

精神分裂症患者攻击/暴力行为的MRI研究进展

苏雯靓 刘兴兰 赵科

401147 重庆市精神卫生中心金紫山院区留观病区(苏雯靓),老年二科(刘兴兰、赵科)

通信作者:赵科,Email:15718977@qq.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2021.11.012

【摘要】 精神分裂症是一种重性精神疾病,攻击行为是重性精神疾病的特征之一。精神分裂症发生攻击/暴力行为的危险高于一般人群,社会危害性大。理解、掌握精神分裂症攻击/暴力行为的神经生物学机制对其控制和预防至关重要。目前关于精神分裂症患者攻击/暴力行为的MRI研究虽有一定的进展但成果较为有限,研究结果也不尽相同。现对精神分裂症患者攻击/暴力行为的MRI研究进行综述。

【关键词】 精神分裂症; 攻击; 暴力; 磁共振成像; 综述

基金项目: 重庆市科卫联合医学科研项目(2018MSXM072)

Research progress of MRI on aggressive or violence behavior in patients with schizophrenia Su Wenjing, Liu Xinglan, Zhao Ke

Observation Ward, Jinzi Mountain Hospital of Chongqing Mental Health Center, Chongqing 401147, China (Su WJ); Second Psychogeriatric Ward, Jinzi Mountain Hospital of Chongqing Mental Health Center, Chongqing 401147, China(Liu XL, Zhao K)

Corresponding author: Zhao Ke, Email: 15718977@qq.com

【Abstract】 Schizophrenia is a kind of severe mental illness. Aggressive behavior is one of the characteristics of severe mental illness. Schizophrenia has a higher risk of aggression/violence than the general population, and the social harm is great. Understanding and mastering the neurobiological mechanisms of aggression/violence in schizophrenia is essential for its control and prevention. Currently, MRI studies on aggressive/violent behavior in patients with schizophrenia have made some progress, but the results are relatively limited, and the results are also different. This article reviews MRI studies on aggressive/violent behavior in patients with schizophrenia.

【Key words】 Schizophrenia; Aggression; Violence; Magnetic resonance imaging; Review

Fund program: Chongqing Joint Medical Research Project of Science and Health (2018MSXM072)

- [39] Maeda F, Keenan JP, Tormos JM, et al. Interindividual variability of the modulatory effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cortical excitability[J]. *Exp Brain Res*, 2000, 133(4): 425-430. DOI: 10.1007/s002210000432.
- [40] 王先震. 不同频率rTMS联合帕罗西汀对广泛性焦虑障碍的有效性、安全性及认知功能的影响[D]. 新乡: 新乡医学院, 2015.
- [41] 伍晓凡, 张鹏, 刘立志, 等. 计算机认知矫正治疗对创伤后应激障碍患者的辅助疗效[J]. *中国疗养学*, 2017, 26(1): 9-11. DOI: 10.13517/j.cnki.ccm.2017.01.003.
- [42] 祝希泉, 段惠峰, 刘立志, 等. 计算机认知矫正治疗对广泛性焦虑障碍患者认知功能的影响[J]. *西南军医*, 2020, 22(6): 505-508. DOI: 10.3969/j.issn.1672-7193.2020.06.002.
- Zhu XQ, Duan HF, Liu LZ, et al. Effect of computerized cognition remediation therapy on cognitive function of cases with generalized anxiety disorder[J]. *Journal of Military Surgeon in Southwest China*, 2020, 22(6): 505-508.
- [43] 钱浩, 郑扬波, 林涛, 等. 高压氧治疗对帕金森病患者情绪及认知障碍的影响[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2020, 27(5): 539-542. DOI: 10.3760/ema.j.cn311847-20200302-00078.
- Qian H, Zheng YB, Lin T, et al. Effects of hyperbaric oxygen therapy on emotion and cognitive disorders in patients with Parkinson's disease[J]. *Chin J Naut Med Hyperbar Med*, 2020, 27(5): 539-542.
- [44] 梁玉雕. 药物联合高压氧治疗对广泛性焦虑障碍患者的失眠及认知功能障碍改善情况研究[D]. 泸州: 西南医科大学, 2020.

