DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263403

·论著·

造血干细胞移植患者不同类型血流感染的流行病学特征及疾病负担

韩焕菊[1],宋晓超[2],丁　蔚[2],金美娟[2],徐溢涛[3]
(苏州大学附属第一医院 1. 医务管理处;2. 感染管理处;3. 学科办公室,江苏 苏州　215006)

[摘　要] **目的**　探讨造血干细胞移植(HSCT)患者黏膜屏障损伤血流感染(MBI-LCBI)、中心静脉导管相关血流感染(CLABSI)和继发性血流感染(SBSI)的流行病学特征和疾病负担,为临床防控提供数据支持。**方法**　回顾性调查 2022 年 1 月—2025 年 12 月 HSCT 血流感染患者的临床资料和实验室数据,分析其感染发病率、病原菌分布及临床预后。**结果**　1 895 例 HSCT 住院患者的血流感染例次发病率为 10.50%(199 例次)。MBI-LCBI、SBSI、CLABSI 占比分别为 69.85%、17.59%、12.56%。三种类型感染的例次发病率在 50～60 岁患者中较高,MBI-LCBI 在骨髓增生异常综合征、慢性髓细胞白血病、再生障碍性贫血、急性髓系白血病患者中高发。SBSI 的原发感染部位以下呼吸道为主(占 74.28%)。MBI-LCBI 检出菌以大肠埃希菌、屎肠球菌、肺炎克雷伯菌、阴沟肠杆菌为主,CLABSI 主要检出铜绿假单胞菌、人葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、嗜麦芽窄食单胞菌,SBSI 检出菌中以铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌、阴沟肠杆菌占比较高。CLABSI 中多重耐药菌检出较少,MBI-LCBI 中耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP)和耐碳青霉烯类大肠埃希菌(CREC)检出较多,SBSI 中耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(CRAB)、CRKP、耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌(CRPA)的占比为 25.00%～37.50%。三种血流感染类型比较,30 天病死率、转入重症监护病房(ICU)比例、感染性休克发病率、住院日数、中心静脉置管日数、住院费用差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。MBI-LCBI 患者耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(CRE)和碳青霉烯类敏感肠杆菌目细菌(CSE)疾病负担指标差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。**结论**　HSCT 患者血流感染以 MBI-LCBI 为主,不同感染类型病原谱差异较大,但疾病负担差异无统计学意义,应根据发病机制差异做好精细化感染管理。

[关　键　词] 造血干细胞移植;血流感染;病原体;疾病负担;感染防控
[中图分类号] R181.3+2

Epidemiological characteristics and disease burden of different types of bloodstream infections in patients undergoing hematopoietic stem cell transplantation

HAN Huanju[1], *SONG Xiaochao*[2], *DING Wei*[2], *JIN Meijuan*[2], *XU Yitao*[3] (1. *Department of Medical Management*; 2. *Department of Infection Management*; 3. *Office of Discipline Development*, *The First Affiliated Hospital of Soochow University*, *Suzhou* 215006, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To investigate the epidemiological characteristics and disease burden of mucosal barrier injury laboratory-confirmed bloodstream infection (MBI-LCBI), central line-associated bloodstream infections (CLABSI), and secondary bloodstream infections (SBSI) in patients undergoing hematopoietic stem cell transplantation (HSCT), thereby providing data to support clinical prevention and control. **Methods**　A retrospective study was conducted using the clinical and laboratory data of HSCT patients with bloodstream infections from January 2022 to December 2025. The incidence of infection, the distribution of pathogens, and clinical outcomes were analyzed. **Results**　Among 1 895 hospitalized HSCT patients, the BSI incidence was 10.50% (199 episodes). MBI-LCBI, SBSI, and CLABSI accounted for 69.85%, 17.59%, and 12.56% of BSI episodes, respectively. The incidence rates of all three types of infection were relatively high in patients aged 50－60 years. MBI-LCBI occurred relatively frequently in patients with myelodysplastic syndrome, chronic myeloid leukemia, aplastic anemia, and acute myeloid leukemia. The lower respiratory tract was the predominant primary infection site of SBSI (74.28%). The main

