

青少年非自杀性自伤脑区的静息态功能磁共振成像研究：基于fMRI研究的元分析

汤 静¹, 余 娟¹, 张薇薇², 张静霞³

¹甘肃中医药大学卫生管理学院, 甘肃 兰州

²甘肃中医药大学医学影像教研室, 甘肃 兰州

³甘肃省第二人民医院精神卫生中心, 甘肃 兰州

收稿日期: 2024年5月13日; 录用日期: 2024年6月19日; 发布日期: 2024年6月30日

摘 要

目的: 青少年非自杀性自伤行为是自杀预测的危险因素, 探究非自杀性自伤行为可能存在的神经基础。方法: 本文共纳入11篇文献, 采用激活似然估计法对青少年NSSI患者相对于非NSSI人群静息态脑功能成像的脑区进行整合分析。结果: 青少年NSSI患者右侧岛叶脑区激活增强。结论: 本文通过ALE元分析, 对青少年非自杀性自伤的fMRI研究进行系统的定量分析发现青少年NSSI患者右侧岛叶脑区激活增强, 这有助于进一步理解青少年NSSI的神经机制。

关键词

非自伤性自杀, 静息态脑功能成像, fMRI, 激活似然估计法

Brain Regions in Adolescents with Non-Suicidal Self-Injury: An ALE Meta-Analysis of fMRI Studies

Jing Tang¹, Juan Yu¹, Weiwei Zhang², Jingxia Zhang³

¹School of Health Management, Gansu University of TCM, Lanzhou Gansu

²Medical Imaging Teaching and Research Section, Gansu University of TCM, Lanzhou Gansu

³Department of Child and Adolescent Psychology of Mental Health Center, Gansu Provincial Second People's Hospital, Lanzhou Gansu

Received: May 13th, 2024; accepted: Jun. 19th, 2024; published: Jun. 30th, 2024

文章引用: 汤静, 余娟, 张薇薇, 张静霞(2024). 青少年非自杀性自伤脑区的静息态功能磁共振成像研究: 基于 fMRI 研究的元分析. 心理学进展, 14(6), 533-541. DOI: 10.12677/ap.2024.146437

Abstract

Objective: Adolescent non-suicidal self-injurious behavior is a risk factor for suicide prediction, that exploring the potential neurobiological underpinnings of NSSI behavior is crucial. **Methods:** A total of 11 papers were included in this paper, and brain regions from resting-state functional brain imaging in adolescent NSSI patients relative to the non-NSSI population were analyzed integrally using activation likelihood estimation. **Results:** Adolescent NSSI patients enhanced activation in the brain region of the right insula. **Conclusion:** This paper found enhanced activation in the right insula brain region of adolescent NSSI patients through ALE meta-analysis, a systematic quantitative analysis of fMRI studies of adolescent non-suicidal self-injury, which contributes to a further understanding of the neural mechanisms of adolescent NSSI.

Keywords

Non-Suicidal Self-Injurious Behavior, Resting-State Magnetic Function Imaging, fMRI, Activation Likelihood Estimation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

非自杀性自伤(non-suicidal self-injury, NSSI)是指在不以死亡为目的的情况下,蓄意伤害自己的身体的行为(Nock, 2010)。NSSI 人群常使用切割、烧灼、刮擦、敲击或击打的方式自伤(Klonsky et al., 2014)。NSSI 是边缘型人格障碍的突出症状(Groschwitz et al., 2016b), 常见于青少年时期, 发病高峰在 15~17 岁(Brañas et al., 2021)。NSSI 重复损害身体组织, 是导致自杀行为的高危因素(盛莹莹, 2022), 会显著增加个体自杀风险(Qu et al., 2023), NSSI 是全球关注的健康问题(Auerbach et al., 2021)。有研究发现, 中国青年 NSSI 终生患病率高达 24.7% (Qu et al., 2023)。

NSSI 在人格障碍患者中的患病率明显高于其他诊断的患者, 这主要是因为有人格障碍患者中发生 NSSI 行为, 同时发生自杀意念(Suicide Ideation, SI)的患病率也较高。NSSI 和 SI 同时出现在所有诊断组中也很常见, 但 NSSI 和 SI 单独出现的频率高于同时出现的频率(Huang et al., 2021)。