(收稿日期: 2021-04-22)

(本文编辑: 赵金鑫)

精神分裂症常起病于青壮年,主要表现为感知觉、思维、情感以及行为等多方面的异常。最新全国流行病学调查显示,精神分裂症终身患病率达0.7%^[1]。精神分裂症患者发生攻击/暴力行为的概率高于一般人群^[2],这给社会带来了一定的负担,但疾病的发病机制尚不明确。目前磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)研究主要分为两大类:功能磁共振(function magnetic resonance imaging, fMRI)和结构磁共振(structure magnetic resonance imaging, sMRI)。研究提示精神分裂症患者存在大脑影像学异常^[3]。现对精神分裂症患者攻击/暴力行为的MRI研究进展进行综述。

一、功能磁共振(fMRI)

fMRI主要研究大脑的功能和认知,fMRI检查发现精神分裂症患者存在不同脑区功能活动异常^[4],其中额叶、颞叶和枕叶的功能紊乱可能与暴力行为有关^[5]。

1. 静息态下脑功能改变:国外一项对患有精神分裂症的暴力罪犯进行fMRI检查的研究发现他们的前额叶和颞叶、顶叶区的激活水平增高,而杏仁核则降低^[6]。国内白银霞等^[7]也发现,伴有攻击行为的精神分裂症患者与健康对照者(HC)相比,在静息状态下,左颞上回、右扣带回、左额内侧回、右颞中回、右额上回、右侧小脑后叶、左颞中回、左侧小脑后叶区域存在活动减弱,而在左额下回、右额中回、左扣带回、左额中回、左小脑前叶、右扣带回、右侧中央前回区域活动明显增强,且这些差异均有统计学意义;同时该研究还发现具有攻击行为的精神分裂症患者左海马旁回、左前扣带回、右前扣带回和右背外侧额上回局域一致性值(regional homogeneity, ReHo)增高。

2. 任务态下脑功能改变:英国一项研究发现精神分裂症患者的攻击性与非系统功能相关,在n-back任务中,暴力型精神分裂症(violent schizophrenia, VS)患者相对于非暴力型精神分裂症(non violent schizophrenics, NVS)患者顶叶激活低下;当预期冲击时,与NVS患者相比,VS患者的内侧前额叶、楔叶、颞中回和枕中回过度激活;在观看负面情绪图片时,与NVS患者相比,VS患者的额中回、额下回、前扣带回、舌回、中央前回、苍白球、中扣带回、楔前叶高度激活^[8]。在非n-back任务中用fMRI来评估大脑激活情况,无暴力史的精神分裂症患者(schizophrenia patients with no history of violence, SCZ-NV)出现了轻微的工作记忆缺陷,有暴力史的

精神分裂症患者(schizophrenia patients with a history of violence, SCZ-V)则出现严重的工作记忆缺陷;在工作记忆负荷条件下,SCZ-V额叶和楔前叶双侧激活不足,而SCZ-NV右侧顶叶下区激活不足;双侧额叶和右侧顶叶下区的活动与精神分裂症患者的暴力等级呈负相关,其中右侧顶叶下区关联最为明显^[9]。

VS患者在进行Go/NoGo任务时,左侧丘脑及左尾状核活动明显减少。但没有观察到前额叶皮层(prefrontal cortex, PFC)和前扣带回的激活减少,这表明丘脑与暴力有关,可能与丘脑受损会破坏传入信息的有效过滤,而导致个人变得过度刺激有关,这种过度刺激可能导致不能控制自己而出现暴力行为^[10]。男性SCZ-V在进行情感(愤怒-中性表情)Go/NoGo任务时,背外侧前额叶皮层(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)激活低于SCZ-NV和健康对照。DLPFC是执行系统的核心区域,发挥着认知控制的关键作用,表明DLPFC活动期间认知控制受情绪背景的影响^[11]。说明这些男性精神分裂症患者在愤怒时难以自我调节而发生攻击/暴力行为。

