

· 论 著 ·

创伤性颅脑损伤血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平及其与神经功能的关系研究

李玉玉, 丁玉雪, 邢子阳, 孙 瑾*

(东南大学附属徐州市中心医院急诊科, 江苏 徐州 221000)

【摘要】 目的 分析创伤性颅脑损伤血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平及其与神经功能的关系。**方法** 回顾性选取 2022 年 8 月—2025 年 8 月东南大学附属徐州市中心医院收治的创伤性颅脑损伤患者 169 例, 根据格拉斯哥昏迷量表(Glasgow coma scale, GCS)评分将患者分为轻型组($n=64$)、中型组($n=54$)、重型组($n=51$)。另选同期东南大学附属徐州市中心医院体检的健康者 100 例为对照组。比较所有受试者血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平、美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)评分。采用 Pearson 相关分析血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平与 NIHSS 评分的相关性, 采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平对创伤性颅脑损伤患者发生神经功能缺损的诊断价值。**结果** 重型组、中型组、轻型组血清 miR-31-5p 水平、NIHSS 评分均高于对照组, 血清 miR-129-5p 水平均低于对照组, 重型组、中型组血清 miR-31-5p 水平、NIHSS 评分均高于轻型组, 血清 miR-129-5p 水平均低于轻型组, 重型组血清 miR-31-5p 水平、NIHSS 评分均高于中型组, 血清 miR-129-5p 水平低于中型组($P<0.05$)。血清 miR-31-5p 水平与 NIHSS 评分呈正相关($r=0.666, P<0.05$), 血清 miR-129-5p 水平与 NIHSS 评分呈负相关($r=-0.715, P<0.05$)。ROC 结果显示, 血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平联合诊断创伤性颅脑损伤患者神经功能缺损的敏感度为 99.3%, 特异度为 92.9%, AUC 为 0.951, 预测价值较高。**结论** 血清 miR-31-5p 水平升高、miR-129-5p 水平降低与创伤性颅脑损伤患者神经功能缺损程度密切相关, 二者联合检测对评估神经功能缺损具有较高预测价值。

【关键词】 脑损伤, 创伤性; miR-31-5p; miR-129-5p; 神经功能 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.03.009

【中图分类号】 R651.15 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1007-3205(2026)03-0304-05

Serum levels of miR-31-5p and miR-129-5p in traumatic brain injury and their association with neurological function

LI Yu-yu, DING Yu-xue, XING Zi-yang, SUN Jin*

(Department of Emergency Medicine, Xuzhou Central Hospital Affiliated to Southeast University, Jiangsu Province, Xuzhou 221000, China)

【Abstract】 Objective To analyze the serum levels of miR-31-5p and miR-129-5p in patients with traumatic brain injury (TBI) and their association with neurological function. **Methods** This retrospective study enrolled 169 patients with TBI admitted to Xuzhou Central Hospital Affiliated to Southeast University from August 2022 to August 2025. Patients were divided into mild group ($n=64$), moderate group ($n=54$), and severe group ($n=51$) based on Glasgow coma scale (GCS) scores. Additionally, 100 healthy individuals who underwent physical examinations at Xuzhou Central Hospital Affiliated to Southeast University during the same period were selected as the control group. The levels of serum miR-31-5p and miR-129-5p, as well as the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) scores, were compared among all subjects. Pearson correlation analysis was used to investigate the correlation between serum miR-31-5p and miR-129-5p levels and NIHSS scores. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was employed to evaluate the diagnostic value of serum miR-31-5p and miR-129-5p levels for the occurrence of

[收稿日期] 2026-01-07

[基金项目] 江苏省卫生健康委员会医学科研项目(M2024102)

