

· 学术交流 ·

基于表面形态测量方法分析伴有非自杀性自伤行为的青少年抑郁障碍患者的大脑皮层形态学改变

宋慧慧 黄新淋 王栋 张媛 贾金星 孙洪言

215137 苏州市广济医院影像科

通信作者: 孙洪言, Email: hoyal2@126.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2025.10.005

【摘要】目的 基于表面形态测量方法(SBM)分析伴有非自杀性自伤(NSSI)行为青少年抑郁障碍患者的大脑皮层形态学改变及其与NSSI行为的关系及其临床诊断价值。**方法** 本研究为前瞻性研究,于2022年9月—2024年1月纳入70例苏州市广济医院门诊或住院的伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者(nsMDD组),进行NSSI功能量表、成瘾量表的评估以及颅脑磁共振3D-T1加权成像扫描;同期收集健康志愿者35名作为健康对照组(HC组),并进行磁共振扫描。采用统计参数映射分析12(SPM 12)软件包中的计算解剖工具箱12(CAT 12)对所有受试者进行分析。采用两独立样本 t 检验对nsMDD组和HC组的大脑皮层表面形态学参数进行比较。采用Pearson相关分析对差异性皮层表面形态学参数与NSSI功能得分、成瘾得分进行相关性分析。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析差异性皮层表面形态学参数对诊断伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者的价值。**结果** 与HC组比较,nsMDD组右侧前扣带皮质喙部皮层厚度减少[(2.639 ± 0.145)mm比(2.704 ± 0.157)mm; $t=2.090$, $P=0.039$];左侧前扣带皮质尾部皮层褶皱指数增加[(28.400 ± 0.2025)比(27.574 ± 1.709); $t=-2.027$, $P=0.041$];右侧缘上回、右侧颞横回沟回指数减少[(3.063 ± 0.133)比(3.124 ± 0.145)、(4.706 ± 0.270)比(4.862 ± 0.167); $t=2.135$, $P=0.035$; $t=3.125$, $P=0.002$];左侧中央旁小叶分形维数减少[(2.540 ± 0.130)比(2.606 ± 0.081); $t=3.210$, $P=0.002$]。相关性分析显示,右侧前扣带皮质喙部皮层厚度与NSSI功能得分、成瘾得分及HAMD-24评分均呈负相关($r=-0.570$ 、 -0.630 、 -0.401 , 均 $P<0.001$),右侧颞横回沟回指数与NSSI功能得分呈正相关($r=0.248$, $P<0.05$)。多元线性回归分析结果显示,NSSI功能得分($t=-3.267$, $P=0.002$)、成瘾得分($t=-4.628$, $P<0.001$)显著负向预测右侧前扣带皮质喙部皮层厚度。ROC曲线分析显示,右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、左侧前扣带皮质尾部褶皱指数、右侧缘上回沟回指数、右侧颞横回沟回指数、左侧中央旁小叶分形维数5个指标联合模型预测的ROC曲线下面积为0.773。**结论** 右侧前扣带皮质喙部皮层厚度与青少年抑郁障碍患者的NSSI行为的发生及严重程度密切相关,或可为疾病的临床早期诊断提供一个重要的切入点。

【关键词】 抑郁症; 青少年; 非自杀性自伤行为; 磁共振成像; 基于表面形态测量法

基金项目: 2023年度苏州市医学会“影像医星”科技项目(2023YX-Q06); 江苏省基础研究计划(自然科学基金)面上项目(BK20211081)

Surface-based morphometry analysis of cerebral cortex morphological changes in depressive disorder adolescents with non-suicidal self-injury behaviors Song Huihui, Huang Xinlin, Wang Dong, Zhang Yuan, Jia Jinxing, Sun Hongyan

Imaging Department, Suzhou Guangji Hospital, Suzhou 215137, China

Corresponding author: Sun Hongyan, Email: hoyal2@126.com

【Abstract】Objective To analyze the morphological changes in the cerebral cortex of depressive disorder adolescents with non-suicidal self-injury (NSSI) behaviors based on surface-based morphometry (SBM) and its relationship with NSSI behaviors and clinical diagnostic value. **Methods** This study was prospective. From September 2022 to January 2024, 70 depressive disorder adolescents with NSSI behaviors (nsMDD group) at Suzhou Guangji Hospital, China, were included for the assessment of NSSI function scale, addiction scale, and cranial magnetic resonance 3D-T1-weighted imaging scan. During the same period, 35 healthy volunteers were collected as a healthy control group (HC group) and underwent MRI scanning. All subjects were analyzed

