

精神分裂症认知功能与注视稳定性的研究进展

顾钰卿 刘旭 王继军

200030 上海交通大学医学院附属精神卫生中心

通信作者: 王继军, Email: jijunwang27@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2023.11.007

【摘要】 精神分裂症是一种严重的精神疾病, 认知功能障碍是该疾病的典型临床表现之一。视觉系统参与了各种认知过程, 而注视稳定性作为视觉系统的重要组成部分之一, 与认知功能关联密切。目前, 认知功能与注视稳定性是精神分裂症研究的重点方向, 许多学者致力于将两者作为精神分裂症早期识别、诊断、评估治疗与预后的指标。本文对精神分裂症认知功能与注视稳定性研究的方法及要点进行综述, 并探讨精神分裂症患者认知功能与注视稳定性之间的联系, 对将注视稳定性相关眼球运动指标用于指导精神分裂症的诊断及治疗做出展望。

【关键词】 精神分裂症; 认知功能; 注视稳定性; 眼球运动; 综述

基金项目: 国家自然科学基金(81971251)

Research progress on cognitive function and fixation stability in schizophrenia Gu Yuqing, Liu Xu, Wang Jijun

Shanghai Mental Health Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200030, China
Corresponding author: Wang Jijun, Email: jijunwang27@163.com

【Abstract】 Schizophrenia is a serious mental disorder, and cognitive impairment is one of the typical clinical manifestations of the disease. The visual system is involved in various cognitive processes. As an important component of the visual system, fixation stability is closely correlated with cognitive function. In recent years, cognitive function and fixation stability are key trends in the study of schizophrenia, and many scholars are committed to using them as indicators for early recognition, diagnosis, and assess treatment and prognosis of schizophrenia. This paper reviews the methods and key points of research on cognitive function and fixation stability in schizophrenia, explores the relationship between cognitive function and fixation stability in patients with schizophrenia, and makes prospects for using fixation stability-related eye movement indicators to guide the diagnosis and treatment of schizophrenia.

【Key words】 Schizophrenia; Cognitive function; Fixation stability; Eye movements; Review

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81971251)

精神分裂症是一种致残性的精神障碍, 典型的临床表现包括阳性症状、阴性症状和认知功能障碍^[1]。在精神分裂症阳性症状和抗精神病药物研究领域, 幻觉、妄想等阳性症状群一度是精神分裂症的诊疗重心。而当抗精神病药物治疗在临床工作中发挥一定作用之后, 认知功能对精神分裂症患者生活质量的重要性受到重视, 被认为是治疗干预的重要因素之一^[2]。目前, 认知功能障碍再次成为精神分裂症诊断和治疗研究的焦点, 且被认为比阳性症状更能预测精神分裂症的预后^[3]。

认知功能与感知觉功能通过不同的脑区相互传递信号, 其中, 视觉认知是通过视觉信息流在脑区

间传递来构建视觉, 从而认知外部世界的认知形式。在日常生活中, 眼球运动对于视觉信息的采集是较为重要的。注视是指在一定时间内保持眼球位置处于相对静止状态的能力, 使中央窝视觉稳定在某处, 从而使视觉系统获得事物的细节信息。精神分裂症患者注视过程中某些类型的眼球运动, 如注视性眼跳(包括微眼跳与大眼跳)、眼球震颤和漂移可能会引起注视稳定性的变化^[4]。这些不同的眼球运动类型在一定程度上指导了精神分裂症注视稳定性研究中确定适合进行分析的眼动指标。

