

非自杀性自伤青少年神经认知功能相关电生理研究进展

姚珂珂 司夏樱 综述 叶兰仙 审校

(兰州大学第二医院心理卫生科, 甘肃兰州 730030)

[摘要] 非自杀性自伤 (non-suicidal self-injury, NSSI) 在青少年中越来越多见, 严重影响着青少年的身心健康, 是引发青少年自杀行为的重大隐患。NSSI已成为当前普遍关注的公共精神卫生问题。目前, NSSI认知功能障碍的识别仍基于神经心理认知测量和主观问卷量表评估, 缺乏客观的评估指标。脑电生理作为研究NSSI认知神经机制的方法之一, 也是寻找NSSI客观生物标志物的可靠工具。该文就青少年NSSI认知功能障碍相关电生理的研究进展进行综述。

[中国当代儿科杂志, 2023, 25 (6): 653-657]

[关键词] 非自杀性自伤行为; 神经认知; 脑电生理; 青少年

Advances in the electrophysiological research on neurocognitive function in adolescents with non-suicidal self-injury

YAO Ke-Ke, SI Xia-Ying, YE Lan-Xian. Department of Psychiatry, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, China (Ye L-X, Email: ery_yelxery@lzu.edu.cn)

Abstract: Non-suicidal self-injury (NSSI) is becoming increasingly common in adolescents and seriously affects their physical and mental health, and it is also a major risk factor for suicide among adolescents. NSSI has now become a public health issue of general concern; however, the identification of cognitive dysfunction in NSSI is still based on neuropsychological cognitive assessment and subjective questionnaire assessment, with a lack of objective evaluation indicators. As a method for studying the cognitive neural mechanism of NSSI, electroencephalography is a reliable tool for finding objective biomarkers of NSSI. This article reviews the recent research on electrophysiology associated with cognitive dysfunction in adolescents with NSSI.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2023, 25(6): 653-657]

Key words: Non-suicidal self-injury; Neurocognition; Electroencephalography; Adolescent

非自杀性自伤 (non-suicidal self-injury, NSSI) 是指个体不以自杀为目的, 使用不被社会所认可的方法, 如切割、撞击、皮肤灼伤等直接故意伤害自己的身体组织, 往往有较高的人身伤害风险和重复风险。《精神障碍诊断与统计手册》第5版已将NSSI视为独立实体并纳入其中。青少年时期是NSSI行为的高发时期^[1], 研究显示, 全球非临床青少年NSSI的终生患病率为22.0%^[2], 中国青少年NSSI的1年患病率为25.2%^[3]。NSSI行为会对青少年的情绪、学业成绩和人际关系等多方面造成负性影响, 甚至, NSSI是自杀行为的独立危险因

素, 会增加青少年自杀意念和自杀行为的危险^[4]。关于NSSI行为存在多种心理学理论及模型, Hasking等^[5]将认知模型及情绪模型相结合, 构建了新的自伤认知-情绪模型, 体现了认知的重要作用。而NSSI认知功能障碍识别多采用神经心理认知测量或主观问卷量表评估, 缺乏精准的客观预测指标。脑电图和事件相关电位 (event-related potential, ERP) 具有无创、低成本、使用灵活等特点, 是评估个体脑功能状态及脑内功能连接的主要方法和指标, 研究证明已被用于认知功能障碍的评估^[6]。本文重点介绍ERP在NSSI青少年认

[收稿日期] 2023-02-14; [接受日期] 2023-04-10

[基金项目] 甘肃省自然科学基金 (21JR11RA101)。

[作者简介] 姚珂珂, 女, 硕士研究生。

[通信作者] 叶兰仙, 女, 教授。Email: ery_yelxery@lzu.edu.cn。

知功能的研究进展,相比于执行功能(executive functions, EFs)相关的电生理研究,在奖赏反应和疼痛感知等方面开展的研究较少。本文通过综述NSSI青少年认知功能相关电生理的研究,进一步提高对NSSI认知神经机制的理解,为早期识别NSSI高风险个体提供支持。