using the Computational Anatomy Toolbox 12 (CAT 12) in the Statistical Parametric Mapping 12 (SPM 12) software package. Two independent samples *t*-test was used to compare the morphological parameters of the cortical surface in nsMDD group and HC group. Pearson correlation was used to analyze differential cortical surface morphometric parameters with NSSI function scores and addiction scores. The value of differential cortical surface morphometric parameters for diagnosing depressive disorder adolescents with NSSI behaviors was analyzed using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** Compared with HC group, nsMDD group had a decrease in cortical thickness in the rostral part of the right anterior cingulate cortex $[(2.639 \pm 0.145) \text{ mm vs. } (2.704 \pm 0.157) \text{ mm}; t=2.090, P=0.039]$, an increase in cortical fold index in the caudal part of the left anterior cingulate cortex $[(28.400 \pm 2.025) \text{ vs. } (27.574 \pm 1.709); t=-2.027, P=0.041]$, a decrease in gyrus indices in the right supramarginal gyrus and the right transverse temporal gyrus $[(3.063 \pm 0.133) \text{ vs. } (3.124 \pm 0.145), (4.706 \pm 0.270) \text{ vs. } (4.862 \pm 0.167); t=2.135, P=0.035; t=3.125, P=0.002]$, and a decrease in the fractal dimensions of the left paracentral lobule $[(2.540 \pm 0.130) \text{ vs. } (2.606 \pm 0.081); t=3.210, P=0.002]$, and the differences were statistically significant. Correlation analysis showed that the cortical thickness of the rostral part of the right anterior cingulate cortex was negatively correlated with the NSSI function score, addiction score, and HAMD-24 score ($r=-0.570, -0.630, -0.401$; all $P < 0.001$), and the gyrus index of the right transverse temporal gyrus was positively correlated with the NSSI function score ($r=0.248, P < 0.05$), and the differences were statistically significant. Multiple linear regression analysis showed that the NSSI function score ($t=-3.267, P=0.002$) and addiction score ($t=-4.628, P < 0.001$) negatively predicted the cortical thickness of the rostral part of the right anterior cingulate cortex, and the difference was statistically significant. The ROC curve analysis showed that the area under the ROC curve predicted by the joint model of five metrics, including cortical thickness of the rostral part of the right anterior cingulate cortex, cortical fold index in the caudal part of the left anterior cingulate cortex, gyrus indices in the right supramarginal gyrus and the right transverse temporal gyrus, and fractal dimension of the left paracentral lobule was 0.773. **Conclusions** The cortical thickness of the rostral part of the right anterior cingulate cortex is closely related to the occurrence and severity of NSSI behaviors in depressive disorder adolescents, or may provide an important entry point for early clinical diagnosis of the disease.

【Key words】 Depressive disorder; Adolescent; Non-suicide self-injury behavior; Magnetic resonance imaging; Surface-based morphometry

Fund programs: 2023 "Imaging Medical Star" Science and Technology Project of the Suzhou Medical Association (2023YX-Q06); General Project of Jiangsu Provincial Basic Research Program (Natural Science Foundation)(BK20211081)

非自杀性自伤(non-suicide self-injury, NSSI)行为是指在没有自杀意图的情况下,反复、故意伤害自己的一系列行为^[1]。青少年是NSSI的高发群体,全世界儿童和青少年中NSSI行为的发生率约为19.5%^[2]。在抑郁症群体中,NSSI的患病率高达62.2%^[3]。相关研究表明,NSSI行为是未来自杀行为的重要预测因素,伴有NSSI行为的抑郁患者的自杀风险可增加7倍以上^[4]。NSSI具有显著的行为成瘾特征,具体表现为对NSSI行为失去控制,形成了对NSSI行为的耐受性,尽管带来诸多负面后果,仍然继续参与NSSI行为^[5]。因此,对于NSSI行为的早期识别及干预对于预防抑郁症患者的自杀行为尤为重要。目前关于青少年抑郁障碍患者NSSI行为的预测因素和危险因素信息有限,这使得设计预防抑郁患者发生NSSI的策略具有挑战性。近年来,随着神经影像学的发展,磁共振研究为NSSI行为的诊断及预测提供了新的契机。既往结构磁共振研究多使用基于体素形态学测量方法(voxel-based morphometry, VBM),主要表现为岛叶、右侧额下回、前扣带皮质

体积的减小^[6]。VBM仅提供灰质密度或体积的综合指标,无法解释皮层结构的几何基础,而基于表面形态测量方法(surface-based morphometry, SBM)不仅可以获得皮层厚度,还可以获得大脑皮层表面形态学的多维参数,包括褶皱指数、沟回指数及分形维数,有利于发现皮层表面形态的细微改变,是对VBM测量皮层结构的一种补充^[7]。因此,本研究拟采用SBM分析伴有NSSI行为的青少年抑郁患者的脑皮层表面形态学改变,评估差异性指标与NSSI行为的相关性,并探讨相关指标作为临床诊断指标的可行性,旨在为伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍的临床早期诊断提供影像学参考。

