

中国成人 ICU 外科术后可疑感染患者的现况分析

——一项全国多中心队列研究

杨曙光¹ 孙瑶¹ 王婷¹ 张华² 朱凤雪¹ 安友仲¹ 赵慧颖¹

¹北京大学人民医院重症医学科,北京 100044; ²北京大学第三医院临床流行病学研究中心,北京 100191

通信作者:赵慧颖, Email: zhaohuiying@pku.edu.cn

【摘要】 目的 探讨重症监护病房(ICU)术后可疑感染患者死亡的危险因素、病原体分布特征和耐药情况。**方法** 收集 2021 年 7 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日全国 16 个省 65 家医院外科术后转入 ICU 可疑感染患者的临床资料,包括一般资料〔性别、年龄、基础疾病(高血压、糖尿病、心脑血管疾病、血液病)〕、手术部位、感染部位、微生物学结果及药敏结果、急性生理学与慢性健康状况评分 II (APACHE II) 评分及住院时间,将患者按不同预后分为死亡组和存活组,按是否发生耐药分为耐药组和非耐药组,比较不同预后及是否发生耐药组患者上述资料的差异。采用单因素和多因素 Logistic 回归分析导致 ICU 外科术后可疑感染患者死亡和发生耐药情况的危险因素,并绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线),评估各危险因素对患者预后和耐药发生的预测价值。**结果** 最终纳入 677 例外 ICU 外科术后可疑感染患者的临床资料。死亡 96 例,存活 581 例。① 影响预后的危险因素分析:单因素分析显示,与存活组比较,死亡组患者 APACHE II 评分更高,既往有脑血管病、手术部位为腹部、胸部、颅脑、盆腔、四肢、其他,以及发生肺部感染、血流感染、泌尿系感染、革兰阳性球菌感染(白色念珠菌)、真菌感染、多重耐药患者的比例更高,住院时间较短(均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,APACHE II 评分升高〔优势比(OR)=1.15, 95% 可信区间(95%CI)为 1.11~1.20〕、肺部感染(OR=4.07, 95%CI 为 2.05~8.11)、血流感染(OR=2.61, 95%CI 为 1.52~4.51)、泌尿系感染(OR=2.20, 95%CI 为 1.01~4.42)均是影响 ICU 外科术后可疑感染患者预后的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示,以上述独立危险因素建立的死亡风险预测模型对 ICU 术后可疑感染患者预后有一定的预测价值,ROC 曲线下面积(AUC)=0.820, 95%CI 为 0.770~0.860, $P < 0.05$ 。② 影响耐药的危险因素分析:250 例患者发生耐药,非耐药患者 427 例。单因素分析显示,与非耐药组比较,耐药组 APACHE II 评分、患有脑血管病、血液病和手术部位为胸部、颅脑、四肢、其他,以及发生肺部感染、血流感染、泌尿系感染、颅内感染、革兰阴性杆菌感染、革兰阳性球菌感染(表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌、屎肠球菌)患者比例和病死率均明显升高,手术部位为腹部和盆腔及腹腔感染患者比例明显降低,住院时间明显延长(均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,血流感染(OR=4.00, 95%CI 为 2.22~7.19)、泌尿系感染(OR=3.25, 95%CI 为 1.47~7.17)、肺炎克雷伯菌感染(OR=2.23, 95%CI 为 11.22~44.02)、鲍曼不动杆菌感染(OR=48.12, 95%CI 为 20.10~115.17)、铜绿假单胞菌感染(OR=34.06, 95%CI 为 13.00~89.25)、大肠埃希菌感染(OR=24.97, 95%CI 为 10.55~59.13)、嗜麦芽窄食单胞菌感染(OR=19.04, 95%CI 为 3.30~109.96)和金黄色葡萄球菌感染(OR=13.48, 95%CI 为 4.57~39.78)均是 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药的独立危险因素(均 $P < 0.01$)。ROC 曲线分析显示,以上述独立危险因素建立的耐药风险预测模型对 ICU 外科术后可疑感染患者耐药有一定的预测价值, AUC=0.920, 95%CI 为 0.890~0.940, $P < 0.05$ 。**结论** APACHE II 评分升高、肺部感染、血流感染和泌尿系感染均可能增加 ICU 术后可疑感染患者的病死率;而血流感染、泌尿系感染、肺炎克雷伯菌感染、鲍曼不动杆菌感染、铜绿假单胞菌感染、大肠埃希菌感染、嗜麦芽窄食单胞菌感染和金黄色葡萄球菌感染的术后患者更易发生耐药。

【关键词】 重症监护病房; 术后感染; 耐药

基金项目: 国家自然科学基金(82202366)

临床试验注册: 美国临床数据库, NCT 4966390

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.03.005

Clinical characteristics of postoperative patients with suspected infections in the intensive care unit: a multi-center cohort study of China

Yang Shuguang¹, Sun Yao¹, Wang Ting¹, Zhang Hua², Zhu Fengxue¹, An Youzhong¹, Zhao Huiying¹

¹Department of Critical Care Medicine, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China; ²Research Center of Clinical Epidemiology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China