[作者简介] 李玉玉(1992-), 女, 江苏徐州人, 东南大学附属徐州市中心医院主治医师, 医学硕士, 从事急危重症疾病诊治研究。

*通信作者。E-mail: sunjin804@126.com

neurological deficits in patients with TBI. **Results** The levels of serum miR-31-5p and NIHSS scores were higher in the severe, moderate, and mild groups, while the levels of serum miR-129-5p were lower, as compared with the control group. The levels of serum miR-31-5p and NIHSS scores were higher in the severe and moderate groups, while the levels of serum miR-129-5p were lower, as compared with the mild group. The levels of serum miR-31-5p and NIHSS scores were higher in the severe group, while the level of serum miR-129-5p was lower, as compared with the moderate group ($P<0.05$). The level of serum miR-31-5p was positively correlated with NIHSS scores ($r=0.666$, $P<0.05$), while the level of serum miR-129-5p was negatively correlated with NIHSS scores ($r=-0.715$, $P<0.05$). The ROC results showed that the combined detection of serum miR-31-5p and miR-129-5p levels for the diagnosis of neurological deficits in patients with TBI had a sensitivity of 99.3%, a specificity of 92.9%, and the area under the ROC curve (AUC) of 0.951, indicating high predictive value. **Conclusion** Elevated serum miR-31-5p and decreased miR-129-5p levels are closely associated with the severity of neurological deficits in patients with TBI. The combined detection of these biomarkers holds significant potential for evaluating neurological deficits.

[Key words] brain injuries, traumatic; miR-31-5p; miR-129-5p; neurological function

创伤性颅脑损伤 (traumatic brain injury, TBI) 是临床中影响中枢神经系统的最常见器质性病变之一^[1], 属于颅脑受直接或间接暴力作用引发的急性神经功能损伤性疾病, 其发病后病情进展快, 而神经功能的恢复周期却相对漫长。当TBI发展至重度阶段时, 患者的死亡风险会超过20%, 且超过半数的患者会遗留不同程度的神经功能残疾^[2-3]。基于此, 尽早完成对TBI患者神经功能缺损程度的评估, 并科学预测其预后转归情况, 在临床诊疗中具有重要意义。miR-129-5p是近年来神经外科急危重症领域的研究热点微小RNA (miRNA), 其被证实具备一定的神经保护效能^[4]。已有相关研究^[5]证实, 上调miR-129-5p的表达水平, 能够有效减轻阿尔茨海默病模型大鼠的神经损伤程度, 并可抑制其脑组织的炎症反应进程。而miR-31-5p作为一类广泛表达于人体多种组织与细胞中的miRNA, 现有文献^[6-8]报道显示, 其在不同病理类型患者中可发挥差异性调控作用。目前, 关于miR-129-5p与miR-31-5p在TBI患者中的表达特征及作用机制, 相关研究报道仍较为匮乏。基于此, 本研究拟通过检测TBI患者血清中miR-31-5p与miR-129-5p的表达水平, 深入分析其表达量与患者神经功能缺损程度之间的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取2022年8月—2025年8月东南大学附属徐州市中心医院收治的TBI患者169例, 数据收集均已完成。纳入标准: ①存在明确的颅脑外伤病史; ②年龄 ≥ 18 周岁; ③从颅脑受伤至入院接受诊疗的时间 ≤ 12 h。排除标准: ①颅内出血由非外伤性因素所导致的患者; ②合并

出血性疾病的患者; ③患有先天性心脏病, 或存在肝、肾等重要脏器功能异常的患者; ④伴发精神类疾病的患者。根据格拉斯哥昏迷量表 (Glasgow coma scale, GCS)^[9]评分将患者分为轻型组 (13~15分) 64例、中型组 (9~12分) 54例、重型组 (3~8分) 51例。另选东南大学附属徐州市中心医院体检的健康者100名为对照组, 通过倾向性频数匹配的方法, 依据性别、年龄 (± 5 岁)、生活习惯、吸烟史等关键协变量从同期大量体检者中筛选。

本研究经医院医学伦理委员会批准通过。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 收集受试者临床资料, 包括性别、年龄、体重指数、病程、收缩压、舒张压、吸烟史、饮酒史等。

1.2.2 血清miR-129-5p与miR-31-5p检测 TBI患者于入院时, 对照组于体检当日采集肘静脉血5 mL于不含抗凝剂的真空采血管中, 于4℃低温离心机中离心15 min (10 000 r/min) 后取上层血清。经TRIzol提取试剂 (Invitrogen, 货号: 15596026CN) 提取样本总RNA, 再经miRNeasy Mini Kit纯化试剂盒 (美国Qiagen, 货号: 217004) 完成RNA纯化操作。通过NanoDrop 2000分光光度计测定RNA浓度后, 取1 μ g总RNA行反转录反应, 合成对应的cDNA。以所得cDNA为模板, 采用实时荧光定量PCR法检测血清miR-31-5p、miR-129-5p的表达水平。PCR反应体系配置为2 μ L cDNA模板、10 μ L miScript SYBR® Green Mix、上下游引物各0.5 μ L, 补加3.0 μ L无RNA酶灭菌水补足体系。反应程序为95℃预变性10 min, 之后以95℃变性10 s、60℃退火20 s、70℃延伸10 s的条件扩增40个循环。采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 相对定量法分析血清中上述指标的表达水平。为校