目前, 认知功能与注视稳定性都是精神分裂症研究的重点方向。在研究过程中, 掌握有效的研究

方法和标准的任务范式,着重于目前精神分裂症认知功能与注视稳定性研究的要点,有助于深入探讨两者间的联系,进一步理解精神分裂症患者的病理生理机制。

一、精神分裂症认知功能的研究方法

既往研究表明,与健康者相比,精神分裂症患者存在多个认知领域的功能障碍^[5]。在临床工作与科学研究中,全面而准确地把握精神分裂症患者认知功能损害的严重程度是较为重要的^[6]。2006年,美国国立精神卫生研究所(National Institute of Mental Health, NIMH)设立了改善精神分裂症认知的测量和治疗研究(measurement and treatment research to improve cognition in schizophrenia, MATRICS)计划,以推动精神分裂症认知功能障碍识别和治疗的研究进展。MATRICS计划共确定了7项认知领域供测量和研究,包括处理速度、注意力/警觉性、工作记忆、语言学习、视觉学习、推理和解决问题以及社会认知^[7-8]。MATRICS对精神分裂症患者认知功能的研究和探索有指导作用。

此外, MATRICS在上述7项认知领域中设置10项测试形成的MATRICS认知成套测验(MATRICS Consensus Cognitive Battery, MCCB),是目前精神分裂症认知功能障碍研究的标准认知功能量表^[9]。国内常用的版本为中文版MCCB,其在我国精神分裂症患者中具有良好的适用性^[10]。除了MCCB这一成套认知功能测试工具外,还存在用于评估某一认知领域的独立测试或任务,如持续操作测验(Continuous Performance Test, CPT)可用于评估患者的注意力或警觉性;连线测试(Trail Making Test, TMT)或威斯康辛卡片分类测验(Wisconsin Card Sorting Test, WCST)用于测验认知灵活性和执行功能;还有N-back任务可用于测试工作记忆。各种测试方法侧重于测量不同认知领域,并针对精神分裂症中所表现的特定认知缺陷进行了优化,合理选择对应不同认知领域的测试或任务是达成研究目的的关键。

如在工作记忆的研究方面,Gold等^[11]选择使用颜色工作记忆测试以探索精神分裂症患者工作记忆容量与精确度的变化,并通过病例对照研究,发现精神分裂症患者工作记忆容量减少,但不影响工作记忆的精确度;Landgraf等^[12]基于此使用时序重构任务分析精神分裂症患者工作记忆受损与其处理时间信息能力的相关性,发现精神分裂症患者处理时间信息效率低下,可能是导致工作记忆受损的主要原因。

二、精神分裂症注视稳定性的研究方法

精神分裂症患者常存在注视稳定性功能障碍,其对单一目标的注视是不稳定的^[13]。Beedie等^[14]及Sprenger等^[15]发现精神分裂症患者难以抑制视觉干扰引起的反射性眼跳,导致注视时间短于健康对照组;而Zee等^[16]、Mialet和Pichot^[17]发现,精神分裂症患者在尝试注视的过程中比健康对照组表现出更多的眼跳。

以往关于精神分裂症患者注视稳定性的各项研究由于样本异质性、眼动任务和眼动指标的选择差异以及缺乏先进的眼动记录设备和技术等原因,研究结果并不明确。一部分研究选择采用定性分析判断精神分裂症患者的注视稳定性,如判断眼跳是否中断注视过程^[18];其他大部分研究主要是通过定量分析来进行的,研究的眼动指标可以按照眼动的空间、时间和数量进行分类:根据时间可以分为注视时间、眼跳持续时间等;根据空间可以分为眼跳幅度、眼跳方向、眼动速度、眼位坐标变异系数、注视区二维椭圆面积和等值线内面积等;根据数量可以分为总眼跳次数、微眼跳次数和侵入性眼跳次数等^[10]。

目前,注视稳定性研究中使用的眼动任务通常是在Benson等^[19]设计的注视稳定性任务基础上修改而来。Benson等^[19]设计的注视稳定性任务需要受试者在一段时间内保持对注视点的注视,随后需要忽略出现在注视点左侧或右侧的干扰刺激,这要求受试者具有一定维持注视稳定性的能力,需要在维持注视的同时抑制对干扰项的反射性眼跳。