功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术已被广泛应用于人脑功能活动的研究, 在精神病学、心理学等领域都被广泛使用。静息态磁共振成像(resting-state functional magnetic resonance imaging, rs-fMRI)是测量静息状态下脑功能活动区的研究技术(盛莹莹, 2022)。利用 fMRI 识别 NSSI 的神经标志物有利于提高 NSSI 评估和治疗效率(Santamarina-Perez et al., 2019)。很多研究者应用该技术揭示 NSSI 患者的脑功能变化, 从脑成像方面探讨 NSSI 患者的神经机制, 为 NSSI 的预防和治疗提供新思路。有 NSSI 行为的青少年抑郁症患者在左侧枕中回、左侧扣带回和旁扣带回的脑激活增强, 右侧尾状核脑激活减弱(Zhou et al., 2022)。NSSI 组双侧杏仁核、右侧背外侧额上回脑激活增强(盛莹莹, 2022)。此外 NSSI 组双侧前扣带回及辅助运动区功能连接增强, 左侧角回和枕叶皮层功能连接减弱(Westlund Schreiner et al., 2017)。

以上单独研究可能由于被试数量、分析方法和被试类型等原因, 未获得一致结论。本研究旨在扩大样本量, 通过 ALE 元分析工具整合青少年 NSSI 患者大脑激活区域, 确定多个研究一致激活的脑区, 试图聚焦青少年非自杀自伤行为的神经基础。

2. 对象与方法

2.1. 文献检索

在数据检索平台上检索自建库以来至2023年11月期间的文献。中文文献检索使用知网数据库(CNKI)、万方数据、维普中文期刊服务平台,以“非自杀性自伤”、“自伤”、“自残”、“自虐”、“磁共振成像”、“脑成像”为检索关键词,英文文献检索使用 PubMed、Embase、Web of Science、PsycInfo 数据库,以“magnetic resonance imaging”、“MRI”、“fMRI”、“gray matter”、“white matter”、“neural basis”、“neural correlates”、“non suicidal self injury”、“self injurious behavior”、“self injurious”作为检索关键词。并导入 Rayyan (<https://rayyan.ai/>)进行文献筛选。

2.2. 文献的纳入与排除

纳入标准: 1) 研究对象为青少年(12~18 岁); 2) 文献对自伤有明确的定义, 且为 NSSI; 3) 研究采用 fMRI 技术; 4) 报告静息态全脑分析峰值激活坐标; 5) 坐标体系为 Montral Neurological Institute (MNI) 或 Talairach; 6) 报告青少年 NSSI 人群对比非 NSSI 人群的结果。排除标准: 1) 对非自杀性自伤无明确定义; 2) 无法获取原文。最终共纳入 11 文献, 图 1 为文献筛选流程。