1 NSSI EFs相关的脑电研究

根据情绪调节假说,在经历负性情绪或面对压力事件时自伤患者会有不同程度的情绪调节障碍,自伤青少年通过NSSI行为减少负面情绪的影响。情绪调节障碍是NSSI的主要原因,认知-情绪模型认为情绪反应和情绪抑制控制是情绪调节的核心组成部分^[7],其中杏仁核、扣带回皮质是情绪网络的关键点;前额叶皮质是执行控制网络的关键点^[8],对于EFs的实施具有重要意义,EFs受损提示情绪调节能力低下^[9]。EFs也称执行控制或认知控制,是集中注意力、依靠不明智本能或直觉时自上而下的心理过程,也是元认知自我调节的技能。抑制控制、工作记忆和认知灵活性是EFs的核心内容^[10]。Fikke等^[9]发现NSSI青少年EFs有明显的缺陷,低程度自伤组有抑制控制障碍,高程度自伤组有工作记忆障碍。

ERP可以为青少年EFs的发展和功能障碍提供标记,并为其神经生理学基础提供证据。青少年EFs相关的ERP成分包括N2(在刺激后约200 ms出现的负向成分)、P3(在刺激后约300 ms出现的成分)、错误相关负波和错误相关正波等,其中N2标记抑制、工作记忆等,P3标记注意特定刺激,错误相关负波和错误相关正波标记反应监测^[11]。经典ERP中的N2反映源自前扣带回和额下回的冲动监控,表明对负性刺激的抑制水平;P3代表源于前扣带回和眶额皮质的抑制控制加工,表明对负性情绪的注意力水平^[12-13]。

抑制控制包括行为控制和干扰控制2个方面^[10]。双选择Oddball范式是激发个体抑制控制的范式之一,可以弥补Go/Nogo范式和Stop signal范式的不足,通常应用于行为抑制控制的研究^[12]。一项基于双选择Oddball范式的ERP研究发现,相比于对照组,NSSI组青少年暴露于自我伤害线索时的眶额皮质和额下回激活增加,自我伤害线索下的差异波P3(异常波P3减去标准波P3)振幅显著高于中性线索,NSSI青少年的抑制能力受损,

需要更多的神经激活来成功完成抑制^[14]。Zhao等^[15]也使用双选择Oddball范式研究NSSI青少年在观看负面情绪图片时的认知脑电,发现NSSI青少年在暴露于负面情绪刺激时表现出更明显的N250(在接受面部刺激后约250 ms出现的成分)、P3和晚期正波,表明NSSI青少年在负面情绪刺激的认知加工中存在抑制控制缺陷。注意力抑制控制是感知层面的干扰控制,James等^[16]通过稳态视觉诱发电位探究NSSI青少年女性在显著情绪干扰物下的注意力抑制控制,发现伴NSSI青少年腹侧前扣带回的激活程度及对愤怒面孔的注意力捕捉相对不伴NSSI青少年均增加,难以抑制对威胁刺激的注意。综合来看,NSSI青少年患者在负面情绪刺激下,主要表现抑制控制障碍,EFs相关脑电成分存在异常。

Wen等^[6]对18例抑郁障碍伴NSSI青少年进行不同刺激的电生理测量,其中,N1(在刺激后约150 ms出现的负向成分)是发生在听觉或视觉线索刺激后的一个负向成分,可能受情绪调节;N2也是刺激后的一个负向成分,与冲突监测相关;P3a和P3b是P3波形的两个亚组,P3a是P3的早期成分,增强的P3a可能代表前额叶的执行控制功能仍不成熟;P3b是P3的晚期成分,代表大脑对信号的注意和记忆过程;P50(在刺激后约50 ms出现的成分)是听觉诱发电位中较常见的感觉门控,提示可能有强迫、感觉过敏、耳鸣、疼痛等症状。该研究发现,与对照组相比,NSSI组的N1、N2、P3a、P3b和P50在Cz电极处的潜伏期均显著延长,P50波幅显著下降,表明NSSI组青少年认知功能损害主要表现在抗干扰能力低下、记忆力减退、注意力和EFs障碍。Liu等^[17]采用双选择Oddball范式亦表明抑郁障碍伴NSSI青少年的认知障碍主要表现为抑制控制和抗干扰能力差,N2、P3a、P3b潜伏期明显延长,而P3a、P3b振幅明显降低,基线P3可作为重度抑郁症青少年NSSI次数减少的潜在预测因子。上述两个研究中伴NSSI抑郁障碍青少年患者都表现出异常的脑电,然而异常的脑电组成不一样,可能是由于不同的范式研究和抑郁障碍群体异质性较大而导致的差异。