Corresponding author: Zhao Huiying, Email: zhaohuiying@pku.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate mortality risk factors and characterize pathogen distribution and antimicrobial resistance patterns in intensive care unit (ICU) patients with suspected infection following

surgery. **Methods** A total of 65 hospitals in 16 provinces in China from July 1, 2021, to December 31, 2022. Clinical data were collected for surgical patients transferred to the ICU with suspected infection. Data included demographics [sex, age, underlying conditions (hypertension, diabetes, cardiovascular/cerebrovascular disease, hematologic disease)], surgical site, infection site, microbiological results with susceptibility testing, drug resistance and acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) scores and the length of hospital stays. Patients were stratified by prognosis into death group and survival group, by drug resistance status into resistant and non-resistant groups. Univariate and multivariate Logistic regression identified risk factors for mortality and antimicrobial resistance. Draw the receiver operator characteristic curve (ROC curve) to evaluate the predictive value of each risk factor for patient prognosis and drug resistance occurrence. **Results** A total of 677 patients with suspected postoperative infection in the ICU were enrolled. There were 96 deaths and 591 survivors. ① Analysis of risk factors affecting prognosis: univariate analysis showed that compared with the survival group, the patients in the had a higher APACHE II score, the proportion of patients with previous cerebrovascular disease, surgery sites in the abdomen, chest, brain, pelvis, limbs, other areas, as well as those with pulmonary infection, bloodstream infection, urinary tract infection, Gram-positive bacterial infection (*Candida*), fungal infection, multi-drug resistant bacterial infection was higher, and the length of hospital stay was shorter (all $P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis identified higher APACHE II score [odds ratio (OR) = 1.15, 95% confidence interval (95%CI) was 1.11–1.20], pulmonary infection (OR = 4.07, 95%CI was 2.05–8.11), bloodstream infection (OR = 2.61, 95%CI was 1.52–4.51), and urinary tract infection (OR = 2.20, 95%CI was 1.01–4.42) were independent risk factors for prognosis (all $P < 0.05$). The ROC curve analysis showed that the death risk prediction model established based on the above independent risk factors had certain predictive value for the prognosis of ICU postoperative patients with suspected infection, area under the curve (AUC) = 0.820, 95%CI was 0.770–0.860, $P < 0.05$. ② Regarding antimicrobial resistance: 250 patients developed resistance and 427 did not. Univariate analysis showed compared with the non-resistant group, the APACHE II score, the proportion of patients with cerebrovascular diseases, hematological diseases, surgeries at chest, brain, limbs, other sites, as well as those with pulmonary infection, bloodstream infection, urinary tract infection, intracranial infection, Gram-negative bacillus infection, and Gram-positive cocci infection (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*), and the mortality rate in the resistant group were significantly higher, the proportion of patients with surgeries at abdominal cavity, pelvic cavity and abdominal cavity infection were significantly lower, and the length of hospital stay was significantly longer (all $P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis bloodstream infection (OR = 4.00, 95%CI was 2.22–7.19), urinary tract infection (OR = 3.25, 95%CI was 1.47–7.17), *Klebsiella pneumoniae* infection (OR = 2.23, 95%CI was 11.22–44.02), *Acinetobacter baumannii* infection (OR = 48.12, 95%CI was 20.10–115.17), *Pseudomonas aeruginosa* infection (OR = 34.06, 95%CI was 13.00–89.25), *Escherichia coli* infection (OR = 24.97, 95%CI was 10.55–59.13), *Stenotrophomonas maltophilia* infection (OR = 19.04, 95%CI was 3.30–109.96), and *Staphylococcus aureus* infection (OR = 13.48, 95%CI was 4.57–39.78) were independent risk factors for resistance (all $P < 0.01$). The ROC curve analysis showed that the predictive model for drug resistance established based on the above independent risk factors had certain predictive value for drug resistance in adult patients with suspected infections after surgery in the ICU. The AUC = 0.920, 95%CI was 0.890–0.940, $P < 0.05$. **Conclusion** Higher APACHE II scores and the presence of pulmonary, bloodstream, or urinary tract infections were associated with increased mortality in ICU patients with suspected postoperative infection. Patients with bloodstream or urinary tract infections, or infections caused by *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Stenotrophomonas maltophilia*, or *Staphylococcus aureus*, had significantly higher odds of developing antimicrobial resistance.

【Key words】 Intensive care unit; Postoperative infection; Drug resistant

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82202366)

Clinical trial registration: American Clinical Trial Registry, NCT 04966390

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.03.005

术后严重感染可能是某些患者入院的原因,但也可能发生在重症监护病房(intensive care unit, ICU)住院期间。手术损伤后脓毒症是临床上一个日益严重的问题,病死率和并发症发生率较高,是现代重症监护的重要负担之一^[1-2]。马萨诸塞州总医院 2009 年的一份报告分析了美国最大的住院患者数据集——全国 2 039 776 例住院患者的入院情况,发现择期手术后严重脓毒症发生率从 0.3% 增加到 0.9%。虽然护理技术和抗菌药物均有所进步,患者的住院病死率 10 年间从 44% 下降到 34%,但术后和伤后脓毒症仍造成巨大的疾病负担^[3-4]。研究显

示,发生严重脓毒症的外科 ICU 患者病死率高(为 48.7%),且护理工作量大^[5]。

一项关于 ICU 外科患者脓毒症感染部位分类的研究显示,ICU 外科患者发生脓毒症的感染部位主要是腹部(44%)、肺部(19%)、皮肤/软组织(17%)、泌尿生殖系统(12%)和血管(7%)^[6]。腹腔是 ICU 患者术后感染的主要部位之一,并与高病死率相关,虽然消化道中存在大量的微生物,但仅有少数菌在腹腔积液培养中发现并已被证实有致病性,如肠杆菌和厌氧菌^[7]。关于骨科创伤术后脓毒症的研究显示,与非创伤患者比较,骨科创伤患者术后