正样本间差异,选用表达稳定的U6 snRNA作为内参基因。通过NormFinder软件分析证实,U6在本

研究所有血清样本中表达稳定,适于作为内参。引物序列见表1。

表1 miR-31-5p、miR-129-5p、U6基因引物序列

Table 1 Primer sequences for miR-31-5p, miR-129-5p, and U6 genes

基因名称	上游引物 5'-3'	下游引物 5'-3'
miR-31-5p	GCTTCGGCAGCACATATACTAAAAT	CGCTTCACGAATTTGCGTGTTCAT
miR-129-5p	GAGTGTCAGTGTTTACCCT	GCAGGGTCCGAGGTATTC
U6	CTCGCTTCGGCAGCACA	AACGCTTCACGAATTTGCGT

1.2.3 神经功能评分 TBI患者入院当日,采用美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale,NIHSS)^[10]对其神经功能进行评分,0~1分为神经功能无缺损,2~7分为轻度神经功能缺损,8~14分为中度神经功能缺损,≥15分为重度神经功能缺损。

1.3 统计学方法 应用SPSS 26.0统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用单因素方差分析SNK- q 检验;计数资料以例数表示,比较采用 χ^2 检验;采用Pearson相关

分析法分析血清miR-31-5p、miR-129-5p水平与NIHSS评分之间的相关性;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评估各血清指标对TBI患者发生神经功能缺损的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 4组一般资料比较 4组一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 4组一般资料比较

Table 2 Comparison of baseline characteristics among the four groups

组别	例数	性别(例数)		年龄 ($\bar{x} \pm s$,岁)	体重指数 ($\bar{x} \pm s$)	病程 ($\bar{x} \pm s$,h)	收缩压 ($\bar{x} \pm s$,mmHg)	舒张压 ($\bar{x} \pm s$,mmHg)	吸烟史 (例数)	饮酒史 (例数)
		男性	女性							
对照组	100	56	44	57.54±4.11	24.35±2.57	—	161.47±15.62	86.73±7.62	47	52
轻型组	64	37	27	56.89±4.36	23.49±2.68	4.12±0.74	159.87±19.51	87.55±9.50	32	28
中型组	54	33	21	55.92±5.74	23.57±3.04	4.03±0.63	160.80±17.53	87.41±7.23	29	30
重型组	51	29	21	56.62±5.12	23.44±3.21	4.21±0.71	159.52±18.74	87.24±8.11	33	25
χ^2/F 值		0.376		1.442	1.916	0.874	0.185	0.161	4.450	1.843
P 值		0.945		0.231	0.127	0.419	0.907	0.922	0.217	0.606

1 mmHg=0.133 kPa

2.2 4组血清miR-31-5p、miR-129-5p水平及NIHSS评分比较 重型组、中型组、轻型组血清miR-31-5p水平、NIHSS评分均高于对照组,血清miR-129-5p水平均低于对照组,重型组、中型组血清miR-31-5p水平、NIHSS评分均高于轻型组,血清miR-129-5p水平均低于轻型组,重型组血清miR-31-5p水平、NIHSS评分均高于中型组,血清miR-129-5p水平低于中型组,差异无统计学意义($P < 0.05$)。见表3。

2.3 血清miR-31-5p、miR-129-5p水平与NIHSS评分的相关性 血清miR-31-5p水平与NIHSS评分呈正相关,血清miR-129-5p水平与NIHSS评分呈负相关($P < 0.05$)。见表4。

2.4 血清miR-31-5p、miR-129-5p水平对TBI患者发生神经功能缺损的诊断价值 TBI患者中,发生神经功能缺损的有141例,血清miR-31-5p水平为 1.14 ± 0.14 ,miR-129-5p水平为 0.91 ± 0.11 ;未

表3 4组血清miR-31-5p、miR-129-5p水平及NIHSS评分比较

Table 3 Comparison of serum miR-31-5p, miR-129-5p levels, and NIHSS scores among the four groups

