

- Biomed Pharmacother, 2017,90:524 – 530.
- [24] Wang H, Zhang Y, Luomei J, et al. The miR-155/GATA3/IL37 axis modulates the production of proinflammatory cytokines upon TNF- α stimulation to affect psoriasis development[J]. Exp Dermatol, 2020, 29(7):647 – 658.
- [25] Yan JJ, Qiao M, Li RH, et al. Downregulation of miR-145-5p contributes to hyperproliferation of keratinocytes and skin inflammation in psoriasis[J]. Br J Dermatol, 2019,180(2):365 – 372.
- [26] Wang Y, Cao Y. miR-145-5p inhibits psoriasis progression by regulating the Wnt/ β -catenin pathway[J]. Am J Transl Res, 2021, 13(9):10439 – 10448.
- [27] Srivastava A, Luo L, Lohcharoenkal W, et al. Cross-talk between IFN- γ and TWEAK through miR-149 amplifies skin inflammation in psoriasis[J]. J Allergy Clin Immunol, 2021,147(6):2225 – 2235.
- [28] Huang C, Zhong W, Ren X, et al. Correction: miR-193b-3p-ERBB4 axis regulates psoriasis pathogenesis via modulating cellular proliferation and inflammatory-mediator production of keratinocytes[J]. Cell Death Dis, 2021,12(11):1072.
- [29] Raaby L, Langkilde A, Kjellerup RB, et al. Changes in mRNA expression precede changes in microRNA expression in lesional psoriatic skin during treatment with adalimumab[J]. Br J Dermatol, 2015,173(2):436 – 447.
- [30] Su F, Jin L, Liu W. microRNA-125a correlates with decreased psoriasis severity and inflammation and represses keratinocyte proliferation[J]. Dermatology, 2021,237(4):568 – 578.
- [31] Fernandez-Piñeiro I, Badiola I, Sanchez A. Nanocarriers for microRNA delivery in cancer medicine[J]. Biotechnol Adv, 2017,35(3):350 – 360.
- [32] Cai Y, Yu X, Hu S, et al. A brief review on the mechanisms of miRNA regulation[J]. Genomics Proteomics Bioinformatics, 2009,7(4):147 – 154.
- [33] Dai X, Tan C. Combination of microRNA therapeutics with small-molecule anticancer drugs: mechanism of action and co-delivery nanocarriers[J]. Adv Drug Deliv Rev, 2015,81:184 – 197.
- [34] Ross K. Towards topical microRNA-directed therapy for epidermal disorders[J]. J Control Release, 2018,269:136 – 147.
- [35] Zhang D, Wang J, Xu D. Cell-penetrating peptides as noninvasive transmembrane vectors for the development of novel multifunctional drug-delivery systems[J]. J Control Release, 2016,229:130 – 139.
- [36] Hao L, Patel PC, Alhasan AH, et al. Nucleic acid-gold nanoparticle conjugates as mimics of microRNA[J]. Small, 2011,7(22):3158 – 3162.
- [37] Kulkarni M, Breen A, Greiser U, et al. Fibrin-lipoplex system for controlled topical delivery of multiple genes[J]. Biomacromolecules, 2009,10(6):1650 – 1654.
- [收稿日期 2022 – 02 – 28][本文编辑 韦 颖]

本文引用格式

谢 治,李丽丽. miRNA 在银屑病发病机制及治疗作用中的研究进展[J]. 中国临床新医学,2022,15(11):1092 – 1096.