一、对象与方法

1.研究对象:本研究为前瞻性研究,于2022年9月—2024年1月纳入70例苏州市广济医院门诊或住院的伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者(nsMDD组)。纳入标准:(1)符合DSM-5^[8]中关于抑郁障碍的诊断标准,根据DSM-5评估有无NSSI,符合以下2项中的1项定义为NSSI。①患者在过去

半年存在 ≥ 3 次 NSSI 行为, 其中近 1 个月至少出现 1 次; ②患者在过去 1 年存在 ≥ 5 次 NSSI 行为, 其中近 1 个月至少出现 1 次; (2) 年龄为 12 ~ 17 岁; (3) 汉族、右利手; (4) 小学及以上文化水平; (5) 入院 1 周内完成 MRI 检查, 既往未接受过系统的抗抑郁治疗。排除标准: (1) 合并其他任何精神障碍者; (2) 精神发育迟滞者; (3) 有脑器质性疾病史、颅脑外伤史以及重大躯体疾病史; (4) 药物、酒精或其他精神活性物质滥用者; (5) 近 1 个月有自杀未遂史者(如跳楼、自缢、吞服大剂量药物等); (6) 有磁共振检查禁忌者。另外, 同期收集健康志愿者 35 名作为健康对照组(HC 组)。纳入标准: 既往无自伤行为、从未接受过精神病学诊断或接受过精神病学治疗的健康参与者。排除标准: (1) 药物滥用或酗酒史; (2) 严重的身体疾患、神经系统疾病; (3) 有磁共振检查禁忌者。本研究经苏州市广济医院伦理委员会批准(伦理批件号: 苏广伦审 2019-054 号), 每位受试者和法定监护人均知情同意, 并签署知情同意书。

2. 研究方法: (1) 一般资料采集及临床量表评定。收集所有受试者年龄、性别、教育年限等人口统计学信息。临床诊断及症状评估由经过一致性培训的临床医生完成。NSSI 行为的评估采用经过中文翻译的渥太华自伤量表(Ottawa Self-Injury Inventory, OSI) 中的功能量表及成瘾量表, 用于描述自伤行为的特征及其成瘾特性^[9]。NSSI 功能评估使用 OSI 中的功能量表, 该量表包含 29 个条目, 评分为 0(从不) ~ 4 分(总是), 得分越高则表示患者的 NSSI 功能越强。NSSI 成瘾特征评估采用 OSI 中的成瘾量表, 由 7 个条目构成, 内容根据 DSM-IV 中关于物质成瘾的 7 个标准进行改编, 评分为 0(从不) ~ 4 分(总是), 得分越高则表示患者的 NSSI 行为成瘾特征越显著。经测算该问卷总系数及各维度 Cronbach's α 系数为 0.780 ~ 0.921, 说明量表内部一致性良好。所有评估均在当天进行的脑部 MRI 扫描之前完成。(2) 采用 HAMD-24 评定受试者抑郁症状。量表包含 24 个条目, 涵盖情感、躯体化、认知、自主神经功能等多维度症状, 每个条目按症状严重程度分为 0 ~ 4 分或 0 ~ 2 分, 量表总分 < 8 分表示没有抑郁症状, 8 ~ 20 分表示可能有轻度或中度抑郁症, > 35 分表示可能有严重抑郁^[10]。(3) 脑结构影像数据采集。采用德国 Siemens Skyra 3.0 T MR 扫描仪采集受试者结构像影像数据。扫描过程中, 要求受试者保持安静、闭眼、头部勿动。常规颅脑 MRI 扫描(T1WI、T2WI、T2FLAIR) 以除外脑器质性病变。3D-T1 结构加权

像采用磁化快速梯度回波序列获得矢状位高分辨图像, 扫描参数为: 重复时间(TR)/回波时间(TE)=2 530/2.98 ms, 矩阵=256 mm $\times$ 256 mm, 反转角=7°, 体素=1 mm $\times$ 1 mm $\times$ 1 mm, 层厚=1 mm, 层数=192。(4) MRI 图像的预处理和分析。本研究在 MatlabR 2017a 环境中, 利用统计参数映射分析软件包 12(Statistical Parametric Mapping, SPM 12) 中的计算解剖工具箱 12(Computational Anatomy Toolbox 12, CAT 12) 对三维 T1 结构加权图像进行 SBM 分析。具体步骤如下: ①预处理。首先, 将获取的 DICOM 格式数据转换为 Nii 格式。为了确保图像质量, 进行了人工视觉检查, 以确认图像中是否存在运动伪影或其他干扰因素。随后, 以前联合后缘中点至后联合的连线作为基线, 进行图像校正。利用东亚人大脑模板进行仿射正规化, 实施图像降噪及强度不均匀性校正, 最终分割出灰质、白质及脑脊液。②空间标准化。将分割后的图像配准至蒙特利尔神经学研究所(Montreal Neurological Institute, MNI) 标准空间。③参数图处理。对数据进行重采样和平滑处理。根据 CAT12 手册, 使用 15 mm 半高全宽高斯核对皮层厚度参数图进行空间平滑处理, 并使用 20 mm 半高全宽高斯核对皮质褶皱指数、沟回指数及分形维数进行空间平滑处理。参数图采用 Desikan-Killiany 40 图谱提取皮层表面形态学参数, 从而分别获得每位受试者的皮层厚度、皮层褶皱指数、沟回指数及分形维数。

