

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.09.013
文章编号: 1005-8982 (2025) 09-0085-07

临床研究·论著

青少年双相障碍抑郁发作患者神经代谢的 性别差异研究*

王丞基¹, 迪丽娜孜·卡日², 阿亚阔孜·杰克山别克¹, 李迎帅³, 张龙渊¹,
阿地拉·阿吉², 曲源⁴, 邹韶红²

(1.新疆医科大学 研究生学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2.新疆维吾尔自治区人民医院
临床心理科, 新疆 乌鲁木齐 830001; 3.石河子大学医学院, 新疆 石河子 832061;
4.新疆维吾尔自治区人民医院 放射影像中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要: **目的** 探讨青少年双相障碍抑郁发作患者性别差异与腹内侧前额叶(vmPFC)神经代谢之间的关系。**方法** 招募2023年6月—2024年6月符合精神障碍诊断与统计手册第5版双相障碍抑郁发作诊断标准,且近1个月未接受任何治疗的45例青少年双相障碍抑郁发作患者作为研究对象,其中男性患者20例,女性患者25例。采用汉密顿抑郁量表-24对入组患者的抑郁症状严重程度进行评估,应用氢质子磁共振波谱(¹H-MRS)扫描检测vmPFC内肌醇(mI)、胆碱(Cho)、N-乙酰天门冬氨酸(NAA)、肌酸(Cr)水平。**结果** 女性患者与男性患者的年龄、独生率、居住地、受教育程度、发病年龄、病程、家族史及HAMD评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);女性患者与男性患者NAA/Cr水平的比较,差异有统计学意义($P<0.05$);男性患者vmPFC的mI/Cr与病程呈负相关($r=-0.467, P<0.05$),男性和女性患者Cho/Cr与HAMD评分均呈正相关($r=0.553$ 和 0.621 ,均 $P<0.05$)。**结论** 女性青少年双相障碍抑郁发作患者vmPFC脑区可能存在更高的神经代谢物NAA的水平。

关键词: 双相障碍; 抑郁发作; 青少年; 性别; 神经代谢; 氢质子磁共振波谱

中图分类号: R749.4

文献标识码: A

Study on gender differences in neurometabolism of adolescents with bipolar disorder in depressive episodes*

Wang Cheng-ji¹, Dilinazi·Kari², Ayakuozi·Jiekeshanbieke¹, Li Ying-shuai³, Zhang Long-yuan¹, Adila·Aji²,
Qu Yuan⁴, Zou Shao-hong²

(1. Graduate School, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 2. Department of
Clinical Psychology, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang
830001, China; 3. Shihezi University School of Medicine Shihezi, Xinjiang 832061,
China; 4. Department of Radiology, People's Hospital of Xinjiang Uygur
Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830001, China)

Abstract: **Objective** To investigate gender differences in neurometabolite levels within the ventromedial prefrontal cortex (vmPFC) of adolescent patients with bipolar disorder during depressive episodes. **Methods** We recruited 45 treatment-naïve adolescents (20 males, 25 females) meeting DSM-5 criteria for bipolar depressive episodes within the past month. Depression severity was assessed using the Hamilton Depression Rating Scale-24

收稿日期: 2025-01-21

* 基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金(No:2022D01C606);天山创新团队计划(No:2022D14011)

[通信作者] 邹韶红, zoushaohong@126.com; Tel: 13699973051

(HAMD-24). Proton magnetic resonance spectroscopy (^1H -MRS) quantified vmPFC concentrations of myo-inositol (mI), choline (Cho), N-acetylaspartate (NAA), and creatine (Cr) **Results** No significant demographic or clinical differences existed between genders (all $P > 0.05$). Female patients showed significantly higher NAA/Cr ratios than males ($P < 0.05$). Male patients demonstrated negative correlations between vmPFC mI/Cr and illness duration ($r_s = -0.467$, $P < 0.05$), while both genders showed positive Cho/Cr-HAMD score correlations (males: $r = 0.553$; females: $r = 0.621$; both $P < 0.05$). **Conclusion** Adolescent female bipolar depression patients exhibit elevated NAA levels in vmPFC regions compared to males, suggesting sex-specific neurometabolic profiles.

