

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20246221

· 论 著 ·

## 基于倾向性评分匹配的 ICU 中心静脉导管相关血流感染危险因素

滕支梅<sup>1</sup>, 朱 尚<sup>2</sup>, 薛 寒<sup>2</sup>, 黄劲华<sup>1</sup>, 孔旭辉<sup>1</sup>

(泰州市人民医院 1. 医院感染管理处; 2. 重症监护室, 江苏 泰州 225300)

**[摘要]** **目的** 探讨中心静脉导管相关血流感染 (CLABSI) 的独立危险因素, 为制定感染防控的干预措施和开展针对性治疗提供依据。**方法** 回顾性收集 2019 年 1 月—2023 年 12 月某院诊断为 CLABSI 的患者, 将其定义为感染组, 并采用倾向性评分匹配 (PSM) 法 1:4 匹配置入中心静脉导管 (CVC) 且未发生感染的患者为对照组。以是否发生 CLABSI 为因变量, 将匹配后两组的可能危险因素为自变量进行 logistic 回归分析, 探索患者发生 CLABSI 的独立危险因素。**结果** 共匹配 CLABSI 组患者 42 例, 非 CLABSI 组患者 168 例。多因素 logistic 回归分析显示, 急性生理学及慢性健康状况 (APACHE II) 评分高 [ $OR = 1.217, 95\%CI(1.094 \sim 1.357), P < 0.001$ ]、中心静脉置管时间长 [ $OR = 1.273, 95\%CI(1.157 \sim 1.400), P < 0.001$ ] 及股静脉置管 [ $OR = 6.846, 95\%CI(1.511 \sim 31.014), P = 0.013$ ] 是 CLABSI 发生的独立危险因素。42 例 CLABSI 患者共分离病原菌 118 株, 以革兰阴性菌为主 (56 株)。**结论** 高 APACHE II 评分、中心静脉置管时间长及股静脉置管是 CLABSI 发生的独立危险因素, 主要病原菌为革兰阴性杆菌, 针对这些危险因素严格落实 CLABSI 相应的防控措施, 减少感染风险。

**[关键词]** 中心静脉导管相关血流感染; 中心静脉导管; 倾向性评分匹配; 危险因素; CLABSI

**[中图分类号]** R181.3<sup>†</sup>2

## Risk factors of central line-associated bloodstream infection in the intensive care unit based on propensity score matching

TENG Zhi-mei<sup>1</sup>, ZHU Shang<sup>2</sup>, XUE Han<sup>2</sup>, HUANG Jin-hua<sup>1</sup>, KONG Xu-hui<sup>1</sup> (1. Department of Healthcare-associated Infection Management; 2. Intensive Care Unit, Taizhou People's Hospital, Taizhou 225300, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the independent risk factors for central line-associated bloodstream infection (CLABSI), provide basis for developing intervention measures for infection prevention and control as well as conducting targeted treatment. **Methods** Patients who were diagnosed with CLABSI in a hospital from January 2019 to December 2023 were recruited retrospectively and defined as the infection group. According to 1:4 propensity score matching method, patients who received central venous catheter (CVC) without infection were taken as the control group. With whether CLABSI occurred as the dependent variable, the possible risk factors of the matched two groups as the independent variables, logistic regression analysis was conducted, and independent risk factors for patients developing CLABSI were explored. **Results** A total of 42 patients in the CLABSI group and 168 patients in the non-CLABSI group were matched. Multivariate logistic regression analysis showed that high score of acute physiology and chronic health evaluation (APACHE) II ( $OR = 1.217, 95\%CI [1.094 - 1.357], P < 0.001$ ), long duration of central venous catheterization ( $OR = 1.273, 95\%CI [1.157 - 1.400], P < 0.001$ ), and femoral venous catheterization ( $OR = 6.846, 95\%CI [1.511 - 31.014], P = 0.013$ ) were independent risk factors for CLABSI. A total of 118 strains of pathogens were isolated from 42 CLABSI patients, with Gram-negative bacteria being the majority ( $n = 56$ ). **Conclusion** High score of APACHE II, long duration of central venous catheterization, and femo-

[收稿日期] 2024-03-12

[基金项目] 吴阶平医学基金会(320.6750.2022-02-21)

[作者简介] 滕支梅(1988-),女(汉族),安徽省马鞍山市人,主管医师,主要从事医院感染控制流行病学研究。

[通信作者] 孔旭辉 E-mail: 121916278@163.com

ral venous catheterization are independent risk factors for CLABSI. The main pathogens are Gram-negative bacilli. Strict prevention and control measures for CLABSI should be implemented to reduce the risk of infection.

