

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.08.016
文章编号: 1005-8982 (2026) 08-0097-06

临床研究·论著

创伤性颅脑损伤患者血清TMAO、Apelin-13水平及Helsinki CT评分与损伤程度的相关性分析*

贾攀攀, 余德顺, 孔浩南

(浙江树人学院树兰国际医学院附属树兰杭州医院 急诊科, 浙江 杭州 311300)

摘要: **目的** 探讨血清三甲胺-N-氧化物 (TMAO)、Apelin-13水平与Helsinki CT评分在创伤性颅脑损伤 (TBI) 患者中的表达与损伤程度的关系, 评估这些生物标志物对TBI患者预后的潜在价值。**方法** 选取2022年3月—2024年3月浙江树人学院树兰国际医学院附属树兰杭州医院收治的129例TBI患者作为研究对象, 根据美国国立卫生研究院卒中量表 (NIHSS) 评分分为重度组 (32例)、中度组 (51例)、轻度组 (46例)。对不同组别血清TMAO、Apelin-13水平及Helsinki CT评分进行比较分析, 并探究其与疾病严重程度的相关性。通过受试者工作特征 (ROC) 曲线评估TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分在评估患者疾病严重程度中的应用价值。**结果** 重度组与中度组血清TMAO、Helsinki CT评分均高于轻度组 ($P < 0.05$), 重度组血清TMAO、Helsinki CT评分高于中度组 ($P < 0.05$)。重度组与中度组的血清Apelin-13水平均低于轻度组 ($P < 0.05$), 重度组血清Apelin-13水平低于中度组 ($P < 0.05$)。Spearman相关性分析结果显示, 疾病严重程度与血清TMAO水平、Helsinki CT评分均呈正相关 ($r_s = 0.612, 0.707$, 均 $P < 0.05$), 与血清Apelin-13水平呈负相关 ($r_s = -0.844$, $P < 0.05$)。ROC曲线分析结果显示, 血清TMAO、Apelin-13水平及Helsinki CT评分联合预测的曲线下面积为0.987 (95% CI: 0.974, 1.000), 敏感性为95.2% (95% CI: 0.792, 0.992), 特异性为93.5% (95% CI: 0.870, 0.977)。预后不良组血清TMAO、Helsinki CT评分均高于预后良好组 ($P < 0.05$), 血清Apelin-13水平低于预后良好组 ($P < 0.05$)。**结论** 血清TMAO、Apelin-13水平、Helsinki CT评分与TBI患者的损伤程度和预后紧密相关, 可作为评估损伤严重程度和预后的有效生物标志物。

关键词: 创伤性颅脑损伤; 三甲胺-N-氧化物; Apelin-13; Helsinki CT评分; 严重程度; 预后评估
中图分类号: R651.1 **文献标识码:** A

Associations of serum TMAO and Apelin-13 levels and Helsinki CT scores with the disease severity in patients with traumatic brain injury*

Jia Pan-pan, Yu De-shun, Kong Hao-nan

[Emergency Department, Shulan (Hangzhou) Hospital, Shulan International Medical College, Zhejiang Shuren University, Hangzhou, Zhejiang 311300, China]

Abstract: Objective To explore the serum trimethylamine-N-oxide (TMAO) and Apelin-13 levels and Helsinki CT scores in patients with traumatic brain injury (TBI) and their associations with disease severity, and to assess the potential value of these biomarkers for the prognosis of TBI patients. **Methods** A total of 129 TBI patients treated at our Hospital from March 2022 to March 2024 were selected for this study. Based on the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) scores, patients were divided into severe ($n = 32$), moderate ($n = 51$), and mild ($n = 46$) groups. Serum levels of TMAO and Apelin-13, as well as Helsinki CT scores, were compared among

收稿日期: 2025-11-18

* 基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目 (2023KY248)