3. 统计学方法: 采用 SPSS 26.0 及 R 4.1.2 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验。非正态分布计量资料用中位数和四分位数 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用频数、百分数(%) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用 SPM 12 工具箱的统计模块进行组间皮层表面形态学参数比较, 采用两样本 t 检验分析组间差异, 结果使用 $P < 0.05$ 的阈值和 FDR 校正进行多重比较校正。进一步提取组间具有显著性差异的参数, 与 NSSI 功能得分、成瘾得分及 HAMD-24 评分进行 Pearson 相关性分析。利用多元线性回归分析有相关性关系脑区的表面形态学参数与 NSSI 功能得分、成瘾得分及 HAMD-24 评分的线性关系。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析模型的有效性, 采用 Bootstrap 法对模型进行自验证。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

二、结果

1. 两组人口统计学特征和各个临床量表评分比较: 结果显示, 两组年龄、性别、受教育年限比较, 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。nsMDD 组 NSSI 功能得分、成瘾得分、HAMD-24 评分均高于 HC 组, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 1。

2. nsMDD 组大脑皮层表面形态学参数变化: 与 HC 组比较, nsMDD 组脑区有右侧前扣带皮质喙部的皮层厚度减少, 脑区有左侧前扣带皮质尾部的皮层褶皱指数增加, 右侧缘上回、右侧颞横回脑区的沟回指数减少, 左侧中央旁小叶脑区的分形维数减少, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2、图 1。

3. nsMDD 组大脑皮层表面形态学参数变化差异脑区与 NSSI 功能得分、成瘾得分之间的相关性分析: nsMDD 组右侧前扣带皮质喙部皮层厚度与 NSSI

功能得分、成瘾得分、HAMD-24 评分均呈负相关($r = -0.570$ 、 -0.630 、 -0.401 , 均 $P < 0.001$)。左侧前扣带皮质尾部的皮层褶皱指数与 NSSI 功能得分、成瘾得分、HAMD-24 评分均无相关性($r = -0.055$ 、 -0.033 、 0.020 , 均 $P > 0.05$)。右侧缘上回沟回指数与 NSSI 功能得分、成瘾得分、HAMD-24 评分均无相关性($r = -0.151$ 、 0.097 、 -0.177 , 均 $P > 0.05$)。右侧颞横回沟回指数与 NSSI 功能得分、HADM-24 评分均呈正相关($r = 0.248$, $P = 0.039$; $r = 0.252$, $P = 0.035$)。与 NSSI 成瘾得分无相关性($r = 0.086$, $P > 0.05$)。左侧中央旁小叶的分形维数与 NSSI 功能得分、成瘾得分、HAMD-24 评分之间均无相关性($r = -0.073$ 、 -0.219 、 -0.072 , 均 $P > 0.05$)。见表 3。

