

基于随机森林算法的重型颅脑损伤患者 并发急性胃肠损伤的现状与风险模型构建

杨晓文, 许彬, 吴娟, 王希, 赵琳

(江苏省人民医院 神经外科重症监护室, 江苏 南京 210000)

【摘要】 目的 探讨重型颅脑损伤患者并发急性胃肠损伤的危险因素, 为预防急性胃肠损伤提供借鉴。**方法** 2021 年 1 月至 2023 年 1 月, 便利抽样法选取某院收治的重型颅脑损伤患者 150 例为研究对象, 建立基于重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素的随机森林算法的预测模型。**结果** 150 例重症颅脑损伤患者中, 并发急性胃肠损伤患者 94 例, 占 62.67%。是否并发急性胃肠道损伤的患者在糖尿病、白蛋白、APACHE-II 评分、休克指数、液体负平衡、酸中毒、深度镇静、呼吸衰竭方面的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。构建重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型, 树的数量为 103 时出现的错误率最低; 影响重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的因素重要性排序为糖尿病、液体负平衡、急性生理与慢性健康评分、白蛋白、深度镇静及酸中毒; 随机森林模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)下面积(area under curve, AUC)为 0.798, Logistic 回归模型的 AUC 为 0.773。**结论** 构建的重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的风险预测模型预测效能较高, 临床值得推广应用。

【关键词】 随机森林算法; 重型颅脑损伤; 急性胃肠损伤; 风险模型

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2024.03.017

【中图分类号】 R473 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2024)03-0070-05

Review on Acute Gastrointestinal Injury in Patients with Severe Craniocerebral Injury Based on Random Forest Algorithm and Risk Model Construction

YANG Xiaowen, XU Bin, WU Juan, WANG Xi, ZHAO Lin(Intensive Care Unit of Neurosurgery, Jiangsu Province Hospital, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China)

Corresponding author: XU Bin, Tel: 025-68303598

【Abstract】 Objective To explore the risk factors of acute gastrointestinal injury in patients with severe craniocerebral injury, and to provide reference for clinical prevention of acute gastrointestinal injury.**Methods** From January 2021 to January 2023, 150 patients with severe craniocerebral injury admitted to a hospital were selected by convenience sampling method. A prediction model based on the risk factors of severe craniocerebral injury complicated with acute gastrointestinal injury was constructed by random forest algorithm.**Results** Among 150 patients with severe craniocerebral injury, 94 cases (62.67%) were complicated with acute gastrointestinal injury. There were statistically significant differences in diabetes mellitus, albumin, APACHE-II score, shock index, negative fluid balance, acidosis, deep sedation and respiratory failure between patients with or without acute gastrointestinal injury (all $P < 0.05$). The random forest model for severe craniocerebral injury complicated with gastrointestinal injury was constructed, and the lowest error rate occurred when the number of trees was 103; the factors affecting severe craniocerebral injury complicated with acute gastrointestinal injury in the order of importance were diabetes mellitus, negative fluid balance, APACHE-II score, albumin, deep sedation, and acidosis; the AUC of ROC curve for prediction of severe craniocerebral injury complicated with acute gastrointestinal injury by random forest model was 0.798, and that of logistic regression model was 0.773.**Conclusions** The established risk prediction model for severe craniocerebral injury complicated with acute gastrointestinal injury has high predictive efficiency and is worth popularizing.

【Key words】 random forest algorithm; severe craniocerebral injury; acute gastrointestinal injury; risk model

[Mil Nurs, 2024, 41(03): 70-73, 78]

【收稿日期】 2023-06-10 **【修回日期】** 2024-01-05

【基金项目】 江苏省科教能力提升项目(ZDXK202225); 中华护理学会立项科研课题项目(XHQYQ202307); 江苏省科协青年科技人才托举工程(JSTJ-2023-WJ025)

【作者简介】 杨晓文, 本科, 主管护师, 电话: 025-68303063

【通信作者】 许彬, 电话: 025-68303598

颅脑损伤指由外力引起的脑部结构性创伤和/或脑功能生理性破坏^[1], 可分轻、中、重 3 种类型; 而重型颅脑损伤属于病情较为严重且致死率较高的一种损伤^[2]。急性胃肠损伤指危重症患者因急性疾病