the groups, and their correlations with the severity of the disease were investigated. The value of TMAO, Apelin-13, and Helsinki CT scores in assessing the severity of the disease was evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results** Serum TMAO levels and Helsinki CT scores in the severe and moderate groups were higher than those in the mild group ($P < 0.05$), and were higher in the severe group than in the moderate group ($P < 0.05$). Serum Apelin-13 levels in the severe and moderate groups were lower than those in the mild group ($P < 0.05$), and were lower in the severe group than in the moderate group ($P < 0.05$). Spearman correlation analysis showed that disease severity was positively correlated with serum TMAO levels ($r_s = 0.612, P = 0.000$) and Helsinki CT scores ($r_s = 0.707, P = 0.000$), and negatively correlated with serum Apelin-13 levels ($r_s = -0.844, P = 0.000$). The ROC curve analysis revealed that combination of serum TMAO and Apelin-13 levels and Helsinki CT scores yielded the largest area under the curve of 0.987 (95% CI: 0.974, 1.000), with a sensitivity of 95.2% (95% CI: 0.792, 0.992) and a specificity of 93.5% (95% CI: 0.870, 0.977). Serum TMAO levels and Helsinki CT scores in the poor-prognosis group were higher than those in the good-prognosis group ($P < 0.05$), whereas serum Apelin-13 levels were lower in the poor-prognosis group ($P < 0.05$). **Conclusion** The serum levels of TMAO and Apelin-13 and Helsinki CT scores are closely related to the disease severity and prognosis of TBI patients, and can serve as effective biomarkers for assessing disease severity and prognosis.

Keywords: traumatic brain injury; trimethylamine-N-oxide; Apelin-13; Helsinki CT score; severity; prognosis assessment

创伤性颅脑损伤 (traumatic brain injury, TBI) 是一种常见的神经系统损伤, 主要特征为外力作用导致的颅脑结构损伤和功能障碍^[1]。该疾病在全球范围内均有较高的发病率, 特别是在交通事故和工业事故频发的地区更为常见。由于颅脑损伤的复杂性, TBI的诊断和治疗具有显著的挑战性^[2]。TBI可以迅速进展为重症, 导致神经功能丧失甚至死亡^[3]。因此, 及时准确地评估TBI的严重程度对于制订有效的治疗方案和提高患者的康复率至关重要。近年来, 生物标志物在神经损伤的诊断和治疗效果评估中显示出重要的应用潜力。在TBI的研究中, 血清三甲胺-N-氧化物 (trimethylamine N-oxide, TMAO) 和 Apelin-13 作为神经炎症和神经保护的标志物备受关注^[4-5]。本研究旨在分析血清 TMAO、Apelin-13 水平与 Helsinki CT 评分在创伤性颅脑损伤患者中的关系, 评价这些生物标志物在 TBI 损伤程度评估中的价值, 探讨其作为治疗效果评估工具的潜力。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2022年3月—2024年3月浙江树人学院树兰国际医学院附属树兰杭州医院收治的129例TBI患者作为研究对象, 根据美国国立卫生研究院卒中量表 (NIHSS) 评分分为重度组 (32例)、中度组 (51例)、轻度组 (46例)。纳入标准: ①经影

像学确认为创伤性颅脑损伤; ②在创伤后12 h内入院; ③具有完整的临床资料和随访记录; ④患者及其家属签署知情同意书。排除标准: ①合并有严重心脏疾病、肝功能异常、脑血管疾病; ②近1周内接受免疫抑制治疗或其他可能影响炎症状态的药物治疗; ③合并有恶性肿瘤、严重免疫缺陷或凝血功能障碍; ④合并慢性肾脏病或存在中重度肾功能不全; ⑤不能配合研究或依从性差。本研究经医院医学伦理委员会批准 (KY2024118)。

1.2 方法

1.2.1 血清 TMAO、Apelin-13 水平检测 入院当天采集患者静脉血 5 mL, 立即以 3 000 r/min 离心 15 min, 分离得到的血清于 -20 °C 保存。使用酶联免疫吸附试验定量分析血清 TMAO 和 Apelin-13。试剂盒分别购自武汉伊莱瑞特生物科技股份有限公司和南京建成生物工程研究所有限公司, 均严格按照说明书操作。

1.2.2 Helsinki CT 评分 入院当天采用 Helsinki CT 评分系统^[6], 对患者头颅 CT 检查结果进行评分。评分依据包括: 硬膜下血肿 (2分)、脑实质血肿 (2分)、硬膜外血肿 (-3分)、出血体积超过 25 cm³ (2分)、脑室内出血 (3分) 及鞍上池状态 (正常 0分、受压 1分、消失 5分), 总分 -3 ~ 14分。

1.2.3 严重程度分组情况 入院当天应用美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS)^[7]对受试者的神经功能进行评

估。根据NIHSS评分,0~1分表示神经功能正常,2~7分表示轻度神经功能缺损,8~14分表示中度神经功能缺损,而 ≥ 15 分则表示神经功能重度缺损。

1.2.4 预后分组情况 患者外伤后90 d使用格拉斯哥预后评分(Glasgow outcome scale, GOS)^[8]进行评估。GOS得分在1~3分视为预后不良,4~5分视为预后良好。预后不良组、预后良好组分别有44、85例。患者均于门诊复诊时由经统一培训的医师进行现场评估。