[Key words] central line-associated bloodstream infection; central venous catheter; propensity score matching; risk factor; CLABSI

在成人重症监护病房(intensive care unit, ICU)中,中心静脉导管(central venous catheter, CVC)的使用对治疗病情复杂的患者至关重要。虽然 CVC 可为患者带来潜在益处,但发生导管相关血流感染(central line-associated bloodstream infection, CLABSI)仍然是中心静脉通路最严重的并发症,也是 ICU 医院感染的主要原因<sup>[1]</sup>。因此,早期识别 CLABSI 发生的独立危险因素并分析病原菌特点,是实施有效预防与控制措施和开展针对性治疗的前提。CLABSI 的危险因素较多,研究<sup>[2-3]</sup>表明,患者年龄>60 岁、男性、糖尿病均是 CLABSI 发生的危险因素;但另一项研究中,糖尿病与 CLABSI 发生率降低相关[OR = 0.63;95%CI(0.45~0.88)]<sup>[4]</sup>;还有研究<sup>[5]</sup>显示患者年龄、性别、患病情况等均与 CLABSI 无显著相关性。不同研究可能存在偏倚等问题,影响研究结果,导致结果存在异质性,因此平衡病例和对照之间的基线特征控制偏倚至关重要。

采用倾向评分匹配(propensity score matching, PSM)方法,感染组和对照组具有相似的测量基线协变量分布,做出的有关危险因素的推论有效,结果更真实可信<sup>[6]</sup>。本研究采用 PSM 法来平衡病例组和对照组患者的年龄、性别、患病情况等基线临床资料,分析置管后 ICU 患者发生 CLABSI 的独立危险因素。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2019 年 1 月—2023 年 12 月泰州市某三级甲等医院医院感染管理处医院感染监测杏林系统中诊断为 CLABSI 的患者,将其定义为感染组,以《血管内导管相关感染的预防与治疗指南》为感染诊断标准<sup>[7]</sup>。确定感染组后,采用 PSM 法匹配置入 CVC 且未发生感染的患者为对照组。

1.2 研究方法 为进一步探索患者 CVC 置管后发生 CLABSI 的独立危险因素,采用 PSM 法,将两组患者资料中的年龄、性别、糖尿病史、高血压史、恶性肿瘤、心功能不全、肾功能不全共 7 个协变量进行 1:4 配对匹配,即采用倾向指数无放回卡钳匹配法均衡组间的基线,卡钳值设为 0.05。标准化均差

(standardized mean difference, SMD)用于评估组间匹配后的平衡,SMD<0.1 表明平衡性较好<sup>[6]</sup>。

以是否发生 CLABSI 为因变量,将急性生理学及慢性健康状况评分系统(acute physiology and chronic health evaluation, APACHE II)评分、CVC 置管时间、置管位置(颈内静脉、锁骨下静脉、股静脉)、手术史(0 = 无,1 = 有)、使用抗菌药物(0 = 否,1 = 是)、联合使用抗菌药物(0 = 否,1 = 是)、呼吸机使用(0 = 否,1 = 是)、尿管置管(0 = 否,1 = 是)、白细胞计数(0 = 正常值组,1 = 异常值组)、中性粒细胞计数(0 = 正常值组,1 = 异常值组)、C 反应蛋白(0 = 正常值组,1 = 异常值组)共 11 个协变量为自变量进行 logistic 回归分析。

1.3 细菌鉴定与药敏试验 采用 VITEK-MS 全自动微生物鉴定仪进行病原学鉴定,采用 VITEK 2 Compact 及配套的 AST-GP67、AST-N335、AST-XN04 药敏板进行药敏试验。

1.4 统计分析 应用 R 4.3.2 软件进行 PSM,应用 SPSS 24.0 进行统计学分析。计量资料采用均数±标准差表示,采用 *t* 检验进行比较;计数资料采用例(%)表示,采用卡方检验进行比较;多因素分析采用 logistic 逐步回归分析;*P*≤0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 匹配前后两组患者一般资料比较 共选取 2019 年 1 月—2023 年 12 月诊断为 CLABSI 的患者 44 例,为感染组,95.45% 的感染组病例经 PSM 法匹配成功,最终纳入感染组 42 例和对照组 168 例。2019—2023 年 CLABSI 发病率为 1.10% (44/40 057)。匹配前两组患者的糖尿病、心功能不全、肾功能不全等情况比较,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05),且有多项协变量 SMD 值>0.1,不具有可比性。匹配后两组患者一般资料比较,除年龄略>0.1,其余变量 SMD 值均<0.1,并且采用 PSM 后 7 个协变量在组间分布的 *P* 值均>0.05,表明两个组别之间的协变量平衡得到改善。均衡性较好,见表 1。