Keywords: adolescents; bipolar disorder; depressive episode; gender; neurometabolism; proton magnetic resonance spectroscopy

青少年双相障碍作为青少年时期的常见精神障碍之一,其特征是抑郁、躁狂或轻躁狂的反复发作。双相障碍抑郁发作与重度抑郁发作相似,通常是青少年双相障碍患者发病的初始表现形式^[1-2]。全球约 2.4% 的人口深受双相障碍的影响^[3-4],在青少年中双相障碍的患病率大约为 3.9%^[5]。当前,青少年双相障碍的生物学机制仍未阐明,青少年双相障碍精确诊断与有效治疗面临巨大挑战^[6-7]。氢质子磁共振波谱成像 (^1H magnetic resonance spectroscopy, ^1H -MRS) 是脑科学领域重要的神经影像学技术研究技术之一,通过无创性的功能性磁共振成像检查方法,能够获得研究脑区各神经代谢物的水平^[8],如肌醇 (myo-inositol, mI)、胆碱 (Choline, Cho)、N-乙酰-L-天门冬氨酸复合 (N-acetylaspartate, NAA)、肌酸 (Creatine, Cr) 等^[9]。其中, mI 与神经胶质细胞代谢有关, Cho 与膜磷脂代谢状态有关, NAA 与神经元功能状态有关, Cr 代表着能量代谢产物的标志物,上述神经代谢物对理解双相障碍的神经代谢机制至关重要^[10]。HUBER 等^[11]和 OLVERA 等^[12]研究发现,青少年双相障碍患者的前额叶、左侧背外侧前额叶皮层存在神经代谢异常,尤其是 NAA 的水平存在异常,然而目前国内对青少年双相障碍神经代谢的研究仍相对匮乏^[13]。研究表明,腹内侧前额叶 (ventromedial prefrontal cortex, vmPFC) 作为人类情绪调控的重要脑区,在情绪、决策、社会认知及精神病理学中发挥着多方面的作用,该部位的神经代谢具有重要意义^[14]。因此,本文通过 ^1H -MRS 技术获得腹内侧前额叶脑区 mI、Cho、NAA 这些重要的神经代谢物水平,进而探讨青少年双相障碍抑郁发作患者腹内侧前额叶神经代谢的性别差异,为青少年双相障碍抑郁发作患者的临床实践提供更多的理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

设置样本量估算检验参数:检验效能 $\beta = 0.9$, 检验水准 $\alpha = 0.05$, 设置青少年双相障碍男性患者与女性患者的例数相同,即 $N_1 = N_2$, 以指标 NAA/Cr 为主要分析变量,分别设置男性与女性患者的 NAA/Cr 值分别为 $\mu_1 = 1.5$ 、 $\mu_2 = 1.6$, 设置离散程度指标 $\sigma = 0.1$, 经 PASS 15.0 软件计算得出总体最低样本量 $N = 32$, 即两组患者 $N_1 = N_2 = 16$ 例。