但也有研究得出不同的结果。精神分裂症患者表现出DLPFC、顶下区皮层和前扣带皮层的过度激活,DLPFC活动不足,而腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, VMPFC)活动过度,VS组右顶下区活动较NVS组减少,且两组右顶下区活动与暴力等级之间存在强烈的负相关,VS的额叶缺损仅与健康对照相比明显,与NVS相比则不明显。这些结果可能提示NVS与健康对照的额叶区无显著的低活化^[9]。顶下区缺陷影响精神分裂症患者的执行功能,并可能与暴力行为有关。

3. 功能连接: Hoptman等^[12]用fMRI检查杏仁核/腹侧前额叶皮层(ventral prefrontal cortex, vPFC)功能连接(functional connectivity, FC)及其与精神分裂症攻击的关系研究中发现精神分裂症患者双侧杏仁核基FC减少,包括前喙侧前扣带回皮质(BA 24和32)和内侧前额叶皮质(BA 10),左侧额下回(BA 47)和额中回;杏仁核/vPFC FC与自我报告的攻击行为呈显著的负相关,即更高水平的攻击态度与杏仁核和vPFC之间的正向FC减少相关,倾向于负向FC。使用药物治疗的患者中杏仁核和vPFC之间的FC被破坏。杏仁核与额叶功能断开与攻击行为有关。杏仁核和腹侧前额叶皮质之间功能连接显著减少,而功能连接强度与患者的暴力行为有显著的负相关,强度越低发生暴力行为的可能性越高。然而国内研究结果与此相反,男性SCZ-V杏仁核与多个脑区特别

是额上回、额中回的功能连接显著增强^[13]。导致研究结果不一致的原因可能与样本来源、诊断标准、药物使用情况、攻击行为的评估工具不同等因素有关。

二、结构磁共振(sMRI)

sMRI具有分辨率高、非侵入性检查等特点,可定量测量,精确定位脑区,并可进一步分析结构异常脑区和患者临床症状及严重程度之间的相关性,为阐明疾病的发病机制及病理生理学机制提供证据^[14]。sMRI研究技术可归纳为基于体素的形态学测量(voxel-based morphometry, VBM)、基于表面的形态学分析(surface-based morphometry, SBM)和基于感兴趣区研究(region of interest, ROI)3种。精神分裂症患者头颅MRI异常越明显,其出现冲动攻击行为的概率越高^[3]。

1. 基于体素的形态学测量(VBM): 基于先进的图像分割/配准算法,可以精确计算多种体积指标,如灰质体积、白质体积等。有研究发现冲动攻击行为的首发精神分裂症患者右侧中央前回、中央后回区和右侧眶额回区脑灰质体积明显小于无冲动攻击行为组;未发现有冲动攻击行为组局部灰质体积大于无冲动攻击行为组^[15]。眶额回结构或功能障碍可能与冲动攻击行为有关。中央后回的灰质体积下降与暴力倾向有关。中央前回受损可能引起对冲动攻击行为的控制障碍。与不伴有攻击行为的精神分裂症患者相比^[16],伴有攻击行为的精神分裂症患者灰质体积增加的脑区主要位于右侧的缘上回、中央后回、双侧的岛叶、眶额回($P < 0.05$, AlphaSim校正)。精神分裂症患者的Buss和Perry攻击问卷中文版(Buss & Perry aggression questionnaire, B & P)评分与其右侧岛叶、中央后回、缘上回等脑区的灰质体积呈正关联($P < 0.01$, AlphaSim校正)。精神分裂症患者的攻击行为与脑灰质体积改变存在关联,中央后回、岛叶和缘上回等脑区可能参与精神分裂症患者攻击行为的神经机制。有严重暴力史的精神分裂症患者平均接受抗精神病药物剂量高于无暴力史患者,灰质体积局部减小,显著体素($P < 0.05$)在双侧小脑和BA39和40中可见^[17]。小脑可能整合来自腹侧前额叶皮层和顶叶区域的输入,这些区域在言语工作记忆中起重要作用。Kuroki等^[18]发现有预谋暴力行为的精神分裂症患者右侧颞下区、右侧岛叶区,包括岛叶在内的左侧极板区和包括扣带回在内的双侧楔前叶区域的灰质体积明显小于SCZ-NV,而已有冲动性暴力行为的患者右侧颞下区灰质体积变得更小,这可能表示SCZ-V与SCZ-NV相比,