[收稿日期]　2026－04－20
[基金项目]　江苏省医院协会医院管理创新研究面上指导项目(JSYGY-3-2025-389);江苏省医院协会医院管理创新研究重点基金资助项目(JSYGY-2-2024-256);苏州市科学技术局医学创新应用研究基金资助项目(SKY2023230);苏州市预防医学会科技项目(SZSYFYXH-KJ-ZL-2026-05)
[作者简介]　韩焕菊(1985－),女(汉族),山东省嘉祥县人,副研究员,主要从事医院管理研究。
[通信作者]　徐溢涛　E-mail:13812732122@163.com;金美娟　E-mail:jinmj06@163.com

pathogens detected in MBI-LCBI were *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Enterobacter cloacae*. The main pathogens detected in CLABSI were *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus hominis*, *Bacillus cereus*, and *Stenotrophomonas maltophilia*, whereas those detected in SBSI mainly included *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, and *Enterobacter cloacae*. Multidrug-resistant organisms were detected less frequently in CLABSI. Carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (CRKP) and carbapenem-resistant *Escherichia coli* (CREC) were detected more frequently in MBI-LCBI, while the proportions of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB), CRKP, and carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* (CRPA) in SBSI ranged from 25.00% to 37.50%. There were no statistically significant differences among the three BSI types in 30-day mortality, proportion of patients admitted to the intensive care unit (ICU), incidence of septic shock, length of hospital stay, duration of central venous catheterization, or hospitalization costs (all $P>0.05$). Among patients with MBI-LCBI, there were no statistically significant differences in disease burden indicators between carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) and carbapenem-sensitive Enterobacteriaceae (CSE) (all $P>0.05$). **Conclusion** Among HSCT patients, bloodstream infections were primarily caused by MBI-LCBI. Pathogen profiles differed considerably among the different infection types, whereas differences in disease burden were not statistically significant. Infection management should be refined according to differences in mechanisms of infection.

[**Key words**] hematopoietic stem cell transplantation; bloodstream infection; pathogen; disease burden; infection prevention and control

造血干细胞移植(hematopoietic stem cell transplantation, HSCT)是临床治疗恶性血液病、非恶性难治性血液病等疾病的重要手段,其适应证范围不断扩大并广泛应用。HSCT 是多数血液病有效甚至唯一的根治手段,可提高患者治愈率和长期生存率[1]。但预处理和免疫抑制剂应用等操作增加了患者骨髓抑制及口腔、消化道黏膜屏障破损等并发症和各类感染的发生风险[2-3]。血流感染(bloodstream infection, BSI)是 HSCT 后最常见的感染类型之一,其发病率高达 27%～43%,且与患者住院时间延长、医疗费用增加及病死率升高密切相关[4-5]。当合并多重耐药菌(multi-drug resistant organism, MDRO)感染时,进一步增加了患者的疾病负担[6-7]。BSI 主要分为原发性 BSI 和继发性 BSI (secondary bloodstream infection, SBSI)[8],针对不同类型 BSI 在发病机制和危险因素等方面的差异制定精细化防控策略,对降低感染发病率和改善预后具有重要意义。2013 年美国疾病预防控制中心(CDC)和国家医疗安全网络(NHSN)提出实验室证实的黏膜屏障损伤 BSI(mucosal barrier injury laboratory-confirmed bloodstream infection, MBI-LCBI)的定义,以此有效区分中心静脉导管相关 BSI(central line-associated bloodstream infection, CLABSI)。目前,针对三种感染类型的感染发病率、病原菌分布、临床预后等的相关研究仍较有限。因此,本文对 HSCT 患者的 CLABSI、MBI-LCBI 和 SBSI 的流行病学特征和疾病负担进行研究,以期为临床感染诊疗和防控提供循证依据。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 纳入苏州大学附属第一医院 2022 年 1 月—2025 年 12 月 HSCT 后发生 BSI 的患者为研究对象。BSI 医院感染诊断依据美国 CDC/NHSN 2025 年监测标准[9]。纳入标准:(1)BSI 患者;(2)年龄≥18 岁。排除标准:(1)入院前存在 BSI;(2)非 HSCT 患者。三类 BSI 患者疾病负担比较时,排除以下病例:(1)同时存在两类及以上 BSI;(2)住院研究数据不完整;(3)合并其他部位感染。MBI-LCBI 患者耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(CRE)与碳青霉烯类敏感肠杆菌目细菌(CSE)疾病负担分析时,纳入菌种为大肠埃希菌和肺炎克雷伯菌,排除同时合并其他细菌感染的患者。本研究经该院伦理委员会批准(伦理审批号:2026 伦审批 第 262 号)。

1.2 *研究方法*

1.2.1 *资料收集* 通过“医院感染实时监控系统”回顾性收集患者临床资料和微生物检验结果等信息,分析其感染发病率、病原菌分布、住院时间、住院费用、感染性休克发病率等。

1.2.2 *细菌鉴定及药敏分析* 采用 VITEK MS 全自动微生物质谱检测系统进行快速细菌鉴定,VITEK 2 Compact 全自动细菌鉴定和药敏仪(法国 Bio-Merieux 公司)及配套检测卡进行细菌鉴定和药敏试验。药敏试验结果根据美国临床实验室标准化协会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)相关标准[10]判断。采集标本应在抗菌药物治疗之前或在疾病初发时,按无菌操作规范采集足量