2 NSSI奖赏相关的脑电研究

NSSI行为存在于多种疾病诊断中,如抑郁障碍、边缘性人格障碍、物质使用障碍和进食障碍

等^[18]，也可以在无精神障碍的人群中单独存在^[19]，因此NSSI是一个跨诊断行为^[20]。美国国立精神卫生研究所的研究领域标准旨在整合各种类型数据的方法理解和治疗精神障碍^[21]，奖赏反应在研究领域标准中属于正价系统，具体包括奖励预期、对奖励的初步反应及奖励满足3个子结构^[22]。奖赏反应异常是自伤风险的一个潜在跨诊断机制，个体在实施自伤行为后会感受到短暂的情绪释放，通过自动负向强化功能缓解原有的麻木感和负性情绪^[23]，通过正强化功能获得愉悦、满足的体验感，在一段时间后会再次进行自伤行为，将NSSI作为一种习惯^[24]。以往研究表明，奖赏系统异常是药物成瘾的机制之一^[24]。近期研究表明，NSSI患者与成瘾有着相似的神经生物机制，在NSSI中同样存在奖赏反应的异常，患者需通过增加NSSI行为的次数和程度来引发并维持奖赏反应^[25]。一项研究结果表明，在自伤行为发生的早期，NSSI青少年奖赏功能已经失调^[26]。Kautz等^[27]探讨了在儿童期经历虐待的个体中奖赏敏感性对自伤行为的预测作用，研究表明，根据童年受虐史的严重程度不同，奖赏敏感性作为NSSI的认知风险因素作用也不同。NSSI与奖赏回路、奖赏脑区密切相关，NSSI神经奖赏回路相关的大脑活动及大脑连接发生了改变，奖赏脑区的异常可能会使自伤行为不断得到强化^[25, 28]。

青少年是奖赏敏感性显著变化及行为调整的关键时期。反馈相关负波（feedback-related negativity, FRN）和P3作为ERP中重要的脑电组成，能够反映出在奖赏反馈时大脑相关的神经生理活动^[29]。FRN也称奖励正波（reward positivity, RewP），是评估奖赏初始反应性的客观电生理指标；P3是脑电的晚期成分，主要反映个体的注意力分布和情绪动机状态^[30]。

Tsypes等^[20]采用简单猜测任务对19例NSSI儿童进行奖赏神经反应的研究，结果显示，相较于对照组，NSSI儿童在输条件下的初始奖赏反应性增强，表明差异波FRN可能作为自伤风险潜在的客观生物标志物。当前明确区分自我伤害中NSSI行为与自杀相关行为的研究较少，而NSSI是自杀意念、自杀企图等自杀相关行为的独立风险因素^[31]。因此，自杀相关行为的神经电生理机制可以为青少年NSSI的脑电研究提供借鉴与参考^[32]。Tsypes等^[21]对自杀未遂者采用金钱奖赏延迟任务和开门任务进行脑电研究，结果显示与非自杀未

遂者相比，自杀未遂者的P3波幅显著降低，提示其奖赏预期及对奖赏的初始反应存在缺陷。Pegg等^[33]研究发现，与没有自杀倾向的抑郁青少年相比，主动自杀倾向组在对奖赏和损失的神经反应上表现出更大的差异，有主动自杀倾向的青少年对奖赏表现出更积极的RewP，而对损失表现出更消极的RewP。考虑到针对青少年NSSI奖赏相关脑电研究较少，因此，将来还需要更多的研究协助阐明青少年奖赏相关脑电与NSSI的关联性。