表 1 匹配前后两组患者基本临床资料

Table 1 Baseline characteristics of two groups of patients before and after matching

基本资料	匹配前		$t/\chi^2$	$P$	SMD	匹配后		$t/\chi^2$	$P$	SMD
	感染组 ( $n = 44$ )	非感染组 ( $n = 4\ 366$ )				感染组 ( $n = 42$ )	对照组 ( $n = 168$ )			
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	65.09 ± 15.07	66.29 ± 15.43	0.51	0.609	-0.079	65.38 ± 15.34	67.45 ± 15.39	0.78	0.436	-0.118
性别[例(%)]			1.66	0.198	0.186			0.61	0.433	0.012
男	24(54.5)	2 791(63.9)				24(57.1)	107(63.7)			
女	20(45.5)	1 575(36.1)				18(42.9)	61(36.3)			
糖尿病[例(%)]			15.09	<0.001	0.509			0.70	0.401	-0.024
有	22(50.0)	1 073(24.6)				20(47.6)	68(40.5)			
无	22(50.0)	3 293(75.4)				22(52.4)	100(59.5)			
高血压[例(%)]			2.49	0.114	0.246			0.12	0.727	0.004
有	27(61.4)	2 157(49.4)				25(59.5)	95(56.5)			
无	17(38.6)	2 209(50.6)				17(40.5)	73(43.5)			
恶性肿瘤[例(%)]			0.03	0.868	-0.026			<0.01	1.000	0.087
有	6(13.6)	634(14.5)				5(11.9)	20(11.9)			
无	38(86.4)	3 732(85.5)				37(88.1)	148(88.1)			
心功能不全[例(%)]			15.77	<0.001	-0.603			-	-	<0.001
有	0(0)	1 155(26.5)				0(0)	0(0)			
无	44(100)	3 211(73.5)				42(100)	168(100)			
肾功能不全[例(%)]			8.91	0.003	0.454			0.18	0.676	-0.049
有	27(61.4)	1 714(39.3)				25(59.5)	94(56.0)			
无	17(38.6)	2 652(60.7)				17(40.5)	74(44.0)			

2.2 倾向评分的分布情况 图 1 中的圆圈代表样本,横坐标指代倾向评分,底部为未匹配的对照组样本。未匹配的对照组样本多为倾向评分得分低的单元。匹配后,中间两组感染组和对照组评分趋于接近,符合预期。匹配后,感染组与对照组之间的倾向评分的分布更加接近,匹配效果较好,见图 2。

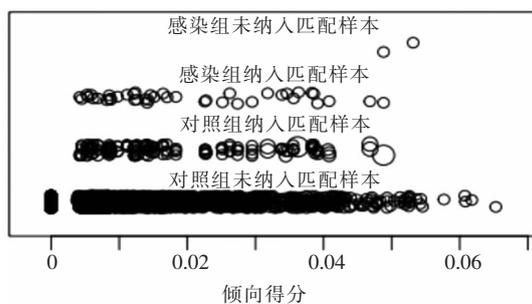
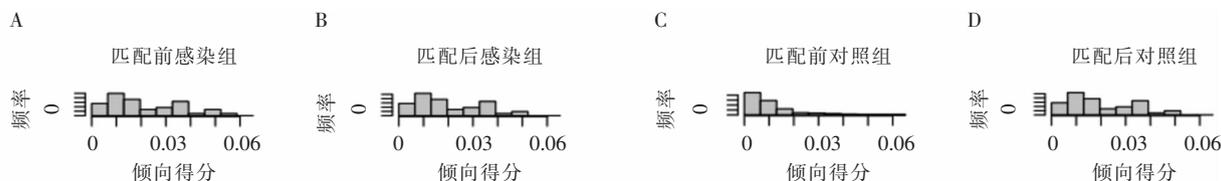


图 1 倾向评分的分布图

Figure 1 Distribution of propensity score



注:AC 为未匹配的直方图;BD 为匹配后的直方图。

图 2 倾向评分分布直方图

Figure 2 Histogram of propensity score distribution

2.3 CLABSI 病原菌分布 42 例感染组患者中共分离出病原菌 118 株,以革兰阴性菌为主(56 株,占 47.4%),主要为肺炎克雷伯菌(14.4%)、大肠埃希菌(11.0%)、鲍曼不动杆菌(8.5%)。革兰阳性菌 52 株(占 44.1%),以金黄色葡萄球菌为主(11.9%),其次是表皮葡萄球菌(8.5%)。肺炎克雷伯菌、金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌是引起 CLABSI 前三位的病原菌,见表 2。