所有研究对象来自 2023 年 6 月—2024 年 6 月新疆维吾尔自治区人民医院临床心理科,均处于抑郁发作相,即汉密顿抑郁量表-24 (Hamilton Depression Scale-24, HMAD-24) > 20 分^[15]或青年躁狂评定量表 (Young Manic Rating Scale, YMRS) 总分 < 7 分^[16], 且近 1 个月未接受过电休克治疗、精神药物治疗、系统心理治疗等。纳入标准:①年龄 12 ~ 18 岁,无性别限制;②符合精神障碍诊断与统计手册第 5 版 (Diagnostic And Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, DSM-5) 双相障碍标准,且目前为抑郁发作,持续时间 ≥ 2 周,并由 2 名精神科主治及以上医师进行临床诊断;③所有参与者均为右利手;④患者及家属对本研究知情,并签署知情同意书。排除标准:①有严重躯体疾病 (如脑器质性疾病、昏迷或可引起精神疾病的内分泌疾病);②符合 DSM-5 双相障碍标准的其他精神障碍;③有乙醇、药物等精神活性物质滥用或依赖;④智商 $\text{IQ} < 80$ ^[17];⑤有磁共振禁忌证 (如佩戴金属牙套等金属物品、有密闭恐惧症)。共入组 45 例患者,年龄 13 ~ 18 岁,按照性别不同分为男性组与女性组,男性组 20 例,女性组 25 例。患者均知晓本研究的内容和目的并签署知情同意书。本研究获得新疆维吾尔自治区人民医院医学伦理委员会批准 (No: KY202306127)。

1.2 方法

1.2.1 一般资料采集 包括患者的性别、年龄、发病年龄、受教育程度、独生情况、居住地、家族史及HAMD评分。

1.2.2 ^1H -MRS检查前准备 检查前24 h内与受试者进行充分的检查前沟通,告知检查前需禁止饮用咖啡、乙醇及吸烟。在正式进行 ^1H -MRS检查前,受试者安静休息30 min,告知检查过程中完全保持制动状态,检查过程中始终保持仰卧位,头部先进入场中,通过佩戴耳塞和将泡沫软垫置于头部周围用来减少检查时噪声的影响及减少头部的运动。

1.2.3 ^1H -MRS数据采集 采用Ingenia 3.0T MR扫描仪(飞利浦,荷兰,全数字头线圈)。首先,进行常规MR扫描,设置体素:0.8 mm×0.8 mm×6.0 mm,18层,视野(field of view, FOV)=24 cm。T1加权像[TR=2 000 ms, TE=20 ms, TI=800 ms]、T2加权像[TR=3 000 ms, TE=95 ms]及T2磁共振成像液体衰减反转恢复序列[TR=8 000 ms, TE=270 ms, TI=2 000 ms],并相互复制3个扫描序列,确定大脑没有任何的结构及信号异常。

为确保 ^1H -MRS检查部位一致,由1名影像科主任医师及1名主任技师共同对兴趣区(view of interesting, VOI)的vmPFC的解剖部位进行精准定位。同时,规避脑脊液、大脑沟回等以免对波谱数据产生影响。设置体素:20 mm×20 mm×20 mm。采用T2磁共振成像液体衰减反转恢复序列,在3个断面定位图像中,采用手动添加饱和带的方法,有效减少VOI外混杂因素对波谱结果的干扰。在预扫描时为了使水抑制成功率达到99%以上,可以通过CHESS技术进行水抑制,以此确保水抑制

的成功率在稳定水平;此外,当存在水峰的影响时,水峰半高线宽没有达到<10的标准的情况下,可以重新进行预扫描,在此之前需要核查VOI和饱和带位置的准确性,采用水抑制后处理消除影响。检查时间大约为10 min,采集参数:激发次数为96, TE=35 ms, TR=2 000 ms。

1.2.4 图像后处理及体素波谱分析 利用星云工作站Spectro View软件对波谱初始数据进行后处理及数据分析。mI选取的位置在3.56 ppm处,Cho选取的位置在3.20 ppm处,NAA选取的位置在2.02 ppm处,Cr选取的位置在3.02 ppm处。在明确神经代谢物选取的位置后,由1名影像科主任医师核查及谱线数据分析,得到vmPFC部位的mI/Cr、Cho/Cr及NAA/Cr比值,了解vmPFC部位上述神经代谢物比值的具体情况。

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)或中位数(下四分位数,上四分位数)[M(P_{25} , P_{75})]表示,比较采用 t 检验或秩和检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较采用 χ^2 检验;相关性分析采用Pearson或Spearman法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 女性患者与男性患者人口特征的比较