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 24.0和R 3.4.3统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验或单因素方差分析,两两比较用Bonferroni校正法;相关性分析用Spearman法;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC)评估预测效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同疾病严重程度组TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分比较

重度组、中度组和轻度组TMAO水平、Apelin-

13水平和HelsinkiCT评分比较,经方差分析,差异均有统计学意义($P < 0.05$);重度组与中度组血清TMAO、Helsinki CT评分均高于轻度组($P < 0.05$),重度组血清TMAO、Helsinki CT评分高于中度组($P < 0.05$)。重度组与中度组的血清Apelin-13水平均低于轻度组($P < 0.05$),重度组血清Apelin-13水平低于中度组($P < 0.05$)。见表1。

表1 不同疾病严重程度组TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	TMAO/ ($\mu\text{mol/L}$)	Apelin-13/ (ng/mL)	Helsinki CT 评分
重度组	32	4.63 \pm 1.15	20.86 \pm 2.15	7.64 \pm 2.36
中度组	51	4.04 \pm 0.72	26.64 \pm 2.92	5.81 \pm 1.75
轻度组	46	3.12 \pm 0.55	32.73 \pm 3.83	3.63 \pm 0.95
<i>F</i> 值		35.841	138.575	53.696
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000

2.2 疾病严重程度与TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分的相关性分析

Spearman相关性分析结果显示,疾病严重程度与血清TMAO水平、Helsinki CT评分均呈正相关($r_s = 0.612$ 、 0.707 ,均 $P = 0.000$),与血清Apelin-13水平呈负相关($r_s = -0.844$, $P = 0.000$)。见图1。

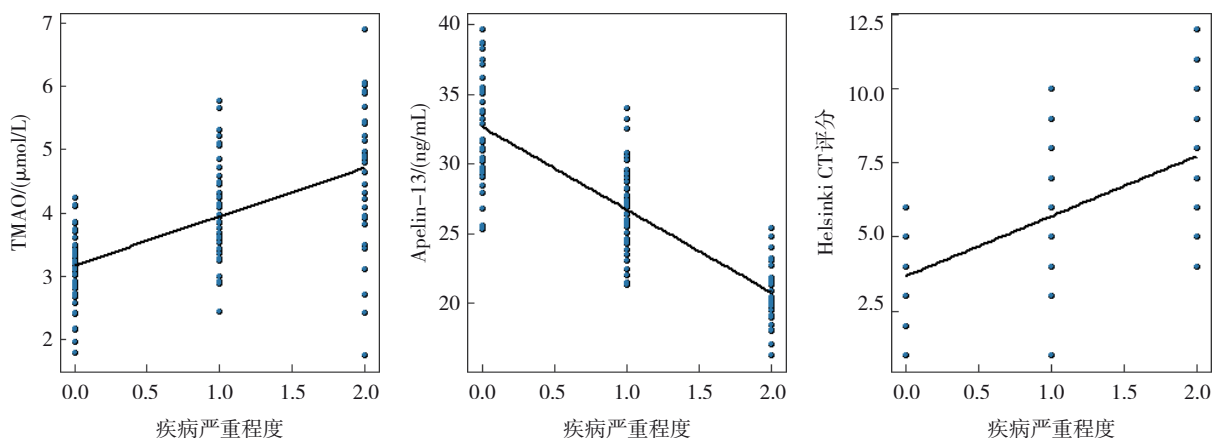


图1 疾病严重程度与TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分的相关性散点图

2.3 TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分对疾病严重程度的预测效能

ROC曲线分析结果显示,血清TMAO、Apelin-13水平及Helsinki CT评分联合预测的AUC最大,为0.987(95% CI: 0.974, 1.000),敏感性为95.2%(95% CI: 0.792, 0.992),特异性为93.5%(95% CI:

0.870, 0.977)。见表2和图2。

2.4 不同预后组TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分比较

预后不良组与预后良好组患者TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);预后不良组血清TMAO、

表2 TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分对疾病严重程度的预测效能

指标	最佳截断值	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
TMAO	3.76 $\mu\text{mol/L}$	0.861	0.798	0.924	72.3	0.533	0.863	89.1	0.806	0.942
Apelin-13	28.36 ng/mL	0.933	0.892	0.974	84.3	0.672	0.947	89.1	0.806	0.942
Helsinki CT评分	4.50分	0.902	0.851	0.954	81.9	0.636	0.928	84.8	0.758	0.911
联合		0.987	0.974	1.000	95.2	0.792	0.992	93.5	0.870	0.977