2.4 CLABSI 影响因素单因素分析 匹配基本临床资料后,对 ICU 患者进行 CLABSI 影响因素的单因素分析,结果显示中心静脉置管时间、APACHE II 评分、置管部位、抗菌药物使用、联合使用抗菌药物、C 反应蛋白异常比例 6 个因素比较,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),见表 3。

表 2 CLABSI 病原体分布情况

Table 2 Distribution of pathogens causing CLABSI

病原体	菌株数	构成比(%)
<b>革兰阳性菌</b>	<b>52</b>	<b>44.1</b>
金黄色葡萄球菌	14	11.9
表皮葡萄球菌	10	8.5
人葡萄球菌	9	7.6
肠球菌	8	6.8
头状葡萄球菌	8	6.8
溶血葡萄球菌	3	2.5
<b>革兰阴性菌</b>	<b>56</b>	<b>47.4</b>
肺炎克雷伯菌	17	14.4
大肠埃希菌	13	11.0
鲍曼不动杆菌	10	8.5
铜绿假单胞菌	9	7.6
阴沟肠杆菌	7	5.9
<b>真菌</b>	<b>10</b>	<b>8.5</b>
白念珠菌	10	8.5
<b>合计</b>	<b>118</b>	<b>100</b>

表 3 匹配后两组患者 CLABSI 影响因素的单因素分析

Table 3 Univariate analysis on the influencing factors for CLABSI in two groups of patients after matching

因素	感染组 (n = 42)	对照组 (n = 168)	t/ $\chi^2$	P
中心静脉置管时间 ( $\bar{x} \pm s, d$ )	31.00 ± 23.82	6.43 ± 5.90	-14.24	<0.001
APACHE II 评分 ( $\bar{x} \pm s, 分$ )	27.55 ± 8.37	20.84 ± 5.85	-6.042	<0.001
置管部位[例(%)]			23.700	<0.001
颈内静脉	10(23.8)	89(53.0)		
锁骨下静脉	6(14.3)	40(23.8)		
股静脉	26(61.9)	39(23.2)		
使用抗菌药物 [例(%)]			13.130	<0.001
是	42(100)	126(75.0)		
否	0(0)	42(25.0)		
联合使用抗菌药物 [例(%)]			10.683	0.001
≤2 种	9(21.4)	83(49.4)		
≥3 种	33(78.6)	85(50.6)		
手术史[例(%)]			0.450	0.504
是	27(64.3)	117(69.6)		
否	15(35.7)	51(30.4)		
使用呼吸机[例(%)]			2.470	0.115
是	11(26.2)	66(39.3)		
否	31(73.8)	102(60.7)		
导尿管置管[例(%)]			0.214	0.643
是	8(19.0)	27(16.1)		
否	34(81.0)	141(83.9)		
白细胞计数[例(%)]			0.481	0.488
正常值组	17(40.5)	78(46.4)		
异常值组	25(59.5)	90(53.6)		
中性粒细胞计数 [例(%)]			0.583	0.445
正常值组	10(23.8)	50(29.8)		
异常值组	32(76.2)	118(70.2)		
C 反应蛋白[例(%)]			5.241	0.022
正常值组	5(11.9)	49(29.2)		
异常值组	37(88.1)	119(70.8)		

注:白细胞计数正常值为(3.5~9.5) × 10<sup>9</sup>/L;中性粒细胞计数正常值为(1.8~6.3) × 10<sup>9</sup>/L;C 反应蛋白参考范围 0~10 mg/L。

2.5 CLABSI 影响因素的 logistic 回归分析 以是否发生 CLABSI 作为因变量(未发生 CLABSI = 0, 发生 CLABSI = 1), 以匹配后单因素分析有统计学意义的项目为自变量, 进行 logistic 回归分析。APACHE II 评分高[OR = 1.217, 95%CI(1.091~

1.357),  $P < 0.001$ ]、中心静脉置管时间长[OR = 1.273, 95%CI(1.157~1.400),  $P < 0.001$ ]、股静脉置管[OR = 6.846, 95%CI(1.511~31.014),  $P = 0.013$ ]是患者发生 CLABSI 的独立危险因素, 见表 4。

