

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.20.008

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20240903.1016.010\(2024-09-03\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20240903.1016.010(2024-09-03))

决策树模型在重症监护病房患者医院感染中的应用*

黄 璜¹, 黄 超², 刘 燕^{1△}, 许春琼¹

(成都大学附属医院:1. 医院感染管理部;2. 重症医学科, 成都 610081)

[摘要] 目的 在回归分析的基础上,应用决策树模型构建重症监护病房(ICU)患者医院感染风险预测模型,探索其医院感染分类规则。**方法** 收集分析某三甲综合医院 2020 年 1 月至 2022 年 11 月入住 ICU>48 h 的住院患者病历资料,将 logistic 回归分析结果中差异有统计学意义的变量作为预测变量构建 ICU 患者医院感染决策树模型,应用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)评价模型准确度。**结果** 本研究共纳入研究对象 1 704 例,其中医院感染 211 例,医院感染率 12.4%。决策树模型结果显示 ICU 患者医院感染的危险因素为有创呼吸机使用 ≥ 7 d、手术、中心静脉置管 ≥ 7 d、入住 ICU 时间 ≥ 10 d、使用抗菌药物,其中有创呼吸机使用 ≥ 7 d 是 ICU 患者医院感染最重要的危险因素,决策树模型 ROC AUC 为 0.767(95%CI:0.730~0.805)。**结论** 联合应用 logistic 回归分析与决策树模型可有效预测不同因素组合下 ICU 患者医院感染发生风险,为降低 ICU 患者医院感染率提供理论依据。

[关键词] 医院重症监护病房;医院感染;决策树模型;logistic 回归;预测

[中图分类号] R197.323 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2024)20-3084-06

Application of decision tree model in nosocomial infection among intensive care unit patients*

HUANG Huang¹, HUANG Chao², LIU Yan^{1△}, XU Chunqiong¹

(1. Department of Hospital Infection Management; 2. Department of Critical Medicine, Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu, Sichuan 610081, China)

[Abstract] **Objective** To establish the nosocomial infection risk prediction model among the intensive care unit (ICU) patients by the decision tree model under the basis of regression analysis, and to investigate the classification rule of nosocomial infection in ICU. **Methods** The medical case data of the inpatients admitting to ICU >48 h in a class3A hospital from Jan. 2020 to Nov. 2022 were collected. The variables with statistical difference in the logistic regression analysis results served as the predictive variables to construct the ICU nosocomial infection decision tree predictive model. The area under receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) was used to evaluate the accuracy of the model. **Results** A total of 1 704 study subjects were included in this study, among them there were 211 cases of nosocomial infection with a nosocomial infection rate of 12.4%. The decision tree model results showed that the risk factors of nosocomial infection among the ICU patients were the invasive ventilator use ≥ 7 d, central venous indwelling catheter ≥ 7 d, time of admitting to ICU ≥ 10 d and using antimicrobial drugs, in which the invasive ventilator use ≥ 7 d was the most important risk factor. AUC of the decision tree model ROC was 0.767 (95%CI:0.730-0.805). **Conclusion** The combination use of logistic regression analysis and decision tree model could effectively predict the risk of nosocomial infection occurrence under different factors combination, which provides the theoretical basis for reducing nosocomial infection rate among ICU patients.

[Key words] intensive care unit; nosocomial infection; decision tree; logistic regression; prediction

医院重症监护病房(ICU)因其住院患者病情较重、住院时间久、长期卧床、侵入性操作多等^[1-3]原因,成为医院感染的高发科室。研究^[4-5]表明,ICU 患者医院感染发生率是普通病房的 2~5 倍,一旦发生医

院感染,病死率增加 2~6 倍。探索医院感染影响因素,构建预测模型可早期判断患者医院感染发生风险,早期干预,减少医院感染发生率。传统 logistic 回归模型难以消除自变量间共线性的影响,同时无法直