3 NSSI疼痛相关的脑电研究

疼痛是一种主观且复杂的体验，可以帮助个体避免身体上的伤害起到警戒作用，而NSSI是一个故意主动寻求伤害和疼痛的行为。多项研究表明，与不参与NSSI的个体相比，NSSI患者具有更高的疼痛阈值和疼痛耐受性^[25, 34]。疼痛阈值是一个人感觉到疼痛刺激的最低强度，Gavcar等^[35]研究发现自伤青少年的唾液阿片啡肽（一种新定义的在镇痛途径中发挥作用的肽）水平和疼痛阈值均高于非自伤青少年。Koenig等^[36]研究表明，在遭受疼痛刺激后，NSSI女性青少年的自主神经和下丘脑-垂体-肾上腺轴生理唤醒延长，皮质醇分泌增加，使其情绪和身体意识增强。NSSI行为发生时，患者的岛叶功能障碍，杏仁核-前额叶连接异常，情感性疼痛处理异常，脑岛、杏仁核、边缘皮质等相关脑区的功能结构异常破坏了NSSI患者的疼痛识别与保护机制^[8]，使患者的疼痛耐受性增加，疼痛敏感性降低^[37]。

根据NSSI的疼痛镇痛/阿片类药物假说，较低的疼痛敏感性可能是重度NSSI的危险因素。在一项关于疼痛与NSSI关系的纵向研究中，研究者发现在消极情绪和自我批评等负性经历下，较低的疼痛敏感性可能会导致更严重的NSSI，疼痛敏感性改变对NSSI行为的发生至关重要^[38]。ERP的P1（在刺激后约100 ms出现的正向波形）、N1、P2（在刺激后约180 ms出现的成分）、N2、P3及晚期正波都可用于疼痛的研究^[39]，Leone等^[40]采用激光诱发电位（laser-evoked potential, LEP）研究NSSI青少年的疼痛传导通路和内源性疼痛调节功能，结果提示NSSI青少年疼痛调节存在异常，其异常可能是经常自伤持续疼痛诱导引起饱和导致的结果；LEP中的N2波幅显著降低，自伤风险与降低的N2波幅密切相关，LEP的N2波幅可能是

NSSI青少年自杀风险的客观生物标志物。该研究虽然表明ERP的N2可能作为NSSI的客观生物标志物,但相对于单一的脑电成分,多个脑电指标共同评估能更好地理解NSSI青少年疼痛有关的认知神经机制。

4 总结和展望

NSSI青少年认知功能在ERP及脑电图中表现出了异常,具体表现在EFs、奖赏反应及疼痛感知等方面,情绪调节障碍在NSSI发病过程中也起着重要作用,它们相互影响、相互联系,共同参与青少年NSSI的神经认知功能。借助脑电相关技术分析数据,对了解青少年NSSI患者与正常青少年脑功能的异常活动有重要作用,脑电指标有望成为识别NSSI认知功能障碍的辅助手段。

目前针对青少年NSSI的脑电研究数量仍较少。首先,NSSI行为往往存在于抑郁症和边缘性人格障碍等精神障碍中,难以单独存在,导致认知功能与脑电测量指标的关联误差;其次,实验范式的设计也需要充分考虑,不恰当的任务范式会对结果造成偏差;最后,单一的脑电成分研究评估青少年NSSI并不准确,需要多个脑电成分测量指标进行共同分析。因此,未来研究需要更准确地设计实验任务,考虑不同疾病背景对脑电测量指标的影响,进一步探索NSSI青少年认知功能相关的脑电活动。同时,为了提高脑电指标预测NSSI风险的敏感性和特异性,未来研究可以采用机器学习、生态瞬时评估等方法探讨干预治疗后或长时间跟踪研究NSSI青少年相关的脑电活动变化。