发生脓毒症的风险更高^[8]。将因腹腔感染入住 ICU 患者的临床资料和微生物学特征进行研究,结果显示,发生菌血症的患者中革兰阳性球菌(34%)和革兰阴性杆菌(47%)最多^[9]。

外科术后感染患者易诱发脓毒症,尽管近年来对脓毒症的重视程度日益提高,但关于 ICU 术后感染的研究较少。本研究收集全国 ICU 外科术后可疑感染患者的临床资料,了解和分析全国 ICU 外科术后可疑感染患者的感染部位、病死率、病原微生物分布情况,旨在为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象:收集 2021 年 7 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日外科术后入住 ICU 可疑感染患者的临床资料。

1.1.1 纳入标准:① 年龄 ≥ 18 岁者;② 符合 ICU 可疑感染者。

1.1.2 排除标准:① 入住 ICU 前已使用过抗菌药物者;② 没有送病原微生物检测者;③ 病例资料不全者。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,通过北京大学人民医院伦理委员会批准(审批号:2021PHB020-001),并通过中国人类遗传资源采集审批(审批号:2021-CJ1420),在美国临床数据库注册(注册号:NCT 4966390)。

1.2 研究分组:将患者按预后分为存活组和死亡组;再按耐药情况分为耐药组和非耐药组。

1.3 资料收集:采用连续纳入的方法从电子病例报告中收集入住 ICU 患者的临床资料,包括一般资料[性别、年龄、基础疾病(高血压、糖尿病、冠心病、脑血管疾病、血液病)]、手术部位、感染部位、微生物学结果、药敏结果、急性生理学与健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II) 及住院时间。

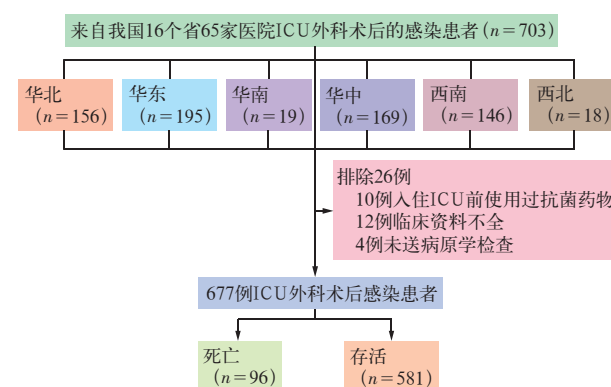
将 ICU 可疑感染定义为入住 ICU 的患者使用抗菌药物 24 h 内留取病原学检测或病原学检测 72 h 内使用抗菌药物^[10]。耐药菌感染的定义为患者任何部位培养的微生物学药敏结果中有 ≥ 1 类的药物不敏感;多重耐药感染的定义为患者任何部位培养的微生物学药敏结果中最低 3 类或更多(每类中 1 种或更多)不敏感^[11-12]。肺部感染的定义为胸部 X 线或肺部 CT 出现新的或进展性肺浸润影,并出现 ≥ 2 个症状:① 发热(体温 $> 38.5^{\circ}\text{C}$)或体温过低($< 36^{\circ}\text{C}$);② 气管、支气管分泌物、支气管肺泡

灌洗液培养阳性或呼吸道分泌物涂片细菌学分类计数升高;③ 白细胞计数(white blood cell count, WBC) $\geq 12 \times 10^9/\text{L}$ ^[13-14]。血流感染的定义为患者发热(体温 $> 37.3^{\circ}\text{C}$)且血培养阳性^[15]。腹腔感染的定义腹痛、腹壁紧张,腹腔引流或穿刺液培养阳性。泌尿系感染的定义为患者有发热合并尿路刺激症,每毫升细菌集落形成单位(cfu/mL)的定量计数 $\geq 10^5$ 个,尿液培养呈阳性^[16-17]。皮肤感染的定义为患者有皮肤破损且破损处皮肤拭子培养阳性^[18]。颅内感染的定义为患者脑脊液培养阳性^[19]。

1.4 统计学方法:使用 SPSS 16.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验。计数资料以例(构成比)表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。采用单因素分析影响患者死亡或耐药的危险因素,将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素 Logistic 回归分析,筛选影响 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药的独立危险因素,并绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)分析各危险因素对患者死亡或耐药的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料:共纳入 703 例 ICU 外科术后可疑感染的患者,排除不符合纳入标准者后最终 677 例患者纳入了本研究(图 1)。677 例患者中,男性 462 例,女性 215 例;年龄 18~100 岁,平均(63.42 ± 14.80)岁;APACHE II 评分 7~37 分,平均(15.85 ± 4.94)分。外科手术部位包括:腹部(295 例)、颅脑(189 例)、胸部(70 例)、四肢(39 例)、盆腔(22 例)及其他(62 例)。在所有外科术后可疑感染患者中,发生肺部感染的患者最多(图 2),主要以革兰阴性杆菌感染为主(230 例)。