观显示各影响因素对因变量的重要程度。决策树模型作为数据挖掘技术的重要分类方法,可处理变量间的复杂联系,清晰展示因素间交互作用,可视化变量间的逻辑关系,与 logistic 回归模型联合应用,可弥补其缺陷与不足^[6-7]。本研究在 logistic 回归分析的基础上,构建 ICU 医院感染决策树模型,探索其医院感染分类规则,预测不同条件下医院感染发生概率,为降低医院感染提出针对性措施提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取某三甲综合医院 2020 年 1 月至 2022 年 11 月入住 ICU 的住院患者为研究对象。纳入标准:入住 ICU>48 h。排除标准:因非医疗因素长期入住 ICU 的住院患者。本课题已通过免除伦理及患者知情同意申请。

1.2 方法

1.2.1 资料收集

采用回顾性分析调查方法,从电子病历系统收集研究对象的诊疗信息,包括一般情况、合并基础疾病、手术信息、侵入性操作情况、抗菌药物使用情况、结局等。从医院感染信息系统收集研究对象的医院感染情况,包括感染部位、感染日期等。医院感染诊断由医院感染专职人员按照国家卫生部《医院感染诊断标准(试行)》(2001 版)诊断。

1.2.2 决策树模型构建与评价

选取多因素分析差异有统计学意义的变量,利用 SPSS20.0 软件,运用 CHAID 算法,分别设定最小父节点样本量、最小子节点样本量、最大生长深度、检验水准分别为 40、20、3、0.05 构建决策树模型。采用交

叉验证进行决策树模型的验证。通过计算受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)进行模型预测效果评价。

1.3 统计学处理

采用 SAS9.2 软件进行数据的整理与统计分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 *t* 检验,不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,比较采用秩和检验。计数资料采用例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验或秩和检验。应用 logistic 回归进行多因素分析,所有统计检验均采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 医院感染情况

入住 ICU>48 h 的患者共计 1 712 例,排除非医疗因素长期入住 ICU 患者 8 例,本次研究共纳入研究对象 1 704 例,其中医院感染 211 例(医院感染组),医院感染率 12.4%,其余患者为非医院感染组。医院感染组年龄(67.15±18.04)岁,非医院感染组(63.24±18.99)岁,两组年龄比较差异无统计学意义($P = 0.423$)。

2.2 单因素分析结果

医院感染组、非医院感染组患者性别、急性生理与慢性健康评分系统(acute physiology and chronic health evaluation scoring system, APACHE II)评分、入住 ICU 时间、抗菌药物使用情况、手术情况、有创呼吸机使用时间情况、中心静脉置管时间情况、留置导尿管时间情况、休克比较差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 医院感染单因素分析结果[n(%)]

项目	<i>n</i>	医院感染组(<i>n</i> =211)	非医院感染组(<i>n</i> =1 493)	χ^2	<i>P</i>
性别				7.236	0.007
男	1 094	153(72.51)	941(63.03)		
女	610	58(27.49)	552(36.97)		
APACHE II 评分				12.069	0.001
<20 分	917	90(42.65)	827(55.39)		
≥20 分	787	121(57.35)	666(44.61)		
入住 ICU 时间				141.182	<0.001
<10 d	1 107	60(28.44)	1 047(70.13)		
≥10 d	597	151(71.56)	446(29.87)		
抗菌药物使用				8.309	0.004
是	1 516	200(94.79)	1 316(88.14)		
否	188	11(5.21)	177(11.86)		
手术				11.088	0.001
是	654	103(48.82)	551(34.23)		

续表 1 医院感染单因素分析结果[n(%)]