存在某些脑区结构上的差异,以右侧颞下区较常见,但这与是否预谋暴力行为无关,更大范围的脑区结构异常可能不仅与计划对他人实施暴力行为有关,还与该计划的维持有关。

2. 基于表面的形态学测量分析(SBM): 为研究皮层形态组成因素如皮层厚度、皮层表面积、折叠曲率、分形维度等脑回特征。精神分裂症患者的皮质厚度普遍减少^[19],且该病是一种慢性疾病,随着时间的推移,可出现多个脑区如额叶、颞叶皮质逐渐变薄^[20],皮质复杂度下降^[21]。Storvestre等^[22]的研究发现与SCZ-NV相比,SCZ-V在双侧视觉(枕叶外侧)皮质和左侧眶额外侧皮质的折叠增加,左侧中央前区、顶下叶、颞上回和右侧梭状回皮质的厚度减少;与健康对照相比,SCZ-V在眶额外侧、颞下回、顶下小叶、缘上回、中央后回、舌回皮质的折叠增加,左侧梭状回和右侧顶叶下皮质、额上回和舌回的皮质厚度变薄。皮质厚度越薄则皮质折叠复杂度越高。国内的研究将精神分裂症患者分为有暴力组和无暴力组,暴力组患者左、右半球的皮质厚度均减低,差异脑区包括左侧的舌回、岛回、中央前回,右侧的中央前回、缘上回、中央后回及顶叶下回,差异均有统计学意义;与无暴力组相比,暴力组左侧中央后回皮质分形维数增加、右侧楔前叶皮质分形维数减低^[23]。皮质厚度受神经元大小、密度和排列的影响,它的改变能够成为神经元细胞结构异常和脑发育异常的指标。以上研究结果在某些脑区皮质厚度减少方面具有一致性,说明具有暴力/攻击行为的精神分裂症患者存在大脑皮质区域的变薄和折叠增加。

3. 基于感兴趣区域分析(ROI): 以感兴趣区研究为主,研究需要先验假设,存在一定局限性。一项将研究对象分为NVS、VS、无精神病的暴力者(non-psychotic, violent participants, NPV)和HC的研究发现:精神分裂症患者左侧海马体积减小、丘脑体积减小(P 均 < 0.01);VS右侧杏仁核体积比NVS增加;与HC比较,NVS和NS的脑室内脑脊液体积增加;与NPV比较,NVS脑脊液体积增加^[24]。Hoptman等^[25-26]的研究指出左侧尾状核体积越大,攻击总分越高,差异有统计学意义($t=2.04$, $P=0.05$);有攻击行为的患者比没有攻击行为的患者尾状核体积更大,冲动控制程度较低的患者左侧尾状核体积较大,而总尾状核体积相似。右侧眶额皮质(orbitofrontal cortex, OFC)体积越大,神经心理功能越差。攻击严重程度(total aggression severity, TAS)分数越高,左侧OFC灰质体积($F=8.04$, $r=0.48$, $P=0.007$)和双侧OFC白

质体积越大; PANSS 敌意条目得分越高, OFC 灰质体积的右侧不对称越大($F=4.42, P=0.04$)。这可能是因为尾状核体积增大可能会干扰正常的额叶-皮层下功能, 而额叶-皮层下回路(包括尾状核和丘脑)的破坏可能与精神分裂症患者的攻击性有关。