新进展综述

磁共振成像在青少年非自杀性自伤行为中的研究进展

游欣睿, 曹瑞想, 白 岩(综述), 王梅云(审校)

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号:81720108021); 河南省医学科技攻关计划项目(编号:SBGJ202101002)

作者单位: 450003 郑州,河南大学人民医院影像科(游欣睿); 450003 郑州,河南省人民医院影像科(曹瑞想,白 岩,王梅云)

作者简介: 游欣睿,在读硕士研究生,研究方向:放射医学。E-mail:yxrui1iang@163.com

通信作者: 王梅云,医学博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向:放射医学。E-mail:mywang@ha.edu.cn

【摘要】 非自杀性自伤(NSSI)行为是一种不以结束生命为目的,故意伤害自己的身体,并且不被社会所接纳的行为。NSSI 在青少年中发生率较高,与抑郁症等精神心理障碍密切相关。其发病机制目前尚不清楚。有研究表明,NSSI 青少年存在脑结构和脑功能异常,多模态磁共振成像(MRI)技术可为研究 NSSI 行为提供丰富的信息,对研究其发病机制具有重要价值。该文对多模态 MRI 在 NSSI 行为的脑功能和影像学研究进展作一综述。

【关键词】 非自杀性自伤; 神经影像学; 磁共振成像

【中图分类号】 R 445; R 749 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674 – 3806(2022)11 – 1096 – 05

doi:10.3969/j.issn.1674 – 3806.2022.11.21

Research progress of magnetic resonance imaging in adolescent non-suicidal self-injury YOU Xin-rui, CAO Rui-xiang, BAI Yan, et al. Department of Medical Imaging, the People's Hospital of Henan University, Zhengzhou 450003, China

[Abstract] Non-suicidal self-injury (NSSI) is a kind of behavior by which one self-injury person deliberately hurts oneself without the purpose of ending his or her life and is not accepted by the society. The incidence of NSSI is high in adolescents, which is closely related to depression and other mental and psychological disorders. At present, the pathogenesis of NSSI is still unclear. Previous studies indicated that the adolescents with NSSI had abnormal brain structure and brain function, and multimodal magnetic resonance imaging (MRI) could provide abundant information for NSSI behavior, which had important value on studying the pathogenesis of NSSI. This paper reviews and summarizes the brain function and imaging studies of multimodal MRI in NSSI behavior.

[Key words] Non-suicidal self-injury (NSSI); Neuroimaging; Magnetic resonance imaging (MRI)

非自杀性自伤 (non-suicidal self-injury, NSSI) 行为是指在没有明确自杀计划的情况下, 个体故意、重复地伤害自己身体组织的行为, 最常见的包括自我切割、划伤、烫伤、敲打等多种方式^[1-2]。NSSI 是青少年严重的公共卫生问题。NSSI 曾被视为边缘性人格障碍的一种症状, 在《精神障碍诊断与统计手册 (第五版)》中, NSSI 已被作为一项疾病单独诊断^[3]。NSSI 在人群中较普遍, 青少年是 NSSI 发生的高危群体, 全世界 17% ~ 18% 的青少年至少发生过一次 NSSI 行为^[4], 它已成为临床上青少年死亡的第二大死因^[5], 且呈上升趋势。一项回顾性研究表明, 这一行为的发生通常出现在青少年早期和中期^[6]。到目前为止, 它被认为是自杀的前奏和显著风险因素, 通常与自杀意念 (suicidal ideation, SI) 有关^[7-8]。已有研究证明, 分析磁共振成像 (MRI) 影像结构变化可预测精神分裂症预后^[9]。NSSI 的发生与维持并不是某个单一因素所致, 而是个体心理因素、心理社会学因素与神经生物学三方面综合作用的结果, NSSI 目前仍被认为是一个涉及多种神经递质、多个神经通路的复杂现象。近年来, 有研究从神经影像学角度探索 NSSI 可能的影像学机制。NSSI 可能是一种消极情绪的应对策略, 进而导致重复 NSSI 行为的出现。本文旨在对多模态 MRI 在 NSSI 行为的脑功能和影像学研究进行回顾总结, 为将来进一步研究提供参考。

1 三维 T1 加权成像 (3D T1-weighted imaging, 3D-T1WI) 在 NSSI 行为中的研究进展

3D-T1WI 可获得全脑结构信息, 并且可定量检测各脑区的体积。基于体素的形态学测量 (voxel-based morphometry, VBM) 是一种成熟的以体素为单位进行全脑分析的方法, 可用于检测量化组间脑组织的形态差异。NSSI 与自我报告的情绪反应和负面情绪调节困难有关^[10-11]。以往研究表明, 皮质-边缘系统通常参与负性情绪的调节^[12-13]。青少年的情绪波动大, 调节