标本置于无菌容器，室温立即送检。重点监测MDRO包括耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP)、耐碳青霉烯类大肠埃希菌(CREC)、耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(CRAB)、耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌(CRPA)和耐万古霉素肠球菌(VRE)。

1.3　统计分析　应用SPSS 23.0软件进行数据分析。计量资料符合正态分布时以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，多组间比较采用单因素方差分析(One-way ANOVA)；非正态连续变量以中位数(四分位数)[$M(P_{25},P_{75})$]描述，多组间比较采用*Kruskal-Wallis*秩和检验。计数资料以例数和百分比表示，组间比较采用χ^2检验或*Fisher*确切概率法。$P\leqslant0.05$为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　BSI情况　1 895例HSCT住院患者共发生BSI 199例次，感染例次发病率为10.50%。其中，MBI-LCBI为139例次(69.85%)，CLABSI为25例次(12.56%)，SBSI为35例次(17.59%)。50～60岁患者MBI-LCBI例次发病率为10.46%，高于其他年龄组(6.28%～6.91%)。骨髓增生异常综合征患者的MBI-LCBI例次发病率最高(13.21%)，混合表型急性白血病患者CLABSI例次发病率为10.34%，再生障碍性贫血患者的SBSI例次发病率为4.41%，见表1。

表1　HSCT患者BSI情况

Table 1　Occurrence of BSI in HSCT patients

变量	病例数(例)	MBI-LCBI		CLABSI		SBSI	
		感染例次数(例次)	感染例次发病率(%)	感染例次数(例次)	感染例次发病率(%)	感染例次数(例次)	感染例次发病率(%)
性别							
男	1 088	76	6.99	18	1.65	24	2.21
女	807	63	7.81	7	0.87	11	1.36
年龄(岁)							
≤39	780	49	6.28	10	1.28	13	1.67
40～49	550	38	6.91	6	1.09	9	1.64
50～60	392	41	10.46	8	2.04	9	2.30
≥61	173	11	6.36	1	0.58	4	2.31
疾病类型							
急性髓系白血病	839	69	8.22	13	1.55	22	2.62
骨髓增生异常综合征	212	28	13.21	4	1.89	7	3.30
急性淋巴细胞白血病	329	16	4.86	3	0.91	2	0.61
再生障碍性贫血	68	6	8.82	0	0	3	4.41
多发性骨髓瘤	171	5	2.92	1	0.58	0	0
非霍奇金淋巴瘤	133	4	3.01	1	0.75	0	0
混合表型急性白血病	29	2	6.90	3	10.34	0	0
慢性髓细胞白血病	41	5	12.20	0	0	0	0
其他血液病	73	4	5.48	0	0	1	1.37
合计	1 895	139	7.34	25	1.32	35	1.85

2.2　SBSI原发感染部位分布　SBSI原发感染部位主要为下呼吸道，占比高达74.28%；其次为口腔(11.43%)和肛周(8.57%)。见表2。

2.3　检出病原体分布　共检出病原体202株，其中MBI-LCBI检出141株，革兰阴性菌占比68.79%，革兰阳性菌占比26.95%；CLABSI检出病原体26株，革兰阳性菌和革兰阴性菌占比分别为50.00%、46.15%；SBSI检出病原体35株，主要为革兰阴性菌(88.57%)。见表3。

表2　HSCT患者SBSI原发感染部位分布

Table 2　Distribution of primary infection sites in HSCT patients with SBSI

原发感染部位	感染例次数(例次，$n=35$)	构成比(%)
下呼吸道	26	74.28
口腔	4	11.43
肛周	3	8.57
泌尿道	1	2.86
生殖系统	1	2.86

表 3 HSCT 患者 BSI 病原体构成

Table 3 Pathogen distribution of BSI in HSCT patients

病原体	MBI-LCBI(n = 141*)		CLABSI(n = 26#)		SBSI(n = 35)	
	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)
革兰阴性菌	97	68.79	12	46.15	31	88.57
大肠埃希菌	46	32.62	0	0	4	11.43
肺炎克雷伯菌	32	22.69	0	0	6	17.15
阴沟肠杆菌	16	11.35	0	0	4	11.43
铜绿假单胞菌	0	0	7	26.92	9	25.71
嗜麦芽窄食单胞菌	0	0	3	11.53	2	5.71
鲍曼不动杆菌	0	0	1	3.85	3	8.57
其他革兰阴性菌	3	2.13	1	3.85	3	8.57
革兰阳性菌	38	26.95	13	50.00	3	8.57
屎肠球菌	33	23.40	0	0	2	5.71
缓症链球菌	2	1.42	0	0	0	0
人葡萄球菌	0	0	6	23.08	0	0
蜡样芽孢杆菌	0	0	4	15.38	0	0
溶血葡萄球菌	0	0	2	7.69	1	2.86
其他革兰阳性菌	3	2.13	1	3.85	0	0
真菌	6	4.26	1	3.85	1	2.86
热带念珠菌	4	2.84	0	0	0	0
白念珠菌	1	0.71	0	0	0	0
近平滑念珠菌	1	0.71	0	0	0	0
星状丝孢酵母菌	0	0	1	3.85	0	0
星状毛孢子菌	0	0	0	0	1	2.86