女性患者与男性患者的年龄、独生率、居住地、受教育程度、发病年龄、病程、家族史,以及NSSI、HAMD评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 女性和男性患者一般资料的比较

组别	n	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	独生率 例(%)	居住地 例(%)		受教育程度 例(%)			发病年龄/ (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程/月, M(P_{25} , P_{75})	家族史 例(%)	HAMD评分 ($\bar{x} \pm s$)
				农村	城市	小学	初中	高中				
女性	25	15.4±1.83	13(52)	10(40)	15(60)	3(12)	13(52)	9(36)	14.5±1.58	16.0(13.0, 26.5)	8(32)	24.6±2.68
男性	20	15.6±2.01	12(60)	5(25)	15(75)	2(10)	8(40)	10(50)	14.8±2.02	12.0(10.3, 25.8)	4(20)	23.7±2.21
$t/\chi^2/Z$ 值		-0.349	0.288	1.125		0.899			-0.597	-1.407	0.818	1.223
P值		0.729	0.592	0.289		0.638			0.554	0.159	0.366	0.228

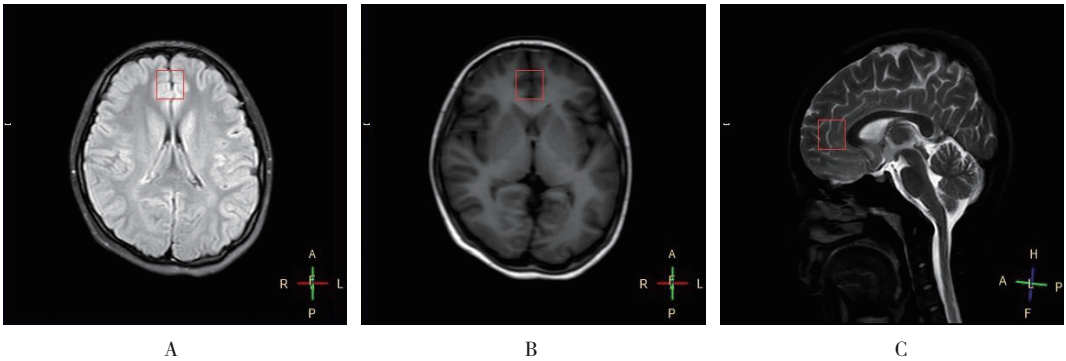
2.2 vmPFC脑区 ^1H -MRS检测及影像学结果

女性患者与男性患者的NAA/Cr水平比较,经 t 检验,差异有统计学意义($P<0.05$),女性患者NAA/Cr高于男性患者;女性患者与男性患者Cho/

Cr和mI/Cr的比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)(见表2)。vmPFC脑区解剖定位影像结果和vmPFC脑区 ^1H -MRS图像分别见图1、2。