三、精神分裂症认知功能与注视稳定性相关性的研究进展

研究发现,精神分裂症患者的认知功能障碍可能是神经发育异常导致的^[20]。多数精神分裂症患者存在MCCB中包含的7个认知领域的功能异常,而相关神经影像学和神经病理学研究表明,精神分裂症患者这种临床表现与神经递质系统的改变有关,这种改变导致了多个脑区结构和功能异常。其中,皮质-皮质下-小脑神经通路中谷氨酸-GABA代谢功能的改变可能是认知功能障碍发生的主要原因^[21],神经递质功能改变随即引起额叶病变、中枢神经D2受体水平升高以及小脑浦肯野细胞密度降低等改变^[22-24]。而D'Esposito和Postle^[25]的研究则揭示了前额叶皮质在信息维持、关注点选择及计划执行等工作记忆认知领域的功能。

精神分裂症患者的认知功能与注视稳定性之间可能存在一定的联系; Macedo等^[26]的研究发现, 感知觉运动转换功能和高级认知功能同时参与了注视稳定性的维持; Dalmaso等^[27]、Hafed和Clark^[28]则发现, 注视性眼跳速率与工作记忆、注意力等认知领域存在一定的关联性。Liu等^[29]在既往研究的基础上, 发现了精神分裂症患者注视性眼跳持续时间与认知功能的联系, 尤其体现在处理速度及注意力方面。

在这些相关性研究的基础上, 许多研究者进一步探索了影响认知功能与注视稳定性的脑区或神经通路是否存在重叠或相互作用。Hafed等^[30]、Yang和Heinen^[31]的研究发现, 注视性眼跳对皮层-皮层下-小脑回路的结构和功能改变非常敏感, 这种眼动特征的神经生理学机制在Hafed等^[32]后续的研究中被进一步阐明: 位于前额叶皮质的前额叶眼动区(frontal eye fields, FEFs)与辅助眼动区(supplemental eye fields, SEFs)、背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)共同参与眼动决策, 并通过基底神经节(basal ganglion, BG)向上丘发送直接兴奋性投射和间接抑制性投射。上丘收到这些信号后将其整合, 并向脑干发送运动指令执行眼动决策, 具体表现为产生或抑制眼跳动作以维持注视动作。其中, FEFs、上丘中的神经元在眼跳方向上具有选择性, 这两个区域的损伤或功能改变可能会影响注视性眼跳的幅度及方向^[33], 而负责水平和垂直眼动的脑干区域也不相同^[34]。因此, 可以认为从FEFs连通至脑干的这条神经通路是维持注视稳定性的重要结构之一。

Jensen等^[35]的研究揭示了小脑是维持注视稳定性的另一个重要结构。在维持注视时, 小脑接收来自FEFs和上丘的信号, 并对上丘和脑干产生反馈信号, 以抑制眼跳发生, 从而影响注视稳定性。神经生理学的研究也表明, 小脑参与了包括眼球运动在内的协调身体、平衡和姿势控制等行为。发生在小脑的损伤或功能结构改变会影响患者的眼球运动, 如小脑性头晕和眩晕(这一诊断包括了各种类型的小脑共济失调、脑卒中和炎症等诊断)患者会表现出眼球运动功能障碍, 如平滑追踪、维持注视、眼跳准确性或眼跳抑制等^[36]。

通过这些神经影像学和神经病理学的研究可以发现, 精神分裂症患者神经通路功能的改变对认知功能障碍和注视稳定性眼动有一定影响, 表明控制两者的脑区及神经通路存在重叠, 尤其是前额叶皮

质(FEFs、SEFs、DLPFC)、BG、上丘、脑干和小脑这些区域所组成的神经通路。

四、精神分裂症认知功能与注视稳定性的研究要点

结合以往各研究小组的研究方法与试验设计, 在精神分裂症认知功能和注视稳定性的研究中应注意3个方面的差异。

1. 受试者存在服用药物状态差异: 服用抗精神病药物的受试者状态不同, 如已接受治疗与未接受治疗的受试者之间存在的差异, 或是已达到稳定治疗与未达到稳定治疗的受试者之间存在的差异等。尽管一些研究结果表明药物治疗不会显著影响受试群体之间的差异^[37], 但另一些研究则发现药物治疗可能影响精神分裂症患者完成注视任务, 如Naicker等^[38]验证了异丙嗪等抗胆碱能药物的使用降低了眼动任务中的注视稳定性。