注：* 表示 139 例次 MBI-LCBI 患者有 2 例存在 2 种细菌感染，共检出病原体 141 株；# 表示 25 例次 CLABSI 患者有 1 例存在 2 种细菌感染，共检出病原体 26 株。

2.4 检出 MDRO 分布 共检出 MDRO 48 株，其中 MBI-LCBI 检出 38 株，以 CRKP 和 CREC 为主，分别占 57.89%、42.11%；CLABSI 检出 2 株，CRAB、CRPA 各 1 株；SBSI 检出 8 株，CRAB、CRKP、CRPA、VRE 占比为 12.50%～37.50%，见表 4。

表 4 HSCT 患者 BSI 检出 MDRO 构成情况

Table 4 Distribution of MDROs detected in BSI among HSCT patients

MDRO	MBI-LCBI(n = 38)		CLABSI(n = 2)		SBSI(n = 8)	
	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)
CRKP	22	57.89	0	0	2	25.00
CREC	16	42.11	0	0	0	0
CRPA	0	0	1	50.00	2	25.00
CRAB	0	0	1	50.00	3	37.50
VRE	0	0	0	0	1	12.50

2.5 BSI 疾病负担 为分析三种 BSI 各单一类型的疾病负担，MBI-LCBI 中排除 23 例患者（11 例合并其他部位感染、5 例研究数据缺失、7 例存在 2 种 BSI 类型），CLABSI 中排除 6 例患者（均存在 2 种

BSI 类型），SBSI 中排除 5 例患者（2 例研究数据缺失、3 例存在 2 种 BSI 类型）。SBSI 患者感染性休克发病率最高（26.67%），MBI-LCBI 和 CLABSI 患者分别为 16.38%、15.79%。三种类型 BSI 患者转入重症监护病房（ICU）治疗占比为 7.76%～10.53%，30 天病死率为 4.31%～10.00%。各类型 BSI 住院日数为 29.00～30.00 d，中心静脉置管日数为 26.50～28.00 d，住院费用为 27.86 万元～31.95 万元。各项疾病负担指标差异均无统计学意义（均 $P>0.05$），见表 5。

表 5　HSCT 患者 BSI 疾病负担

Table 5　Disease burden of BSI in HSCT patients

变量	MBI-LCBI（$n=116$）	CLABSI（$n=19$）	SBSI（$n=30$）	χ^2	P
感染性休克[例（%）]	19（16.38）	3（15.79）	8（26.67）	1.778	0.429
转入 ICU[例（%）]	9（7.76）	2（10.53）	3（10.00）	0.666	0.739
30 天病死率[例（%）]	5（4.31）	1（5.26）	3（10.00）	1.827	0.472
住院日数[$M(P_{25},P_{75})$，d]	30.00（27.00，35.75）	29.00（26.00，37.00）	29.00（26.75，34.00）	0.577	0.749
中心静脉置管日数[$M(P_{25},P_{75})$，d]	28.00（24.00，33.00）	28.00（26.00，34.00）	26.50（21.75，32.00）	2.273	0.321
住院费用（$\bar{x}\pm s$，万元）	30.40±9.89	27.86±11.59	31.95±10.85	0.922	0.400

2.6　MBI-LCBI 患者 CRE 与 CSE 疾病负担　116 例 MBI-LCBI 患者中，进一步纳入大肠埃希菌和肺炎克雷伯菌 BSI 病例，排除 2 例合并其他细菌感染患者。其中，CSE 组 35 例（肺炎克雷伯菌 15 例，大肠埃希菌 20 例），CRE 组 31 例（CRKP 15 例，CREC 16 例）。CSE 组的感染性休克发病率为 17.14%，CRE 组为 6.45%，差异无统计学意义（$P=0.342$）。两组间患者转入 ICU 比例、30 天病死率、住院日数、中心静脉置管日数、住院费用差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。见表 6。

表 6　MBI-LCBI 患者 CRE 与 CSE 疾病负担

Table 6　Disease burden of CRE and CSE among HSCT patients with MBI-LCBI

变量	CRE（$n=31$）	CSE（$n=35$）	χ^2/t	P
感染性休克[例（%）]	2（6.45）	6（17.14）	0.903	0.342
转入 ICU[例（%）]	0（0）	1（2.86）	-	1.000
30 天病死率[例（%）]	1（3.23）	1（2.86）	-	1.000
住院日数（$\bar{x}\pm s$，d）	30.71±7.52	33.37±10.52	-1.169	0.247
中心静脉置管日数（$\bar{x}\pm s$，d）	27.13±7.57	30.11±12.38	-1.163	0.249
住院费用（$\bar{x}\pm s$，万元）	29.85±8.71	28.54±10.62	0.546	0.587