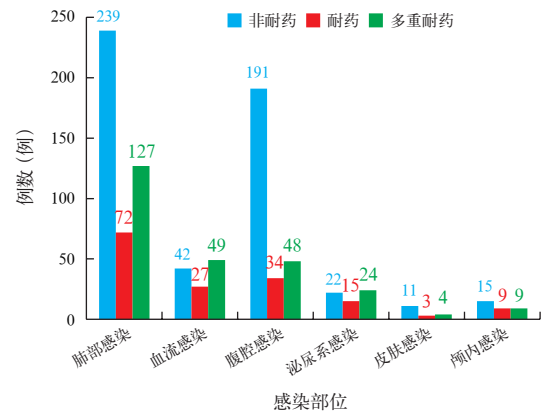


图2 来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者感染部位的分布情况

2.2 ICU 外科术后可疑感染患者的死亡因素分析

2.2.1 ICU 外科术后可疑感染患者死亡的单因素分析(表 1): 最终 96 例 ICU 外科术后可疑感染患者死亡, 存活 581 例。与存活组比较, 死亡组 APACHE II 评分更高, 既往有脑血管病、手术部位、肺部感染、血流感染、泌尿系感染、革兰阳性球菌感染(白色念珠菌)、真菌感染、多重耐药患者的比例均更高, 住院时间较短(均 $P < 0.05$)。

2.2.2 ICU 外科术后可疑感染患者死亡的多因素 Logistic 回归分析(表 2): 将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素 Logistic 回归分析, 结果显示, APACHE II 评分升高、肺部感染、血流感染和泌尿系感染均是影响 ICU 术后可疑感染患者死亡的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。

表 2 来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者死亡风险的多因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95%CI	P 值
APACHE II 评分	1.15	1.11 ~ 1.20	<0.01
肺部感染	4.07	2.05 ~ 8.11	<0.01
血流感染	2.61	1.52 ~ 4.51	<0.01
泌尿系感染	2.20	1.01 ~ 4.42	0.03

注: OR 为优势比, 95%CI 为 95% 可信区间

2.2.3 ROC 曲线分析(图 3): 将 Logistic 回归分析筛选出的影响 ICU 术后可疑感染患者预后风险的 4 个独立危险因素构建死亡风险预测模型, 绘制 ROC 曲线, 结果显示, 该模型对 ICU 外科术后可疑感染患者预后有一定的预测价值, ROC 曲线下面积 (area under the curve, AUC) = 0.820, 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 0.770 ~ 0.860, 敏感度为 87.0%, 特异度为 67.0%, $P < 0.05$ 。

2.3 ICU 外科术后可疑感染患者的耐药情况分析

2.3.1 ICU 外科术后可疑感染患者耐药情况的单因素分析(表 3; 图 4): 微生物学分析结果显示, 肺炎克雷伯菌、鲍曼不动杆菌和铜绿假单胞菌为检出率最高的 3 种革兰阴性杆菌。发生耐药的患者 250 例, 其中多重耐药患者 151 例。单因素分析显示, 与非耐药组比较, 耐药组 APACHE II 评分、患有脑血管病、血液病和手术部位为胸部、颅脑、四肢、其他, 以及发生肺部感染、血流感染、泌尿系感染、颅内感染、革兰阴性杆菌感染、革兰阳性球菌感染(表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌、屎肠球菌)患者比例和病

表 1 影响来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者预后的单因素分析

变量	死亡组 (n=96)	存活组 (n=581)	χ^2 / t 值	P 值
女性[例(%)]	34(35.42)	181(31.15)	0.69	0.41
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	63.53 $\pm$ 15.78	63.40 $\pm$ 14.65	0.08	0.93
基础疾病[例(%)]				
高血压	21(21.88)	88(15.15)	2.76	0.10
糖尿病	5(5.21)	34(5.85)	0.06	0.80
冠心病	4(4.17)	16(2.75)	0.57	0.45
脑血管病	42(43.75)	138(23.75)	16.88	<0.01
血液病	4(4.17)	9(1.55)	3.00	0.08
手术部位[例(%)]			17.59	<0.01
腹部	36(37.50)	259(44.58)		
胸部	3(3.13)	67(11.53)		
颅脑	42(43.75)	147(25.30)		
盆腔	2(2.08)	20(3.44)		
四肢	4(4.17)	35(6.02)		
其他	9(9.38)	53(9.12)		
感染部位[例(%)]				
肺部感染	85(88.54)	353(60.76)	27.85	<0.01
血流感染	29(30.21)	89(15.32)	12.69	<0.01
腹腔感染	34(35.42)	239(41.14)	1.12	0.29
泌尿系感染	15(15.63)	46(7.92)	5.97	0.02
皮肤感染	4(4.17)	14(2.41)	0.98	0.32
颅内感染	2(2.08)	31(5.34)	1.88	0.17
革兰阴性杆菌[例(%)]	36(37.50)	194(32.87)	0.62	0.43
肺炎克雷伯菌	17(17.71)	77(13.25)	1.37	0.24
鲍曼不动杆菌	16(16.67)	64(11.02)	2.53	0.11
铜绿假单胞菌	9(9.38)	41(7.06)	0.65	0.42
大肠埃希菌	7(7.29)	41(7.06)	0.01	0.93
嗜麦芽窄食单胞菌	1(1.04)	10(1.72)	0.24	0.63
阴沟肠杆菌	1(1.04)	9(1.55)	0.15	0.70
革兰阳性球菌[例(%)]	13(13.54)	43(7.40)	4.10	0.04
表皮葡萄球菌	2(2.08)	8(1.38)	0.28	0.60
金黄色葡萄球菌	2(2.08)	25(4.30)	1.06	0.30
屎肠球菌	4(4.17)	10(1.72)	2.43	0.12
白色念珠菌	11(11.46)	19(3.27)	13.04	<0.01
真菌[例(%)]	13(13.54)	25(4.30)	13.28	<0.01
耐药[例(%)]				
耐药	42(43.75)	208(35.80)	2.24	0.14
多重耐药	32(33.33)	119(20.48)	7.85	<0.01
APACHE II 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	19.88 $\pm$ 4.68	15.19 $\pm$ 4.66	0.09	<0.01
住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	14.04 $\pm$ 12.16	20.40 $\pm$ 16.92	5.05	<0.01