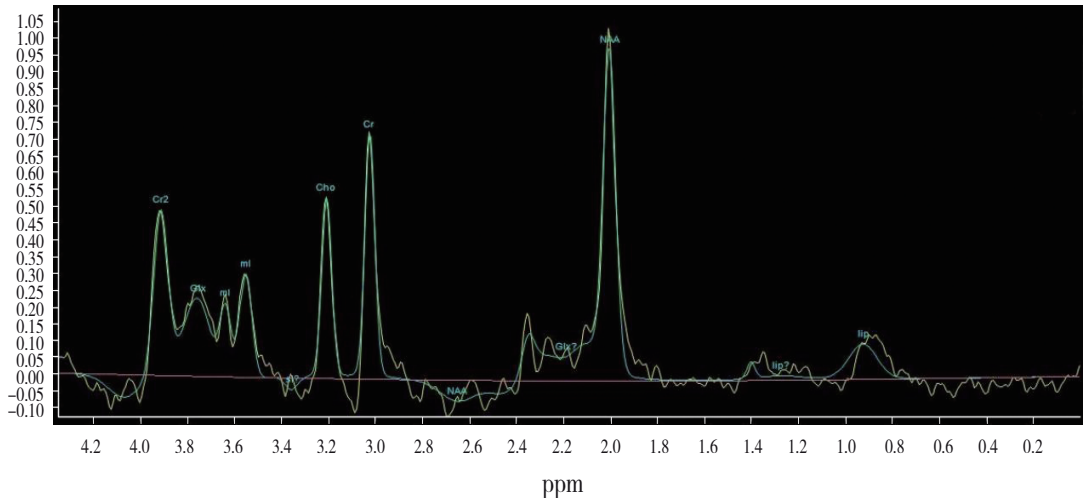
表 2 女性和男性患者vmPFC脑区¹H-MRS检测结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	NAA/Cr	Cho/Cr	mI/Cr
女性	25	1.6 ± 0.14	0.7 ± 0.19	0.5 ± 0.08
男性	20	1.5 ± 0.19	0.6 ± 0.12	0.5 ± 0.21
<i>t</i> 值		2.074	0.806	1.357
<i>P</i> 值		0.044	0.425	0.182



A: T2 FLAIR 序列轴位 TRA; B: T1 FFE 序列轴位 TRA; C: T2 TSE 序列矢状位 SAG。红色方框指示不同序列下的腹内侧前额叶解剖定位。

图 1 vmPFC 脑区解剖定位图



mI 选取的位置在 3.56 ppm 处, Cho 选取的位置在 3.20 ppm 处, NAA 选取的位置在 2.02 ppm 处, Cr 选取的位置在 3.02 ppm 处。

图 2 vmPFC 脑区¹H-MRS 图

2.3 相关性分析

HAMD 评分均呈正相关($r=0.553$ 和 0.621 , $P=0.012$ 和 0.001)。其他指标之间均无相关性($P>0.05$)。

男性患者 vmPFC 的 mI/Cr 与病程呈负相关 ($r_s=-0.467$, $P=0.038$), 男性和女性患者 Cho/Cr 与 见表 3。

表 3 指标相关性分析

指标	NAA/Cr		Cho/Cr		mI/Cr	
	r/r_s 值	<i>P</i> 值	r/r_s 值	<i>P</i> 值	r/r_s 值	<i>P</i> 值
年龄						
女性	0.382	0.060	0.182	0.383	-0.321	0.118
男性	-0.271	0.248	-0.379	0.099	-0.373	0.105

续表 3

指标	NAA/Cr		Cho/Cr		mI/Cr	
	r/r_s 值	P 值	r/r_s 值	P 值	r/r_s 值	P 值
发病年龄						
女性	0.289	0.161	0.243	0.243	-0.345	0.091
男性	-0.225	0.340	-0.439	0.053	-0.193	0.415
病程						
女性	0.056	0.792	-0.103	0.626	-0.136	0.515
男性	0.026	0.914	0.276	0.239	-0.467	0.038
HAMD 评分						
女性	-0.052	0.805	0.621	0.001	-0.319	0.120
男性	-0.132	0.580	0.553	0.012	-0.208	0.367

注: NAA/Cr、Cho/Cr、mI/Cr 与年龄、发病年龄、HAMD 评分之间的相关性采用 Pearson 线性相关分析,与病程之间的相关性采用 Spearman 秩相关分析。

3 讨论

当前,国内外已有部分研究应用 ^1H -MRS 技术对双相障碍患者的神经代谢机制进行了研究,然而针对青少年双相障碍抑郁发作患者的研究较少^[18-20]。本研究应用 ^1H -MRS 对不同性别的青少年双相障碍抑郁发作患者 vmPFC 脑区的 NAA、Cho、mI 神经代谢物水平进行检测,分析其差异。