项目	n	医院感染组(n=211)	非医院感染组(n=1 493)	χ^2	P
否	1 050	108(51.18)	942(63.09)		
有创呼吸机使用时间				249.826	<0.001
<7 d	1 404	92(43.60)	1 312(87.88)		
≥ 7 d	300	119(56.40)	181(12.12)		
中心静脉置管时间				104.813	<0.001
<7 d	1 533	148(70.14)	1 385(92.77)		
≥ 7 d	171	63(29.86)	108(7.23)		
留置导尿管时间				130.323	<0.001
<7 d	1 087	60(28.44)	1 027(68.79)		
≥ 7 d	617	151(71.56)	466(31.21)		
营养不良				2.841	0.092
是	764	106(50.24)	658(44.07)		
否	940	105(49.76)	835(55.93)		
糖尿病				1.247	0.264
是	439	61(28.91)	378(25.32)		
否	1 265	150(71.09)	1 115(74.68)		
高血压				0.015	0.901
是	774	95(45.02)	679(45.48)		
否	930	116(54.98)	814(54.52)		
休克				3.613	0.047
是	689	98(46.45)	591(39.58)		
否	1 015	113(53.55)	902(60.42)		

2.3 多因素分析结果

将单因素分析中差异有统计学意义的性别、APACHE II 评分、入住 ICU 时间等 9 个因素作为自变量,是否发生医院感染作为因变量进行 logistic 回归分析,结果显示入住 ICU 时间 ≥ 10 d($OR = 2.44$, $P = 0.023$)、使用抗菌药物($OR = 2.50$, $P = 0.008$)、手术($OR = 1.55$, $P = 0.011$)、有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d($OR = 5.33$, $P < 0.001$)、中心静脉置管时间 ≥ 7 d($OR = 1.71$, $P = 0.012$)是 ICU 患者医院感染的独立危险因素,见表 2。

2.4 决策树模型构建

将多因素分析差异有统计学意义的因素作为预测因子构建决策树模型,得出模型共 3 层、12 个节点,其中终节点 7 个,形成 7 条决策规则。决策树模型筛选出入住 ICU 时间 ≥ 10 d、使用抗菌药物、手术、有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d、中心静脉置管时间 ≥ 7 d 5 个解释变量,其中有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d 是最重要的解释变量。有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d 的 ICU 患者医院感染发生率为 39.7%。有创呼吸机使用时间 < 7 d 的 ICU 患者医院感染发生率为 6.6%。依据决策规则,有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d、手术、使用中央静脉置管时间 ≥ 7 d 的 ICU 患者医院感染发生率最高,为

73.2%,见图 1。将不同决策规则下 ICU 患者医院感染发生风险概率由高到低排序后,以 10%、30%、50% 为分界点,根据医院感染发生风险,将患者分为一般关注、关注、重点关注、重点监管 4 个风险等级,见表 3。

表 2 医院感染 logistic 回归分析结果

因素	B	Wald	OR	95%CI	P
性别	0.25	1.94	1.28	0.90~1.82	0.163
APACHE II 评分 ≥ 20	-0.29	2.81	0.75	0.53~1.05	0.094
入住 ICU 时间 ≥ 10 d	0.89	5.14	2.44	1.13~5.29	0.023
使用抗菌药物	0.92	7.11	2.50	1.28~4.91	0.008
手术	0.44	6.47	1.55	1.11~2.16	0.011
有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d	1.67	51.62	5.33	3.38~8.42	<0.001
中心静脉置管时间 ≥ 7 d	0.54	6.37	1.71	1.13~2.59	0.012
留置导尿管时间 ≥ 7 d	-0.30	0.61	0.74	0.35~1.58	0.434
休克	0.07	0.19	1.08	0.78~1.49	0.666

2.5 决策树模型评价

交叉验证估计值为 0.113 ± 0.008 ,说明该决策树模型预测 ICU 患者医院感染发生风险准确率为 88.7%,模型拟合效果较好。以是否发生医院感染为

金标准进行 ROC 曲线分析, 决策树模型 AUC 为 0.767(95% CI: 0.730 ~ 0.805), SE = 0.20, P < 0.001, 说明该模型对 ICU 患者医院感染预测效果较好, 见图 2。