注：- 表示采用 *Fisher* 确切概率法。

3　讨论

BSI 是 HSCT 患者常见且严重的并发症，总体发病率为 9.5%～55.0%，病死率为 7.5%～15.3%[11-12]。本研究中 HSCT 患者 BSI 例次发病率较低，考虑主要与纳入 HSCT 患者的基础疾病、预处理方案、随访时长及感染监测标准等差异有关。研究指出[13-14]，CLABSI 中有 15%～40%被归类为 MBI-LCBI，而本研究中 MBI-LCBI 占比高达 69.85%，这可能与疾病类型、研究人群等差异有关。三种类型 BSI 在不同性别患者中分布相近，但在不同年龄组和不同疾病类型中有较大差异。从年龄分布看，50～60 岁年龄组 BSI 例次发病率最高，MBI-LCBI、CLABSI 和 SBSI 分别为 10.46%、2.04%、2.30%，但不同年龄组三种类型感染构成比相似。在疾病类型方面，MBI-LCBI 高发于骨髓增生异常综合征、慢性髓细胞白血病、再生障碍性贫血、急性髓系白血病；CLABSI 主要见于混合表型急性白血病；SBSI 多见于再生障碍性贫血、骨髓增生异常综合征、急性髓系白血病。

HSCT 患者 BSI 病原菌以革兰阳性菌为主[15]，也有研究[16-17]显示革兰阴性菌占比较高。MBI-LCBI 的发病机制主要为黏膜屏障损伤导致内源性

病原体进入血液，从而引起感染。预处理、移植物抗宿主病等导致消化系统黏膜上皮细胞增殖功能和完整性破坏及细胞间紧密连接受损，口腔、肠道菌群容易通过细胞旁易位/跨细胞易位进入血液。因此，MBI-LCBI 病原谱主要包括肠道来源机会性病原体及链球菌、罗氏菌等口腔来源菌[18]。本文中 MBI-LCBI 病原谱主要为肠球菌属和革兰阴性杆菌，念珠菌属占比相对较低。口腔菌群占比较低，仅检出缓症链球菌(1.42%)，提示口腔细菌易位发生率较低，应重点关注对肠道菌群的防控。CLABSI 的感染途径主要包括：(1)置管部位皮肤菌群沿导管外表面迁移至导管尖端；(2)导管接头操作污染导致病原体腔内定植；(3)继发性感染灶病原体经血流定植在导管内腔；(4)输注污染的液体。本研究中 CLABSI 检出菌以凝固酶阴性葡萄球菌和铜绿假单胞菌为主，与国内报道[19]一致。需要指出的是，原发性 BSI 中 MBI-LCBI、CLABSI 的分类是基于监测标准，与实际临床诊断可能存在一定差异。有研究[13]提出，合并黏膜炎时将铜绿假单胞菌纳入 MBI 病原体可能更加符合临床实际。

SBSI 主要起源于肺炎、腹腔感染等明确感染灶，病原体从原发感染灶直接侵入血液或通过淋巴循环播散至血液[20-21]。SBSI 病原菌因原发感染部位不同而有所差异。血液病伴粒细胞缺乏患者 SBSI 常见原发感染灶包括肺部(60.0%)、上呼吸道(9.6%)和皮肤软组织(6.4%)[22]。本研究中，HSCT 患者 SBSI 的原发感染部位以下呼吸道最为常见(74.28%)，其次为口腔(11.43%)和肛周(8.57%)，泌尿道和生殖系统相对较少。SBSI 病原菌以革兰阴性菌最多见，与下呼吸道感染和皮肤软组织感染的常见致病菌高度匹配。原发灶感染严重程度一般与 BSI 严重性高度相关，对于 SBSI，及时控制原发感染灶并给予有效抗菌治疗十分重要，故需全面筛查以及时识别原发感染部位，并结合原发感染灶常见病原谱和药敏特点进行早期干预。