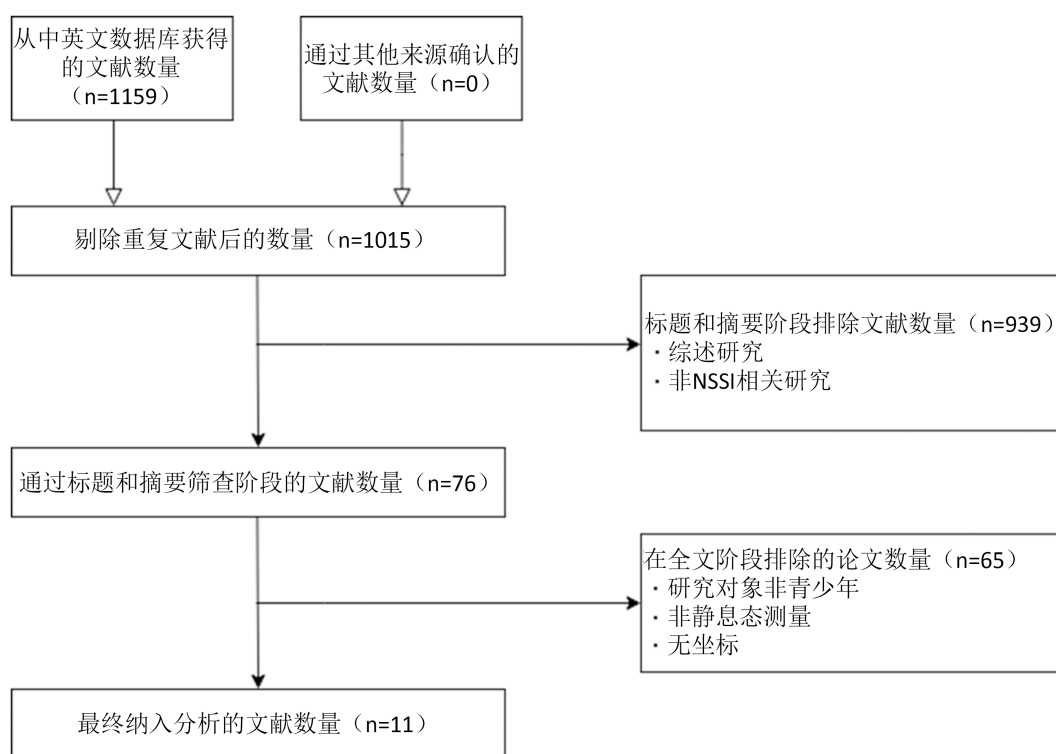


Figure 1. Literature screening process

图 1. 文献筛选流程

2.3. 激活似然估计法

激活似然估计(activation likelihood estimation, ALE)是一项广泛使用的基于坐标的神经影像数据元分析的常用算法。该方法不是将神经影像学研究中报告的激活灶视为单点, 而是视为以给定坐标为中心的空间概率分布, 然后通过计算每个体素的激活概率的并集得到 ALE 地图(Eickhoff et al., 2012)。本研究以

GingerALE3.0.2 应用程序(<http://brainmap.org/ale>)为研究工具。设定参数如下: Cluster-level FWE = 0.05, Threshold Permutation = 5000, P Value = 0.01 (Ibrahim et al., 2024)。最后, 采用 Mango 成像软件(<https://mangoviewer.com/>)展示 ALE 数据分析的图像结果。

3. 结果

3.1. 纳入文献基本描述

本研究工纳入符合标准的文献 11 篇, 共 352 个被试, NSSI 组对比非 NSSI 组有 110 个 Foci 增强点, 非 NSSI 组对比 NSSI 组有 113 个 Foci 增强点。非 NSSI 组包括健康人群、边缘型人格障碍人群、严重抑郁障碍人群。纳入研究的详细信息在表 1 中呈现。