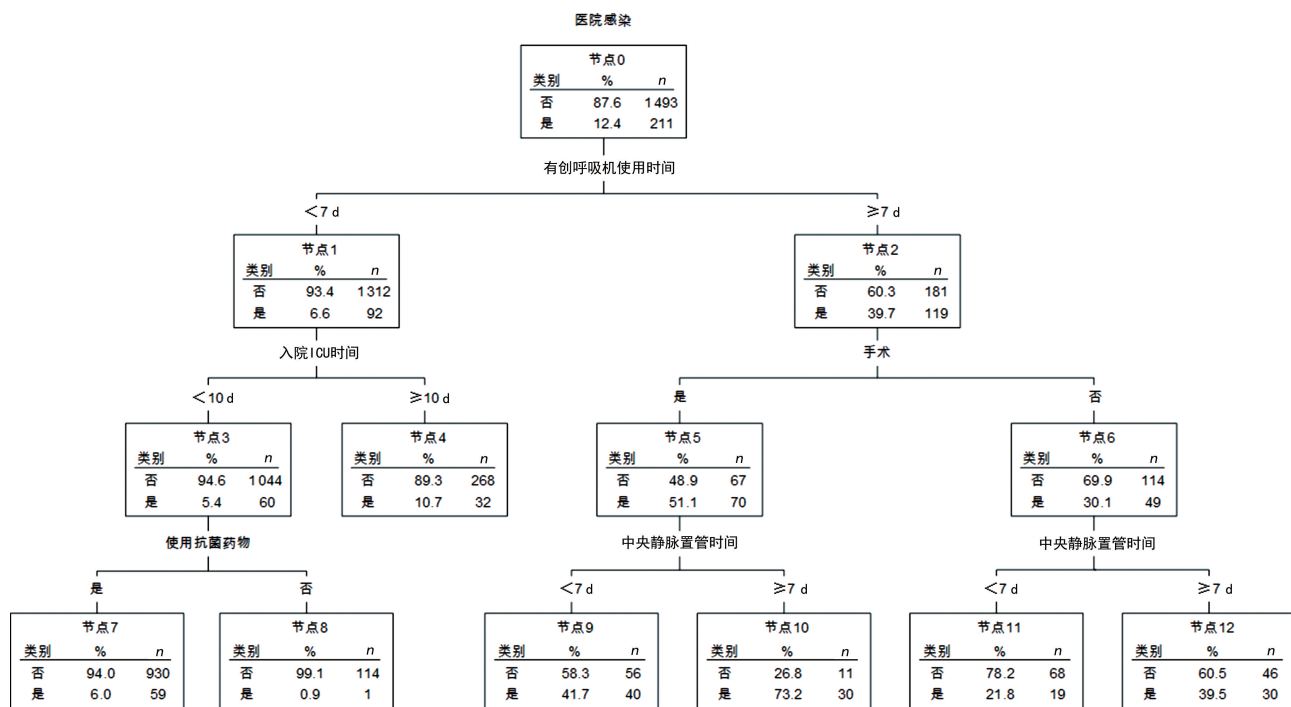


图 1 ICU 患者医院感染决策树模型

表 3 ICU 患者医院感染分类结果

节点	分类规则	医院感染发生率(%)	风险等级
10	有创呼吸机使用时间≥7 d-手术-中央静脉置管时间≥7 d	73.2	重点监管
9	有创呼吸机使用时间≥7 d-手术-中央静脉置管时间<7 d	41.7	重点关注
12	有创呼吸机使用时间≥7 d-未手术-中央静脉置管时间≥7 d	39.5	重点关注
11	有创呼吸机使用时间≥7 d-未手术-中央静脉置管时间<7 d	21.8	关注
4	有创呼吸机使用时间<7 d-入住 ICU 时间≥10 d	10.7	关注
8	有创呼吸机使用时间<7 d-入住 ICU 时间<10 d-使用抗菌药物	6.0	一般关注
7	有创呼吸机使用时间<7 d-入住 ICU 时间<10 d-未使用抗菌药物	0.9	一般关注