高强度放射与化学治疗、预防性应用广谱抗菌药物和目标性治疗等破坏了呼吸道和消化道正常微生物群落的生态平衡，CRE 检出增加，并成为优势定植菌和 BSI 高危致病菌[23]。既往研究[24]报道，CRE 筛查阳性率为 11.76%，SBSI 发病率高达 15.22%。HSCT 患者 BSI 中 CRKP 和 CREC 的检出率分别为 28.57%、5.88%[25]。本研究进一步对 MBI-LCBI 患者进行分层分析，检出 CRKP 和 CREC 分别占 MDRO 的 57.89%和 42.11%，提示主动筛查肠道 CRE 定植患者并采取相应隔离措施对预防 BSI 播散和早期诊疗至关重要。CLABSI MDRO 检出率较低，但需注意 CRAB 和 CRPA 容易在皮肤黏膜和导管等处形成生物膜，应重视穿刺部位的皮肤和导管接头等部位的严格消毒[26]。SBSI 中耐碳青霉烯类革兰阴性菌感染多源于下呼吸道感染，由于可选择的药物有限，治疗相对困难，应及时控制原发部位感染和易位风险。此外，VRE 继发于肛周感染，考虑与万古霉素使用增加引起的抗菌药物选择性压力有关，同时使用碳青霉烯类、第三代头孢菌素等广谱抗菌药物造成的肠道菌群紊乱进一步增加了细菌易位风险。

BSI 是各种病原微生物及其毒素侵入血循环导致的系统性炎症反应综合征，严重时可进展为脓毒症、脓毒性休克、多器官衰竭。本研究显示，HSCT 患者感染性休克发病率和 30 天病死率在 SBSI 患者中最高(分别为 26.67%、10.00%)，在 MBI-LCBI 和 CLABSI 患者中较为相似，与国外研究[27]结果有一定差异。但三类 BSI 患者在感染性休克、30 天病死率、转入血液科 ICU 治疗比例、平均住院日数和平均中心静脉置管日数方面差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。国内研究[28]报道，发生 BSI 的血液病患者中，CRE 组病死率(76.9%)远高于 CSE 组(25.6%)。由于纳入人群、治疗方案和随访时间等差异，本研究 MBI-LCBI 患者中 CRE 组和 CSE 组的病死率均较低。MBI-LCBI 的 CRE 和 CSE 组间疾病负担指标差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。各类 BSI 的疾病负担相近，但构成比不同。一方面需落实 CLABSI 的集束化防控措施，并加强原发感染部位的早期识别和诊疗[29]；另一方面，应重点关注针对 MBI-LCBI 黏膜炎的预防措施(如冷冻疗法、光生物调节疗法、中药等)[30-31]，且防控重点不应局限于对 CRE 等重点耐药菌的管理。同时，应关注肠道菌群可通过有益菌多样性和丰度、代谢组分调节等机制维持肠道黏膜完整性、预防肠道细菌易位的重要作用[32]。

综上所述，HSCT 患者中三类 BSI 疾病负担相似，但发病率、构成比、病原谱及 MDRO 检出存在较大差异。应根据不同发病机制和流行特征制定精准防控策略，特别应针对 MBI-LCBI 制定防治黏膜炎的策略并开展新型药物的相关研究。本研究存在一定局限性：单中心设计限制了结果外推性；CLABSI、MBI-LCBI 和 SBSI 的临床实际诊断较为困难，基于监测定义的分类可能影响对病原谱等流

行特征的评估。未来需进一步开展多中心、前瞻性研究，以指导不同类型 BSI 的精细化和精准防控。

作者贡献声明：韩焕菊负责统计分析、实施研究、论文初步撰写；宋晓超负责数据收集；丁蔚负责数据分析；金美娟、徐溢涛负责研究设计、指导、批评性审阅。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Averbuch D, Mikulska M, Styczynski J, et al. Defining bloodstream and central venous catheter-related infections in patients following haematopoietic cell transplantation: position paper of the European Blood and Marrow Transplantation Society Infectious Diseases Working Party and Practice Harmonization and Guidelines Committee[J]. Clin Microbiol Infect, 2025, 31(10): 1667 - 1676.

[2] Eichhorn S, Rudin L, Ramasamy C, et al. Elevated likelihood of infectious complications related to oral mucositis after hematopoietic stem cell transplantation: a systematic review and meta-analysis of outcomes and risk factors[J]. Cancers (Basel), 2025, 17(16): 2657.

[3] 曹煜隆，单娇，吕萌，等. 基于 CHS-DRG 评估异基因造血干细胞移植患者医院感染经济负担[J]. 中华医院感染学杂志，2024，34(13)：2070 - 2074.
Cao YL, Shan J, Lyu M, et al. Assessment of economic burden of allogeneic hematopoietic stem cell transplantation patients due to nosocomial infection based on CHS-DRG[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(13): 2070 - 2074.

[4] Lafarge A, Dupont T, Canet E, et al. Outcomes in critically ill allogeneic hematopoietic stem cell transplantation recipients [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2024, 210(8): 1017 - 1024.

[5] Munshi L, Dumas G, Ferreryro B, et al. Contemporary review of critical illness following allogeneic hematopoietic stem cell transplant in adults[J]. Intensive Care Med, 2025, 51(4): 742 - 755.