4. 多元线性回归分析: 右侧前扣带皮质喙部皮层厚度与 NSSI 功能得分、成瘾得分及 HAMD-24 评

表 1 两组人口统计学特征和各临床量表评分比较

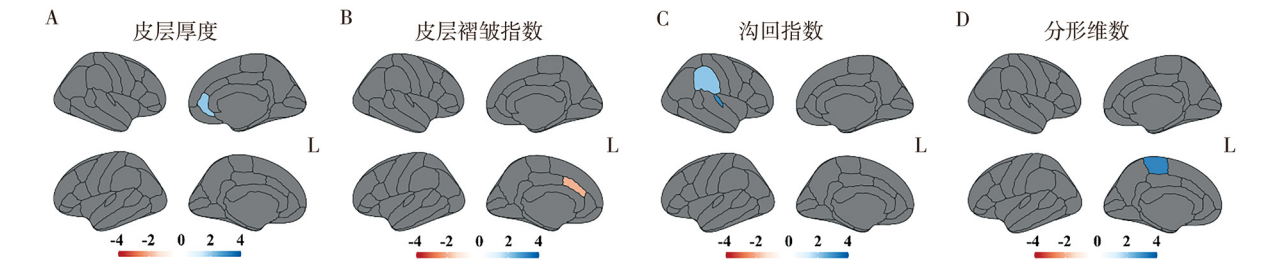
项目	nsMDD 组($n=70$)	HC 组($n=35$)	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	14.360 $\pm$ 1.904	14.690 $\pm$ 2.097	0.806	0.422
性别[例(%)]				
男	12(17.14)	7(20.00)	0.129	0.720
女	58(82.86)	28(80.00)		
受教育年限(年, $\bar{x} \pm s$)	8.790 $\pm$ 1.752	9.290 $\pm$ 1.582	1.422	0.158
NSSI 功能得分(分, $\bar{x} \pm s$)	50.660 $\pm$ 17.205	38.430 $\pm$ 15.574	3.541	< 0.001
NSSI 成瘾得分(分, $\bar{x} \pm s$)	15.300 $\pm$ 5.008	11.520 $\pm$ 4.337	3.806	< 0.001
HAMD-24 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	36.630 $\pm$ 10.409	3.490 $\pm$ 1.991	18.624	< 0.001

注: NSSI 非自杀性自伤; HAMD-24 24 项汉密尔顿抑郁量表; nsMDD 伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者; HC 健康对照

表 2 两组大脑皮层表面形态学参数异常的脑区比较

参数	脑区	nsMDD 组($n=70$)	HC 组($n=35$)	t 值	P 值
皮层厚度(mm)	右侧前扣带皮质喙部	2.639 $\pm$ 0.145	2.704 $\pm$ 0.157	2.090	0.039
皮层褶皱指数	左侧前扣带皮质尾部	28.400 $\pm$ 2.025	27.574 $\pm$ 1.709	-2.027	0.041
沟回指数	右侧缘上回	3.063 $\pm$ 0.133	3.124 $\pm$ 0.145	2.135	0.035
	右侧颞横回	4.706 $\pm$ 0.270	4.862 $\pm$ 0.167	3.125	0.002
分形维数	左侧中央旁小叶	2.540 $\pm$ 0.130	2.606 $\pm$ 0.081	3.210	0.002

注: NSSI 非自杀性自伤; nsMDD 伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者; HC 健康对照



注: A 为右侧前扣带皮质喙部皮层厚度减少; B 为左侧前扣带皮质尾部皮层褶皱指数增加; C 为右侧缘上回、右侧颞横回沟回指数减少; D 为左侧中央旁小叶分形维数减少; 蓝色代表减少, 红色代表增加

图 1 伴有非自杀性自伤行为的青少年抑郁障碍患者大脑皮层表面形态变化的脑区

分间的多元线性回归分析结果显示, 回归方程显著($F=22.353, P<0.001$), 其中 NSSI 功能得分、成瘾得分负向预测右侧前扣带皮质喙部皮层厚度(均 $P<0.05$), HAMD-24 评分不能预测右侧前扣带皮质喙部皮层厚度($P>0.05$)。右侧颞横回沟回指数与 NSSI 功能得分、HAMD-24 评分间的多元线性回归分析结果显示, 回归方程无显著性($F=2.431, P=0.096$), NSSI 功能得分、HAMD-24 评分均不能预测右侧颞横回沟回指数(均 $P>0.05$)。见表 4。

5. 差异性皮层表面形态学参数对诊断伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者的价值: 对右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、左侧前扣带皮质尾部褶皱指数、右侧缘上回沟回指数、右侧颞横回沟回指数、左侧中央旁小叶分形维数以及这 5 个指标联合模型进行 ROC 曲线分析, 5 个指标联合模型建立的具体方法是使用二元 Logistic 回归将右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、左侧前扣带皮质尾部褶皱指数、右侧缘

上回沟回指数、右侧颞横回沟回指数、左侧中央旁小叶分形维数这 5 个指标结合生成一个联合预测概率变量, 联合预测概率变量作为协变量, 选择二分类因变量, 绘制 ROC 曲线并计算曲线下面积(area under the curve, AUC)。5 个指数联合的 AUC 为 0.773, $95\%CI=0.685\sim0.862, P<0.001$ 。使用 Bootstrap 法重复抽样 500 次对模型进行内部验证, C-index 为 0.756 ($95\%CI: 0.732\sim0.796$)。见表 5、图 2。

讨论 本研究基于 SBM 法探讨伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者的脑表面皮层厚度、皮层褶皱指数、沟回指数及分形维数的异常, 旨在揭示伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者的大脑皮层表面形态结构的早期变化, 结果显示, 与 HC 组比较, 伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者表现为右侧前扣带皮质喙部皮层厚度减少, 左侧前扣带皮质尾部褶皱指数增加, 右侧缘上回、右侧颞横回沟回指数减少, 左侧中央旁小叶的分形维数减少; 相关性