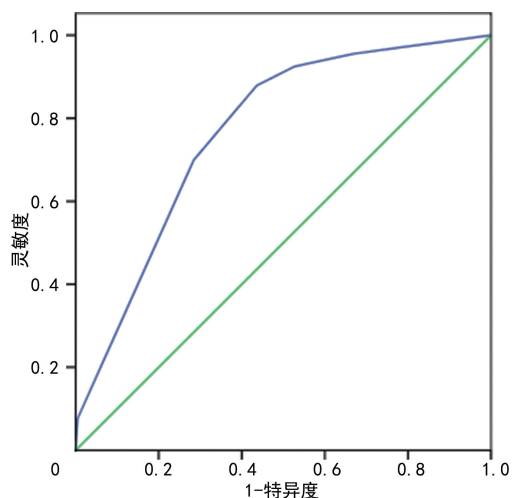


图 2 ICU 患者医院感染决策树模型 ROC 曲线图

3 讨论

决策树模型是以信息论为基础,“贪心算法”为基

本方法的分类预测模型,其根据一系列规则对数据进行递归分类,并以树结构的形式展现分类规则与结果^[8-9]。与传统回归分析比较,决策树模型虽不能显示自变量与因变量间的数量依存关系,但具有不受自变量间共线性影响,结果直观、易理解的特点。研究^[7]表明应用 logistic 分析回归分析筛选主效应因素后,构建决策树模型分析变量间的交互作用,两者互为补充,可充分解释变量间关系,为临床预测提供更为准确可靠的分类规则。

本研究将 logistic 回归分析结果差异有统计学意义的因素作为预测变量构建 ICU 患者医院感染决策树模型,结果显示 ICU 时间≥10 d、使用抗菌药物、手术、有创呼吸机使用时间≥7 d、中心静脉置管时间≥7 d 是 ICU 患者发生医院感染的解释变量。有创呼吸机使用时间是 ICU 患者医院感染最重要的影响因素,无论何种分类规则下,有创呼吸机使用时间≥7 d 的

ICU 患者发生医院感染概率均明显高于有创呼吸机使用时间 <7 d 的 ICU 患者。与此同时, ICU 患者医院感染最常见发生部位为下呼吸道感染, 占医院感染的 50% 以上, 呼吸机相关肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) 在 ICU 器械相关感染中发病率最高^[10-16]。其原因为 ICU 患者病情较重, 卧床时间长, 机械通气患者下呼吸道直接暴露于外界, 口腔清洁困难, 难以有效咳嗽, 口腔分泌物及胃食道反流物易聚集在气囊上方, 使口腔分泌物或致病微生物进入下呼吸道, 引起感染^[17-18]。表明严格控制有创呼吸机使用指征, 每天评估置管很有必要, 使用锥形气囊气管导管^[15]等措施缩短有创呼吸机使用时间, 将有创呼吸机使用时间控制在 7 d 内是减少 ICU 患者医院感染的重要手段。

本研究多因素分析结果表明入住 ICU 时间 ≥ 10 d、使用抗菌药物、手术、有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d、中心静脉置管 ≥ 7 d 均是 ICU 患者医院感染的独立危险因素, 与既往研究结果相似^[19-20], 且进一步明确了侵入性操作时间对医院感染的影响。决策树模型分析变量间交互作用, 形成分类规则, 结果显示有创呼吸机使用时间 ≥ 7 d 的 ICU 患者中手术、中心静脉置管时间是子节点, 提示减少中心静脉置管时间是控制感染的关键, 医务人员应严格评估, 合理优化医疗方案, 尽可能避免置管或减少置管时间^[21]。有创呼吸机使用时间 <7 d 患者中入住 ICU 时间、使用抗菌药物是子节点, 其中入住 ICU 时间 ≥ 10 d 对医院感染的影响更大, 其原因可能是较长的住院时间可增加与病原菌接触的机会, 也可能是患者病情复杂的表现^[22]。