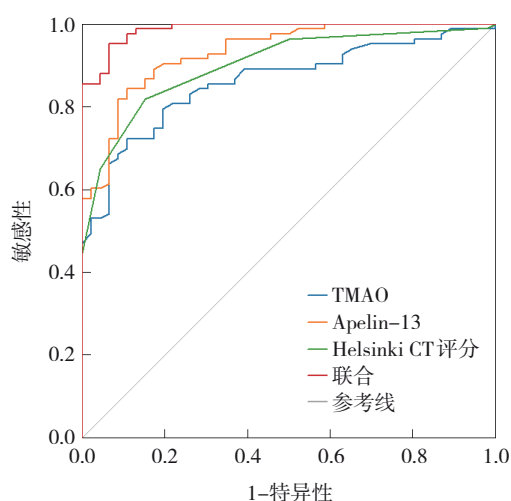


图2 TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分预测疾病严重程度的ROC曲线图

Helsinki CT评分均高于预后良好组 ($P < 0.05$), 血清 Apelin-13 水平低于预后良好组 ($P < 0.05$)。见表3。

表3 不同预后组 TMAO、Apelin-13、Helsinki CT评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	TMAO/ ($\mu\text{mol/L}$)	Apelin-13/ (ng/mL)	Helsinki CT 评分
预后不良组	44	4.51 \pm 0.91	21.26 \pm 2.05	7.22 \pm 2.12
预后良好组	85	3.52 \pm 0.72	30.54 \pm 2.97	4.51 \pm 1.28
t值		6.752	18.548	9.040
P值		0.000	0.000	0.000

3 讨论

在TBI的诊断和评估中, 尽管神经影像学 and 临床评估常被用于诊断, 但这些方法在早期诊断和病情进展评估上仍存在限制^[13]。因此, 发现并利用敏感而非侵入性的生物标志物, 对于改善TBI患者的早期诊断和预后评估具有重要意义。血清TMAO和Apelin-13作为神经损伤和修复过程中的生物标

志物, 其在TBI患者中的表达异常可能与损伤的严重程度和患者的预后紧密相关。TMAO和Apelin-13的水平变化可能反映了神经炎症的活跃程度和神经细胞的损伤程度^[14-15]。本研究旨在分析血清TMAO、Apelin-13水平与Helsinki CT评分在创伤性颅脑损伤患者中的相关性, 以及这些生物标志物在预后评估中的潜在价值, 从而为临床提供更准确的诊断和治疗决策支持, 改善TBI患者预后。

本研究TBI患者中, 血清TMAO水平与Helsinki CT评分呈现不同程度的增高, 与疾病严重程度成正比。这种现象可以通过TMAO在促进炎症反应和细胞应激反应中的角色来解释。TMAO的增高可能通过激活NF- κ B信号通路, 增加炎症细胞因子的产生, 从而加剧大脑内部的炎症环境, 导致神经细胞损伤加剧^[16-17]。Helsinki CT评分反映的是脑部结构的损伤程度, 更高的评分表明更严重的脑组织损伤和水肿, 这与TMAO引起的炎症状态加剧密切相关^[18-19]。因此, 随着TBI的加重, TMAO水平和Helsinki CT评分的上升可能反映病理过程中炎症与神经损伤的加剧。Apelin-13在创伤性颅脑损伤患者中的表现与TMAO和Helsinki CT评分的趋势相反, 其水平与疾病严重程度呈负相关^[20]。这可能与Apelin-13在调节血管功能和抗炎反应中的作用有关。Apelin-13已知能够促进血管扩张和改善血流, 减轻缺血和氧化应激条件下的细胞损伤^[21]。在TBI患者中, 较低的Apelin-13水平可能反映保护机制的不足, 导致更严重的脑损伤。此外, Apelin-13通过其抗炎作用可能减少炎症介质的释放, 减轻脑组织损伤^[22-23]。因此, Apelin-13水平的降低可能是疾病严重程度增加的标志, 同时也提示其在神经保护和维持脑功能方面的潜在作用。在评估TBI患者的疾病严重程度时, 通过使用R软件构建ROC曲线分析血清TMAO、Apelin-13水平及Helsinki CT评分的预测效能发现, 这些指标