消极情绪的能力相对不足, NSSI 行为的发生可能与特定的神经环路相关。2018 年, Ando 等^[14]通过对 29 例有 NSSI 行为史的青少年女性与健康人进行 VBM, 发现有 NSSI 行为青少年的脑结构有所改变, 特别是额叶系统区域的脑体积。29 例 NSSI 青少年女性患者的脑岛区域灰质体积有显著变化, 其前扣带回皮质体积与正常人相比明显减少。Beauchaine 等^[7]对 20 例自伤青少年女性和正常对照组进行结构磁共振成像 (structural magnetic resonance imaging, sMRI) 分析, 研究发现自伤少女双侧岛叶皮质和右侧额下回的灰质体积减少。额下回邻近大脑岛叶, 也与情绪自我调节相关。此外, 该研究还发现岛叶和额下回灰质体积与情绪调节障碍呈负相关关系, 这也印证了自伤与情绪调节障碍相关的结论。另有研究表明, NSSI 青少年执行功能受损也与前扣带回代谢异常有关^[15-16]。有过 SI 的 NSSI 青少年也存在前扣带回体积的异常, 说明 NSSI 与 SI 之间存在神经方面的关联。近年来, 在 sMRI 研究中, NSSI 青少年患者脑结构与形态磁共振多针对灰质体积改变, 以上研究提示伴 NSSI 行为的个体脑体积减少与 NSSI 的发生密切相关。这些研究为青少年 NSSI 和自杀行为的相关问题提供了重要参考, 未来这些发现或许可以反映更广泛的神经障碍。

2 弥散张量磁共振成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 在 NSSI 行为中的研究进展

DTI 是一种 MRI 技术, 可以利用水分子在体素中的各向异性程度和结构方法, 在微观水平上评估神经系统解剖结构。由于 DTI 对检测大脑的细微结构相当敏感, 可以一定程度上评价大脑白质纤维束的结构完整性, 目前已被用于表征各种正常和异常大脑 (阿尔茨海默病、抑郁症等) 的白质微结构的差异^[17-18]。白质纤维束在许多大脑区域之间发挥着重要作用^[19]。通过对 29 例 13 ~ 21 岁的 NSSI 女性患者和 22 名健康人对照研究发现, 患者存在广泛的白质微结构缺陷和

破坏^[20]。研究还发现,在 NSSI 受试者中,更大的冲动性和 NSSI 行为严重性与显著的额叶边缘白质纤维束完整性缺陷有关,他们实施 NSSI 的时间与钩束和扣带回中的白质受损相关。该研究较先前研究增加了样本量,改进了标准张量模型,证实了 NSSI 的发生与白质紊乱相关,为 NSSI 行为的早期干预提供了支持。

3 血氧水平依赖 (blood oxygen level dependent, BOLD) 成像技术在 NSSI 行为中的研究进展

BOLD 技术通过血氧饱和度对比,可以反映神经元的活动,对脑自发性活动相当敏感。功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 通过研究 BOLD 信号变化,分析脑功能的产生方式、位置及作用效果,能反映人脑在收到某种刺激或静息时大脑功能区的激活情况及对神经活动变化作出的反应,是近 10 余年来发展的一种成像技术,可分为静息态 fMRI 和任务态 fMRI。