Table 1. The included literature's detailed information

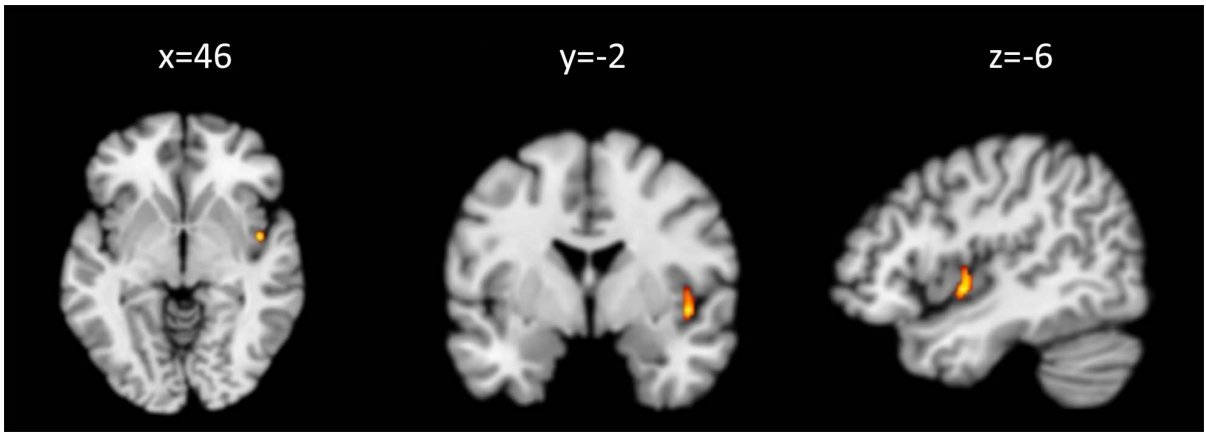
表 1. 纳入文献详细信息

研究	被试人数	平均年龄	提取坐标数	坐标空间	对比条件
1 (盛莹莹, 2022)	23	14.77 ± 0.86	6	MNI	NSSI > HC
			2	MNI	NSSI < HC
2 (Huang et al., 2021)	31	16.13 ± 1.69	2	MNI	NSSI > MDD
			5	MNI	NSSI < MDD
3 (Santamarina-Perez et al., 2019)	24	15.42 ± 0.97	4	MNI	NSSI < HC
4 (Chen et al., 2023)	23	17.8 ± 3.0	4	MNI	NSSI > HC
			1	MNI	NSSI > nNSSI
			4	MNI	NSSI < HC
5 (Westlund Schreiner et al., 2017)	25	17.57 ± 2.49	2	MNI	NSSI > HC
			6	MNI	NSSI < HC
6 (Li et al., 2023)	39	15.38 ± 1.63	16	MNI	NSSI > MDD
			31	MNI	NSSI < MDD
7 (Yi et al., 2023)	53	12	4	MNI	NSSI > HC
			11	MNI	NSSI < HC
8 (Zhou et al., 2022)	25	14.48 ± 1.36	7	MNI	nsMDD > nnsMDD
			13	MNI	nsMDD > HC
			3	MNI	nsMDD < nnsMDD
			6	MNI	nsMDD < HC
9 (Dai et al., 2023)	15	14.60 ± 1.35	2	MNI	nsMDD > HC
			2	MNI	nsMDD < HC
10 (黄倩, 2021)	43	15.65 ± 1.60	1	MNI	NSSI > MDD
			8	MNI	NSSI < MDD
			4	MNI	NSSI < SA
11 (游欣睿, 2023)	15	14.87 ± 0.74	9	MNI	NSSI > HC
			3	MNI	NSSI > HC

注: HC 为健康对照组; MDD 为重度抑郁障碍; nsMDD 为有 NSSI 行为的重度抑郁障碍患者; nnsMDD 为无 NSSI 行为的重度抑郁障碍患者; SA 为有自伤行为的人群。

3.2. ALE 元分析结果

将纳入的 11 篇原文献进行元分析, 发现有 NSSI 的人群对比其他人群, 右侧岛叶(Sub-lobar Insula) 的脑区活动增加。见图 2 和表 2。



注: 图为元分析结果, cluster-FEW < 0.05, 图中所激活的脑区达到了显著激活水平。图中所激活的脑区为右侧岛叶。

Figure 2. The meta-analysis outcome
图 2. 元分析结果图

Table 2. ALE meta-analysis activation cluster outcome
表 2. ALE 元分析激活簇结果

脑区	半球	BA 区	中心坐标			体积 (mm ³)	ALE 值 (*10 ⁻²)
			x	y	z		
岛叶	右	13	46	-2	-6	472	1.31

注: 1) 脑区呈现激活簇主要涉及的脑区; 2) 坐标为激活簇中心坐标; 3) ALE 值为在该脑区内的最大激活似然值, 代表该脑区的激活概率。

4. 讨论

4.1. 非自杀性自伤青少年自发脑活动增高的脑区

本研究发现存在 NSSI 行为的人群可能与右侧岛叶脑区增强激活相关, 这些有 NSSI 行为的人群部分伴随着抑郁障碍、边缘型人格障碍等共病障碍出现。这意味着非自杀性自伤行为产生的神经机制极为复杂, 涉及到多个脑区, 而右侧岛叶则是本元分析中一致激活的脑区。根据 ALE 元分析原理, 在元分析的多个实验中, 右侧岛叶这一体素被稳定激活(胡传鹏等, 2015)。

Mayo 等报告指出患有 NSSI 的青少年表现出与前岛叶反应相关的情绪反应性增强。青少年在出现 NSSI 行为之前通常会出现负面情绪和认知, 并且 NSSI 的行为有助于调节痛苦的情绪体验, 减少短期内的负性情绪的体验(Mayo et al., 2021)。Li 等人的研究发现 NSSI 组在边缘控制系统(Limbic-Control)、边缘系统显著腹侧关注(Salience/Ventral attention, Limbic-SalVAtten)中的静息态功能性连接功能(functional connectivity, FC)增强, 提出 NSSI 是自杀尝试(Suicide Attempt, SA)的关键预测因素, 并存在潜在的生物学基础(Li et al., 2023)。

Niedtfeld 等研究发现有自残行为的人格障碍人群表现出双侧岛叶等部位增强(Niedtfeld et al., 2010)。Malejko 也有同样的结论, 伴随 NSSI 行为的 BPD 患者随着感觉刺激强度的增加, 后岛叶、双侧初级躯

体感觉皮层(SI)、右侧次级躯体感觉皮层(SII)等脑区的神经激活也显著增加(Malejko et al., 2018)。

岛叶是显著网络(salience network)的组成部分, 并且与边缘系统密切相关。NSSI 青少年岛叶体积减少, 且岛叶激活与客观情绪反应有关(Brañas et al., 2021; Lee et al., 2023)。