本研究结果发现,不同性别双相障碍患者的年龄、独生情况、居住地、受教育程度、发病年龄、病程、家族史及 HAMD 评分比较,差异均无统计学意义。在不同性别的双相障碍患者的研究中,人口学方面没有发现差异,本研究结果与既往研究结果基本一致^[21-23]。有研究表明,女性双相障碍患者比男性双相障碍患者的发病年龄可能更早,在抑郁发作时的程度可能更加严重,但是由于样本量不同、选取的地区人群不同等原因目前没有得出一致性的结论^[24]。未来可以开展大样本、多中心的研究,进一步获取有关双相障碍更多的临床数据。

本研究结果发现,与男性青少年双相障碍抑郁发作患者相比,女性青少年双相障碍抑郁发作患者的 NAA/Cr 水平更高。NAA 已被证实为是神经元密度和生存的标志物,NAA 的含量与神经元的功能密切相关,对理解青少年双相障碍抑郁发作患者情绪失调过程具有重要意义^[25]。国外的研究对青少年双相障碍患者和健康对照人群的背外侧前额叶进行 ^1H -MRS 的研究发现,青少年双相障碍

患者背外侧前额叶区域的 NAA 水平较健康对照人群更低^[12]。ZHONG 等^[9]研究发现,双相障碍患者组的左侧前额叶白质的 NAA/Cr 低于健康对照组。TANNOUS 等^[26]研究发现,双相障碍患者与健康对照人群相比,前额叶 NAA 水平更低。上述研究结果提示 NAA 在双相障碍患者发病过程中扮演重要角色。然而,目前针对青少年双相障碍抑郁发作患者神经代谢性别差异的研究十分有限,尚未得出一致的结论,大多数相关研究多数集中在神经内分泌、神经炎症、临床特征等方面^[22, 27-28]。本研究未发现 Cho 和 mI 水平在青少年双相障碍抑郁发作患者中存在性别差异,可能与本研究所用样本量较少等有关。既往多项研究发现,Cho 作为膜磷脂代谢状态的标志物,双相障碍患者底节区 Cho 水平升高,但在大脑的其他区域没有一致证据表明 Cho 水平发生了具体改变^[29-30]。mI 与神经胶质细胞代谢有关,成小芳等^[31]研究发现,缓解期 BD-I 型患者海马 mI 值升高。本研究结果发现,男性患者组 vmPFC 的 mI/Cr 与病程呈负相关,即男性青少年双相障碍抑郁发作患者病程越长,相应的 mI/Cr 值越低,说明神经胶质细胞状态可能与病程有关。mI 作为磷酸肌糖循环的重要中间物质,mI 代谢水平受病程影响,进而对神经胶质细胞代谢状态产生负性作用^[32]。男性和女性患者 Cho/Cr 与 HAMD 评分均呈正相关,说明在双相障碍抑郁发作患者中,Cho 的水平与抑郁的严重程度有关,提示膜磷脂代谢可能参与了双相障碍的抑郁发作。Cho 和 mI 神经代谢物在 BD 的神经代谢机制上具有进一

步研究的意义,未来值得进一步研究其神经代谢的分子机制及其产生的影响。综上所述,本研究结果与既往相关结果不一致可能是由以下原因造成的:①受试者的疾病临床表现、病程、用药情况不同;②选择的磁共振场强、体素、图像分析软件不同;③样本量较小,难以检测出神经代谢物水平的细微变化。

本研究通过检测青少年双相障碍抑郁发作患者腹内侧前额叶 NAA、Cho、mI 的神经代谢水平,并比较其在不同性别患者中的差异,结果提示女性青少年双相障碍抑郁发作患者可能存在更明显的神经元功能紊乱。本研究以期为青少年双相障碍抑郁发作患者的临床实践提供更多的科学依据,但仍然存在一些不足之处:①为横断面研究,无法判断神经代谢变化与疾病进展之间的关系;②未设置健康对照组,不能分析青少年双相障碍抑郁发作患者与健康对照之间神经代谢物水平的差异。未来可以开展前瞻性研究,观察神经代谢水平的动态变化,进一步扩大样本量,设置健康对照组进一步比较分析。