利益冲突声明:所有作者均声明无利益冲突。

【参 考 文 献】

- [1] De Luca L, Giletta M, Nocentini A, et al. Non-suicidal self-injury in adolescence: the role of pre-existing vulnerabilities and COVID-19-related stress[J]. *J Youth Adolesc*, 2022, 51(12): 2383-2395. PMID: 35986870. PMCID: PMC9392436. DOI: 10.1007/s10964-022-01669-3.
- [2] Xiao Q, Song X, Huang L, et al. Global prevalence and characteristics of non-suicidal self-injury between 2010 and 2021 among a non-clinical sample of adolescents: a meta-analysis[J]. *Front Psychiatry*, 2022, 13: 912441. PMID: 36032224. PMCID: PMC9399519. DOI: 10.3389/fpsy.2022.912441.
- [3] Zhang JJ, Liu YD, Zhang H, et al. Correlates of non-suicidal self-injury in adolescent psychiatric patients in China[J]. *Front Psychiatry*, 2022, 13: 864150. PMID: 35832596. PMCID: PMC9271878. DOI: 10.3389/fpsy.2022.864150.
- [4] Hamza CA, Stewart SL, Willoughby T. Examining the link between nonsuicidal self-injury and suicidal behavior: a review of the literature and an integrated model[J]. *Clin Psychol Rev*, 2012, 32(6): 482-495. PMID: 22717336. DOI: 10.1016/j.cpr.2012.05.003.
- [5] Hasking P, Whitlock J, Voon D, et al. A cognitive-emotional model of NSSI: using emotion regulation and cognitive processes to explain why people self-injure[J]. *Cogn Emot*, 2017, 31(8): 1543-1556. PMID: 27702245. DOI: 10.1080/02699931.2016.1241219.
- [6] Wen Y, Zhang X, Xu Y, et al. Cognitive impairment in adolescent major depressive disorder with nonsuicidal self-injury: evidence based on multi-indicator ERPs[J]. *Front Hum Neurosci*, 2021, 15: 637407. PMID: 33716699. PMCID: PMC7943920. DOI: 10.3389/fnhum.2021.637407.
- [7] Liu J, Gao Y, Wang H, et al. Emotional reactivity and inhibitory control in nonsuicidal self-injury adolescence: divergence between positive and negative emotions[J]. *J Youth Adolesc*, 2022, 51(9): 1720-1732. PMID: 35523926. DOI: 10.1007/s10964-022-01618-0.
- [8] 冉杭林, 赖顺凯, 严舒雅, 等. 青少年非自杀性自伤行为相关脑功能机制影像学研究进展[J]. *中国神经精神疾病杂志*, 2021, 47(3): 186-189. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0152.2021.03.014.
- [9] Fikke LT, Melinder A, Landrø NI. Executive functions are impaired in adolescents engaging in non-suicidal self-injury[J]. *Psychol Med*, 2011, 41(3): 601-610. PMID: 20482935. DOI: 10.1017/S0033291710001030.
- [10] Diamond A. Executive functions[J]. *Annu Rev Psychol*, 2013, 64: 135-168. PMID: 23020641. PMCID: PMC4084861. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- [11] Downes M, Bathelt J, De Haan M. Event-related potential measures of executive functioning from preschool to adolescence[J]. *Dev Med Child Neurol*, 2017, 59(6): 581-590. PMID: 28164277. DOI: 10.1111/dmcn.13395.
- [12] 袁加锦, 徐萌萌, 杨洁敏, 等. 双选择Oddball范式在行为抑制控制研究中的应用[J]. *中国科学(生命科学)*, 2017, 47(10): 1065-1073. DOI: 10.1360/N052017-00125.
- [13] 刘潇雅, 刘爽, 郭冬月, 等. 抑郁症脑电特异性研究进展[J]. *中国生物医学工程学报*, 2020, 39(3): 351-361. DOI: 10.3969/j.issn.0258-8021.2020.03.13.
- [14] Zhou DD, Zhao L, Ma LL, et al. Altered neural reactivity in adolescents with nonsuicidal self-injury during exposure to self-injury related cues: electrophysiological evidence from a two-choice oddball paradigm[J]. *Front Psychiatry*, 2022, 13: 827480. PMID: 35449566. PMCID: PMC9016157. DOI: 10.3389/fpsy.2022.827480.
- [15] Zhao L, Zhou D, Ma L, et al. Changes in emotion-related EEG components and brain lateralization response to negative emotions in adolescents with nonsuicidal self-injury: an ERP study[J]. *Behav Brain Res*, 2023, 445: 114324. PMID: 36736669. DOI: 10.1016/j.bbr.2023.114324.