表 3 nsMDD 组患者组皮层表面形态学参数异常脑区与 NSSI 功能得分、成瘾得分的相关性分析

参数	脑区	NSSI 功能得分		NSSI 成瘾得分		HAMD-24 评分	
		<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
皮层厚度	右侧前扣带皮质喙部	-0.570	<0.001	-0.630	<0.001	-0.401	<0.001
皮层褶皱指数	左侧前扣带皮质尾部	-0.055	0.654	-0.033	0.784	0.020	0.871
沟回指数	右侧缘上回	-0.151	0.213	0.097	0.422	-0.177	0.143
	右侧颞横回	0.248	0.039	0.086	0.477	0.252	0.035
分形维数	左侧中央旁小叶	-0.073	0.549	-0.219	0.069	-0.072	0.553

注: NSSI 非自杀性自伤; nsMDD 伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者; HAMD-24 24 项汉密尔顿抑郁量表

表 4 伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、右侧颞横回沟回指数预测因素的多元线性回归分析

因变量	变量	偏回归系数	标准误	标准化回归系数	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
右侧前扣带皮质喙部皮层厚度	常量	2.949	0.052	-	56.919	<0.001
	NSSI 功能得分	-0.005	0.001	-0.563	-3.267	0.002
	NSSI 成瘾得分	-0.013	0.003	-0.462	-4.628	<0.001
	HAMD-24 评分	0.004	0.002	0.266	1.625	0.109
右侧颞横回沟回指数	常量	4.468	0.116	-	38.371	<0.001
	NSSI 功能得分	0.002	0.003	0.121	0.545	0.588
	HAMD-24 评分	0.004	0.006	0.149	0.668	0.506

注: NSSI 非自杀性自伤; HAMD-24 24 项汉密尔顿抑郁量表

表 5 皮层表面形态学参数异常脑区预测伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者的 ROC 曲线分析

指标	<i>AUC</i> 值	95% <i>CI</i>	<i>P</i> 值	最佳截断值	敏感度	特异度	约登指数
1. 右侧前扣带皮质喙部皮层厚度	0.660	0.546~0.774	0.008	2.648 mm	0.600	0.743	0.343
2. 左侧前扣带皮质尾部褶皱指数	0.625	0.515~0.735	0.037	28.761	0.671	0.657	0.328
3. 右侧缘上回沟回指数	0.598	0.481~0.716	0.101	3.037	0.786	0.429	0.215
4. 右侧颞横回沟回指数	0.691	0.588~0.795	0.001	4.178	0.571	0.743	0.314
5. 左侧中央旁小叶分形维数	0.689	0.591~0.788	0.002	2.609	0.429	0.971	0.400
5 个指标联合	0.773	0.685~0.862	<0.001	-	0.686	0.743	0.429

注: NSSI 非自杀性自伤; ROC 受试者工作特征; *AUC* 曲线下面积

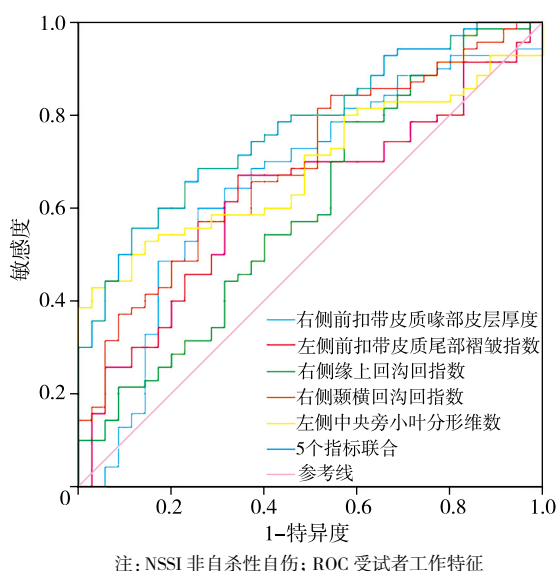


图2 皮层表面形态学参数异常脑区预测伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者的ROC曲线图

分析结果显示右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、右侧颞横回沟回指数与NSSI行为之间有一定的相关性。