三、总结

精神分裂症患者的攻击/暴力行为是一个重要的公共卫生问题。理解、掌握精神分裂症攻击/暴力行为的神经生物学机制对其控制和预防至关重要。

精神分裂症攻击/暴力行为的神经影像学研究正处于发展阶段, 暂未得出较为一致的结论。研究结果不一致的原因可能与评估攻击/暴力行为的工具不一致、检查仪器的类型及参数设置、分析方法、药物、研究对象配合度、性别、病程等有关。随着科学技术的不断更新进步, 结合疾病的发生发展, 可采用一些新的方式来进一步研究。精神分裂症患者存在结构连接体的改变, 可以采用生成网络模型来探究疾病的生物学机制和相关的行为^[27]。整合现有的研究方法和手段, 以获取一致性的研究结果, 如先从 sMRI 获取所有的感兴趣的区域, 然后再将获取其弥散 MRI 图像^[28]。开展遗传与大脑各区功能连接之间的研究, 目前已有研究发现丘脑、后岛叶区域的缺失、复制在精神分裂症的连通性障碍中起着关键作用^[29]。实时交互式经颅磁刺激功能磁共振成像研究(TMS-fMRI)发现精神分裂症患者左脑 BA9 高兴奋性以及脑半球间功能连接受损^[30]。卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)在利用 3D 脑 MR 图像识别精神分裂症患者方面的潜力, 为基于图像的精神障碍个体水平诊断和预后提供了依据^[31]。

在今后的研究中扩大样本量, 发展和改进精神分裂症患者暴力/攻击行为研究方法, 从而更深入地认识精神分裂症患者的攻击/暴力行为。

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、文献查阅为苏雯靓, 构思与设计、文献查阅与整理为刘兴兰, 设计构思、论文修订为赵科

参 考 文 献

[1] Huang Y, Wang Y, Wang H, et al. Prevalence of mental disorders in China: a cross-sectional epidemiological study[J]. *Lancet Psychiatry*, 2019, 6(3): 211-224. DOI: 10.1016/S2215-0366(18)30511-X.

[2] Hodgins S. Violent behaviour among people with schizophrenia: a framework for investigations of causes, and effective treatment, and prevention[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2008, 363(1503): 2505-2518. DOI: 10.1098/rstb.2008.0034.

[3] 杨春林, 潘伟刚, 王文斌, 等. 急性期精神分裂症脑影像异常者临床特征分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2020, 19(18): 2012-2015. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2020.18.033. Yang CL, Pan WG, Wang WB, et al. Analysis of clinical characteristics of acute schizophrenia with abnormal brain imaging[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2020, 19(18): 2012-2015.

[4] 刘凤菊, 谢斌, 李欣. 基于 ReHo 方法的精神分裂症患者攻击行为的静息态 fMRI 研究[J]. *神经疾病与精神卫生*, 2014, 14(2): 127-129, 133. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2014.02.005. Liu FJ, Xie B, Li X. Resting fMRI study of schizophrenic patients with aggressive behavior: based on ReHo analysis[J]. *Journal of Neuroscience and Mental Health*, 2014, 14(2): 127-129, 133.

[5] Kumari V, Das M, Taylor PJ, et al. Neural and behavioural responses to threat in men with a history of serious violence and schizophrenia or antisocial personality disorder[J]. *Schizophr Res*, 2009, 110(1/3): 47-58. DOI: 10.1016/j.schres.2009.01.009.

[6] Schiffer B, Pawliczek C, Müller BW, et al. Neural Mechanisms Underlying Affective Theory of Mind in Violent Antisocial Personality Disorder and/or Schizophrenia[J]. *Schizophr Bull*, 2017, 43(6): 1229-1239. DOI: 10.1093/schbul/sbx012.

[7] 白银霞, 杨帆, 孙晶晶, 等. 伴有冲动攻击行为的慢性精神分裂症患者静息态功能磁共振研究[J]. *内蒙古医学杂志*, 2018, 50(12): 1411-1414, 1538. DOI: 10.16096/J.cnki.nmgxyzz.2018.50.12.002. Bai YX, Yang F, Sun JJ, et al. Electrostatic Gunctional Magmetic Resonance of Patients with Chronic Schizophrenia with Impulsive Attack Behavior[J]. *Inner Mongolia Medical Journal*, 2018, 50(12): 1411-1414, 1538.