表 4 匹配后两组患者 CLABSI 多因素 logistic 回归分析

Table 4 Multivariate logistic regression analysis on CLABSI in two groups of patients after matching

因素	$\beta$	Wald $\chi^2$	$P$	OR	95%CI
APACHE II 评分	0.196	12.478	$<0.001$	1.217	1.091~1.357
中心静脉置管时间	0.241	24.464	$<0.001$	1.273	1.157~1.400
颈内静脉置管(参照组)	-	9.581	0.008	-	-
锁骨下静脉置管	-0.409	0.197	0.657	0.664	0.109~4.036
股静脉置管	1.924	6.228	0.013	6.846	1.511~31.014
常量	-29.742	0	0.995	-	-

注: - 表示无数据。

### 3 讨论

PSM 是一种非随机对照研究常用的统计方法, 能消除随机化分组研究中的混杂偏差, 广泛应用于统计、医学和社会科学文献中<sup>[6]</sup>。PSM 是由 Rosenbaum 和 Rubin 在 1983 年首次提出的一种非随机化研究的新方法, 可以控制影响因素在组间分布的不均衡, 可以最小化混杂偏倚, 增加组间对比的均衡性, 使研究因素更具有真实性<sup>[8]</sup>。近年来国内外应用 PSM 进行危险因素的研究逐渐增多, 但是目前将其应用于 CLABSI 危险因素的分析较少见。本研究感染组和对照组的样本量差别较大, 为尽可能保留原样本的信息, 采用 1:4 匹配, 因为相关研究结果显示在某些情况下, 1:n 匹配可以更好的减少估计的偏倚<sup>[9]</sup>。本研究通过 PSM 匹配两组患者临床基本资料后, 分析 2019—2023 年与 CLABSI 相关的独立危险因素, 两组之间的基线特征平衡且具有可比性。分析结果显示, CLABSI 相关危险因素为高 APACHE II 评分、中心静脉置管时间长和股静脉置管, 检出病原菌革兰阳性菌 52 株, 革兰阴性菌 56 株, 真菌 10 株。

ICU 患者发生 CLABSI 的风险较高, 由于频繁置入一种或者多种导管, 尤其紧急置入无菌操作未实施到位的情况下导致感染风险更高。阿曼 2 所三级医院 ICU 的 CLABSI 相关危险因素研究显示, CLABSI 发病率均超过 8 例/1 000 导管日<sup>[10]</sup>。本

文末匹配前 CLABSI 发病率为 1.10%, 处于较低水平; 高于吕倩等<sup>[11]</sup>的研究, 采取精细化防控措施干预前 CLABSI 发病率为 0.15%, 说明针对 CLABSI 发生危险因素采取干预措施, 对预防感染有效。低于相关研究结果(CLABSI 发病率分别为 3.12%<sup>[12]</sup>、2.46%<sup>[13]</sup>), 可能与该院更加重视医院感染防控工作, 增加感染防控投入, 每周对 ICU“三管”进行督查有关。

本研究中 CLABSI 患者导管置管平均持续时间为 31 d, 远高于非 CLABSI 组的 6.43 d, 与国外的一项研究<sup>[14]</sup>结果类似, ICU CLABSI 患者的平均导管置管时间 25.3 d, 而未感染的 ICU 置管患者的平均导管置管时间为 8.8 d。研究<sup>[15-16]</sup>均表明, 导管留置时间越长发生 CLABSI 的风险越高; 杨婷等<sup>[17]</sup>研究量化 CLABSI 死亡风险比发现, 置管时间 >7 d 的患者发生死亡的风险是 ≤7 d 的 49 倍; 李元叶等<sup>[18]</sup>研究报道 ICU 置管时间 >14 d 的患者发生 CLABSI 的风险是置管时间 <14 d 的 6.3 倍。细菌生长繁殖与迁移需要一定的时间, 患者血管导管留置越久, 定植在导管上的细菌被带进血液的机会就越大, 细菌繁殖越多, 进入血液的细菌量就越多, 从而导致 CLABSI 的发生<sup>[12]</sup>。临床医生需要避免不必要的导管置管, 并及时拔除不再需要的 CVC<sup>[19]</sup>。

APACHE II 评分使用基于 12 项常规生理测量初始值、年龄和既往健康状况评分评估疾病严重程度的一般衡量标准, 0~71 分, 得分越高, 病情越严重<sup>[20]</sup>。本文 APACHE II 分值是由 ICU 质控医生