表 3 来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者耐药情况的单因素分析

变量	非耐药组 (n=427)	耐药组 (n=250)	χ^2 / t 值	P 值	变量	非耐药组 (n=427)	耐药组 (n=250)	χ^2 / t 值	P 值
女性〔例(%)〕	147 (34.42)	68 (27.20)	3.80	0.05	泌尿系感染	22 (5.15)	39 (15.60)	21.00	<0.01
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	63.97 $\pm$ 14.66	62.47 $\pm$ 15.02	0.66	0.42	皮肤感染	11 (2.58)	7 (2.80)	0.03	0.86
基础疾病〔例(%)〕					颅内感染	15 (3.51)	18 (7.20)	4.62	0.03
高血压	65 (15.22)	44 (17.60)	1.39	0.50	革兰阴性杆菌〔例(%)〕	33 (7.73)	197 (78.80)	355.07	<0.01
糖尿病	19 (4.45)	20 (8.00)	3.67	0.06	肺炎克雷伯菌	15 (3.51)	79 (31.60)	104.03	<0.01
冠心病	11 (2.58)	9 (3.60)	0.58	0.45	鲍曼不动杆菌	7 (1.64)	73 (29.20)	114.94	<0.01
脑血管病	93 (21.78)	87 (34.80)	13.70	<0.01	铜绿假单胞菌	6 (1.41)	44 (17.60)	60.46	<0.01
血液病	4 (0.94)	9 (3.60)	5.94	0.02	大肠埃希菌	8 (1.87)	40 (16.00)	47.77	<0.01
手术部位〔例(%)〕			20.98	<0.01	嗜麦芽窄食单胞菌	2 (0.47)	9 (3.60)	9.67	<0.01
腹部	211 (49.41)	84 (33.60)			阴沟肠杆菌	0 (0.00)	10 (4.00)	17.34	<0.01
胸部	43 (10.07)	27 (10.80)			革兰阳性球菌〔例(%)〕	8 (1.87)	48 (19.20)	62.39	<0.01
颅脑	99 (23.19)	90 (36.00)			表皮葡萄球菌	0 (0.00)	10 (4.00)	17.34	<0.01
盆腔	15 (3.51)	7 (2.80)			金黄色葡萄球菌	6 (1.41)	21 (8.40)	20.15	<0.01
四肢	20 (4.68)	19 (7.60)			尿肠球菌	0 (0.00)	14 (5.60)	24.42	<0.01
其他	39 (9.13)	23 (9.20)			白色念珠菌	17 (3.98)	13 (5.20)	0.55	0.46
感染部位〔例(%)〕					真菌〔例(%)〕	21 (4.92)	17 (6.80)	1.05	0.31
肺部感染	239 (55.97)	199 (79.60)	38.54	<0.01	APACHE II 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	15.21 $\pm$ 4.34	16.95 $\pm$ 5.65	19.50	<0.01
血流感染	42 (9.84)	76 (30.40)	46.33	<0.01	住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	16.92 $\pm$ 14.42	23.91 $\pm$ 18.69	18.12	<0.01
腹腔感染	191 (44.73)	82 (32.80)	9.49	0.01	病死率[% (例)]	12.65 (54)	16.80 (42)	2.24	0.14

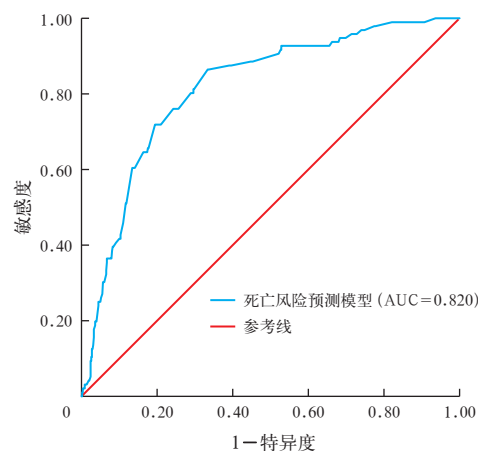


图 3 死亡风险预测模型预测来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者死亡风险的 ROC 曲线

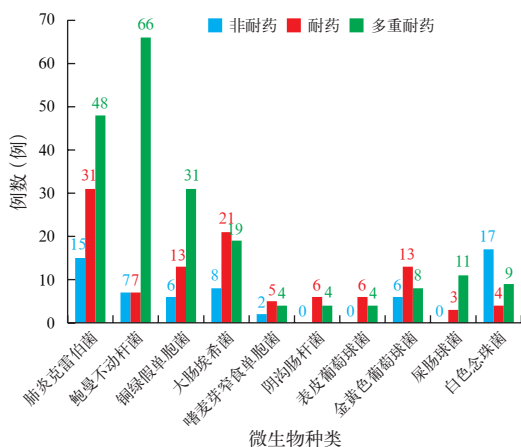


图 4 来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者微生物耐药情况

死亡率均明显升高,手术部位为腹部和盆腔及腹腔感染患者比例均明显降低,住院时间明显延长,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