2. 精神分裂症存在不同疾病阶段差异: 根据疾病阶段不同, 精神分裂症分为首发精神分裂症、精神病临床高危综合征和慢性精神分裂症。一项Meta分析表明, 我国首发精神分裂症患者在7个MCCB认知领域中均表现出认知功能障碍, 尤其是在处理速度和注意力方面^[39]。精神病临床高危综合征患者需要进行前驱期综合征结构化访谈和精神病高危症状量表评估以确定患者符合前驱期综合征的诊断标准, 精神分裂症前驱期患者已开始表现出感知、思维及记忆等方面的异常, 但尚未达到精神病的诊断标准, 研究显示工作记忆受损可能在精神病前驱期已经出现^[40]; 慢性精神分裂症通常选择病程超过10年的受试者, 其药物治疗在这一时期已经趋于稳定, 而此类患者认知功能障碍表现明显。首发精神分裂症和精神病临床高危综合征受试者一般尚未接受抗精神病药物治疗, 因此选择此类受试者进行研究可以一定程度上避免服用药物状态差异。

3. 精神分裂症患者认知功能与注视稳定性的关系存在等级差异: 传统观点认为, 高阶认知功能与感知觉功能间的联系建立于自上而下模型, 如Dima等^[41]研究发现, 精神分裂症患者感知过程中高阶认知脑区对感觉输入脑区的随意前向效应受损, 因此认为认知功能障碍导致了视觉信息加工和整合功能受损。还有观点认为高阶认知功能与感知觉功能间的联系建立于自下而上模型, 如Butler等^[42]发现精神分裂症患者存在皮层下视觉功能受损所导致的继发性皮层损伤; 而Surti等^[43]则对精神分裂症患者进行了视觉训练, 促进了患者视觉记忆的改善。目前,

相关研究仍聚焦于寻找两者相互作用导致功能障碍的有力证据上,并利用神经影像学方法建立了认知功能、眼动与功能成像间的联系^[44]。其中,功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)是目前比较成熟且广泛应用于精神分裂症认知功能研究的功能影像技术,适用于精神分裂症注意力障碍与工作记忆障碍等认知领域研究,因其具有无创性、客观性强及适合大样本的数据收集等优势,或可在此类精神分裂症综合研究中发挥作用^[45]。

五、总结与展望

精神分裂症患者的认知功能是疾病早期识别、评估、诊断、治疗、判断病情严重程度和预后的关键因素,将其与注视稳定性这一视觉特征联系起来,有助于理解精神分裂症患者的病理生理机制。目前,两者相关性的研究一定程度上反映了精神分裂症的神经病理特征,但研究尚有待进一步深入:(1)精神分裂症认知功能研究方法方面。以往有关两者相关性的研究对认知功能评估工具的选择不尽相同,MCCB能为各类认知功能障碍研究提供评估标准。(2)精神分裂症注视稳定性研究方法方面。目前,相关研究对眼动指标的选择以眼跳幅度、时间和方向为主,此外尚有其他反映注视稳定性功能的眼动指标可供将来进一步研究选择。(3)精神分裂症认知功能与注视稳定性的研究要点方面。目前,对不同服药状态、处于疾病不同阶段的精神分裂症患者的认知功能与注视稳定性的关系有待进一步研究;而对于认知功能与注视稳定性的联系是遵循高阶认知功能与感知觉功能间自上而下模型,还是自下而上模型抑或是相互影响尚存在争议。

未来可从精神分裂症不同药物服用状态或精神分裂症不同阶段的角度,开展更多精神分裂症患者认知功能与注视稳定性相关性的研究,并采用更加先进的眼动数据采集仪器和任务范式,将其与脑电图或fMRI等功能成像技术结合,进一步探索反映精神分裂症患者注视稳定性功能的眼动指标,评价其是否有作为指导精神分裂症诊断与治疗的生物学标志物的潜力。