诸多研究报道显示,伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者的前扣带皮质体积减小^[11-13],活动度表现为过度激活^[14]以及白质微结构的异常^[15]。上述研究结果提示前扣带皮质结构及功能的异常在伴有NSSI行为的青少年抑郁患者的病理生理学机制中扮演着重要的角色。而本研究结果显示的前扣带皮质皮层厚度及褶皱指数异常,可能是前扣带皮质体积发生改变的前期表现。前扣带皮质是大脑边缘系统的重要组成部分,是管理情感信息的重要脑区之一,其不仅接受伤害性信息的传入,也通过整合和处理不同信息,将整合后的信息传递给其他感觉区域,从而介导疼痛的传导和调控。因此本研究推测伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者出现前扣带皮质皮层厚度及褶皱指数的异常,导致其对疼痛的传导功能降低,因而导致其对疼痛的敏感性降低,对疼痛的耐受以及疼痛阈值的提高。本研究相关性分析结果显示,患者右侧前扣带皮质喙部的皮层厚度与NSSI功能得分、NSSI成瘾得分呈负相关;多元线性回归分析结果显示NSSI功能得分、NSSI成瘾得分显著负向预测右侧前扣带皮质喙部皮层厚度,而HAMD-24评分不能预测右侧前扣带皮质喙部皮层厚度。以上结果提示NSSI行为越严重,右侧前扣带皮质喙部越薄,患者对疼痛的敏感性越低以及疼痛阈值越高,为了维持自伤带来的愉悦感患者需要反复甚至加重自伤行为,这可能也是伴有NSSI行为

的青少年抑郁障碍患者疾病易复发、难治愈的一个原因。因此可认为右侧前扣带皮质喙部皮层厚度与NSSI行为的发生密切相关且是自伤严重程度的一个潜在衡量标准,或可作为后续对NSSI行为患者的脑结构及功能研究的一个切入点,以期对疾病能早期发现,从而降低患者自杀率。同时本研究发现位于扣带沟边缘支的左侧中央旁小叶表现为分形维数的减少。分形维数代表了物体填充空间的程度,是一个量化大脑皮层复杂性的定量指标^[16]。中央旁小叶位于额叶与顶叶的分界线上,是额叶内侧面的部分,它参与许多高水平的认知功能,如情景记忆、自我相关的信息处理^[17]。因此本研究推测伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者左侧中央旁小叶皮层复杂性的降低可能与相邻前扣带皮质的病理生理学改变有关^[18],从而引起一系列的认知功能障碍。

本研究还发现伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者右侧缘上回、右侧颞横回的沟回指数减少,表明顶叶、颞叶的皮层表面形态在疾病的发生过程中也发生了细微的改变。相关性分析提示右侧颞横回沟回指数与NSSI功能得分呈正相关。颞横回是颞上回的一部分掩入外侧沟中^[19],Kang等^[20]通过随机森林法发现右侧颞上回体积是有自伤史的重度抑郁患者的一个重要预测因子,介导了伴有自伤行为的抑郁患者在情绪、疼痛调节和躯体感觉系统相关区域的自发脑活动和结构失调。颞横回的损伤可能影响到与其相连的其他脑区(如前额叶皮质、岛叶等)正常功能^[21],这些脑区参与情绪调节和冲动控制的过程,导致NSSI行为的发生。本研究结果为颞横回参与疾病的病理生理学提供了结构上的证据支持,颞横回或可作为后续研究的另一个种子点。

本研究还进行了皮层表面形态学参数异常脑区的ROC曲线的探索性分析,结果显示,右侧前扣带皮质喙部皮层厚度、左侧前扣带皮质尾部褶皱指数、右侧缘上回沟回指数、右侧颞横回沟回指数、左侧中央旁小叶的分形维数的ROC AUC值均在0.7以下,诊断价值较低,而上述指标建立的联合模型,ROC AUC值>0.7,诊断价值有所提高,或可为临床诊断提供切入点,以期临床提供较为客观的影像学依据。

综上所述,本研究基于SBM分析伴有NSSI行为的青少年抑郁障碍患者的脑皮层表面微结构变化,发现右侧前扣带皮质喙部、右侧颞横回沟回指数异常与NSSI行为之间的联系以及潜在机制,可为青少年抑郁患者NSSI行为提供理论依据和临床指导。

但本研究仍存在以下不足: (1) 由于样本的可获得性限制, HC 组样本量仍较少, 虽然本研究在试验设计时尽量控制混杂因素, 确保对照组的参与者能够代表研究总体的特征, 但本研究结果的普遍适用性还需进一步验证。 (2) 因入组的受试者样本有限, 尚未招募到足够样本量的不伴有 NSSI 行为的青少年抑郁障碍患者, 两者之间的潜在机制可能存在重叠, 有待于进一步的细化分组研究。

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 研究设计、论文修改为孙洪言、王栋, 论文撰写宋慧慧, 数据收集与整理为黄新淋、张媛、贾金星