状态引发的胃肠功能障碍^[3],主要包括胃肠运动功能障碍与胃肠屏障功能障碍^[4]。在重型颅脑损伤患者中,胃肠功能障碍发生率达 50%~80%^[5]。相关研究^[6]证实,胃肠道功能障碍是影响危重患者预后的独立危险因素。如何利用客观指标及模型对重型颅脑损伤患者的急性胃肠损伤进行判断尤为重要。随机森林为一种基于树的算法,是多种种类不同的随机树的集合,模型的最终值是每棵树产生的所有预测,该模型普遍应用于临床中并获得较高的评价^[7-8]。目前,临床中未见将随机森林算法应用到对重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的预测模型中。基于此,本研究旨在筛选出重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素,并采用随机森林算法构建风险模型,为临床预防急性胃肠损伤提供借鉴。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2021 年 1 月至 2023 年 1 月,采用便利抽样法选取某院就诊的重型颅脑损伤患者为研究对象。纳入标准:(1)经 MRI 或头颅 CT 检查诊断为颅脑损伤^[9];(2)根据 2015 年德国成人颅脑损伤治疗指南诊断为重型颅脑损伤者,格拉斯哥昏迷评分法(Glasgow coma scale,GCS)≤8 分^[10];(3)患者≥18 岁;(4)临床资料齐全者;排除标准:(1)存在痴呆及精神、神经系统方面疾病者;(2)存在恶性肿瘤;(3)有消化道出血史;(4)存在严重的胃肠道疾病史者。根据样本量公式: $N = Z^2 \times [P \times (1 - P)] / E^2$,其中 $Z = 1.64$, $E = 10\%$, $P = 0.5$,得出本次研究最小样本量为 67。本研究最终选取 150 例。

1.2 急性胃肠损伤诊断标准 根据 2012 年欧洲危重病医学会急性胃肠损伤共识^[3],急性胃肠损伤是指新出现胃肠道症状,如呕吐、胃潴留、腹泻、胃肠道出血、下消化道瘫痪或肠音异常等。

1.3 方法 从 IH 系统调取所有重型颅脑损伤诊断患者,排除死亡,放弃自动出院患者;从照护系统收取患者性别、年龄、吸烟、饮酒史、吸烟史、体质质量指数(body mass index,BMI)、高血压、糖尿病等一般临床资料;从 ECARE 重症系统调取患者意识、血气、生命体征等病情相关指标,如创伤部位、创伤原因、有无手术治疗、急性生理与慢性健康评分(acute physiology and chronic health evaluation-II,APACHE-II)、休克指数(心率/收缩压)、GCS 评分、液体负平衡、酸中毒情况、深度镇静情况、呼吸衰竭情况等;从单点检验指标系统调取白蛋白、隐血试验等检验生化指标;所有指标经双人核对无误后,录入系统。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 22.0 统计软件,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验;计

数资料以例数和百分比表示,采用 χ^2 检验,并通过单因素分析重型颅脑损伤患者的临床资料,以二元 Logistic 回归分析时采用向后法对重型颅脑损伤患者并发急性胃肠损伤的危险因素进行筛选,采用 R (R4.1.3)软件创建重型颅脑损伤患者并发急性胃肠损伤的随机森林模型,使用 install.packages("randomForest")命令安装 randomForest 包,然后使用 library(randomForest)命令加载该包,使用 read.csv 或 read.excel 等函数将重型颅脑损伤患者并发急性胃肠损伤的数据集导入到 R 中,并对数据进行必要的预处理,包括数据清洗、缺失值处理、异常值处理等。使用随机森林的特征重要性评分进行特征选择,并绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic,ROC)。以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的一般临床资料情况 150 例重症颅脑损伤患者中,并发急性胃肠损伤患者 94 例(并发组),占 62.67%,其中包括消化道出血 16 例、呕吐的 5 例、便秘 41 例、腹泻 19 例、腹胀 11 例、肠源性感染 2 例;未并发急性胃肠损伤患者 56 例(对照组),占 37.33%。

2.2 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的单因素分析 两组患者在性别、年龄、吸烟史、饮酒史、BMI、高血压、GCS 评分、创伤部位方面的差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$);在糖尿病、白蛋白、APACHE-II 评分、休克指数、液体负平衡、酸中毒、深度镇静、呼吸衰竭方面的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的单因素分析[n(%),N=150]