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 文章构思、文献收集与整理、文章撰写为顾钰卿,文章修订为顾钰卿、刘旭,论文指导及审校为王继军

参 考 文 献

[1] Kahn RS, Sommer IE, Murray RM, et al. Schizophrenia[J]. Nat Rev Dis Primers, 2015, 1: 15067. DOI: 10.1038/nrdp.2015.67.
 [2] Buonocore M, Bosia M, Baraldi MA, et al. Achieving recovery in

patients with schizophrenia through psychosocial interventions: a retrospective study[J]. Psychiatry Clin Neurosci, 2018, 72(1): 28-34. DOI: 10.1111/pcn.12605.
 [3] Green MF, Kern RS, Braff DL, et al. Neurocognitive deficits and functional outcome in schizophrenia: are we measuring the "right stuff"[J]. Schizophr Bull, 2000, 26(1): 119-136. DOI: 10.1093/oxfordjournals.schbul.a033430.
 [4] Castet E, Crossland M. Quantifying eye stability during a fixation task: a review of definitions and methods[J]. Seeing Perceiving, 2012, 25(5): 449-469. DOI: 10.1163/187847611X620955.
 [5] Harvey PD, Keefe RSE. Cognitive impairment in schizophrenia and implications of atypical neuroleptic treatment[J]. CNS Spectrums, 1997, 2(8): 41-55. DOI: 10.1017/S1092852900005034.
 [6] Nuechterlein KH, Barch DM, Gold JM, et al. Identification of separable cognitive factors in schizophrenia[J]. Schizophr Res, 2004, 72(1): 29-39. DOI: 10.1016/j.schres.2004.09.007.
 [7] Nuechterlein KH, Green MF, Kern RS, et al. The matrices consensus cognitive battery, part 1: test selection, reliability, and validity[J]. Am J Psychiatry, 2008, 165(2): 203-213. DOI: 10.1176/appi.ajp.2007.07010042.
 [8] Rodriguez-Jimenez R, Bagney A, Garcia-Navarro C, et al. The matrices consensus cognitive battery (MCCB): co-norming and standardization in Spain[J]. Schizophr Res, 2012, 134(2/3): 279-284. DOI: 10.1016/j.schres.2011.11.026.
 [9] Nuechterlein KH, Green MF, Kern RS. The matrices consensus cognitive battery: an update[J]. Curr Top Behav Neurosci, 2023, 63: 1-18. DOI: 10.1007/7854_2022_395.
 [10] Shi C, Kang L, Yao S, et al. The matrices consensus cognitive battery (MCCB): co-norming and standardization in China[J]. Schizophr Res, 2015, 169(1/3): 109-115. DOI: 10.1016/j.schres.2015.09.003.
 [11] Gold JM, Hahn B, Zhang WW, et al. Reduced capacity but spared precision and maintenance of working memory representations in schizophrenia[J]. Arch Gen Psychiatry, 2010, 67(6): 570-577. DOI: 10.1001/archgenpsychiatry.2010.65.
 [12] Landgraf S, Steingen J, Eppert Y, et al. Temporal information processing in short- and long-term memory of patients with schizophrenia[J]. PLoS One, 2011, 6(10): e26140. DOI: 10.1371/journal.pone.0026140.
 [13] Gooding DC, Grabowski JA, Hendershot CS. Fixation stability in schizophrenia, bipolar, and control subjects[J]. Psychiatry Res, 2000, 97(2/3): 119-128. DOI: 10.1016/S0165-1781(00)00226-2.
 [14] Beedie SA, Benson PJ, Giegling I, et al. Smooth pursuit and visual scanpaths: independence of two candidate oculomotor risk markers for schizophrenia[J]. World J Biol Psychiatry, 2012, 13(3): 200-210. DOI: 10.3109/15622975.2011.566628.
 [15] Sprenger A, Friedrich M, Nagel M, et al. Advanced analysis of free visual exploration patterns in schizophrenia[J]. Front Psychol, 2013, 4: 737. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00737.
 [16] Zee DS, Leigh RJ, Mathieu-Millaire F. Cerebellar control of ocular gaze stability[J]. Ann Neurol, 1980, 7(1): 37-40. DOI: 10.1002/ana.410070108.
 [17] Miallet JP, Pichot P. Eye-tracking patterns in schizophrenia. An analysis based on the incidence of saccades[J]. Arch Gen Psychiatry, 1981, 38(2): 183-186. DOI: 10.1001/archpsyc.1981.01780270069009.