[6] 吴莹莹，刘倍材，刘练金，等. 造血干细胞移植后血流感染的临床分析[J]. 中国实验血液学杂志，2022，30(1)：292 - 297.
Wu YY, Liu BC, Liu LJ, et al. Clinical analysis of bloodstream infection after hematopoietic stem cell transplantation [J]. Journal of Experimental Hematology, 2022, 30(1): 292 - 297.

[7] Averbuch D, Moshkovitz L, Ilan S, et al. Bacteremia with carbapenemase-producing *Enterobacterales* in immunocompromised patients colonized with these bacteria[J]. Microb Drug Resist, 2022, 28(5): 593 - 600.

[8] 石岩，马小军. 血培养阳性的临床抗感染治疗决策[J]. 协和医学杂志，2025，16(5)：1096 - 1101.
Shi Y, Ma XJ. Clinical decision-making for anti-infective therapy in patients with positive blood cultures[J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2025, 16(5): 1096 - 1101.

[9] Centers for Disease Control and Prevention. National healthcare safety network (NHSN) patient safety component manual [EB/OL]. [2026 - 01 - 07]. https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/validation/2025/pcsmanual_2025.pdf.

[10] CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 32nd edition: M100[S]. Malvern, PA, USA: CLSI, 2022.

[11] Carreira AS, Salas MQ, Remberger M, et al. Bloodstream infections and outcomes following allogeneic hematopoietic cell transplantation: a single-center study[J]. Transplant Cell Ther, 2022, 28(1): 50.e1 - 50.e8.

[12] 刘德琰，熊敏，张建平，等. 757 例异基因造血干细胞移植患者植活前血流感染的发生率和危险因素分析[J]. 临床血液学杂志，2021，34(1)：24 - 30.
Liu DY, Xiong M, Zhang JP, et al. Incidence and predisposing risk factors of bloodstream infections occurred pre-engraftment in 757 patients with allogeneic hematopoietic stem cell transplantation [J]. Journal of Clinical Hematology, 2021, 34(1): 24 - 30.

[13] van den Bosch CH, Frakking FNJ, Loeffen YGT, et al. The applicability of the central line-associated bloodstream infection (CLABSI) criteria for the evaluation of bacteremia episodes in pediatric oncology patients[J]. Eur J Haematol, 2024, 112(5): 832 - 839.

[14] Puin da Silva AC, Vieira MF, Freire MP, et al. Applying mucosal barrier injury laboratory-confirmed bloodstream infection criteria in patients with solid tumors and hematologic malignancies: a retrospective cohort study looking for the real source of infection[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44(2): 302 - 304.

[15] Baccelli F, Aguilar-guisado M, Vidal CG, et al. Epidemiology of resistant bacterial infections in patients with hematological malignancies or undergoing hematopoietic cell transplantation in Europe: a systematic review by the European Conference on Infections in Leukemia (ECIL)[J]. J Infect, 2025, 91(3): 106571.

[16] 康蒙，于桐桐，杨少锋，等. 异基因造血干细胞移植后血流感染多重耐药菌的危险因素分析[J]. 标记免疫分析与临床，2026，33(6)：1244 - 1251.
Kang M, Yu TT, Yang SF, et al. Analysis of risk factors for bloodstream infections caused by multidrug-resistant bacteria in patients after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation[J]. Labeled Immunoassays and Clinical Medicine, 2026, 33(6): 1244 - 1251.

[17] Chen WH, Zhao YM, Luo Y, et al. Clinical characteristics,

microbiology, and risk factors for mortality of pre-engraftment and post-engraftment bloodstream infection in hematopoietic stem cell transplantation recipients[J]. Infect Drug Resist, 2022, 15: 6893 - 6905.

[18] Liu MN, Jiang X, Pi YQ, et al. Mucosal barrier injury as an independent risk factor for laboratory-confirmed bloodstream infection in patients with hematological malignancies: a real-world study[J]. Eur J Med Res, 2025, 30(1): 649.

[19] 中华医学会重症医学分会. 血管内导管相关性血流感染预防与诊治指南(2025)[J]. 中华危重病急救医学, 2025, 37(3): 193 - 220.
Chinese Society of Critical Care Medicine. Practice guideline on the prevention and treatment of central line associated bloodstream infection in 2025[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2025, 37(3): 193 - 220.

[20] Zhu XY, Wang HB, Zhu YH, et al. Clinical characteristics and risk factors associated with secondary bloodstream infection in patients with intensive care unit-acquired pneumonia due to carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*[J]. Chin Med J (Engl), 2021, 134(14): 1735 - 1737.