Santamarina-Perez 等报告患有 NSSI 的青少年杏仁核和岛叶之间存在异常连接。岛叶在传递有关内部和外部刺激的显着性信息(包括疼痛感知)方面发挥着关键作用。杏仁核 - 岛叶连接可能是青少年 NSSI 的重要生物标志物(Santamarina-Perez et al., 2019)。Perini 等人对 NSSI 青少年进行模拟社交媒体环境, 确定了右前岛叶和背侧前扣带皮层是健康青少年处理自身相关信息的关键区域, 而 NSSI 青少年更容易表现出自我拒绝(Perini et al., 2019)。Nam 等发现 NSSI 个体的顶下叶、颞下回、距状沟、岛叶和丘脑对积极形容词的反应活性增强, 但认为正面形容词与自己不太相关(Nam et al., 2022)。以上研究证实岛叶的激活与青少年产生非自杀性自伤行为密切相关, 同时也反映了岛叶对非自杀性自伤青少年情绪加工和调节相关, 在处理带有情绪的词汇时更反应增强, 同时倾向做出自我拒绝的选择。

本研究元分析也有与其他研究不一致的结果, 同时尚未发现 NSSI 患者有活动减弱的脑区, 这可能与分析过程中坐标较少导致不能满足阈值, 或是脑活动区的位置信息太过分散导致的(张琴等, 2022)。如在 Huang 等的元分析中发现, 有 NSSI 行为的人群中, 右侧杏仁核、左侧海马体、左侧后扣带皮层脑区存在过度激活(Huang et al., 2020)。有研究发现伴有 NSSI 的 BPD 患者的杏仁核和额上回脑区激活增强(Reitz et al., 2015)。有研究认为较高的 NSSI 与前扣带皮层激活相关(Başgöze et al., 2023)。而 Huang 在研究中发现伴随 NSSI 的 MDD 患者在右梭状回(fusiform gyrus, FG)和右正中扣带回和副扣带回脑区激活增强(Q. Huang et al., 2021)。Plener 等研究发现, NSSI 个体患者的左上顶叶皮层、海马体、杏仁核和双侧前扣带皮层以及右侧小脑的血氧依赖水平(blood oxygenation level dependent, BOLD)活性显著增加(Plener et al., 2012)。在 Moon 等研究中发现 NSSI 个体表现出更高的左内侧上额叶激活和更低的右角回激活(Moon et al., 2022)。Groschwitz 等则认为患 NSSI 的抑郁青少年的内侧前额叶皮层(mPFC)和腹外侧前额叶皮层(vlPFC)的激活相对增强(Groschwitz et al., 2016a)。以上研究得出的结果虽不全重合, 位置信息过于分散, 这仍表明 NSSI 与大脑皮层边缘系统关系密切, 以后研究方向还需纳入更多的脑成像研究类型, 进一步扩大文献数量。

4.2. 岛叶在 NSSI 中的进一步分析

岛叶作为边缘系统的一部分, 可能在其中发挥作用。一些研究表明, 岛叶与成瘾行为密切相关, 且岛叶病变研究与神经影像学研究成果不一致, 但成瘾都与岛叶体积减少或功能连接有关, 岛叶参与成瘾的具体机制尚不清楚(Droutman et al., 2015)。

根据 Blasco-Fontecilla 等综述研究指出, 非自杀性自伤行为可以概念化为一种成瘾行为, 并认为这种行为与大脑中的中皮质多巴胺奖赏系统、内源性阿片类药物系统有关, 可以用阿片类、锂盐等多种药物进行针对性治疗(Blasco-Fontecilla et al., 2016)。

同时, Lai 等人认为非自杀性自伤行为患者和物质成瘾者在大脑中存在类似的激活区域, 与对照组相比, 青少年 NSSI 患者血浆和脑脊液 β -内啡肽水平降低, 痛阈升高, 疼痛强度降低(Lai et al., 2021)。根据 Uddin 等的研究, 岛叶的后叶在疼痛感知中起着重要作用, 而前叶在情绪体验和同理心中也发挥着至关重要的作用(Uddin et al., 2017)。

通过 Himelein-Wachowiak 等人对外国网站 Reddit r/selfharm 板块的用户讨论分析, 发现绝大多数非自杀性自伤用户符合成瘾症状, 且成瘾语言与成瘾症状呈正相关(Himelein-Wachowiak et al., 2022)。这表明, 非自杀性自伤行为患者具有一定的成瘾特征。