($\bar{x} \pm s$)				
组别	例数	miR-31-5p	miR-129-5p	NIHSS评分(分)
对照组	100	0.37±0.07	1.13±0.17	0.91±0.18
轻型组	64	0.52±0.11*	0.81±0.14*	4.72±1.15*
中型组	54	0.81±0.16*#	0.52±0.08*#	7.55±1.61*#
重型组	51	1.13±0.25*#△	0.37±0.06*#△	10.29±1.84*#△
F 值		339.450	469.251	776.144
P 值		<0.001	<0.001	<0.001

* P 值<0.05与对照组比较 # P 值<0.05与轻型组比较 △ P 值<0.05与中型组比较(SNK- q 检验)

发生神经功能缺损的有28例,血清miR-31-5p水平为 0.20 ± 0.03 ,miR-129-5p水平为 1.34 ± 0.27 。ROC结果显示,血清miR-31-5p、miR-129-5p水平联合检测对TBI患者发生神经功能缺损的诊断价

表4 血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平与 NIHSS 评分的相关性

Table 4 Correlation between serum miR-31-5p, miR-129-5p levels and NIHSS scores

指标	r 值	P 值
miR-31-5p	0.666	<0.001
miR-129-5p	-0.715	<0.001

值较高 (AUC=0.951)。截断值依据最大约登指数原则确定。见表5、图1。

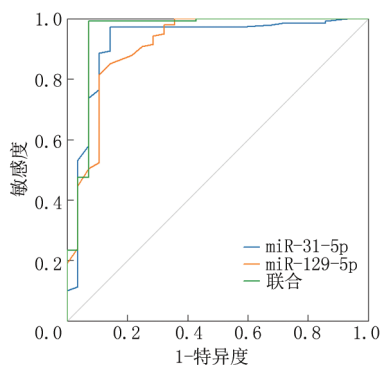


图1 血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平诊断 TBI 患者发生神经功能缺损的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curves of serum miR-31-5p and miR-129-5p levels for diagnosing neurological deficits in TBI patients

3 讨论

TBI是机体脑组织在突发性外界暴力冲击下发生的急性损伤,该类损伤可快速打破脑组织原有的生理稳态,继而诱发多环节的复杂病理性改变。近年来随着社会发展进程的加快,创伤性脑损伤的临床发生率呈持续升高趋势^[11]。脑组织缺血是创伤性脑损伤发生后最为常见的病理表现,外力造成的机械性冲击易引发脑血管破裂或管腔堵塞,致使损伤区域脑组织的血液灌注不足,进而出现局部脑组织缺氧;同时该病理过程可激活机体的炎症应答反应,造成脑血管通透性增高,大量组织液外渗并积聚于脑组织间隙,最终诱发脑组织水肿^[12-13]。在神经功能层面,创伤性脑损伤患者常继发肢体运动功能障碍等神经功能缺损表现,不仅严重危害患者的身心健康与生活质量,也为患者家庭带来了沉重的身心与经济负担^[14]。由此

可见,筛选并探究与创伤性脑损伤发生发展相关的指标,对该疾病的基础研究与临床诊疗均具有重要的现实意义。

本研究结果显示,TBI患者血清 miR-31-5p 水平显著升高,并与损伤严重程度正相关,NIHSS 评分亦随 miR-31-5p 水平升高而增加;相反,miR-129-5p 水平随损伤程度加重而逐渐降低,与 NIHSS 评分呈负相关。这一差异表达趋势提示,二者可能通过不同分子机制参与 TBI 后的神经功能调节。miRNAs 作为一类小分子非编码 RNA,通过与靶 mRNA 相互作用在多种生物学过程中发挥关键调控作用^[15-16]。其中,miR-31-5p 已被证实与多种疾病进程相关,如在系统性红斑狼疮患者^[17]、动脉粥样硬化中表达下调^[18]。值得注意的是,近期研究^[19]在 TBI 患者脑脊液与血清外泌体中均检测到 miR-31-5p 显著上调,提示其在神经系统损伤反应中可能具有促损伤或应激调控作用。miR-31-5p 已被证实其他疾病模型中能够正向调控核转录因子 κ B (nuclear factor kappa-light-chain-enhancer of activated B cells, NF- κ B) 信号通路^[20],在 TBI 患者中,NF- κ B 的表达水平与患者的严重程度呈显著正相关^[21]。分析原因,在 TBI 发生后,miR-31-5p 的表达水平显著上调,这一变化可能通过正向调控 NF- κ B 信号通路,增强该通路的激活效率。当 NF- κ B 被活化后,会发生核转位并进入细胞核内,结合到促炎因子基因的启动子区域,进而驱动多种促炎因子的转录与表达。这些促炎因子大量释放后,不仅会触发全身性炎症反应,还能突破血脑屏障,募集外周免疫细胞浸润中枢神经系统。这一过程会进一步加剧脑水肿、氧化应激损伤以及线粒体功能障碍,最终导致脑损伤范围扩大和神经功能进行性恶化。