本研究根据医院感染发生风险将 ICU 患者分为一般关注、关注、重点关注、重点监管 4 个风险等级, 将 ICU 患者医院感染决策规则嵌入医院信息系统, 设置预警条件, 对重点监管及重点关注患者进行预警, 可实现早期干预, 推动感染控制关口前移。临床工作中可根据实际情况, 以患者医院感染风险等级为依据, 合理调配资源、实施干预措施。研究^[23-24]表明 ICU 护理人员中级职称、本科学历、工作时间 ≥ 5 年与 VAP、导尿管相关尿路感染、血管导管相关血流感染发生相关。建议根据患者风险等级科学配置护理人员, 对重点监管及重点关注患者优先安排较高职称、较高学历、较长工作时间的护理人员进行护理。若与血清降钙素原 (procalcitonin, PCT)、C-反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、中性粒细胞/淋巴细胞比值 (neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、血小板/淋巴细胞比值 (the preoperative platelet-lymphocyte ratio, PLR) 等多项指标联合检测对医院感染诊断意义更大^[25-26]。建议加强重点监管及重点关注患者感染监测, 对可疑感染患者及早开展多种炎症指标检测, 以期早期发现感染, 改善预后。

综上所述, 本研究联合应用 logistic 回归分析及

决策树模型, 对 ICU 患者医院感染影响因素及其交互作用进行分析, 形成分类规则, 预测不同因素组合下 ICU 患者医院感染发生概率, 为降低 ICU 患者医院感染提供理论依据。本研究未进行多中心研究, 结果外推上存在一定局限性, 所构建模型还需进一步纳入多中心数据加以验证, 以提高模型的临床适用性。

参考文献

- [1] 张莉, 陈媛, 王义俊, 等. 重症监护室患者耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌感染危险因素[J]. 中国医院药学杂志, 2020, 40(23): 2459-2463.
- [2] 邬燕, 陈婉, 谢永兰, 等. 基于 HFMEA 预防 ICU 多重耐药菌医院感染暴发的效果评价[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(1): 102-109.
- [3] 李鑫, 马丽梅, 徐华, 等. 2015—2021 年某综合性三甲医院医院感染监测数据与趋势分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(16): 2514-2518.
- [4] VIDERMAN D, KHAMZINA Y, KALIGOZHIN Z, et al. An observational case study of hospital associated infections in a critical care unit in Astana, Kazakhstan[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2018, 7: 57.
- [5] CHAARI A, MNIF B, BAHLOUL M, et al. Acinetobacter baumannii ventilator-associated pneumonia: epidemiology, clinical characteristics, and prognosis factors[J]. Int J Infect Dis, 2013, 17(12): e1225-1228.
- [6] 陈橙, 颜艳, 何琼, 等. 决策树与 logistic 回归模型用开奶时间延迟影响因素分析[J]. 中南大学学报(医学版), 2018, 43(3): 306-312.
- [7] 韦苑, 饶群仙, 冯小燕, 等. COX 回归联合决策树建立宫颈癌预后的预测模型[J]. 现代预防医学, 2022, 49(2): 206-212.
- [8] DURKIN J, 蔡竞峰, 蔡自兴. 决策树技术及其当前研究方向[J]. 控制工程, 2005, 12(1): 15-21.
- [9] ZORMAN M, PODGORELEC V, KOKOL P, et al. Finding the right decision tree's induction strategy for a hard real world problem[J]. Int J Med Inform, 2001, 63(1/2): 109-121.
- [10] 许川, 熊薇, 赖晓全, 等. 湖北省 47 所医院连续 4 年 ICU 医院感染目标性监测分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(21): 3334-3338.
- [11] PAPA ZIAN L, KLOMPAS M, LUYT C E. Ventilator-associated pneumonia in adults: a narrative review[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(5): 888-906.
- [12] WANG L, ZHOU K H, CHEN W, et al. Epidemiology and risk factors for nosocomial infec-

tion in the respiratory intensive care unit of a teaching hospital in China: a prospective surveillance during 2013 and 2015[J]. *BMC Infect Dis*, 2019, 19(1): 145.