Ibrahim 等人的回顾性研究证明岛叶参与成瘾的所有阶段, 包括了暴食、戒断反应、专注等阶段, 建

议将岛叶作为治疗成瘾的新靶点(Ibrahim et al., 2019)。

5. 问题和展望

本研究筛选了 11 篇关于青少年非自杀自伤行为脑成像研究, 采用了 ALE 元分析并发现有 NSSI 的人群对比非 NSSI 人群, 右侧岛叶(Sub-lobar Insula)的脑区激活增加。然而本文受限于静息态青少年 NSSI 脑成像研究数量, 将 NSSI 与 MDD、BPD 及其他共病患者混合在一起进行分析, 可能导致 NSSI 患者其他激活脑区不敏感。未来仍需要更大的样本量来进一步验证。今后研究将纳入多种状态的脑成像研究, 对 NSSI 人群脑部激活区域进行元分析, 进而进一步探索可能与 NSSI 相关的大脑异常区域。岛叶可能在非自杀性自伤行为中发挥了重要作用, 特别是在情绪调节和疼痛感知方面。岛叶与成瘾行为有关, 而非自杀性自伤行为可能跟成瘾行为有关。然而, 需要更多的研究来进一步探讨岛叶、非自杀性自伤和成瘾之间的具体关系, 以更好理解这一复杂现象, 以及针对这一现象提出更有针对性的治疗。

基金项目

甘肃卫生健康行业科研计划项目; TIP 技术干预青少年抑郁焦虑情绪及疗效评价。项目编号: GSWSKY-034; 创新基地和人才计划-临床医学研究中心建设。项目编号: 20JR10RA436。

参考文献

- 胡传鹏, 邸新, 李佳蔚, 隋洁, 彭凯平(2015). 神经成像数据的元分析. *心理科学进展*, 23(7), 1118-1129.
<https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2015.01118>
- 黄倩(2021). 青少年抑郁症自杀自伤行为的额边缘环路多模态磁共振研究. 博士学位论文, 重庆: 重庆医科大学.
<https://doi.org/10.27674/d.cnki.gcyku.2021.000080>
- 盛莹莹(2022). 青少年非自杀性自伤患者静息态功能磁共振低频振幅与功能连接的研究. 硕士学位论文, 遵义: 遵义医科大学. <https://doi.org/10.27680/d.cnki.gzyyc.2021.000477>
- 游欣睿(2023). 静息态功能磁共振成像在青少年非自杀性自伤中的价值研究. 硕士学位论文, 郑州: 河南大学.
- 张琴, 侯勇哲, 张伟, 王琳(2022). 原发性失眠患者易损脑区的静息态功能磁共振成像研究: 一项基于激活似然估计法的 Meta 分析. *磁共振成像*, 13(6), 88-93.
https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=lxIxReJQxlfoncqmdF7ybw-K0TCU5SXdvC28zJCEvJSwbEWcursJAqHsN6Mi5Gc-blVtu0cj2deIaSTf50yJEZBNDpChlBI5EWUCMh8pMYSSwpuCoam18sVAK-hMjxMr8GBhOemCFNYvZ_KbxSTSEjtqa9hu&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- Auerbach, R. P., Pagliaccio, D., Allison, G. O., Alqueza, K. L., & Alonso, M. F. (2021). Neural Correlates Associated with Suicide and Nonsuicidal Self-Injury in Youth. *Biological Psychiatry*, 89, 119-133.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2020.06.002>
- Başgöze, Z., Demers, L., Thai, M., Falke, C. A., Mueller, B. A., Fiecas, M. B. et al. (2023). A Multilevel Examination of Cognitive Control in Adolescents with Nonsuicidal Self-Injury. *Biological Psychiatry Global Open Science*, 3, 855-866.
<https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2023.04.005>
- Blasco-Fontecilla, H., Fernández-Fernández, R., Colino, L., Fajardo, L., Perteguer-Barrio, R., & de Leon, J. (2016). The Addictive Model of Self-Harming (Non-Suicidal and Suicidal) Behavior. *Frontiers in Psychiatry*, 7, Article No. 8.
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2016.00008>
- Brañas, M. J. A. A., Croci, M. S., Ravagnani Salto, A. B., Doretto, V. F., Martinho, E., Macedo, M. et al. (2021). Neuroimaging Studies of Nonsuicidal Self-Injury in Youth: A Systematic Review. *Life*, 11, Article No. 729.
<https://doi.org/10.3390/life11080729>
- Chen, B., Huang, X., Niu, G., Sun, X., & Cai, Z. (2023). Developmental Change and Stability of Social Anxiety from Toddlerhood to Young Adulthood: A Three-Level Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Acta Psychologica Sinica*, 55, 1637-1652.
<https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2023.01637>
- Dai, L., Zhang, X., Yu, R., Wang, X., Deng, F., Li, X. et al. (2023). Abnormal Brain Spontaneous Activity in Major Depressive Disorder Adolescents with Non-Suicidal Self Injury and Its Changes after Sertraline Therapy. *Frontiers in Psychiatry*, 14, Article ID: 1177227. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1177227>