项 目	并发组 (n=94)	对照组 (n=56)	χ^2	P
性别			0.063	0.802
男	59(62.77)	34(60.71)		
女	35(37.23)	22(39.29)		
年龄(岁)			0.743	0.114
≥60	42(44.68)	21(37.50)		
<60	52(55.32)	35(62.50)		
吸烟史			0.021	0.883
有	33(35.11)	19(33.93)		
无	61(64.89)	37(66.07)		
饮酒史			0.077	0.782
有	20(21.28)	13(23.21)		
无	74(78.72)	43(76.79)		
BMI(kg/m ²)			0.126	0.723
≥24	38(40.43)	21(37.50)		
<24	56(59.57)	35(62.50)		
糖尿病			4.623	0.032
有	28(22.64)	8(14.29)		
无	66(77.36)	48(85.71)		

续表 1

项 目	并发组 (n=94)	对照组 (n=56)	χ^2	P
高血压			0.117	0.732
有	31(32.98)	20(35.71)		
无	63(67.02)	36(64.29)		
创伤部位			0.134	0.987
颞叶	26(27.66)	16(28.57)		
中额叶	25(26.60)	16(28.57)		
枕叶	21(22.34)	12(21.43)		
多发挫裂伤	22(23.40)	12(21.43)		
白蛋白(g/L)			4.677	0.031
<35	13(13.83)	1(1.79)		
≥ 35	81(86.17)	55(98.21)		
APACHE II 评分(分)			5.029	0.025
≥ 17	58(61.70)	24(42.86)		
<17	36(38.30)	32(57.14)		
休克指数			4.770	0.029
≥ 0.72	42(44.68)	15(26.79)		
<0.72	52(55.32)	41(73.21)		
GCS 评分(分)			2.602	0.107
<5	41(43.62)	17(30.36)		
≥ 5	53(56.38)	39(69.64)		
酸中毒			4.374	0.036
有	7(7.45)	0(0.00)		
无	87(92.55)	56(100.00)		
深度镇静			4.839	0.028
是	51(54.26)	20(35.71)		
否	43(45.74)	36(64.29)		
呼吸衰竭			4.374	0.036
有	7(7.45)	0(0.00)		
无	87(92.55)	56(100.00)		
液体负平衡			4.693	0.030
是	40(42.55)	14(25.00)		
否	54(47.45)	42(75.00)		

2.3 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的多因素分析 将单因素分析中糖尿病、白蛋白、APACHE-II 评分、休克指数、液体负平衡、酸中毒、深度镇静、呼吸衰竭等存在统计学意义指标为自变量,以重型颅脑损伤有无并发急性胃肠损伤为因变量,进行重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的二元 Logistic 回归分析。采用向后法进行分析,结果显示:糖尿病、白蛋白 $<35 \text{ g/L}$ 、APACHE-II 评分 ≥ 17 分、液体负平衡、酸中毒、深度镇静是重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素($P<0.05$),见表 2。

2.4 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型分析 以重型颅脑损伤有无并发急性胃肠损伤为因变量,将糖尿病、白蛋白、APACHE-II 评分、液体负平衡、酸中毒、深度镇静共 6 项作为自变量,构建重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型。经分析可知,树的数量为 103 时出现的错误率最低;影响重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的因素重要性排序为糖尿病、液体负平衡、APACHE-II 评分、白蛋白、深度镇静及酸中毒,见图 1。

2.5 两种模型的 ROC 曲线分析 随机森林模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)为 0.798, Logistic 回归模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 ROC 曲线 AUC 为 0.773,二元 Logistic 回归模型和随机森林模型对重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 ROC 曲线的预测都有较高的预测效能,且随机森林模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 ROC 曲线的效能稍高于 Logistic 回归模型。

表 2 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的多因素分析

项 目	β	S.E.	Wald χ^2	P	OR	95%CI	
						下限	上限
常数	-0.539	0.205	6.922	0.009	0.583	—	—
糖尿病	0.605	0.222	7.444	0.006	1.832	1.186	2.829
白蛋白 $<35 \text{ g/L}$	0.708	0.312	5.157	0.023	2.031	1.102	3.743
APACHE II 评分 ≥ 17 分	0.431	0.184	5.481	0.019	1.539	1.073	2.207
休克指数 ≥ 0.72	0.355	0.187	3.601	0.058	1.426	0.988	2.058
液体负平衡	0.471	0.189	6.218	0.013	1.601	1.106	2.317
酸中毒	2.015	1.053	3.661	0.034	7.502	1.952	59.117
深度镇静	0.364	0.182	3.985	0.046	1.439	1.007	2.058
呼吸衰竭	1.445	0.775	3.478	0.062	4.242	0.929	19.366