此外,miR-129-5p 在神经系统中多表现出保护作用。研究^[22]表明,miR-129-5p 可通过靶向结合高迁移率族蛋白 B1 的 3'UTR 区域负向调控其表达,进而抑制促炎因子的释放,从而减轻大鼠炎症反应及脑损伤程度。林振发等^[23]显示,重型 TBI 患者血清 miR-129-5p 水平要低于轻中型和健康人,本研究结果与之一致。这些证据提示,重型 TBI 患者体内 miR-129-5p 的低表达状态,可能

表5 血清 miR-31-5p、miR-129-5p 水平对 TBI 患者发生神经功能缺损的诊断价值

Table 5 Diagnostic value of serum miR-31-5p and miR-129-5p levels for neurological deficits in TBI patients

指标	AUC	95%CI	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数
miR315p	0.922	0.851~0.993	0.550	97.2	85.7	0.829
miR1295p	0.911	0.838~0.983	1.025	81.6	89.3	0.709
联合	0.951	0.887~1.000	—	99.3	92.9	0.922

使其丧失了对高迁移率族蛋白 B1 等关键神经炎症信号通路的负向调控作用。这种调控失效会直接导致神经炎症级联反应过度活化、血脑屏障完整性破坏以及神经元凋亡程序加剧。这种多层次的分子调控网络失序,共同推动了 TBI 后不可逆的继发性脑损伤进展。因此,血清 miR-129-5p 水平不仅可作为反映神经保护机制强弱的内在指标,也可能成为评估损伤严重程度及预测神经功能预后的潜在分子标志。ROC 结果进一步说明,血清 miR-31-5p 联合 miR-129-5p 对 TBI 患者发生神经功能缺损的诊断价值较高 ($AUC=0.951$)。与已报道的神经元特异性烯醇化酶 ($AUC=0.809$)^[24]、S100 β 蛋白 ($AUC=0.944$)^[1] 相比,本研究中 miRNA 联合标志物的 AUC 值更高,表明联合检测 miR-31-5p 与 miR-129-5p 能够更全面、更敏感地反映 TBI 后神经损伤的病理状态,具备作为辅助评估 TBI 严重程度及预后的潜在生物标志物的价值。

综上所述,本研究证实血清 miR-31-5p 与 miR-129-5p 的表达水平分别与 TBI 严重程度呈正、负相关,且二者联合检测对神经功能缺损具有良好的评估价值,提示其作为新型生物标志物的潜力。然而,本研究为单中心回顾性设计,样本量有限,且未动态监测 miRNA 水平变化与远期神经功能结局的关联。未来需开展多中心、前瞻性研究,扩大样本量并延长随访时间,进一步验证其临床适用性;同时深入探索 miR-31-5p 与 miR-129-5p 在 TBI 后的具体分子机制及调控通路,为其临床转化提供更充分的依据。