- Droutman, V., Read, S. J., & Bechara, A. (2015). Revisiting the Role of the Insula in Addiction. *Trends in Cognitive Sciences*, 19, 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.05.005>
- Eickhoff, S. B., Bzdok, D., Laird, A. R., Kurth, F., & Fox, P. T. (2012). Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis Revisited. *NeuroImage*, 59, 2349-2361. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.09.017>
- Groschwitz, R. C., Plener, P. L., Groen, G., Bonenberger, M., & Abler, B. (2016a). Differential Neural Processing of Social Exclusion in Adolescents with Non-Suicidal Self-Injury: An fMRI Study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 255, 43-49. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.08.001>
- Groschwitz, R., Plener, P. L., Groen, G., Bonenberger, M., & Abler, B. (2016b). 2.16 Processing of Social Situations in Adolescents with Self-Injury and Adults with Borderline Personality Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55, S125-S126. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.09.082>
- Himelein-Wachowiak, M., Giorgi, S., Kwarteng, A., Schriefer, D., Smitterberg, C., Yadeta, K. et al. (2022). Getting “Clean” from Nonsuicidal Self-Injury: Experiences of Addiction on the Subreddit R/Selfharm. *Journal of Behavioral Addictions*, 11, 128-139. <https://doi.org/10.1556/2006.2022.00005>
- Huang, Q., Xiao, M., Ai, M., Chen, J., Wang, W., Hu, L. et al. (2021). Disruption of Neural Activity and Functional Connectivity in Adolescents with Major Depressive Disorder Who Engage in Non-Suicidal Self-Injury: A Resting-State fMRI Study. *Frontiers in Psychiatry*, 12, Article ID: 571532. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.571532>
- Huang, X., Rootes-Murdy, K., Bastidas, D. M., Nee, D. E., & Franklin, J. C. (2020). Brain Differences Associated with Self-Injurious Thoughts and Behaviors: A Meta-Analysis of Neuroimaging Studies. *Scientific Reports*, 10, Article No. 2404. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59490-6>
- Ibrahim, C., Rubin-Kahana, D. S., Pushparaj, A., Musiol, M., Blumberger, D. M., Daskalakis, Z. J. et al. (2019). The Insula: A Brain Stimulation Target for the Treatment of Addiction. *Frontiers in Pharmacology*, 10, Article No. 720. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00720>
- Ibrahim, K., Iturmendi-Sabater, I., Vasishth, M., Barron, D. S., Guardavaccaro, M., Funaro, M. C. et al. (2024). Neural Circuit Disruptions of Eye Gaze Processing in Autism Spectrum Disorder and Schizophrenia: An Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Schizophrenia Research*, 264, 298-313. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2023.12.003>
- Klonsky, E. D., Victor, S. E., & Saffer, B. Y. (2014). Nonsuicidal Self-Injury: What We Know, and What We Need to Know. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 59, 565-568. <https://doi.org/10.1177/070674371405901101>
- Lai, M., Jiang, P., Xu, J., Luo, D., Hao, X., & Li, J. (2021). Abnormal Brain Activity in Nonsuicidal Self-Injury: A Coordinate-Based Activation Likelihood Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Studies. *Psychoradiology*, 1, 249-256. <https://doi.org/10.1093/psyrad/kkab020>
- Lee, S., Shin, H., Kim, G., Moon, H., & Hur, J. (2023). Decreased Gray Matter Volume in Regions Associated with Affective Pain Processing in Unmedicated Individuals with Nonsuicidal Self-Injury. *Psychiatry Research*, 326, Article ID: 115314. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115314>
- Li, L., Liang, Z., Li, G., Xu, H., Yang, X., Liu, X., Zhang, X., Wang, J., Zhang, Z., & Zhou, Y. (2023). Unveiling Convergent and Divergent Intrinsic Brain Network Alterations in Depressed Adolescents Engaged Non-Suicidal Self-Injurious Behaviors with and without Suicidal Attempts. *Neuroscience*.
- Malejko, K., Neff, D., Brown, R. C., Plener, P. L., Bonenberger, M., Abler, B. et al. (2018). Somatosensory Stimulus Intensity Encoding in Borderline Personality Disorder. *Frontiers in Psychology*, 9, Article ID: 1853. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01853>
- Mayo, L. M., Perini, I., Gustafsson, P. A., Hamilton, J. P., Kämpfe, R., Heilig, M. et al. (2021). Psychophysiological and Neural Support for Enhanced Emotional Reactivity in Female Adolescents with Nonsuicidal Self-Injury. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 6, 682-691. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2020.11.004>
- Moon, H., Nam, G., & Hur, J. (2022). Neural Correlates of Affective Theory of Mind in Medication-Free Nonsuicidal Self-Injury: An fMRI Study. *Frontiers in Psychiatry*, 13, Article ID: 850794. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.850794>
- Nam, G., Moon, H., Lee, J., & Hur, J. (2022). Self-Referential Processing in Individuals with Nonsuicidal Self-Injury: An fMRI Study. *NeuroImage: Clinical*, 35, Article ID: 103058. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2022.103058>
- Niedtfeld, I., Schulze, L., Kirsch, P., Herpertz, S. C., Bohus, M., & Schmahl, C. (2010). Affect Regulation and Pain in Borderline Personality Disorder: A Possible Link to the Understanding of Self-Injury. *Biological Psychiatry*, 68, 383-391. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.04.015>
- Nock, M. K. (2010). Self-Injury. *Annual Review of Clinical Psychology*, 6, 339-363. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.121208.131258>
- Perini, I., Gustafsson, P. A., Hamilton, J. P., Kämpfe, R., Mayo, L. M., Heilig, M. et al. (2019). Brain-Based Classification of Negative Social Bias in Adolescents with Nonsuicidal Self-Injury: Findings from Simulated Online Social Interaction. *EClinicalMedicine*, 13, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2019.06.016>
- Plener, P. L., Bubalo, N., Fladung, A. K., Ludolph, A. G., & Lulé, D. (2012). Prone to Excitement: Adolescent Females with