3.1 静息态 fMRI 静息态 fMRI 是一种基于 BOLD 的 MRI 技术,揭示了被试者在没有从事任何特定脑力任务时发生的大脑过程,即在无明显刺激和明确任务的状态下来测量 BOLD 信号,反映脑神经元的自发性活动。在诊断和治疗多种精神和神经系统疾病中显示出初步前景,并且其中一些已经开始阐明潜在的神经网络^[21-22]。青少年实施 NSSI 的目的可能是为了调节消极情绪和负面影响^[11],这一观点已经被广泛接受。情绪的调节主要是靠皮质-边缘系统实现的^[13],眶额区、内侧前额叶区和下丘脑自主神经中枢与杏仁核相连,体会情绪涉及高阶眶额区和内侧前额叶^[23]。杏仁核是皮质-边缘环路的关键区域,与启动威胁反应相关联。先前的研究表明,在 NSSI 青少年患者静息态 fMRI 和执行消极任务期间的任务态 fMRI 中,杏仁核-皮质功能连接存在异常,特别是额叶激活降低,杏仁核-前额叶之间连接减弱(消极情绪得到缓解),这在 NSSI 患者中普遍存在,可能代表 NSSI 患者负面情绪调节方面的障碍和把自伤行为作为安慰手段^[24-25]。另外,该研究还发现,杏仁核与辅助运动区 (supplementary motor area, SMA) 和背侧前扣带回皮质的连接增强,这可能是负面情绪影响习惯性行为的机制,从而增加了患者实施 NSSI 的可能。这些功能 MRI 的研究成果都指向边缘系统 (主要是杏仁核) 的觉醒,这也进一步证实 NSSI 在压力调节过程中起着重要作用。Ho 等^[26]对抑郁患者自杀和 NSSI 进行研究,发现两者都与腹侧默认网络连接减少有关,而仅自伤患者表现出较低的前侧默认模式网络和突显网络的一致性。因此可以推测,SI 和自伤行为与想象及规划未来的困

难相关的大脑网络有关。综上所述, NSSI 青少年存在静息网络连接的异常,但目前相关的影像学研究较少,且主要存在于杏仁核相关功能连接回路,未来的研究可以此为基础,研究杏仁核与其他环路的静息态磁共振功能变化,来探索可能存在的 NSSI 脑部治疗靶点。

3.2 任务态 fMRI 任务态 fMRI 是 fMRI 的一种方法,受试者被指导执行针对单一功能的特定的任务,例如通过光、声等任务刺激研究语言、记忆、记忆力和感觉功能等脑皮质功能活动。大多数关于 NSSI 的任务态 fMRI 研究多集中在情绪管理、疼痛回路、奖赏环路等脑区的改变。

3.2.1 NSSI 行为与情绪管理 Schmaal 等^[27]通过对 NSSI 患者进行任务态 fMRI 扫描,发现与对照组相比,患有 NSSI 的青少年在消极情绪刺激下,外侧和内侧的眶额皮质、额叶皮质有较高的冲动性,这表明 NSSI 患者调节消极情绪的能力较差。一项对照研究表明,在基线期, NSSI 青少年杏仁核与额叶极连通较低,执行消极情绪任务的任务态 fMRI 发现, NSSI 患者的杏仁核和 SMA、杏仁核-背侧扣带回皮质连通增强^[24]。在控制抑郁症状后,杏仁核-SMA 连通仍较强。在使用 N-乙酰半胱氨酸干预后, NSSI 频率的降低与右 SMA 引起的左静息态功能连接减少有关,但与右下额叶皮质的右杏仁核静息态功能连接的增加有关。对于伏隔核, NSSI 频率降低与右伏核和左上额叶皮质之间的连通性降低相关^[28]。这些初步研究表明,杏仁核和伏隔核可能是潜在的治疗靶点。一项在边缘性人格障碍患者中识别自残行为的功能性磁共振研究中发现,在负性情感刺激期间,此类患者表现出杏仁核的过度激活^[29],这与之前的研究结果保持一致。在分别使用负性情绪反应和情绪调节能力的研究表明,有故意伤害行为的成年人杏仁核、内侧前额叶皮质还有后扣带回区域激活增加^[30]。此外,通过对有 NSSI 行为的女性和健康女性使用多元干扰任务进行研究发现,有 NSSI 行为的女性扣带回皮质活性增加,背外侧前额叶皮层活性降低^[31],这表明 NSSI 患者在干扰任务处理中使用不同的皮层区域。通过以上研究可以推测,青少年情绪高反应性和低情绪调节能力与 NSSI 关系紧密,加之青少年本身易冲动,情绪不稳定也可能成为 NSSI 行为的诱发因素,从而反复施行 NSSI 行为,从中获得短暂的满足感,因此,提高情绪控制能力有助于减少 NSSI 的实施。