- [18] Amador XF, Sackeim HA, Mukherjee S, et al. Specificity of smooth pursuit eye movement and visual fixation abnormalities in schizophrenia. Comparison to mania and normal controls[J]. *Schizophr Res*, 1991, 5(2): 135-144. DOI: 10.1016/0920-9964(91)90040-x.
- [19] Benson PJ, Beedie SA, Shephard E, et al. Simple viewing tests can detect eye movement abnormalities that distinguish schizophrenia cases from controls with exceptional accuracy[J]. *Biol Psychiatry*, 2012, 72(9): 716-724. DOI: 10.1016/j.biopsych.2012.04.019.
- [20] Bora E, Murray RM. Meta-analysis of cognitive deficits in ultra-high risk to psychosis and first-episode psychosis: do the cognitive deficits progress over, or after, the onset of psychosis[J]. *Schizophr Bull*, 2014, 40(4): 744-755. DOI: 10.1093/schbul/sbt085.
- [21] Andreasen NC, Paradiso S, O'Leary DS. "Cognitive dysmetria" as an integrative theory of schizophrenia: a dysfunction in cortical-subcortical-cerebellar circuitry[J]. *Schizophr Bull*, 1998, 24(2): 203-218. DOI: 10.1093/oxfordjournals.schbul.a033321.
- [22] Crespo-Facorro B, Kim J, Andreasen NC, et al. Regional frontal abnormalities in schizophrenia: a quantitative gray matter volume and cortical surface size study[J]. *Biol Psychiatry*, 2000, 48(2): 110-119. DOI: 10.1016/s0006-2332(00)00238-9.
- [23] Seeman P, Kapur S. Schizophrenia: more dopamine, more D2 receptors[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2000, 97(14): 7673-7675. DOI: 10.1073/pnas.97.14.7673.
- [24] Arnstein D, Junker M, Smilgin A, et al. Microsaccade control signals in the cerebellum[J]. *J Neurosci*, 2015, 35(8): 3403-3411. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2458-14.2015.
- [25] D'Esposito M, Postle BR. The cognitive neuroscience of working memory[J]. *Annu Rev Psychol*, 2015, 66: 115-142. DOI: 10.1146/annurev-psych-010814-015031.
- [26] Macedo AF, Crossland MD, Rubin GS. The effect of retinal image slip on peripheral visual acuity[J]. *J Vis*, 2008, 8(14): 1-11. DOI: 10.1167/8.14.16.
- [27] Dalmaso M, Castelli L, Scatturin P, et al. Working memory load modulates microsaccadic rate[J]. *J Vis*, 2017, 17(3): 6. DOI: 10.1167/17.3.6.
- [28] Hafed ZM, Clark JJ. Microsaccades as an overt measure of covert attention shifts[J]. *Vision Res*, 2002, 42(22): 2533-2545. DOI: 10.1016/s0042-6989(02)00263-8.
- [29] Liu X, Li Y, Xu L, et al. Spatial and temporal abnormalities of spontaneous fixational saccades and their correlates with positive and cognitive symptoms in schizophrenia[J]. *Schizophr Bull*, 2023, sbad039. DOI: 10.1093/schbul/sbad039.
- [30] Hafed ZM, Goffart L, Krauzlis RJ. A neural mechanism for microsaccade generation in the primate superior colliculus[J]. *Science*, 2009, 323(5916): 940-943. DOI: 10.1126/science.1166112.
- [31] Yang SN, Heinen S. Contrasting the roles of the supplementary and frontal eye fields in ocular decision making[J]. *J Neurophysiol*, 2014, 111(12): 2644-2655. DOI: 10.1152/jn.00543.2013.
- [32] Hafed ZM, Yoshida M, Tian X, et al. Dissociable cortical and subcortical mechanisms for mediating the influences of visual cues on microsaccadic eye movements[J]. *Front Neural Circuits*, 2021, 15: 638429. DOI: 10.3389/fncir.2021.638429.