3 讨论

3.1 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的现状 本研究中 150 例重型颅脑损伤患者中并发急性胃肠损伤患者 94 例,占比 62.67%,表明重型颅脑损伤患者发生急性胃肠损伤的风险较高,严重影响患者的苏醒质量。既往文献^[11]报道,ICU 患者并发急性胃肠损伤的

发生率为 51.7%,提示重症患者发生急性胃肠损伤的风险较高,分析原因:重型颅脑损伤可能导致大脑中枢神经系统对胃肠道功能的调控失调,尤其是下丘脑和脑干等部位损伤,直接影响到自主神经系统的平衡,进而影响胃肠运动、分泌、吸收等功能,诱发胃肠功能障碍;同时,患者长时间卧床不动和机械通气可能导

致胃肠动力减弱,胃液潴留,形成胃食管反流,加重胃黏膜损害,增加急性胃肠损伤的风险。另外,严重创伤、脓毒症、休克造成的应激反应均可破坏肠道内皮细胞,增加肠道通透性,进而引起急性胃肠损伤^[12]。

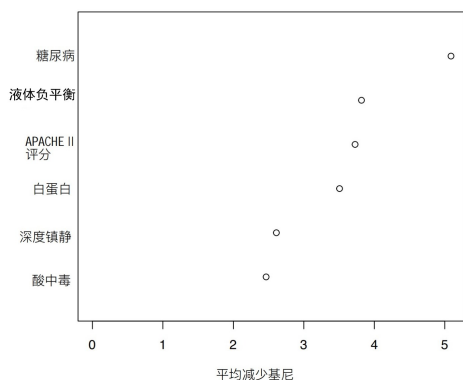


图 1 随机森林模型变量重要性排序

3.2 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素

本研究显示,糖尿病、白蛋白 $<35\text{g/L}$ 、APACHE-II 评分 ≥ 17 分、液体负平衡、酸中毒、深度镇静为重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素。刘冬燕等^[13]通过基础研究发现,糖尿病大鼠胃肠道功能常发生紊乱,其可能跟胃肠道内的超微结构发生变化有关。也有学者^[14]认为,糖尿病会引起自主神经轴突部位的脱髓鞘与周围神经的超微结构发生改变,致使消化道黏膜细胞相关的神经丛功能丧失,进一步减弱了肠蠕动及胃排空活动能力。

马俊秀等^[15]发现,血清白蛋白与胃肠道功能障碍存在密切关系,且对危重症患者胃肠道功能障碍有较高预测价值(AUC 为 0.705)。白蛋白 $<35\text{g/L}$ 通常为低白蛋白血症,而低白蛋白血症是衡量营养不良的一项重要指标,患者处于低白蛋白状态时其血浆渗透压会大幅度下降,引起胃肠道黏膜组织发生水肿,进而对肠道吸收功能产生一定的影响^[16]。

APACHE-II 评分是评估重型颅脑损伤患者疾病严重程度的重要工具。王播等^[17]将 APACHE-II 评分应用到 ICU 患者的急性胃肠损伤评估研究中发现,APACHE-II 评分获得数值越高,其胃肠损伤越严重。上述研究支持了本研究结果,分析原因可能是 APACHE-II 评分中包含了反映机体多个系统生理状态的参数,如血压、心率、呼吸频率、氧合状态、肾功能等,而重型颅脑损伤患者往往伴有严重的全身性生理紊乱,这些异常生理指标会导致 APACHE-II 评分升高,且这种严重的生理失衡又会进一步增加并发急性胃肠损伤的风险。

液体负平衡会导致胃肠功能障碍风险增加是由于重型颅脑损伤患者各种原因引起的器官功能损伤

缺氧、缺血等,易导致其肠屏障功能受损,使重型颅脑损伤后患者体内的乳酸堆积,使 PH 值降低,容易发生酸中毒,进而造成胃肠黏膜发生损伤,且由于严重创伤会诱发机体的强烈应激及自主神经功能发生紊乱等情况,进而引起胃肠蠕动紊乱,降低了消化腺分泌能力,增强了胃黏膜通透性,造成胃肠功能障碍。

另外,镇痛镇静作为重型颅脑损伤患者治疗的重要组成部分,可以减轻脑组织耗氧,减轻脑水肿但是这部分药物作用于胃肠道平滑肌,抑制兴奋性神经递质的释放,导致肠蠕动减慢;此外,镇静剂还会导致一过性的食管下端括约肌松弛而发生胃食管返流,并且使用剂量越大,镇静越深,胃肠功能动力障碍越严重^[18]。