[8] Widmayer S, Borgwardt S, Lang UE, et al. Functional Neuroimaging Correlates of Aggression in Psychosis: A Systematic Review With Recommendations for Future Research[J]. *Front Psychiatry*, 2019, 9: 777. DOI: 10.3389/fpsy.2018.00777.

[9] Kumari V, Aasen I, Taylor P, et al. Neural dysfunction and violence in schizophrenia: an fMRI investigation[J]. *Schizophr Res*, 2006, 84(1): 144-164. DOI: 10.1016/j.schres.2006.02.017.

[10] Barkataki I, Kumari V, Das M, et al. Neural correlates of deficient response inhibition in mentally disordered violent individuals[J]. *Behav Sci Law*, 2008, 26(1): 51-64. DOI: 10.1002/bsl.787.

[11] Tikász A, Potvin S, Richard-Devantoy S, et al. Reduced dorsolateral prefrontal cortex activation during affective Go/NoGo in violent schizophrenia patients: An fMRI study[J]. *Schizophr Res*, 2018, 197: 249-252. DOI: 10.1016/j.schres.2017.11.011.

[12] Hoptman MJ, D'Angelo D, Catalano D, et al. Amygdalofrontal functional disconnectivity and aggression in schizophrenia[J]. *Schizophr Bull*, 2010, 36(5): 1020-1028. DOI: 10.1093/schbul/sbp012.

[13] 易嘉龙, 王小平, 廖坚, 等. 男性攻击性精神分裂症患者杏仁核功能连接的磁共振研究[J]. *中国临床心理学杂志*, 2009, 17(6): 669-671. DOI: CNKI: SUN: ZLCY.0.2009-06-007. Yi JL, Wang XP, Liao J, et al. Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Amygdala Functional Connectivity Pattern of Male Schizophrenic Patients with Aggressive Behavior[J]. *Chin J Clin Psychol*, 2009, 17(6): 669-671.

[14] 陈慧轴. 成年早期首发精神分裂症患者磁共振脑结构形态学研究[D]. 南京: 南京医科大学, 2016.