2.3.2 ICU 外科术后可疑感染患者耐药情况的多因素 Logistic 回归分析(表 4):将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素 Logistic 回归分析,结果显示,血流感染、泌尿系感染、肺炎克雷伯菌感染、鲍曼不动杆菌感染、铜绿假单胞菌感染、大肠埃希菌感染、嗜麦芽窄食单胞菌感染和金黄色葡萄球菌感染是影响 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药的独立危险因素(均 $P<0.01$)。

表 4 来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者耐药情况的多因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95%CI	P 值
血流感染	4.00	2.22 ~ 7.19	<0.01
泌尿系感染	3.25	1.47 ~ 7.17	<0.01
肺炎克雷伯菌	2.23	11.22 ~ 44.02	<0.01
鲍曼不动杆菌	48.12	20.10 ~ 115.17	<0.01
铜绿假单胞菌	34.06	13.00 ~ 89.25	<0.01
大肠埃希菌	24.97	10.55 ~ 59.13	<0.01
嗜麦芽窄食单胞菌	19.04	3.30 ~ 109.96	<0.01
金黄色葡萄球菌	13.48	4.57 ~ 39.78	<0.01

2.3.3 ROC 曲线分析(图 5):将 Logistic 回归分析筛选出的影响 ICU 术后可疑感染患者发生耐药的 8 个独立危险因素构建耐药风险预测模型,绘制 ROC 曲线,结果显示,该模型对 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药有一定的预测价值, $AUC=0.920$, $95\%CI$

为 0.890~0.940, 敏感度为 84.0%, 特异度为 91.0%, $P<0.05$ 。

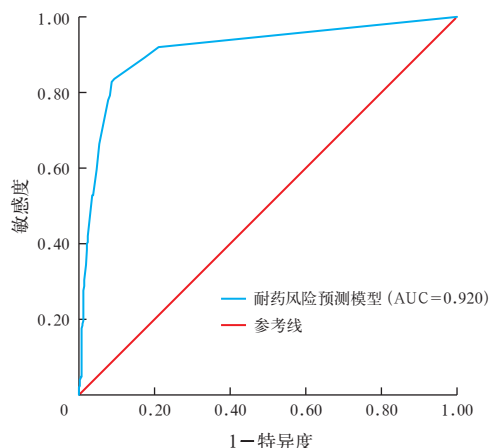


图 5 耐药风险预测模型预测来自我国 16 个省 65 家医院 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药风险的 ROC 曲线

3 讨论

本研究收集了 677 例外科术后可疑感染患者的临床资料, 主要是以腹部手术 (43.57%) 和颅脑手术 (27.92%) 为主, 发生肺部感染的患者最多 [64.70% (438/677)], 微生物检出的细菌以革兰阴性杆菌感染为主 [33.97% (230/677)]。单因素和多因素 Logistic 回归分析显示, APACHE II 评分升高和肺部感染、血流感染和泌尿系感染是影响 ICU 外科术后可疑感染患者死亡的独立危险因素; 血流感染、泌尿系感染、肺炎克雷伯菌感染、鲍曼不动杆菌感染、铜绿假单胞菌感染、大肠埃希菌感染、嗜麦芽窄食单胞菌感染和金黄色葡萄球菌感染是影响 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药的独立危险因素。

本研究 ICU 外科术后可疑感染患者 APACHE II 评分升高、肺部感染、血流感染和泌尿系感染与较高的病死率有关。APACHE 评分通过量化 34 个生理变量来评估疾病的严重程度^[20], 最初的 APACHE 被 APACHE II 取代, 后者将变量数量减少到 12 个, 包括生理指标和实验室检测指标, 并增加了年龄和健康状况变量, APACHE II 评分主要用于 ICU 患者^[21]。有研究显示, 通过分析入院后 24 h APACHE II 评分、入院诊断、并发症等资料, 结果显示, APACHE II 评分是预测外科患者死亡最有效的指标^[22]。

有研究显示, 肺炎是外科术后并发症中最常见的一种, 发病率为 1.5%~15.8%^[23], 虽然病死率因手术类型而异, 术后发生肺炎患者的相关病死率为 20%~50%^[24]。研究显示, 2007 至 2012 年 ICU 获得性肺炎的发病率为 16.2%, 病死率为 37.4%; 呼吸机

相关性肺炎的发病率为 33.7%, 病死率为 34.5%^[25]。ICU 获得性肺炎和呼吸机相关性肺炎患者检出铜绿假单胞菌 (19.9%) 和鲍曼不动杆菌 (13.9%), 其次是肺炎克雷伯菌 (11.9%) 和金黄色葡萄球菌 (10.4%); 82.9% 的金黄色葡萄球菌对甲氧西林耐药^[25]。本研究显示, ICU 术后可疑感染患者的肺部感染发病率为 64.7%, 检出最多的细菌主要以肺炎克雷伯菌为代表的革兰阴性杆菌为主。

血流感染是住院患者死亡的主要原因, 菌血症常诱发脓毒症或脓毒性休克, 脓毒症作为多数患者转入 ICU 的主要病因, 可能是移植、脾切除、腹腔手术和癌症手术后患者最严重的并发症^[26]。本研究 ICU 外科术后死亡组血流感染发生率明显高于存活组, 是 ICU 外科术后可疑感染患者死亡的独立危险因素。据统计, 有 5.0% 的癌症患者有严重脓毒症, 住院癌症患者合并脓毒症的病死率 (37.8%) 约为无脓毒症癌症患者的 5 倍^[27]。一项 ICU 腹腔感染引起菌血症的研究显示, 围手术期菌血症的发病率为 19%, 阳性血培养中, 革兰阴性菌菌血症患者 30 例 (47%), 革兰阳性菌菌血症患者 21 例 (33%), 真菌血症患者 6 例 (9%)^[9]。