3.3 重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型分析 本研究建立了预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型,模型中每个危险因素均进行了重要性排序。与王义等^[19]建立的 Logistic 回归模型比较,随机森林模型具有操作简便、可视可读性强等特点,且对危险因素进行重要性排序,医护人员根据危险因素的重要性排序进行有针对性的进行干预。

本研究随机森林模型显示,影响重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的因素重要性排序依次为糖尿病、白蛋白 $<35\text{g/L}$ 、APACHE-II 评分 ≥ 17 分、液体负平衡、酸中毒、深度镇静,临床可结合影响重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的因素重要性排序对患者进行合理干预,以减少重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的发生率。随机森林模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 AUC 为 0.798,二元 Logistic 回归模型预测重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的 AUC 为 0.773,表明随机森林模型与二元 Logistic 回归模型对重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的预测都有较高的预测效能,而随机森林模型对重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的预测价值更高。

综上所述,糖尿病、白蛋白 $<35\text{g/L}$ 、APACHE-II 评分 ≥ 17 分、液体负平衡、酸中毒、深度镇静为重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的危险因素,本研究构建的重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的随机森林模型具有较高的临床实用价值,有利于筛选重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤的高风险人群及提前制订重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤有关的防治措施。本研究的不足之处在于样本量少,患者来源单一,并采用了回顾性研究,可能会存在数据偏倚。因此,今后需进行大样本、多中心的前瞻性研究,开展预防重型颅脑损伤并发急性胃肠损伤干预研究。

(下转第 78 页)

ventional parallel study to evaluate the effect of pelvic floor muscle training with stabilization exercises of high and low intensity in women with stress urinary incontinence; the PELSTAB study [J/OL]. [2023-12-20]. https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2020/07170/a_randomized_interventional_parallel_study_to.107.aspx. DOI:10.1097/MD.00000000000021264.

- [16] HUANG A J, JENNY H E, CHESNEY M A, et al. A group-based yoga therapy intervention for urinary incontinence in women; a pilot randomized trial [J]. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*, 2014, 20(3): 147-154.
- [17] KO I G, LIM M H, CHOI P B, et al. Effect of long-term exercise on voiding functions in obese elderly women [J]. *Int Neurourol J*, 2013, 17(3): 130-138.
- [18] ALMOUSA S, VAN LOON A B. The prevalence of urinary incontinence in nulliparous adolescent and middle-aged women and the associated risk factors; a systematic review [J]. *Maturitas*, 2018, 107: 78-83.
- [19] FJERBK A, SØNDERGAARD L, ANDREASEN J, et al. Treatment of urinary incontinence in overweight women by a multidisciplinary lifestyle intervention [J]. *Arch Gynecol Obstet*, 2020, 301(2): 525-532.
- [20] MCDANIEL C, RATNANI I, FATIMA S, et al. Urinary incontinence in older adults takes collaborative nursing efforts to improve [J/OL]. [2023-12-20]. <https://www.cureus.com/articles/32251-urinary-incontinence-in-older-adults-takes-collaborative-nursing-efforts-to-improve#1>. DOI:10.7759/cureus.9161.
- [21] ESPINO-ALBELA A, CASTAÑO-GARCÍA C, DÍAZ-MOHEDO E, et al. Effects of pelvic-floor muscle training in patients with pelvic organ

prolapse approached with surgery vs. conservative treatment; a systematic review [J/OL]. [2023-12-20]. <https://www.mdpi.com/2075-4426/12/5/806>. DOI:10.3390/jpm12050806.

- [22] CURILLO-AGUIRRE C A, GEA-IZQUIERDO E. Effectiveness of pelvic floor muscle training on quality of life in women with urinary incontinence; a systematic review and Meta-analysis [J/OL]. [2023-12-20]. <https://www.mdpi.com/1648-9144/59/6/1004>. DOI:10.3390/medicina59061004.
- [23] CELENAY S T, KARAASLAN Y, OZDEMIR E. Effects of pelvic floor muscle training on sexual dysfunction, sexual satisfaction of partners, urinary symptoms, and pelvic floor muscle strength in women with overactive bladder; a randomized controlled study [J]. *J Sex Med*, 2022, 19(9): 1421-1430.
- [24] HORNG H C, CHAO W T, CHEN J F, et al. Home-based noninvasive pelvic floor muscle training device to assist women in performing Kegel exercise in the management of stress urinary incontinence [J]. *J Chin Med Assoc*, 2022, 85(4): 484-490.
- [25] WEINSTEIN M M, COLLINS S, QUIROZ L, et al. Multicenter randomized controlled trial of pelvic floor muscle training with a motion-based digital therapeutic device versus pelvic floor muscle training alone for treatment of stress-predominant urinary incontinence [J]. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*, 2022, 28(1): 1-6.