- [16] James KM, Miskovic V, Woody ML, et al. Attentional capture by angry faces in girls who self-injure: evidence from steady state visual evoked potentials[J]. *Suicide Life Threat Behav*, 2022, 52(6): 1149-1158. PMID: 35965476. PMCID: PMC9742197. DOI: 10.1111/sltb.12909.
- [17] Liu H, Wen Y, Liang X, et al. Prefrontal cortex neural activity predicts reduction of non-suicidal self-injury in adolescents with major depressive disorder: an event related potential study[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 972870. PMID: 36408379. PMCID: PMC9671107. DOI: 10.3389/fnins.2022.972870.
- [18] 邓洵, 陈宁, 王单单, 等. 自伤行为的神经生理机制及共病障碍比较[J]. *心理科学进展*, 2022, 30(7): 1561-1573. DOI: 10.3724/SP.J.1042.2022.01561.
- [19] Swannell SV, Martin GE, Page A, et al. Prevalence of nonsuicidal self-injury in nonclinical samples: systematic review, meta-analysis and meta-regression[J]. *Suicide Life Threat Behav*, 2014, 44(3): 273-303. PMID: 24422986. DOI: 10.1111/sltb.12070.
- [20] Tsypes A, Owens M, Hajcak G, et al. Neural reward responsiveness in children who engage in nonsuicidal self-injury: an ERP study[J]. *J Child Psychol Psychiatry*, 2018, 59(12): 1289-1297. PMID: 29665047. PMCID: PMC6192869. DOI: 10.1111/jcpp.12919.
- [21] Tsypes A, Owens M, Gibb BE. Reward responsiveness in suicide attempters: an electroencephalography/event-related potential study[J]. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*, 2021, 6(1): 99-106. PMID: 32532685. PMCID: PMC7581535. DOI: 10.1016/j.bpsc.2020.04.003.
- [22] National Institute of Mental Health. Behavioral assessment methods for RDoC constructs[EB/OL]. [2023-2-14]. <https://www.nimh.nih.gov/about/advisory-boards-and-groups/namhc/reports/behavioral-assessment-methods-for-rdoc-constructs>.
- [23] 陈慧, 周建松. 非自杀性自伤行为的成瘾特征研究进展[J]. *中华精神科杂志*, 2022, 55(1): 64-68. DOI: 10.3760/cma.j.cn113661-20210921-00130.
- [24] 张杨, 杨玲, 张建勋, 等. 海洛因戒断者对金钱奖赏的反馈加工异常: 来自ERP的证据[J]. *心理科学*, 2022, 45(4): 1008-1016. DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20220431.
- [25] 张丽萍, 王纯, 杭亚明, 等. 非自杀性自伤行为的关键生物基础[J]. *中华精神科杂志*, 2022, 55(2): 150-153. DOI: 10.3760/cma.j.cn113661-20210617-00191.
- [26] Case JAC, Mattoni M, Olino TM. Examining the neurobiology of non-suicidal self-injury in children and adolescents: the role of reward responsivity[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(16): 3561. PMID: 34441857. PMCID: PMC8396887. DOI: 10.3390/jcm10163561.
- [27] Kautz MM, Burke TA, Siegel DM, et al. The role of reward sensitivity and childhood maltreatment in predicting nonsuicidal self-injury[J]. *Suicide Life Threat Behav*, 2020, 50(6): 1250-1263. PMID: 33135809. DOI: 10.1111/sltb.12718.
- [28] 李瑶, 况利. 青少年非自杀性自伤的神经生物学机制[J]. *四川精神卫生*, 2019, 32(4): 371-374. DOI: 10.11886/j.issn.1007-3256.2019.04.019.
