sci*, 2016, 4(2): 206-215. DOI: 10.1177/2167702615581580.
- [42] Ekin M, Koçoğlu K, Eraslan Boz H, et al. Antisaccade and memory-guided saccade in individuals at ultra-high-risk for bipolar disorder[J]. *J Affect Disord*, 2023, 339: 965-972. DOI: 10.1016/j.jad.2023.07.109.
- [43] Tsydes A, Owens M, Gibb BE. Suicidal ideation and attentional biases in children: an eye-tracking study[J]. *J Affect Disord*, 2017, 222: 133-137. DOI: 10.1016/j.jad.2017.07.012.
- [44] Beevers CG, Hsu KJ, Schnyer DM, et al. Change in negative attention bias mediates the association between attention bias modification training and depression symptom improvement[J]. *J Consult Clin Psychol*, 2021, 89(10): 816-829. DOI: 10.1037/ccp0000683.
- [45] Baek S, Ha S, Lee JH. Application of attentional bias modification to reduce attentional bias and emotional reactivity to stress in mildly depressed individuals[J]. *Front Psychol*, 2023, 14: 1273512. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1273512.
- [46] Ranfaing S, De Zorzi L, Ruyffelaere R, et al. The impact of attention bias modification training on behavioral and physiological responses[J]. *Biol Psychol*, 2024, 186: 108753. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2024.108753.
- [47] Zhu J, Wang Z, Gong T, et al. An improved classification model for depression detection using EEG and eye tracking data[J]. *IEEE Trans Nanobioscience*, 2020, 19(3): 527-537. DOI: 10.1109/TNB.2020.2990690.
- [48] Zheng WL, Dong BN, Lu BL. Multimodal emotion recognition using EEG and eye tracking data[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2014, 2014: 5040-5043. DOI: 10.1109/EMBC.2014.6944757.
- [49] Ding X, Yue X, Zheng R, et al. Classifying major depression patients and healthy controls using EEG, eye tracking and galvanic skin response data[J]. *J Affect Disord*, 2019, 251: 156-161. DOI: 10.1016/j.jad.2019.03.058.
- [50] Liu L, Peng D, Zheng WL, et al. Objective depression detection using EEG and eye movement signals induced by oil paintings[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2023, 2023: 1-4. DOI: 10.1109/EMBC40787.2023.10341095.
- [51] Yang M, Weng Z, Zhang Y, et al. Three-stream convolutional neural network for depression detection with ocular imaging[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2023, 31: 4921-4930. DOI: 10.1109/TNSRE.2023.3339518.
- [52] Mahayossanunt Y, Nupairoj N, Hemrungronj S, et al. Explainable depression detection based on facial expression using LSTM on attentional intermediate feature fusion with label smoothing[J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23(23): 9402. DOI: 10.3390/s23239402.
- [53] Kjærstad HL, Jørgensen CK, Broch-Due I, et al. Eye gaze and facial displays of emotion during emotional film clips in remitted patients with bipolar disorder[J]. *Eur Psychiatry*, 2020, 63(1): e29. DOI: 10.1192/j.eurpsy.2020.26.
- [54] Broch-Due I, Kjærstad HL, Kessing LV, et al. Subtle behavioural responses during negative emotion reactivity and down-regulation in bipolar disorder: a facial expression and eye-tracking study[J]. *Psychiatry Res*, 2018, 266: 152-159. DOI: 10.1016/j.psychres.2018.04.054.
- [55] Rudich-Strassler A, Hertz-Palmor N, Lazarov A. Looks interesting: attention allocation in depression when using a news website - an eye tracking study[J]. *J Affect Disord*, 2022, 304: 113-121. DOI: 10.1016/j.jad.2022.02.058.
- [56] 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.
- [57] Sanchez A, Romero N, De Raedt R. Depression-related difficulties disengaging from negative faces are associated with sustained attention to negative feedback during social evaluation and predict stress recovery[J]. *PLoS One*, 2017, 12(3): e0175040. DOI: 10.1371/journal.pone.0175040.
- [58] Lin M, Hofmann SG, Qian M, et al. Attention allocation in social anxiety during a speech[J]. *Cogn Emot*, 2016, 30(6): 1122-1136. DOI: 10.1080/02699931.2015.1050359.
- [59] Cai H, Yuan Z, Gao Y, et al. A multi-modal open dataset for mental-disorder analysis[J]. *Sci Data*, 2022, 9(1): 178. DOI: 10.1038/s41597-022-01211-x.

(收稿日期: 2023-12-28)

(本文编辑: 赵金鑫)