(本文编辑: 郁晓路)

(上接第 73 页)

【参考文献】

- [1] Scottish Intercollegiate Guidelines Network. Brain injury rehabilitation in adults [EB/OL]. [2022-03-25]. <http://www.sign.ac.uk>.
- [2] 王琪, 郭春英, 刘振元, 等. 重症颅脑损伤合并颅内感染患者病原菌分布及预后相关因素分析 [J]. *中国消毒学杂志*, 2021, 38(9): 692-695.
- [3] BLASER A R, MALBRAIN M L N G, STARKOPF J, et al. Gastrointestinal function in intensive care patients; terminology, definitions and management. Recommendations of the ESICM working group on abdominal problems [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(3): 384-394.
- [4] HILL T L. Gastrointestinal tract dysfunction with critical illness; clinical assessment and management [J]. *Top Companion Anim Med*, 2019, 35: 47-52.
- [5] ELKE G, VAN ZANTEN A H R, LEMIEUX M, et al. Enteral versus parenteral nutrition in critically ill patients; an updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J/OL]. [2023-02-10]. <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-016-1298-1>. DOI:10.1186/s13054-016-1298-1.
- [6] LI B, TANG S, MA Y L, et al. Analysis of bowel sounds application status for gastrointestinal function monitoring in the intensive care unit [J]. *Crit Care Nurs Q*, 2014, 37(2): 199-206.
- [7] GOLDMAN-MELLOR S J, BHAT H S, ALLEN M H, et al. Suicide risk among hospitalized versus discharged deliberate self-harm patients; generalized random forest analysis using a large claims data set [J]. *Am J Prev Med*, 2022, 62(4): 558-566.
- [8] DE BRITO RODRIGUES L A, LAGO A F, MENEGUETI M G, et al. The use of distributed random forest model to quantify risk predictors for tracheostomy requirements in septic patients; a retrospective cohort study [J/OL]. [2023-02-10]. https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2020/07100/the_use_of_distributed_random_forest_model_to.19.aspx. DOI:10.1097/MD.00000000000020757.
- [9] 焦保华, 赵宗茂. 《第 4 版美国重型颅脑损伤诊疗指南》解读 [J]. *河北医科大学学报*, 2018, 39(2): 125-128, 145.
- [10] FIRSCHING R, RICKELS E, MAUER U M, et al. Guidelines for the treatment of head injury in adults [J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2017, 78(5): 478-487.
- [11] 叶俊男. ICU 患者急性胃肠损伤的危险因素分析及早期肠内营养应用价值 [D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2023.
- [12] 闫云, 陈宇, 张西京. 镇痛药物对重症患者急性胃肠损伤的影响研究进展 [J]. *解放军医学杂志*, 2022, 47(3): 299-304.
- [13] 刘冬燕, 杨静. 糖尿病大鼠胃肠功能紊乱时胃肠道的超微结构变化及其发病机制研究 [J]. *医学临床研究*, 2020, 37(6): 860-862.
- [14] 廖华宝, 胡建, 张笑丹, 等. 外周神经脱髓鞘病变在糖尿病神经病理性疼痛发生发展中的作用 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27(7): 497-504.
- [15] 马俊秀, 李振伟, 蒋佳维, 等. 影响危重症患者胃肠功能障碍的危险因素分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2019, 26(5): 569-572.
- [16] 张丕伟, 李丽, 左学志, 等. 术前人体成分及营养状态对胃肠道肿瘤患者术后低蛋白血症的影响 [J]. *中国医刊*, 2019, 54(4): 443-447.
- [17] 王 犇, 刘淑丽, 田翠, 等. ICU 住院患者急性胃肠损伤与 APACHE II 评分的相关性分析 [J]. *山东医药*, 2015(12): 82-83.
- [18] 张伟, 江海娇, 姜小敢, 等. 危重病人肠内营养喂养不耐受危险因素 Meta 分析 [J]. *肠外与肠内营养*, 2020, 27(5): 313-320.
- [19] 王义, 田家豪, 唐小晶, 等. 基于 logistic 回归模型构建预测新生儿早发败血症预后的相关模型 [J]. *中国医师杂志*, 2022, 24(3): 415-419.

(本文编辑: 郁晓路)