- [15] 魏钦令, 吴小立, 王继辉, 等. 有无冲动攻击行为首发精神分裂症脑灰质体积的比较 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2011, 37(10): 625-628. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2011.10.014.
Wei QL, Wu XL, Wang JH, et al. A comparative MRI study on the regional gray matter volumetric changes between schizophrenic patients with and without impulsive offensive behavior [J]. Chin J Nervous Mental Dis, 2011, 37(10): 625-628.
- [16] 田霖, 汪帅, 邱琳琳, 等. 精神分裂症患者攻击行为的结构磁共振研究 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2017, 43(2): 103-109. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2017.02.009.
Tian L, Wang S, Qiu LL, et al. A structural MRI study on aggressive behavior in patients with schizophrenia [J]. Chin J Nervous Mental Dis, 2017, 43(2): 103-109.
- [17] Puri BK, Counsell SJ, Saeed N, et al. Regional grey matter volumetric changes in forensic schizophrenia patients: an MRI study comparing the brain structure of patients who have seriously and violently offended with that of patients who have not [J]. BMC Psychiatry, 2008, 8 Suppl 1: S6. DOI: 10.1186/1471-244X-8-S1-S6.
- [18] Kuroki N, Kashiwagi H, Ota M, et al. Brain structure differences among male schizophrenic patients with history of serious violent acts: an MRI voxel-based morphometric study [J]. BMC Psychiatry, 2017, 17(1): 105. DOI: 10.1186/s12888-017-1263-9.
- [19] Wong TY, Radua J, Pomarol-Clotet E, et al. An overlapping pattern of cerebral cortical thinning is associated with both positive symptoms and aggression in schizophrenia via the ENIGMA consortium [J]. Psychol Med, 2020, 50(12): 2034-2045. DOI: 10.1017/S0033291719002149.
- [20] Dietsche B, Kircher T, Falkenberg I. Structural brain changes in schizophrenia at different stages of the illness: A selective review of longitudinal magnetic resonance imaging studies [J]. Aust N Z J Psychiatry, 2017, 51(5): 500-508. DOI: 10.1177/0004867417699473.
- [21] 魏巍, 邓伟, 周焱, 等. 首次发病未治疗精神分裂症患者大脑皮质复杂度改变 [J]. 中华精神科杂志, 2020, 53(1): 11-15. DOI: 10.3760/cma.j.issn.10067884.2020.01.003.
Wei W, Deng W, Zhou Y, et al. Abnormal cortical complexity of first-episode treatment-naive schizophrenia patients [J]. Chinese Journal of Psychiatry, 2020, 53(1): 11-15.
- [22] Storvestre GB, Valnes LM, Jensen A, et al. A preliminary study of cortical morphology in schizophrenia patients with a history of violence [J]. Psychiatry Res Neuroimaging, 2019, 288: 29-36. DOI: 10.1016/j.psychres.2019.04.013.
- [23] 李颖娜, 范丰梅, 冯志远, 等. 伴有暴力行为的精神分裂症患者皮质厚度和分形维数的分析 [J]. 中华精神科杂志, 2020, 53(4): 307-314. DOI: 10.3760/cma.j.cn113661-20191010-00354.
Li YN, Fan FM, Feng ZY, et al. Structural magnetic resonance imaging study of cortex thickness and fractal dimension in schizophrenia with violent behaviors [J]. Chin J Psychiatry, 2020, 53(4): 307-314.
- [24] Del Bene VA, Foxe JJ, Ross LA, et al. Neuroanatomical Abnormalities in Violent Individuals with and without a Diagnosis of Schizophrenia [J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0168100. DOI: 10.1371/journal.pone.0168100.
- [25] Hoptman MJ, Volavka J, Czobor P, et al. Aggression and quantitative MRI measures of caudate in patients with chronic schizophrenia or schizoaffective disorder [J]. J Neuropsychiatry Clin Neurosci, 2006, 18(4): 509-515. DOI: 10.1176/jnp.2006.18.4.509.
- [26] Hoptman MJ, Volavka J, Weiss EM, et al. Quantitative MRI measures of orbitofrontal cortex in patients with chronic schizophrenia or schizoaffective disorder [J]. Psychiatry Res, 2005, 140(2): 133-145. DOI: 10.1016/j.psychres.2005.07.004.
- [27] Zhang X, Braun U, Harneit A, et al. Generative network models of altered structural brain connectivity in schizophrenia [J]. Neuroimage, 2021, 225: 117510. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2020.117510.
- [28] Levitt JJ, Nestor PG, Kubicki M, et al. Miswiring of Frontostriatal Projections in Schizophrenia [J]. Schizophr Bull, 2020, 46(4): 990-998. DOI: 10.1093/schbul/sbz129.
- [29] Moreau CA, Urchs SGW, Kuldeep K, et al. Mutations associated with neuropsychiatric conditions delineate functional brain connectivity dimensions contributing to autism and schizophrenia [J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 5272. DOI: 10.1038/s41467-020-18997-2.
- [30] Weblar RD, Hamady C, Molnar C, et al. Decreased interhemispheric connectivity and increased cortical excitability in unmedicated schizophrenia: A prefrontal interleaved TMS fMRI study [J]. Brain Stimul, 2020, 13(5): 1467-1475. DOI: 10.1016/j.brs.2020.06.017.
- [31] Hu M, Sim K, Zhou JH, et al. Brain MRI-based 3D Convolutional Neural Networks for Classification of Schizophrenia and Controls [J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2020, 2020: 1742-1745. DOI: 10.1109/EMBC44109.

(收稿日期: 2021-03-23)

(本文编辑: 戚红丹)