的联合使用提供较高的诊断精确性。这一高度的预测效能可能源于各指标在反映TBI生理病理状态方面的互补性。TMAO作为代谢产物,可能通过加剧炎症和氧化应激响应影响脑损伤程度,而Apelin-13则可能通过其神经保护和血管功能调节作用发挥影响^[24-25]。Helsinki CT评分直接反映脑部结构的损伤程度。联合这些生化和影像学指标能更全面地评估TBI的复杂生理变化,从而在统计模型中表现出较高的诊断准确性和预测价值^[26]。在TBI患者中,预后不良与血清TMAO水平和Helsinki CT评分的升高有关,而血清Apelin-13水平的降低也与预后不良相关。这些现象可能与TMAO在促进炎症反应及细胞应激反应中的作用相关,高水平的TMAO可能通过增强炎症介质的释放和细胞死亡途径,加剧脑损伤^[27-28]。Helsinki CT评分高表明脑部结构损伤严重,这通常与较差的预后相关。而Apelin-13的降低可能减少其在血管内皮保护和抗炎作用,导致损伤后脑组织的修复能力下降,进一步恶化预后^[29-30]。因此,这些指标的变化反映TBI患者预后差异的生理基础,为临床评估和治疗提供有价值的生物标志物。

然而,本研究局限于单一中心和有限的样本量,可能限制其结果的普适性。未来研究应在更广泛的地区和更大的患者群体中验证这些生物标志物的有效性和可靠性,同时探索这些标志物与TBI病理生理机制之间的深入联系,以及其在不同类型和不同治疗干预下的动态变化,以进一步提升其临床应用价值。

综上所述,血清TMAO和Apelin-13水平及Helsinki CT评分可作为TBI严重程度和预后的生物标志物,具有较高的临床推广潜力,尤其在快速评估TBI患者损伤程度和预后决策中显得尤为重要。

参 考 文 献 :

- [1] 黄可丰,陈贵平,李敏,等. 垂体前叶激素及甲状腺激素在不同疾病严重程度创伤性颅脑损伤患者中的表达水平及意义[J]. 国际医药卫生导报, 2022, 28(14): 1931-1935.
- [2] BAKER C E, MARTIN P, WILSON M H, et al. The relationship between road traffic collision dynamics and traumatic brain injury pathology[J]. *Brain Commun*, 2022, 4(2): fca033.
- [3] 赵霞,陆娟,王晓东,等. 基于急诊实验室指标建立重型颅脑损伤患者早期死亡的临床预测模型[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(13): 37-42.
- [4] 杨梅芳,程萍,陈治任,等. 肠道菌群代谢产物TMAO激活HMGB1/NLRP3炎症通路促进小鼠脑缺血半暗带损伤的机制研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2023, 40(12): 1096-1100.
- [5] 谢易瑾,朱玺西,杜伟. 急性脑梗死患者血清Apelin-13水平与神经功能损害程度及预后的相关性分析[J]. 卒中与神经疾病, 2023, 30(1): 67-70.
- [6] RAJ R, SIIRONEN J, SKRIFVAR S M B, et al. Predicting outcome in traumatic brain injury: development of a novel computerized tomography classification system (Helsinki computerized tomography score) [J]. *Neurosurgery*, 2014, 75(6): 632-646.
- [7] NAESS H, KURTZ M, THOMASSEN L, et al. Serial NIHSS scores in patients with acute cerebral infarction[J]. *Acta Neurol Scand*, 2016, 133(6): 415-420.
- [8] 王国飞,康眼训,蔡甜甜,等. 低T3综合征及GCS评分与高血压脑出血生存率及再出血的关系研究[J]. 中华神经医学杂志, 2018, 17(7): 699-704.
- [9] 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.
- [10] LEE H G, LEE J H, FLAUSINO L E, et al. Neuroinflammation: An astrocyte perspective[J]. *Sci Transl Med*, 2023, 15(721): ead7828.
- [11] 陈振寰,李梦珠,潘起航,等. 细胞死亡在颅脑损伤后认知功能障碍中作用机制的研究进展[J]. 中国临床神经外科杂志, 2024, 29(2): 111-114.
- [12] MA K G, LIU Z T, WANG W. Changes of serum NSE, lactate and CRP in patients with postoperative infection after acute craniocerebral injury and their predictive value for prognosis[J]. *Biotechnol Genet Eng Rev*, 2024, 40(2): 800-814.
- [13] 李鑫,岳新鹏,刘增强,等. 应用MSCT影像学评分评估重型颅脑损伤患者预后的可行性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(5): 116-117.
- [14] PRAVEENRAJ S S, SONALI S, ANAND N, et al. The role of a gut microbial-derived metabolite, trimethylamine N-oxide (TMAO), in neurological disorders[J]. *Mol Neurobiol*, 2022, 59(11): 6684-6700.
- [15] WANG Z Y, LIU C X, WEI J M, et al. Network and experimental pharmacology on mechanism of Yixintai regulates the TMAO/PKC/NF- κ B signaling pathway in treating heart failure[J]. *Drug Des Devel Ther*, 2024, 18: 1415-1438.
- [16] 谢诗琴,邓娜,谭周进. TMAO与“肾-肠轴”的关系研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(11): 1391-1397.
- [17] 李焕良,侯晓彬,单柳如,等. 创伤性颅脑损伤病人肠道菌群代谢产物TMAO、SCFAs与血清代谢标志物水平的相关性[J]. 临床外科杂志, 2022, 30(3): 252-256.
- [18] 陈迁,孙兆瑞,廖浩宇,等. 不同CT评分对中重度颅脑损伤患者预后的价值[J]. 医学研究与战创伤救治, 2023, 36(6): 579-584.