参 考 文 献:

- [1] NIERENBERG A A, AGUSTINI B, KÖHLER-FORSBERG O, et al. Diagnosis and treatment of bipolar disorder: a review[J]. JAMA, 2023, 330(14): 1370-1380.
- [2] MARTINO D J, VALERIO M P. Bipolar depression: a historical perspective of the current concept, with a focus on future research [J]. Harv Rev Psychiatry, 2021, 29(5): 351-360.
- [3] HE H R, HU C Y, REN Z H, et al. Trends in the incidence and DALYs of bipolar disorder at global, regional, and national levels: results from the global burden of disease study 2017[J]. J Psychiatr Res, 2020, 125: 96-105.
- [4] HU F H, JIA Y J, ZHAO D Y, et al. Gender differences in suicide among patients with bipolar disorder: a systematic review and meta-analysis[J]. J Affect Disord, 2023, 339: 601-614.
- [5] van METER A, MOREIRA A L R, YOUNGSTROM E. Updated meta-analysis of epidemiologic studies of pediatric bipolar disorder[J]. J Clin Psychiatry, 2019, 80(3): 18r12180.
- [6] HOURS C. Pediatric bipolar disorder: a practical guide for clinicians[J]. Child Psychiatry Hum Dev, 2025, 56(1): 63-72.
- [7] ROWE A L, PERICH T, MEADE T. Bipolar disorder and cumulative trauma: a systematic review of prevalence and illness outcomes[J]. J Clin Psychol, 2024, 80(3): 692-713.
- [8] YILDIZ-YESILOGLU A, ANKERST D P. Review of ¹H magnetic resonance spectroscopy findings in major depressive disorder: a meta-analysis[J]. Psychiatry Res, 2006, 147(1): 1-25.
- [9] ZHONG S M, WANG Y, ZHAO G X, et al. Similarities of biochemical abnormalities between major depressive disorder and bipolar depression: a proton magnetic resonance spectroscopy study[J]. J Affect Disord, 2014, 168: 380-386.
- [10] JUPP B, SAWIAK S J, van der VEEN B, et al. Diminished myoinositol in ventromedial prefrontal cortex modulates the endophenotype of impulsivity[J]. Cereb Cortex, 2020, 30(5): 3392-3402.
- [11] HUBER R S, KONDO D G, SHI X F, et al. Relationship of executive functioning deficits to N-acetyl aspartate (NAA) and gamma-aminobutyric acid (GABA) in youth with bipolar disorder[J]. J Affect Disord, 2018, 225: 71-78.
- [12] OLVERA R L, CAETANO S C, FONSECA M, et al. Low levels of N-acetyl aspartate in the left dorsolateral prefrontal cortex of pediatric bipolar patients[J]. J Child Adolesc Psychopharmacol, 2007, 17(4): 461-473.
- [13] ZOU Y, HEYN C, GRIGORIAN A, et al. Measuring brain temperature in youth bipolar disorder using a novel magnetic resonance imaging approach: a proof-of-concept study[J]. Curr Neuropsychopharmacol, 2023, 21(6): 1355-1366.
- [14] HISER J, KOENIGS M. The multifaceted role of the ventromedial prefrontal cortex in emotion, decision making, social cognition, and psychopathology[J]. Biol Psychiatry, 2018, 83(8): 638-647.
- [15] 汤毓华, 张明园. 汉密顿抑郁量表(HAMD)[J]. 上海精神医学, 1984(2): 61-64.
- [16] 张胜军. 单相和双相抑郁障碍临床及心理病理学特征的比较研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2017.
- [17] 张厚皋. 韦氏儿童智力量表第四版(WISC-IV)中文版的修订[J]. 心理科学, 2009, 32(5): 1177-1179.
- [18] ARGYROPOULOS G D, CHRISTIDI F, KARAVASILIS E, et al. A magnetic resonance spectroscopy study on polarity subphenotypes in bipolar disorder[J]. Diagnostics (Basel), 2024, 14(11): 1170.
- [19] 王丞基, 曲源, 张丞, 等. 伴有焦虑症状青少年双相抑郁患者腹内侧前额叶氢质子磁共振波谱研究[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2023, 49(10): 604-608.
- [20] DELL'OSSO B, CREMASCHI L, MACELLARO M, et al. Bipolar disorder staging and the impact it has on its management: an update[J]. Expert Rev Neurother, 2024, 24(6): 565-574.
- [21] 姜雪君. 不同性别的双相障碍患者静息态脑功能磁共振低振幅的比较研究[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2020.
- [22] 曹宁, 王中刚, 刘传新. 不同性别双相障碍患者临床特征对比分析[J]. 精神医学杂志, 2018, 31(4): 260-263.
- [23] GUPTA R, SOOD M, SHARMA U, et al. Neurochemical correlates of cognitive functions in euthymic patients with bipolar disorder: ¹H-MRS study[J]. Asian J Psychiatr, 2022, 78: 103273.
- [24] AZORIN J M, BELLIVIER F, KALADJIAN A, et al. Characteristics and profiles of bipolar I patients according to