研究显示, 老年人最常见的血流感染的病因为尿路感染, 尤其是多重耐药菌感染^[28]。2005 至 2012 年有 53 879 例老年外科患者接受急诊腹部手术后, 2 482 例患者在术后 30 d 内发生尿路感染 (4.6%)^[29]。医院获得性泌尿系感染在泌尿生殖系统、肝胆和血管手术患者中更为常见, 而泌尿系感染与 30 d 病死率增加呈正相关^[29]。本研究患者的平均年龄为 (63.42±14.80) 岁, ICU 外科术后可疑感染死亡组泌尿系感染发生率明显高于存活组。

统计显示, 2008 年以来, 对患者构成高度威胁的病原体包括屎肠球菌、金黄色葡萄球菌、肺炎克雷伯菌、鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌和肠杆菌^[30]。本研究 ICU 术后感染患者检出的细菌主要以肺炎克雷伯菌、鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌为主。近年来, 世界范围耐药微生物的数量逐渐增加, 在整个欧洲, 肺炎克雷伯菌对氟喹诺酮类药物、第 3 代头孢菌素和氨基糖苷类药物耐药的比例增加, 大肠杆菌对第 3 代头孢菌素的耐药性从 2011 年的 9.6% 增加到 2014 年的 12.0%^[31]。本研究收集了外科术后可疑感染患者的微生物学培养结果, 革兰阴性杆菌包括肺炎克雷伯菌、鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、大肠埃希

菌、嗜麦芽窄食单胞菌更易发生耐药；泌尿系感染的主要致病菌为革兰阴性杆菌，ICU 血流感染多以葡萄球菌为主，而近年来的研究显示，血培养结果多为耐甲氧西林的葡萄球菌^[32]。本研究 ICU 外科术后耐药组血流感染和金黄色葡萄球菌感染发生率明显高于非耐药组。