参考文献

- [1] 聂晓改,彭传梅,张云芳,等. S100 β 、IL-6、hs-CRP 联合检测明显提高急性创伤性颅脑损伤诊断的灵敏性[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(11): 1580-1585.
- [2] 刘彩霞,安婷婷,刘静,等. IMPACT 和 CRASH 模型对创伤性颅脑损伤患者预后评估价值的比较研究[J]. 中国全科医学, 2024, 27(15): 1843-1849.
- [3] 朱习会,赵建飞,张成贵,等. 创伤性颅脑损伤患者血清 ZEB1、NLRC4 表达与神经功能及预后的关系[J]. 临床神经外科杂志, 2025, 22(5): 547-552.
- [4] 王鸿雁,白雪,周翔. 脑梗死患者血浆 miR-129-5p、PHLDA1 水平与颈动脉粥样硬化斑块性质及神经功能损伤程度的关系研究[J]. 国际检验医学杂志, 2024, 45(20): 2539-2542.
- [5] 胡广泽,袁珊,何哲,等. miR-129-5p 靶向 HMGB1 减轻大鼠脑缺血再灌注损伤诱导的炎症和脑组织损伤[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2025, 43(4): 405-413.
- [6] 黎绍球,殷思纯,林沛基. 慢性乙型病毒性肝炎病人血浆中 LncRNA PVT1、微 RNA-31-5p 表达水平与炎症损伤程度的相关性分析[J]. 安徽医药, 2023, 27(12): 2465-2469.
- [7] Yan G, Lei W. Role of ELK1 in regulating colorectal cancer progression: miR-31-5p/CDIP1 axis in CRC pathogenesis[J]. Peer J, 2023, 11: e15602.
- [8] Shi L, Li B, Zhang Y, et al. Exosomal lncRNA Mir100hg derived from cancer stem cells enhance glycolysis and promote metastasis of lung adenocarcinoma through microRNA-15a-5p/31-5p[J]. Cell Commun Signal, 2023, 21(1): 248.
- [9] 张连钰,张发斌,白焕英,等. 高原地区颅脑损伤患者血清降钙素原水平与病情严重程度及预后的关联研究[J]. 中华危重病急救医学, 2024, 36(1): 56-61.
- [10] Kwah LK, Diong J. National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)[J]. J Physiother, 2014, 60(1): 61.
- [11] Johnson-Black PH, Carlson JM, Vespa PM. Traumatic brain injury and disorders of consciousness[J]. Handb Clin Neurol, 2025, 207: 75-96.
- [12] Reddy P, Izzetoglu K, Shewokis PA, et al. Differences in time-frequency characteristics between healthy controls and TBI patients during hypercapnia assessed via fNIRS [J]. Neuroimage Clin, 2023, 40: 103504.
- [13] 侯志琦,马玉林,章超凡. 中性粒细胞在创伤性脑损伤中的研究进展[J]. 中南药学, 2025, 23(1): 9-13.
- [14] Li J, Li N, Jiang W, et al. The impact of early cranioplasty on neurological function, stress response, and cognitive function in traumatic brain injury [J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(44): e39727.
- [15] Chakraborty A, Patton DJ, Smith BF, et al. miRNAs: Potential as biomarkers and therapeutic targets for cancer[J]. Genes (Basel), 2023, 14(7): 1375.
- [16] Ruiz GP, Camara H, Fazolini NPB, et al. Extracellular miRNAs in redox signaling: Health, disease and potential therapies[J]. Free Radic Biol Med, 2021, 173: 170-187.
- [17] 张霞,罗寰,赵悦,等. 系统性红斑狼疮患者血清 miR-31-5p、miR-379-5p、miR-142-3p 水平与疾病活动度和肾损伤的相关性[J]. 四川医学, 2025, 46(6): 612-616.
- [18] 王克华,李颖,任小璐,等. circ_0084043/miR-31-5p 调节 HMGA1 参与动脉粥样硬化作用的机制研究[J]. 四川大学学报(医学版), 2024, 55(6): 1533-1542.
- [19] 张露,尹丽明,付文金,等. 颅脑损伤外泌体 microRNA 差异表达分析[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(6): 1068-1072.
- [20] 刘格格. circ-0001875/miR-31-5p/SP1 轴通过 NF- κ B 通路调节支气管哮喘中巨噬细胞的 M1 极化[D]. 广州: 广东医科大学, 2024.
- [21] 刘海巍,王良卫,陶胜忠,等. 外周血单个核细胞 TLR4、NF- κ B 表达与颅脑外伤患者病情严重程度及短期预后的关系[J]. 中华实验外科杂志, 2025, 42(10): 2079-2083.
- [22] 胡广泽,袁珊,何哲,等. miR-129-5p 靶向 HMGB1 减轻大鼠脑缺血再灌注损伤诱导的炎症和脑组织损伤[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2025, 43(4): 405-413.
- [23] 林振发,谢锐锋,叶建国. 重型颅脑损伤患者血清 miR-129-5p、miR-140-5p 水平及其与 TLR4/NF- κ B 信号通路和预后的关系[J]. 山东医药, 2024, 64(17): 48-51.
- [24] 龚雪,熊小平,赵莉,等. 急性重型颅脑损伤早期预后的影响因素及 NLR、NSE、BIS 联合 APACHE II 评分的预测价值[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2026, 21(1): 97-101.

(本文编辑:何祯)