对 ICU 患者入科 24 h 内进行评分,其中感染组的 APACHE II 分值为 $(27.55 \pm 8.37)$ 分,高于对照组的 $(20.84 \pm 5.85)$ 分,差异具有统计学意义( $P < 0.001$ )。研究<sup>[1]</sup>显示 APACHE II 评分  $> 20$  分是发生 CLABSI 的危险因素。高 APACHE II 评分患者发生鲍曼不动杆菌血流感染的风险较低 APACHE II 评分患者高( $OR = 1.163, P < 0.05$ )<sup>[21]</sup>,但也有研究<sup>[22]</sup>表明 APACHE II 评分和 CLABSI 无相关性。

与其颈内静脉置管位点相比,股静脉置管患者 CLABSI 发病率增加 6 倍( $OR = 6.846, P < 0.001$ ),值得注意的是,本研究中大多 CVC 是通过颈内静脉插入,但其对 CLABSI 的危险较低。不同的文献研究对置管部位分析的结果有差异,有研究表明股静脉置管的风险较高,而锁骨下静脉置管的风险较低<sup>[23]</sup>;而有研究<sup>[24]</sup>结果表明没有差异。主要原因是股静脉部位携带明显的腹股沟分泌物污染源,容易被排泄物污染<sup>[19]</sup>。一项对 ICU 患者 CLABSI 的干预研究<sup>[25]</sup>表明,干预后股静脉与多部位同时置管的比例减少,以及锁骨下静脉置管比例增加后,CLABSI 发病率降低。对 ICU 患者 CLABSI 的 Meta 分析显示,股静脉置管发生感染的风险增加 2.44 倍<sup>[26]</sup>,因此,很多临床实践指南建议应避免使用股静脉部位,但 CVC 的首选放置部位需要基于置管者的技能和专业知识,超声引导放置的可用性和专业知识,出血和其他并发症(气胸)的风险,以及放置的紧迫性最终来决定<sup>[23]</sup>。对于感染性和非感染性并发症,必须单独考虑不同置入部位的风险和益处,例如有颈静脉置管的患者如果同时进行气管造口术,可能有更高的感染风险。该院是当地最大三级综合医院,收治危重患者较多,由于在紧急和高风险的情况下,股静脉的置入途径往往具有更低的置入风险<sup>[27]</sup>,因此本研究中感染组股静脉置管患者占比较高。

一项对西安地区的研究<sup>[28]</sup>结果表明,ICU 患者静脉导管相关感染病原菌以革兰阳性菌为主,即凝固酶阴性葡萄球菌;随着时间变化,病原菌的流行病学发生变迁,革兰阴性菌占比越来越多<sup>[24,29-30]</sup>;一项对 ICU 患者 CLABSI 5 年病原学演变研究<sup>[31]</sup>结果表明,革兰阴性菌是 CLABSI 的主要致病菌。本研究 CLABSI 主要检出病原菌是革兰阴性的肺炎克雷伯菌,肺炎克雷伯菌是医院感染常见的条件致病菌,与一项前瞻性观察研究<sup>[32]</sup>结果一致,肺炎克雷伯菌占 CLABSI 的 48%。也有研究<sup>[33]</sup>显示 CLABSI 最常见的病原菌是多重耐药鲍曼不动杆菌,占 27.1%,可能是因为患者机体出现免疫力低下及大

量使用广谱抗菌药物时,容易发生感染。

综上所述,本研究结果表明,引起 CLABSI 感染的独立危险因素有高 APACHE II 评分、中心静脉置管时间长及股静脉置管。此外,CLABSI 的流行病学趋向革兰阴性病原体。由于革兰阴性感染与高病死率有关,尤其是多重耐药菌,经验性治疗时应着重考虑。通过对 CLABSI 危险因素的研究和病原菌流行病学的监测,有助于尽早采取预防干预策略,同时也为 CLABSI 风险预测评分模型构建提供理论依据。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参考文献]