3.2.2 NSSI 与疼痛知觉 NSSI 患者对疼痛的反应也许与正常人不同。已有研究表明, NSSI 通过对身

体疼痛的习惯影响自杀行为^[32],这表明 NSSI 患者的痛阈值以及对疼痛的耐受性提高,他们倾向于将疼痛作为一种解压方式。之前有研究发现 NSSI 患者大脑灰质体积变化也与疼痛刺激存在联系,如 NSSI 青少年患者的脑岛和前扣带回体积减小^[14]。Osuch 等^[33]通过自我和实验者施加痛苦的冷刺激和比较冷刺激,结果发现 NSSI 组有更大的血氧水平依赖性反应。此外,研究还发现,有 NSSI 的青少年右侧眶额皮质和前扣带回皮质之间功能连接降低,这可能意味着 NSSI 组对痛苦刺激感知不足以及情绪调节能力差。研究结果有助于理解这些患者为什么使用自我施加的疼痛来缓解内部紧张。Dusi 等^[29]通过分析 NSSI 患者与健康人的脑 fMRI,发现在疼痛刺激期间,NSSI 患者表现出前额叶过度激活。以上结论均提示了实施 NSSI 行为患者在疼痛知觉方面存在异常。

3.2.3 NSSI 行为与奖赏网络 NSSI 青少年在神经上可能对奖赏刺激高度敏感,奖赏网络的核心包括腹侧纹状体、腹侧苍白球、眶额皮质及前扣带回等。有相关 fMRI 研究表明,与正常对照组青少年相比,有 NSSI 意图的青少年在接受金钱奖励刺激后,相比于正常对照组,双侧壳核表现出高度激活的状态^[34],表明有过 NSSI 想法的青少年,在精神方面上或许对奖励刺激异常灵敏。这为研究自伤与自杀想法的相关性提供了参考,但要注意奖励价值。另外一项预期金钱奖励任务研究表明,NSSI 青少年在奖赏加工处理过程中纹状体、眶额皮质还有杏仁核的激活明显降低^[35],进一步暗示了 NSSI 中与奖励刺激相关的区域。以上研究表明,NSSI 患者对近期的奖励刺激相当敏感,对预期的奖励比较迟钝。由此推测,奖赏环路相关的脑区异常激活与 NSSI 的想法有关,更详细的机制需要进一步的研究来证实。

4 结语

综上所述,对 NSSI 的神经影像学研究仍处于初始阶段,大多数关于 NSSI 的影像学研究都是有 NSSI 和无 NSSI 的个体进行比较的横断面研究。目前关于 NSSI 的神经影像学研究支持广泛脑区异常导致 NSSI 行为这一结论。而在不同的大脑区域中,大脑发育并不均匀,这种不同步可能会不同程度地影响该年龄段对 NSSI 的易感性。此外,环境因素、基因表达以及它们之间的相互作用等机制影响大脑发育。目前在 NSSI 的研究中女性偏多,共病研究较多,针对性研究较少也可能导致研究结果的不一致。为更好地阐明 NSSI 的独特神经改变,未来的研究可从以下方面着手:第一,鉴于固有的异质性,需要有更大、更多、更具特征

的样本量,对以往的研究成果进一步验证与完善。第二,增加关于纵向研究的设计,随着时间的推移,大量 NSSI 患者是否会发展成自杀行为,与自杀行为之间是否存在神经机制方面的联系,这有待进一步探讨。第三,未来可以结合其他成像方法,比如电生理学等,可能提供不错的信息,也可能有创新的方法来整合神经成像模式和新的数据分析策略。最后,需将青少年神经发育因素考虑在内,同时考虑影响神经成熟的远测风险因素,进一步揭示青春期这一发育阶段的神经回路,探究 NSSI 更深层的机制、可能存在的靶点和影像学标志物,为 NSSI 的早期识别和治疗及预后提供参考。