参 考 文 献

- [1] Garisch JA, Wilson MS. Prevalence, correlates, and prospective predictors of non-suicidal self-injury among New Zealand adolescents: cross-sectional and longitudinal survey data[J]. Child Adolesc Psychiatry Ment Health, 2015, 9: 28. DOI: 10.1186/s13034-015-0047-3.
- [2] Lim KS, Wong CH, McIntyre RS, et al. Global lifetime and 12-month prevalence of suicidal behavior, deliberate self-harm and non-suicidal self-injury in children and adolescents between 1989 and 2018: a meta-analysis[J]. Int J Environ Res Public Health, 2019, 16(22): 4581. DOI: 10.3390/ijerph16183132.
- [3] Wang L, Liu J, Yang Y, et al. Prevalence and risk factors for non-suicidal self-injury among patients with depression or bipolar disorder in China[J]. BMC Psychiatry, 2021, 21(1): 389. DOI: 10.1186/s12888-021-03382-1.
- [4] Klonsky ED, May AM, Glenn CR. The relationship between nonsuicidal self-injury and attempted suicide: converging evidence from four samples[J]. J Abnorm Psychol, 2013, 122: 231-237. DOI: 10.1037/a0027386.
- [5] Wang TW, Gong J, Wang Y, et al. Differences in non-suicidal self-injury behaviors between unipolar depression and bipolar depression in adolescent outpatients[J]. Curr Med Sci, 2023, 43(5): 998-1004. DOI: 10.1007/s11596-023-2772-z.
- [6] Auerbach RP, Pagliaccio D, Allison GO, et al. Neural correlates associated with suicide and nonsuicidal self-injury in youth[J]. Biol Psychiatry, 2021, 89: 119-133. DOI: 10.1016/j.biopsych.2020.07.006.
- [7] Ghosh A, Kaur S, Shah R, et al. Surface-based brain morphometry in schizophrenia vs. cannabis-induced psychosis: a controlled comparison[J]. J Psychiatr Res, 2022, 155: 286-294. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2022.05.020.
- [8] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders[M]. 5th ed. Arlington: American Psychiatric Association, 2013.
- [9] 张芳, 程文红, 肖泽萍, 等. 渥太华自我伤害调查表中文版信效度研究[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2015, 35(3): 460-464. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8115.2015.03.005.
- Zhang F, Cheng WH, Xiao ZP, et al. Study on reliability and validity of Chinese version of Ottawa self-injury inventory[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University(Medical Science), 2015, 35(3): 460-464.
- [10] 张明园, 何燕玲. 精神科评定量表手册[M]. 2版. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1998: 121-126.
- [11] Goodman M, Hazlett EA, Avedon JB, et al. Anterior cingulate volume reduction in adolescents with borderline personality disorder and co-morbid major depression[J]. J Psychiatr Res, 2011, 45: 803-807. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2011.01.013.
- [12] Lee SE, Shin H, Kim G, et al. Decreased gray matter volume in regions associated with affective pain processing in unmedicated individuals with nonsuicidal self-injury[J]. Psychiatry Res, 2023, 326: 115314. DOI: 10.1016/j.psychres.2023.115314.
- [13] 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. DOI: 10.1016/j.psychresns.2018.05.012.
- [14] Plener PL, Bubalo N, Fladung AK, et al. Prone to excitement: adolescent females with non-suicidal self-injury (NSSI) show altered cortical pattern to emotional and NSS-related material[J]. Psychiatry Res, 2012, 203(2/3): 146-152. DOI: 10.1016/j.psychresns.2011.12.012.
- [15] 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, 2019, 10: 1019. DOI: 10.3389/fpsy.2019.01019.
- [16] Das SK, Wang JL, Bing L, et al. Regional values of diffusional kurtosis estimates in the healthy brain during normal aging[J]. Clin Neuroradiol, 2017, 27(3): 283-298. DOI: 10.1007/s00062-016-0561-7.
- [17] Uddin LQ. Salience processing and insular cortical function: a review[J]. Front Hum Neurosci, 2011, 5: 196. DOI: 10.3389/fnhum.2011.00196.
- [18] Pantazatos SP, Yttredahl A, Rubin-Falcone H, et al. Depression-related anterior cingulate prefrontal resting state connectivity normalizes following cognitive behavioral therapy[J]. Eur Psychiatry, 2020, 63(1): e37. DOI: 10.1192/j.eurpsy.2020.34.
- [19] Karnath HO, Sillen M. The functional architecture of the human temporal lobe: a review[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2013, 38: 61-71. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.04.004.
- [20] Kang L, Wang W, Zhang N, et al. Superior temporal gyrus and cerebellar loops predict nonsuicidal self-injury in major depressive disorder patients by multimodal neuroimaging[J]. Transl Psychiatry, 2022, 12: 474. DOI: 10.1038/s41398-022-01920-3.
- [21] Kaiser RH, Andrews-Hanna JR, Wager TD, et al. Large-scale network dysfunction in major depressive disorder: a meta-analysis of resting-state functional connectivity[J]. JAMA Psychiatry, 2015, 72(6): 603-611. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2015.0071.

(收稿日期: 2024-09-13)

(本文编辑: 王影)