- [1] 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.  
Sun NX, Jia WH, Song YM, et al. Pathogens and prediction model for central line-associated bloodstream infections in intensive care unit patients receiving parenteral nutrition[J]. Journal of Nursing Science, 2023, 38(20): 89-92.
- [2] 王敏,杨昕,周燕平,等. ICU 患者深静脉导管留置时间与导管相关血流感染的关系研究[J]. 检验医学与临床, 2019, 16(12): 1763-1766.  
Wang M, Yang X, Zhou YP, et al. The relationship between duration of catheter insertion and central line-associated bloodstream infections in intensive care unit patients[J]. Laboratory Medicine and Clinic, 2019, 16(12): 1763-1766.
- [3] Lissauer ME, Leekha S, Preas MA, et al. Risk factors for central line-associated bloodstream infections in the era of best practice[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 72(5): 1174-1180.
- [4] Ippolito P, Larson EL, Furuya EY, et al. Utility of electronic medical records to assess the relationship between parenteral nutrition and central line-associated bloodstream infections in adult hospitalized patients[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2015, 39(8): 929-934.
- [5] Kim IJ, Shim DJ, Lee JH, et al. Impact of subcutaneous tunnels on peripherally inserted catheter placement: a multicenter retrospective study[J]. Eur Radiol, 2019, 29(5): 2716-2723.
- [6] Austin PC. Balance diagnostics for comparing the distribution of baseline covariates between treatment groups in propensity-score matched samples[J]. Stat Med, 2009, 28(25): 3083-3107.
- [7] 中华医学会重症医学分会. 血管内导管相关感染的预防与治疗指南(2007)[J]. 中国实用外科杂志, 2008, 28(6): 413-421.

- Critical Care Medicine Branch of the Chinese Medical Association. Guidelines for prevention and treatment of vessel catheter associated infection (2007) [J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2008, 28(6): 413 - 421.
- [8] Rosenbaum PR, Rubin DB. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects[J]. Biometrika, 1983, 70(1): 41 - 55.
- [9] Ming K, Rosenbaum PR. Substantial gains in bias reduction from matching with a variable number of controls[J]. Biometrics, 2000, 56(1): 118 - 124.
- [10] Al-Shukri RN, Al-Rawajfah OM, Al-Daken L, et al. ICU-acquired central line-associated bloodstream infection and its associated factors in Oman[J]. Am J Infect Control, 2022, 50(9): 1026 - 1031.
- [11] 吕倩, 赖晓全, 魏诗晴, 等. 应用精细化防控措施降低中心静脉导管相关血流感染发病率[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(4): 363 - 367.
- Lv Q, Lai XQ, Wei SQ, et al. Application of precise prevention and control measures in reducing incidence of central venous catheter-related bloodstream infection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(4): 363 - 367.
- [12] 王平. 中心静脉导管相关血流感染的危险因素及病原菌分析[D]. 太原: 山西医科大学, 2023.
- Wang P. Risk factors and pathogenic bacteria of central line-associated bloodstream infection[D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2023.
- [13] 李怡, 王志翔, 李婧, 等. 2017—2019 年某医院综合 ICU 医院感染目标监测分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(6): 929 - 932.
- Li Y, Wang ZX, Li J, et al. Targeted surveillance of nosocomial infection in ICU of a hospital from 2017 to 2019[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(6): 929 - 932.
- [14] Frasca D, Dahyot-Fizelier C, Mimoz O. Prevention of central venous catheter-related infection in the intensive care unit[J]. Crit Care, 2010, 14(2): 212.
- [15] Jansen SJ, Broer SDL, Hemels MAC, et al. Central-line-associated bloodstream infection burden among Dutch neonatal intensive care units[J]. J Hosp Infect, 2024, 144: 20 - 27.
- [16] Miliaraki M, Katzilakis N, Chranioti I, et al. Central line-associated bloodstream infection in childhood malignancy: single-center experience[J]. Pediatr Int, 2017, 59(7): 769 - 775.
- [17] 杨婷, 李迎霞, 王晨钟, 等. 神经外科中心静脉导管相关血流感染病原学及死亡危险因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(1): 86 - 90.
- Yang T, Li YX, Wang CZ, et al. Etiological characteristics of central venous catheter-related bloodstream infection in neurosurgery department and risk factors for death[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(1): 86 - 90.
- [18] 李元叶, 袁欢欢, 王盟. 某医院重症监护病房住院患者导管相关血流感染病原菌特点及危险因素分析[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(2): 108 - 110, 113.
- Li YY, Yuan HH, Wang M. Analysis of the characteristics and risk factors of CRBSI infection pathogens in ICU inpatients of a hospital[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2020, 37(2): 108 - 110, 113.
- [19] Böll B, Schalk E, Buchheidt D, et al. Central venous catheter-related infections in hematology and oncology; 2020 updated guidelines on diagnosis, management, and prevention by the Infectious Diseases Working Party (AGIHO) of the German Society of Hematology and Medical Oncology (DGHO) [J]. Ann Hematol, 2021, 100(1): 239 - 259.
- [20] Shahi S, Paneru H, Ojha R, et al. SOFA and APACHE II scoring systems for predicting outcome of neurological patients admitted in a tertiary hospital intensive care unit[J]. Ann Med Surg (Lond), 2024, 86(4): 1895 - 1900.
- [21] 凌勇, 蔡依含, 叶龙, 等. 危重症监护室泛耐药鲍曼不动杆菌血流感染的危险因素及预后[J]. 临床与病理杂志, 2023, 43(8): 1539 - 1546.
- Ling Y, Cai YH, Ye L, et al. Risk factors and prognosis of extensively drug resistant *Acinetobacter baumannii* bloodstream infection in critical care unit[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2023, 43(8): 1539 - 1546.
- [22] Walz JM, Ellison RT 3rd, Mack DA, et al. The bundle "plus": the effect of a multidisciplinary team approach to eradicate central line-associated bloodstream infections [J]. Anesth Analg. 2015, 120(4): 868 - 876.
- [23] Pitiriga V, Kanellopoulos P, Bakalis I, et al. Central venous catheter-related bloodstream infection and colonization: the impact of insertion site and distribution of multidrug-resistant pathogens[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2020, 9(1): 189.
- [24] Moriyama K, Ando T, Kotani M, et al. Risk factors associated with increased incidences of catheter-related bloodstream infection[J]. Medicine (Baltimore), 2022, 101(42): e31160.
- [25] 范润平, 龚青霞, 巩文花, 等. ICU 患者中心静脉导管血流感染危险因素的 Meta 分析[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(4): 335 - 340.
- Fan RP, Gong QX, Gong WH, et al. Meta-analysis on risk factors for central venous catheter-related bloodstream infection in intensive care unit patients[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2018, 17(4): 335 - 340.
- [26] Marshall J, Mermel LA, Fakhri M, et al. Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute care hospitals: 2014 update[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2014, 35(7): 753 - 771.
- [27] Health Protection Surveillance Center. Prevention of intravascular catheter-related infection in Ireland[EB/OL]. [2024 - 03 - 10]. <https://www.hpsc.ie/a-z/microbiologyantimicrobialresistance/infectioncontrolandhai/intravascularivlines/publications/File,4115,en.pdf>.
- [28] 王慧萍, 王佩, 高艳玲, 等. 2020—2022 年西安地区三甲医院重症医学科静脉导管相关血流感染病原菌特征及耐药性分析[J]. 华南预防医学, 2023, 49(12): 1551 - 1555.
- Wang HP, Wang P, Gao YL, et al. Pathogenic characteristics