综上所述，通过对 ICU 外科术后可疑感染患者的临床资料分析显示，肺部感染的发病率最高，疾病严重程度、肺部感染、血流感染和泌尿系感染可能增加 ICU 外科术后可疑感染患者的病死率。血流感染、泌尿系感染、革兰阴性杆菌如肺炎克雷伯菌感染、鲍曼不动杆菌感染、铜绿假单胞菌感染、大肠埃希菌感染、嗜麦芽窄食单胞菌感染和金黄色葡萄球菌感染会增加 ICU 外科术后可疑感染患者发生耐药的风险。未来需要更多随机对照试验来探讨影响 ICU 外科术后可疑感染患者死亡的危险因素，以期指导 ICU 术后患者治疗，进而改善患者预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Walkey AJ, Lagu T, Lindenauer PK. Trends in sepsis and infection sources in the United States. A population-based study [J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2015, 12 (2): 216–220. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201411-498BC.
- [2] Donnelly JP, Hohmann SF, Wang HE. Unplanned readmissions after hospitalization for severe sepsis at academic medical center-affiliated hospitals [J]. *Crit Care Med*, 2015, 43 (9): 1916–1927. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001147.
- [3] Bateman BT, Schmidt U, Berman MF, et al. Temporal trends in the epidemiology of severe postoperative sepsis after elective surgery: a large, nationwide sample [J]. *Anesthesiology*, 2010, 112 (4): 917–925. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181cea3d0.
- [4] Tulloch LG, Chan JD, Carlhom DJ, et al. Epidemiology and microbiology of sepsis syndromes in a university-affiliated urban teaching hospital and Level-I trauma and burn center [J]. *J Intensive Care Med*, 2017, 32 (4): 264–272. DOI: 10.1177/0885066615592851.
- [5] Cheng B, Xie GH, Yao SL, et al. Epidemiology of severe sepsis in critically ill surgical patients in ten university hospitals in China [J]. *Crit Care Med*, 2007, 35 (11): 2538–2546. DOI: 10.1097/01.CCM.0000284492.30800.00.
- [6] Stortz JA, Cox MC, Hawkins RB, et al. Phenotypic heterogeneity by site of infection in surgical sepsis: a prospective longitudinal study [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 203. DOI: 10.1186/s13054-020-02917-3.
- [7] Voeten DM, van der Werf LR, Gisbertz SS, et al. Postoperative intensive care unit stay after minimally invasive esophagectomy shows large hospital variation. Results from the Dutch upper gastrointestinal cancer audit [J]. *Eur J Surg Oncol*, 2021, 47 (8): 1961–1968. DOI: 10.1016/j.ejso.2021.01.005.
- [8] Lakomkin N, Sathiyakumar V, Wick B, et al. Incidence and predictive risk factors of postoperative sepsis in orthopedic trauma patients [J]. *J Orthop Traumatol*, 2017, 18 (2): 151–158. DOI: 10.1007/s10195-016-0437-4.
- [9] Alqarni A, Kantor E, Grall N, et al. Clinical characteristics and prognosis of bacteraemia during postoperative intra-abdominal infections [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 175. DOI: 10.1186/s13054-018-2099-5.
- [10] Seymour CW, Liu VX, Iwashyna TJ, et al. Assessment of clinical criteria for sepsis: for the third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3) [J]. *JAMA*, 2016, 315 (8): 762–774. DOI: 10.1001/jama.2016.0288.
- [11] Kurt Yilmaz N, Schiffer CA. Introduction: drug resistance [J]. *Chem Rev*, 2021, 121 (6): 3235–3237. DOI: 10.1021/acs.chemrev.1c00118.
- [12] Shukla A, Jani N, Polra M, et al. CRISPR: the multidrug resistance endgame? [J]. *Mol Biotechnol*, 2021, 63 (8): 676–685. DOI: 10.1007/s12033-021-00340-9.
- [13] Koo HJ, Lim S, Choe J, et al. Radiographic and CT features of viral pneumonia [J]. *Radiographics*, 2018, 38 (3): 719–739. DOI: 10.1148/rg.2018170048.
- [14] Ottosen J, Evans H. Pneumonia: challenges in the definition, diagnosis, and management of disease [J]. *Surg Clin North Am*, 2014, 94 (6): 1305–1317. DOI: 10.1016/j.suc.2014.09.001.
- [15] Timsit JF, Ruppé E, Barbier F, et al. Bloodstream infections in critically ill patients: an expert statement [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46 (2): 266–284. DOI: 10.1007/s00134-020-05950-6.
- [16] Sartelli M, Chichom-Mefire A, Labricciosa FM, et al. The management of intra-abdominal infections from a global perspective: 2017 WSES guidelines for management of intra-abdominal infections [J]. *World J Emerg Surg*, 2017, 12: 29. DOI: 10.1186/s13017-017-0141-6.
- [17] Rowe TA, Juthani-Mehta M. Urinary tract infection in older adults [J]. *Aging Health*, 2013, 9 (5): 519–528. DOI: 10.2217/ahe.13.38.
- [18] Moffarah AS, Al Mohajer M, Hurwitz BL, et al. Skin and soft tissue infections [J]. *Microbiol Spectr*, 2016, 4 (4): 691–708. DOI: 10.1128/microbiolspec.DMIH2-0014-2015.
- [19] He TJ, Kaplan S, Kamboj M, et al. Laboratory diagnosis of central nervous system infection [J]. *Curr Infect Dis Rep*, 2016, 18 (11): 35. DOI: 10.1007/s11908-016-0545-6.
- [20] Knaus WA, Zimmerman JE, Wagner DP, et al. APACHE-acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system [J]. *Crit Care Med*, 1981, 9 (8): 591–597. DOI: 10.1097/00003246-198108000-00008.
- [21] Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. APACHE II: a severity of disease classification system [J]. *Crit Care Med*, 1985, 13 (10): 818–829.
- [22] Basile-Filho A, Meneguetti MG, Nicolini EA, et al. Are the dysnatremias a permanent threat to the critically ill patients? [J]. *J Clin Med Res*, 2016, 8 (2): 141–146. DOI: 10.14740/jocmr2425w.
- [23] Murff HJ, FitzHenry F, Matheny ME, et al. Automated identification of postoperative complications within an electronic medical record using natural language processing [J]. *JAMA*, 2011, 306 (8): 848–855. DOI: 10.1001/jama.2011.1204.
- [24] Russotto V, Sabaté S, Canet J, et al. Development of a prediction model for postoperative pneumonia: a multicentre prospective observational study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36 (2): 93–104. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000921.
- [25] Zhang YW, Yao ZY, Zhan SY, et al. Disease burden of intensive care unit-acquired pneumonia in China: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Infect Dis*, 2014, 29: 84–90. DOI: 10.1016/j.ijid.2014.05.030.
- [26] Mokart D, Leone M, Sannini A, et al. Predictive perioperative factors for developing severe sepsis after major surgery [J]. *Br J Anaesth*, 2005, 95 (6): 776–781. DOI: 10.1093/bja/aei257.
- [27] Williams MD, Braun LA, Cooper LM, et al. Hospitalized cancer patients with severe sepsis: analysis of incidence, mortality, and associated costs of care [J]. *Crit Care*, 2004, 8 (5): R291–R298. DOI: 10.1186/cc2893.
- [28] Chin BS, Kim MS, Han SH, et al. Risk factors of all-cause in-hospital mortality among Korean elderly bacteremic urinary tract infection (UTI) patients [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2011, 52 (1): e50–e55. DOI: 10.1016/j.archger.2010.05.011.
- [29] Zielinski MD, Thomsen KM, Polites SF, et al. Is the centers for medicare and medicaid service's lack of reimbursement for postoperative urinary tract infections in elderly emergency surgery patients justified? [J]. *Surgery*, 2014, 156 (4): 1009–1015. DOI: 10.1016/j.surg.2014.06.073.
- [30] Brusselaers N, Vogelaers D, Blot S. The rising problem of antimicrobial resistance in the intensive care unit [J]. *Ann Intensive Care*, 2011, 1: 47. DOI: 10.1186/2110-5820-1-47.
- [31] Team Ee. ECDC publishes 2014 surveillance data on antimicrobial resistance and antimicrobial consumption in Europe [J]. *Euro Surveill*, 2015, 20 (46): 20962. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2015.20.46.30068.
- [32] Amanati A, Sajedianfard S, Khajeh S, et al. Bloodstream infections in adult patients with malignancy, epidemiology, microbiology, and risk factors associated with mortality and multi-drug resistance [J]. *BMC Infect Dis*, 2021, 21 (1): 636. DOI: 10.1186/s12879-021-06243-z.

(收稿日期: 2024-12-27)

(责任编辑: 邸美仙)