- [13] 于正浩,姚宏武,索继江,等. 2012—2021 年 ICU 器械相关感染目标性监测数据分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(24): 3806-3811.
- [14] 陈茜,赖晓全,杨莉. 重症监护病房医院感染情况调查与分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(6): 931-934.
- [15] 许川,梁艳芳,谭莉,等. 湖北省 25 所医院 ICU 医院感染目标性监测结果分析[J]. *现代预防医学*, 2019, 46(8): 1503-1506.
- [16] 江淑芳,张丽伟,冯诚悻,等. 重症监护病房近 13 年医院感染目标性监测分析[J]. *中国感染控制杂志*, 2023, 22(11): 1282-1290.
- [17] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018 年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2018, 41(4): 255-280.
- [18] 李昕,王志燕,韩晓琦. 锥形气囊气管导管与传统气管导管对于预防呼吸机相关肺炎效果的 meta 分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2022, 32(11): 1649-1653.
- [19] 苏中林,徐丽,方衢雯,等. 2014—2018 年西南医科大学附属医院重症监护患者医院感染现状及影响因素分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2020, 36

(6): 760-765.

- [20] 何亚盛,张红霞,倪银,等. 急诊重症监护病房住院患者医院感染的预测模型研究[J]. *预防医学*, 2022, 34(9): 919-922.
- [21] 孙宁鑫,贾维慧,宋艳梅,等. ICU 肠外营养患者中心静脉导管相关血流感染病原学分析及预测模型构建[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(20): 89-92.
- [22] 宋明,刘芸宏,吴晓慧,等. 基于决策树和神经网络预测脑卒中手术患者医院感染危险因素[J]. *中国卫生统计*, 2022, 39(2): 253-256.
- [23] 李丽,张鹤立,李宇轩,等. 三级甲等医院 57 个 ICU 护理人力资源配置现状研究[J]. *护理管理杂志*, 2023, 23(10): 859-862.
- [24] 冯娅婷,陈长英. 河南省三级甲等医院 ICU 护理人力资源配置对护理质量和患者结局的影响[J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(4): 490-495.
- [25] 陈悦,刘小煜. 血清 PCT、NLR、PLR 及 CPIS 评分对危重症患者呼吸机相关性肺炎诊断及短期预后的价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(13): 1935-1939.
- [26] 李小冬,石小霞,杨传楹,等. 外周血 PCT、CRP、NLR、PLR 及 IgM 对小儿支气管哮喘合并肺部感染的诊断价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2024, 34(8): 1237-1241.

(收稿日期:2024-03-05 修回日期:2024-08-03)

(编辑:姚雪)

(上接第 3083 页)

associated tumorigenesis[J]. *Nutrients*, 2022, 14(3): 649.

- [17] 赵静,程青,钟强. 乳果糖序贯微生态制剂对重症急性胰腺炎患者的作用[J]. *中国微生态学杂志*, 2022, 34(1): 78-81.
- [18] LONGO S, RIZZA S, FEDERICI M. Microbiota-gut-brain axis: relationships among the vagus nerve, gut microbiota, obesity, and diabetes[J]. *Acta Diabetol*, 2023, 60(8): 1007-1017.
- [19] IATCU C O, STEEN A, COVASA M. Gut microbiota and complications of type-2 diabetes[J]. *Nutrients*, 2021, 14(1): 166.
- [20] WU H Q, XIE S, MIAO J F, et al. *Lactobacillus reuteri* maintains intestinal epithelial regeneration and repairs damaged intestinal mucosa[J]. *Gut Microbes*, 2020, 11(4): 997-1014.

- [21] 张文静,徐新禹. 基于 TLR4/NF- κ B 信号通路探讨绿原酸对糖尿病肾病大鼠肾组织炎症和凋亡的影响[J]. *现代中西医结合杂志*, 2022, 31(19): 2629-2635.
- [22] 徐小惠,郑妮. 虎杖苷通过 TLR4/NF- κ B 信号通路调控糖尿病肾病大鼠肾脏炎症作用的研究[J]. *中国医院药学杂志*, 2018, 38(16): 1677-1680.
- [23] ZHU L L, WANG H Y, TANG T. Effects of miR-195 on diabetic nephropathy rats through targeting TLR4 and blocking NF- κ B pathway[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2021, 25(3): 1522-1529.

(收稿日期:2024-03-04 修回日期:2024-07-12)

(编辑:唐璞)