and drug resistance of venous catheter-related bloodstream infections in the intensive care department of class A tertiary hospitals in Xi'an, 2020 - 2022[J]. South China Journal of Preventive Medicine, 2023, 49(12): 1551 - 1555.

[29] Lin KY, Cheng A, Chang YC, et al. Central line-associated bloodstream infections among critically-ill patients in the era of bundle care[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2017, 50(3): 339 - 348.

[30] 徐腾飞, 刘志武, 金凤玲. 2012—2015 年医院血流感染病原菌分布及耐药性变迁[J]. 中国感染控制杂志, 2017, 16(10): 936 - 940.

Xu TF, Liu ZW, Jin FL. Changes in distribution and antimicrobial resistance of pathogens causing bloodstream infection in 2012 - 2015[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2017, 16(10): 936 - 940.

[31] Lutufyo TE. ICU 中心静脉相关血流感染五年的流行病学、危险因素和病原学演变[D]. 济南: 山东大学, 2022.

Lutufyo TE. Five-year changes in epidemiology, risk factors and causative pathogens of central-line associated bloodstream infection in an intensive care unit population: a retrospective observational study[D]. Jinan: Shandong University, 2022.

[32] Arunan B, Ahmed NH, Kapil A, et al. Central line-associated bloodstream infections: effect of patient and pathogen factors on outcome[J]. J Glob Infect Dis, 2023, 15(2): 59 - 65.

[33] Pitiriga V, Bakalis J, Kampos E, et al. Duration of central venous catheter placement and central line-associated bloodstream infections after the adoption of prevention bundles: a two-year retrospective study[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2022, 11(1): 96.

(本文编辑:陈玉华)

**本文引用格式:**滕支梅,朱尚,薛寒,等. 基于倾向性评分匹配的 ICU 中心静脉导管相关血流感染危险因素[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(11): 1405 - 1412. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246221.

**Cite this article as:** TENG Zhi-mei, ZHU Shang, XUE Han, et al. Risk factors of central line-associated bloodstream infection in the intensive care unit based on propensity score matching[J]. Chin J Infect Control, 2024, 23(11): 1405 - 1412. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246221.