- [33] Peel TR, Hafed ZM, Dash S, et al. A causal role for the cortical frontal eye fields in microsaccade deployment[J]. *PLoS Biol*, 2016, 14(8): e1002531. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002531.
- [34] Takahashi M, Shinoda Y. Brain stem neural circuits of horizontal and vertical saccade systems and their frame of reference[J]. *Neuroscience*, 2018, 392: 281-328. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2018.08.027.
- [35] Jensen K, Beylergil SB, Shaikh AG. Slow saccades in cerebellar disease[J]. *Cerebellum Ataxias*, 2019, 6: 1. DOI: 10.1186/s40673-018-0095-9.
- [36] Zwergal A, Feil K, Schniepp R, et al. Cerebellar dizziness and vertigo: etiologies, diagnostic assessment, and treatment[J]. *Semin Neurol*, 2020, 40(1): 87-96. DOI: 10.1055/s-0039-3400315.
- [37] Reilly JL, Lencer R, Bishop JR, et al. Pharmacological treatment effects on eye movement control[J]. *Brain Cogn*, 2008, 68(3): 415-435. DOI: 10.1016/j.bandc.2008.08.026.
- [38] Naicker P, Anoopkumar-Dukie S, Grant GD, et al. Medications influencing central cholinergic pathways affect fixation stability, saccadic response time and associated eye movement dynamics during a temporally-cued visual reaction time task[J]. *Psychopharmacology(Berl)*, 2017, 234(4): 671-680. DOI: 10.1007/s00213-016-4507-3.
- [39] Zhang H, Wang Y, Hu Y, et al. Meta-analysis of cognitive function in Chinese first-episode schizophrenia: matrices consensus cognitive battery (MCCB) profile of impairment[J]. *Gen Psychiatr*, 2019, 32(3): e100043. DOI: 10.1136/gpsych-2018-100043.
- [40] Bendfeldt K, Smieskova R, Koutsouleris N, et al. Classifying individuals at high-risk for psychosis based on functional brain activity during working memory processing[J]. *Neuroimage Clin*, 2015, 9: 555-563. DOI: 10.1016/j.nicl.2015.09.015.
- [41] Dima D, Dietrich DE, Dillo W, et al. Impaired top-down processes in schizophrenia: a DCM study of ERPs[J]. *Neuroimage*, 2010, 52(3): 824-832. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.086.
- [42] Butler PD, Martinez A, Foxe JJ, et al. Subcortical visual dysfunction in schizophrenia drives secondary cortical impairments[J]. *Brain*, 2007, 130(Pt 2): 417-430. DOI: 10.1093/brain/awl233.
- [43] Surti TS, Corbera S, Bell MD, et al. Successful computer-based visual training specifically predicts visual memory enhancement over verbal memory improvement in schizophrenia[J]. *Schizophr Res*, 2011, 132(2/3): 131-134. DOI: 10.1016/j.schres.2011.06.031.
- [44] Dong D, Yao D, Wang Y, et al. Compressed sensorimotor-to-transmodal hierarchical organization in schizophrenia[J]. *Psychol Med*, 2023, 53(3): 771-784. DOI: 10.1017/S0033291721002129.
- [45] 张纪彪, 王志仁, 刘思佳, 等. 精神分裂症认知功能障碍功能磁共振成像研究的进展[J]. *神经疾病与精神卫生*, 2017, 17(3): 216-218. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2017.03.019.
- Zhang JB, Wang ZR, Liu SJ, et al. Advances in functional magnetic resonance imaging research on cognitive dysfunction in schizophrenia[J]. *Journal of Neuroscience and Mental Health*, 2017, 17(3): 216-218.

(收稿日期: 2023-07-02)

(本文编辑: 郑圣洁)