- [29] 邓欣媚, 游园园, 张林. 奖赏刺激的脑电反应特征跨文化差异: 一个ERP研究[J]. *心理科学*, 2020, 43(2): 393-401. DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20200219.
- [30] Deng X, Gao Q, Hu L, et al. Differences in reward sensitivity between high and low problematic smartphone use adolescents: an ERP study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(18): 9603. PMID: 34574543. PMCID: PMC8470587. DOI: 10.3390/ijerph18189603.
- [31] Aboussouan A, Snow A, Cerel J, et al. Non-suicidal self-injury, suicide ideation, and past suicide attempts: comparison between transgender and gender diverse veterans and non-veterans[J]. *J Affect Disord*, 2019, 259: 186-194. PMID: 31446379. DOI: 10.1016/j.jad.2019.08.046.
- [32] 喻承甫, 邓玉婷, 李美金, 等. 非自杀性自伤的认知神经与遗传学机制[J]. *华南师范大学学报(社会科学版)*, 2021(2): 137-145.
- [33] Pegg S, Dickey L, Green H, et al. Differentiating clinically depressed adolescents with and without active suicidality: an examination of neurophysiological and self-report measures of reward responsiveness[J]. *Depress Anxiety*, 2020, 37(9): 876-884. PMID: 32248653. PMCID: PMC9202003. DOI: 10.1002/da.23012.
- [34] Miglani M, Chavan BS, Gupta N. Pain threshold and pain tolerance as a predictor of deliberate self-harm among adolescents and young adults[J]. *Indian J Psychiatry*, 2021, 63(2): 142-145. PMID: 34194057. PMCID: PMC8214128. DOI: 10.4103/psychiatry.IndianJPsychiatry_348_19.
- [35] Gavcar EG, Kabukçu Başay B, Avci E, et al. Relationship between saliva opiorphin levels, pain threshold, and cutting number in adolescents with non suicidal self injury[J]. *J Psychiatr Res*, 2022, 151: 611-618. PMID: 35636040. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2022.05.030.
- [36] Koenig J, Rinnewitz L, Warth M, et al. Psychobiological response to pain in female adolescents with nonsuicidal self-injury[J]. *J Psychiatry Neurosci*, 2017, 42(3): 189-199. PMID: 28234208. PMCID: PMC5403664. DOI: 10.1503/jpn.160074.
- [37] Ballard E, Bosk A, Pao M. Invited commentary: understanding brain mechanisms of pain processing in adolescents' non-suicidal self-injury[J]. *J Youth Adolesc*, 2010, 39(4): 327-334. PMID: 19830534. DOI: 10.1007/s10964-009-9457-1.
- [38] Boyne H, Hamza CA. Pain analgesia or desensitization? A longitudinal lab-based study on the link between pain and nonsuicidal self-injury[J]. *Psychiatry Res*, 2022, 318: 114943. PMID: 36384068. DOI: 10.1016/j.psychres.2022.114943.
- [39] 吴豹, 杨苏勇, 胡浩宇, 等. 事件相关电位在疼痛领域中的研究进展和应用[J]. *中国疼痛医学杂志*, 2019, 25(5): 378-382. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2019.05.011.
- [40] Leone C, Galosi S, Mollica C, et al. Dissecting pain processing in adolescents with non-suicidal self injury: could suicide risk lurk among the electrodes? [J]. *Eur J Pain*, 2021, 25(8): 1815-1828. PMID: 33982830. PMCID: PMC8453562. DOI: 10.1002/ejp.1793.

(本文编辑: 王颖)