- age-at-onset: findings from an admixture analysis[J]. *J Affect Disord*, 2013, 150(3): 993-1000.
- [25] BRADY R O Jr, COOPER A, JENSEN J E, et al. A longitudinal pilot proton MRS investigation of the manic and euthymic states of bipolar disorder[J]. *Transl Psychiatry*, 2012, 2(9): e160.
- [26] TANNOUS J, CAO B, STANLEY J A, et al. Altered neurochemistry in the anterior white matter of bipolar children and adolescents: a multivoxel ¹H MRS study[J]. *Mol Psychiatry*, 2021, 26(8): 4117-4126.
- [27] 王淑贤, 张鹏浩, 刘小俊, 等. 双相情感障碍患者甲状腺激素水平的性别差异[J]. *临床心身疾病杂志*, 2023, 29(5): 1-6.
- [28] 周莉, 谢依玲, 张婷婷, 等. 双相I型障碍和双相II型患者人口学和临床特征的比较[J]. *中国心理卫生杂志*, 2024, 38(1): 33-41.
- [29] GIGANTE A D, BOND D J, LAFER B, et al. Brain glutamate levels measured by magnetic resonance spectroscopy in patients with bipolar disorder: a meta-analysis[J]. *Bipolar Disord*, 2012, 14(5): 478-487.
- [30] BUSTILLO J R, JONES T, QUALLS C, et al. Proton magnetic resonance spectroscopic imaging of gray and white matter in bipolar-I and schizophrenia[J]. *J Affect Disord*, 2019, 246: 745-753.
- [31] 成小芳, 钟良达, 肖叶玉, 等. 缓解期双相障碍I型患者海马磁共振波谱特征[J]. *功能与分子医学影像学(电子版)*, 2018, 7(3): 1487-1493.
- [32] PATEL N C, CECIL K M, STRAKOWSKI S M, et al. Neurochemical alterations in adolescent bipolar depression: a proton magnetic resonance spectroscopy pilot study of the prefrontal cortex[J]. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 2008, 18(6): 623-627.
- (张西倩 编辑)
- 本文引用格式:**王丞基, 迪丽娜孜·卡日, 阿亚阔孜·杰克山别克, 等. 青少年双相障碍抑郁发作患者神经代谢的性别差异研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(9): 85-91.
- Cite this article as:** WANG C J, DILINAZI · K, AYAKUOZI · J, et al. Study on gender differences in neurometabolism of adolescents with bipolar disorder in depressive episodes[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2025, 35(9): 85-91.