- Non-Suicidal Self-Injury (NSSI) Show Altered Cortical Pattern to Emotional and NSS-Related Material. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 203, 146-152. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2011.12.012>
- Qu, D., Wen, X., Liu, B., Zhang, X., He, Y., Chen, D. et al. (2023). Non-Suicidal Self-Injury in Chinese Population: A Scoping Review of Prevalence, Method, Risk Factors and Preventive Interventions. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, 37, Article ID: 100794. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2023.100794>
- Rayyan—A Web and Mobile App for Systematic Reviews|Systematic Reviews.
- Reitz, S., Kluetsch, R., Niedtfeld, I., Knorz, T., Lis, S., Paret, C. et al. (2015). Incision and Stress Regulation in Borderline Personality Disorder: Neurobiological Mechanisms of Self-Injurious Behaviour. *British Journal of Psychiatry*, 207, 165-172. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.114.153379>
- Santamarina-Perez, P., Romero, S., Mendez, I., Leslie, S. M., Packer, M. M., Sugranyes, G. et al. (2019). Frontolimbic Connectivity as a Predictor of Improvement in Nonsuicidal Self-Injury in Adolescents Following Psychotherapy. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 29, 456-465. <https://doi.org/10.1089/cap.2018.0152>
- Uddin, L. Q., Nomi, J. S., Hébert-Seropian, B., Ghaziri, J., & Boucher, O. (2017). Structure and Function of the Human Insula. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34, 300-306. <https://doi.org/10.1097/wnp.0000000000000377>
- Westlund Schreiner, M., Klimes-Dougan, B., Mueller, B. A., Eberly, L. E., Reigstad, K. M., Carstedt, P. A. et al. (2017). Multi-Modal Neuroimaging of Adolescents with Non-Suicidal Self-Injury: Amygdala Functional Connectivity. *Journal of Affective Disorders*, 221, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.06.004>
- Yi, X., Fu, Y., Ding, J., Jiang, F., Han, Z., Zhang, Y., Zhang, Z., Xiao, Q., & Chen, B. T. (2023). Altered Gray Matter Volume and Functional Connectivity in Adolescent Borderline Personality Disorder with Non-Suicidal Self-Injury Behavior. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 33, 193-202.
- Zhou, Y., Yu, R., Ai, M., Cao, J., Li, X., Hong, S. et al. (2022). A Resting State Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Unmedicated Adolescents with Non-Suicidal Self-Injury Behaviors: Evidence from the Amplitude of Low-Frequency Fluctuation and Regional Homogeneity Indicator. *Frontiers in Psychiatry*, 13, Article ID: 925672. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.925672>