[21] 梁波, 尹俊杰, 张胜楠, 等. 血液病患者血流感染病原菌分布及危险因素分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2022, 17(8): 929 - 933.
Liang B, Yin JJ, Zhang SN, et al. Analysis of pathogenic bacteria distribution and risk factors of blood flow infection in patients with hematological diseases[J]. Journal of Pathogen Biology, 2022, 17(8): 929 - 933.

[22] 孟庆彩, 王卫红, 陈爱地, 等. 2014—2020 年血液病伴中性粒细胞减少患者血流感染病原菌耐药性及预后因素分析[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(8): 814 - 817.
Meng QC, Wang WH, Chen AD, et al. Analysis of antimicrobial resistance and prognostic factors in bloodstream infections among patients with hematologic diseases and neutropenia: 2014 - 2020[J]. Clinical Journal of Medical Officers, 2023, 51(8): 814 - 817.

[23] Chen SZ, Fan JX, Xiao TT, et al. Incidence and risk factors of active carbapenem-resistant Enterobacteriaceae surveillance in hematology patients: a propensity score matching study[J]. Front Microbiol, 2025, 16: 1561587.

[24] 屈元晔, 肖伟强, 张雪飞, 等. 血液肿瘤患者 CRE 肠道定植转血流感染的危险因素分析及细菌分布[J]. 现代肿瘤医学, 2025, 33(12): 2095 - 2101.
Qu YY, Xiao WQ, Zhang XF, et al. Risk factors and bacterial distribution of CRE colonization in the intestinal tract of hematological tumor patients in Henan region and its association with bloodstream infection[J]. Journal of Modern Oncology, 2025, 33(12): 2095 - 2101.

[25] 杨武晨, 冯一梅, 邓小娟, 等. 异基因造血干细胞移植患者血流感染的病原菌分布、危险因素及生存分析[J]. 临床血液学杂志, 2025, 38(11): 866 - 872, 878.
Yang WC, Feng YM, Deng XJ, et al. Pathogenic bacteria distribution, risk factors and survival analysis of bloodstream infections in patients with allogeneic hematopoietic stem cell transplantation[J]. Journal of Clinical Hematology, 2025, 38(11): 866 - 872, 878.

[26] Wang X, Shi M. Retrospective study: China's pediatric hospital infections before and during the COVID-19 pandemic[J]. J Infect Dev Ctries, 2025, 19(5): 669 - 676.

[27] Dandoy CE, Kim S, Chen M, et al. Incidence, risk factors, and outcomes of patients who develop mucosal barrier injury-laboratory confirmed bloodstream infections in the first 100 days after allogeneic hematopoietic stem cell transplant[J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(1): e1918668.

[28] 李赟, 李琳, 林漓, 等. 血液病患者血流感染耐碳青霉烯肠杆菌的危险因素分析[J]. 临床内科杂志, 2023, 40(9): 609 - 612.
Li Y, Li L, Lin L, et al. Analysis of risk factors for bloodstream infection of carbapenem-resistant *Enterobacterales* in patients with hematologic diseases[J]. Journal of Clinical Internal Medicine, 2023, 40(9): 609 - 612.

[29] Bae S, Kim Y, Chang HH, et al. The effect of the multimodal intervention including an automatic notification of catheter days on reducing central line-related bloodstream infection: a retrospective, observational, quasi-experimental study[J]. BMC Infect Dis, 2022, 22(1): 604.

[30] Xie YF, Fang X, Hua H, et al. Efficacy and safety of Chinese patent medicine for the prevention and treatment of radiotherapy and chemotherapy-induced oral mucositis: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Pharmacol, 2022, 13: 812085.

[31] Pereira CP, Marques I, Martins JP. Interventions to chemotherapy and radiotherapy induced oral mucositis: a systematic review and meta-analysis[J]. Acta Stomatol Croat, 2025, 54(9): 389 - 409.

[32] 郭洪晓, 熊红霞. 急性髓系白血病患者化疗骨髓抑制期感染与肠道菌群的相关性分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(10): 1285 - 1289, 1296.
Guo HX, Xiong HX. Correlation between infections and gut microbiota in acute myeloid leukemia patients during chemotherapy-induced myelosuppression and analysis of nursing interventions[J]. Journal of Pathogen Biology, 2025, 20(10): 1285 - 1289, 1296.

(本文编辑:翟若南)

本文引用格式:韩焕菊,宋晓超,丁蔚,等.造血干细胞移植患者不同类型血流感染的流行病学特征及疾病负担[J].中国感染控制杂志,2026,25(9):1393 - 1400. DOI:10.12138/j.issn.1671 - 9638.20263403.

Cite this article as: HAN Huanju, SONG Xiaochao, DING Wei, et al. Epidemiological characteristics and disease burden of different types of bloodstream infections in patients undergoing hematopoietic stem cell transplantation[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(9): 1393 - 1400. DOI: 10.12138/j.issn.1671 - 9638.20263403.