参考文献

- [1] Poudel A, Lamichhane A, Magar KR, et al. Non suicidal self injury and suicidal behavior among adolescents: co-occurrence and associated risk factors[J]. BMC Psychiatry, 2022,22(1):96.
- [2] Slabbert A, Hasking P, Notebaert L, et al. The role of distress tolerance in the relationship between affect and NSSI[J]. Arch Suicide Res, 2022,26(2):761-775.
- [3] Buelens T, Luyckx K, Kiekens G, et al. Investigating the DSM-5 criteria for non-suicidal self-injury disorder in a community sample of adolescents[J]. J Affect Disord, 2020,260:314-322.
- [4] Kaess M, Edinger A, Fischer-Waldschmidt G, et al. Effectiveness of a brief psychotherapeutic intervention compared with treatment as usual for adolescent nonsuicidal self-injury: a single-centre, randomised controlled trial[J]. Eur Child Adolesc Psychiatry, 2020,29(6):881-891.
- [5] Vergara GA, Stewart JG, Cosby EA, et al. Non-suicidal self-injury and suicide in depressed adolescents: impact of peer victimization and bullying[J]. J Affect Disord, 2019,245:744-749.
- [6] Brown RC, Plener PL. Non-suicidal self-injury in adolescence[J]. Curr Psychiatry Rep, 2017,19(3):20.
- [7] Beauchaine TP, Sauder CL, Derbidge CM, et al. Self-injuring adolescent girls exhibit insular cortex volumetric abnormalities that are similar to those seen in adults with borderline personality disorder[J]. Dev Psychopathol, 2019,31(4):1203-1212.
- [8] Wang H, Wang Q, Liu X, et al. Prospective interpersonal and intrapersonal predictors of initiation and cessation of non-suicidal self-injury among Chinese adolescents[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020,17(24):9454.
- [9] 詹孔才,邹艳,周伟强,等.慢性精神分裂症患者脑结构异常的 MRI 线性测量研究[J].中国临床新医学,2020,13(12):1238-1240.
- [10] Westlund Schreiner M, Klimes-Dougan B, Begnel ED, et al. Conceptualizing the neurobiology of non-suicidal self-injury from the perspective of the Research Domain Criteria Project[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2015,57:381-391.
- [11] Mettler J, Stern M, Lewis SP, et al. Perceived vs. actual emotion reactivity and regulation in individuals with and without a history of