- [19] VEHVILÄINEN J, SKRIFVARS M, REINIKAINEN M, et al. External validation of the NeuroImaging Radiological Interpretation System and Helsinki computed tomography score for mortality prediction in patients with traumatic brain injury treated in the intensive care unit: a Finnish intensive care consortium study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(10): 2709-2717.
- [20] 周阳, 孟子钧, 韩雨清, 等. Apelin-13 对创伤后应激障碍模型小鼠行为学和海马自噬通路的影响[J]. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2024, 33(1): 2-8.
- [21] GONG G, WAN W H, LIU X H, et al. Apelin-13, a regulator of autophagy, apoptosis and inflammation in multifaceted bone protection[J]. *Int Immunopharmacol*, 2023, 117: 109991.
- [22] SHEN X Y, YUAN G Q, LI B, et al. Apelin-13 attenuates early brain injury through inhibiting inflammation and apoptosis in rats after experimental subarachnoid hemorrhage[J]. *Mol Biol Rep*, 2022, 49(3): 2107-2118.
- [23] CIFTEL S, TUMKAYA L, SARAL S, et al. The impact of apelin-13 on cisplatin-induced endocrine pancreas damage in rats: an *in vivo* study[J]. *Histochem Cell Biol*, 2024, 161(5): 391-408.
- [24] 苏广胜, 王少君, 庞文跃. 肠道菌群代谢产物 TMAO 与冠状动脉粥样硬化性心脏病关系的研究进展[J]. *山东医药*, 2020, 60(34): 104-107.
- [25] ZHANG Y, JIANG W W, SUN W J, et al. Neuroprotective roles of apelin-13 in neurological diseases[J]. *Neurochem Res*, 2023, 48(6): 1648-1662.
- [26] 王峰, 白西民, 王小峰, 等. 赫尔辛基 CT 评分与 BIS 值相关性及其对急性重型颅脑损伤所致昏迷患者近期预后的预测价值[J]. *陕西医学杂志*, 2023, 52(9): 1204-1206.
- [27] STEFANIA K, ASHOK K K, GEENA P V, et al. TMAO enhances TNF- α mediated fibrosis and release of inflammatory mediators from renal fibroblasts[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 9070.
- [28] LI C Z, ZHU L, DAI Y M, et al. Diet-induced high serum levels of trimethylamine-N-oxide enhance the cellular inflammatory response without exacerbating acute intracerebral hemorrhage injury in mice[J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2022, 2022: 1599747.
- [29] 薛鑫, 李瑞豪, 卢维新, 等. Helsinki CT 评分和 Stockholm CT 评分对中、重型颅脑损伤预后的预测价值[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2019, 24(5): 269-271.
- [30] VITALE E, ROSSO R, LO IACONO M, et al. Apelin-13 increases functional connexin-43 through autophagy inhibition via AKT/mTOR pathway in the non-myocytic cell population of the heart[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(21): 13073.

(李科 编辑)

本文引用格式: 贾攀攀, 余德顺, 孔浩南. 创伤性颅脑损伤患者血清 TMAO、Apelin-13 水平及 Helsinki CT 评分与损伤程度的相关性分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(8): 97-102.

Cite this article as: JIA P P, YU D S, KONG H N. Associations of serum TMAO and Apelin-13 levels and Helsinki CT scores with the disease severity in patients with traumatic brain injury[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(8): 97-102.