- NSSI[J]. *Front Psychol*, 2021,12:612792.
- [12] Satpute AB, Nook EC, Narayanan S, et al. Emotions in “black and white” or shades of gray? How we think about emotion shapes our perception and neural representation of emotion[J]. *Psychol Sci*, 2016,27(11):1428–1442.
- [13] Résibois M, Verduyn P, Delaveau P, et al. The neural basis of emotions varies over time; different regions go with onset- and offset-bound processes underlying emotion intensity[J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2017,12(8):1261–1271.
- [14] Ando A, Reichl C, Scheu F, et al. Regional grey matter volume reduction in adolescents engaging in non-suicidal self-injury[J]. *Psychiatry Res Neuroimaging*, 2018,280:48–55.
- [15] Zhang Y, Lai S, Wu W, et al. Associations between executive function impairment and biochemical abnormalities in depressed adolescents with non-suicidal self-injury[J]. *J Affect Disord*, 2022,298(Pt A):492–499.
- [16] Seymour KE, Jones RN, Cushman GK, et al. Emotional face recognition in adolescent suicide attempters and adolescents engaging in non-suicidal self-injury[J]. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 2016,25(3):247–259.
- [17] Chen T, Chen Z, Gong Q. White matter-based structural brain network of major depression[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2021,1305:35–55.
- [18] Le Bihan D, Mangin JF, Poupon C, et al. Diffusion tensor imaging: concepts and applications[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2001,13(4):534–546.
- [19] Jung S, Kim JH, Sung G, et al. Uncinate fasciculus white matter connectivity related to impaired social perception and cross-sectional and longitudinal symptoms in patients with schizophrenia spectrum psychosis[J]. *Neurosci Lett*, 2020,737:135144.
- [20] Westlund Schreiner M, Mueller BA, Klimes-Dougan B, et al. White matter microstructure in adolescents and young adults with non-suicidal self-injury[J]. *Front Psychiatry*, 2020,10:1019.
- [21] Thompson GJ. Neural and metabolic basis of dynamic resting state fMRI[J]. *Neuroimage*, 2018,180(Pt B):448–462.
- [22] Khosla M, Jamison K, Ngo GH, et al. Machine learning in resting-state fMRI analysis[J]. *Magn Reson Imaging*, 2019,64:101–121.
- [23] Barbas H, Saha S, Rempel-Clower N, et al. Serial pathways from primate prefrontal cortex to autonomic areas may influence emotional expression[J]. *BMC Neurosci*, 2003,4:25.
- [24] Westlund Schreiner M, Klimes-Dougan B, Mueller BA, et al. Multimodal neuroimaging of adolescents with non-suicidal self-injury: amygdala functional connectivity[J]. *J Affect Disord*, 2017,221:47–55.
- [25] Mannekote Thippaiah S, Shankarapura Nanjappa M, Gude JG, et al. Non-suicidal self-injury in developing countries; a review[J]. *Int J Soc Psychiatry*, 2021,67(5):472–482.
- [26] Ho TC, Walker JC, Teresi GI, et al. Default mode and salience network alterations in suicidal and non-suicidal self-injurious thoughts and behaviors in adolescents with depression[J]. *Transl Psychiatry*, 2021,11(1):38.
- [27] Schmaal L, van Harmelen AL, Chatzi V, et al. Imaging suicidal thoughts and behaviors: a comprehensive review of 2 decades of neuroimaging studies[J]. *Mol Psychiatry*, 2020,25(2):408–427.
- [28] Cullen KR, Schreiner MW, Klimes-Dougan B, et al. Neural correlates of clinical improvement in response to N-acetylcysteine in adolescents with non-suicidal self-injury[J]. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2020,99:109778.
- [29] Dusi N, Bracco L, Bressi C, et al. Imaging associations of self-injurious behaviours amongst patients with borderline personality disorder; a mini-review[J]. *J Affect Disord*, 2021,295:781–787.
- [30] Davis TS, Mauss IB, Lumian D, et al. Emotional reactivity and emotion regulation among adults with a history of self-harm: laboratory self-report and functional MRI evidence[J]. *J Abnorm Psychol*, 2014,123(3):499–509.
- [31] Dahlgren MK, Hooley JM, Best SG, et al. Prefrontal cortex activation during cognitive interference in nonsuicidal self-injury[J]. *Psychiatry Res Neuroimaging*, 2018,277:28–38.
- [32] Law KC, Khazem LR, Jin HM, et al. Non-suicidal self-injury and frequency of suicide attempts; the role of pain persistence[J]. *J Affect Disord*, 2017,209:254–261.
- [33] Osuch E, Ford K, Wrath A, et al. Functional MRI of pain application in youth who engaged in repetitive non-suicidal self-injury vs. psychiatric controls[J]. *Psychiatry Res*, 2014,223(2):104–112.
- [34] Poon JA, Thompson JC, Forbes EE, et al. Adolescents’ reward-related neural activation: links to thoughts of nonsuicidal self-injury[J]. *Suicide Life Threat Behav*, 2019,49(1):76–89.
- [35] Sauder CL, Derbidge CM, Beauchaine TP. Neural responses to monetary incentives among self-injuring adolescent girls[J]. *Dev Psychopathol*, 2016,28(1):277–291.

[收稿日期 2022-06-15][本文编辑 韦颖]

本文引用格式

游欣睿,曹瑞想,白岩,等.磁共振成像在青少年非自杀性自伤行为中的研究进展[J].中国临床新医学,2022,15(11):1096–1100.