

· 论著 ·

# 肺移植受者术后医院感染病原学特点及药敏分析： 一项单中心5年回顾性调查研究

仇桑桑 许琴芬 吴波 蔡小军 黄琴红 王大鹏 胡春晓 陈静瑜

**【摘要】** 目的 分析单中心近5年肺移植受者术后医院感染特点及药物敏感性。方法 选取无锡市人民医院2019年1月至2023年12月724例肺移植受者，依据医院感染判定原则，回顾性分析肺移植受者医院感染情况及感染部位，对医院感染病原菌分布及其药敏试验状况进行分析。结果 724例肺移植受者中，275例发生医院感染，感染率为38.0%。感染例次率由2019年的54.2%降低至2023年的22.8%，呈逐年下降趋势（ $Z=30.98$ ， $P<0.001$ ）。感染部位主要为下呼吸道，占73.6%。感染病原菌以革兰阴性菌为主，前4位为鲍曼不动杆菌（37.1%）、铜绿假单胞菌（17.3%）、肺炎克雷伯菌（13.7%）和嗜麦芽窄食单胞菌（13.4%），对亚胺培南的耐药率分别为89%、53%、58%和100%。革兰阳性菌以金黄色葡萄球菌为主（3.6%），对苯唑西林的耐药率为67%。结论 近5年肺移植受者的医院感染呈下降趋势，主要以下呼吸道感染为主，感染病原菌主要为鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌，对亚胺培南的耐药率均较高。

**【关键词】** 肺移植；医院感染；多重耐药菌；鲍曼不动杆菌；铜绿假单胞菌；肺炎克雷伯菌；嗜麦芽窄食单胞菌；抗菌药物

**【中图分类号】** R617, R378 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2025) 01-0012-08

**Pathogenic characteristics and drug sensitivity analysis of hospital-acquired infections in lung transplant recipients: a single-center 5-year retrospective study** Qiu Sangsang\*, Xu Qinfen, Wu Bo, Cai Xiaojun, Huang Qinrong, Wang Dapeng, Hu Chunxiao, Chen Jingyu. \*Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Wuxi People's Hospital, Department of Infection Management, the Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214023, China  
Corresponding author: Chen Jingyu, Email: chenjy@wuxiph.com

**【Abstract】** **Objective** To analyze the characteristics of postoperative hospital-acquired infections and drug sensitivity in lung transplant recipients over the past 5 years in a single center. **Methods** A total of 724 lung transplant recipients at Wuxi People's Hospital from January 2019 to December 2023 were selected. Based on the principles of hospital-acquired infection diagnosis, a retrospective analysis was conducted on the hospital infection situation and infection sites of lung transplant recipients, and an analysis of the distribution of hospital-acquired infection pathogens and their antimicrobial susceptibility test status was performed. **Results** Among the 724 lung transplant recipients, 275 cases of hospital-acquired infection occurred, with an infection rate of 38.0%. The case-time infection rate decreased from 54.2% in 2019 to 22.8% in 2023, showing a downward trend year by year ( $Z=30.98$ ,  $P<0.001$ ). The main infection site was the lower respiratory tract, accounting for 73.6%. The pathogens were mainly Gram-negative bacteria, with the top four

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2024235

基金项目：江苏省科技重点研发计划社会发展项目（BE2022697）；江苏省医院协会医院管理创新研究课题（JSYGY3-2023-326）；无锡市软科学研究课题（KX-24-B-86）

作者单位：214023 江苏无锡，南京医科大学无锡医学中心 无锡市人民医院 南京医科大学附属无锡市人民医院感染管理处（仇桑桑、许琴芬、黄琴红），药学部（蔡小军），肺移植中心（吴波、王大鹏、胡春晓、陈静瑜）

作者简介：仇桑桑（ORCID 0000-0008-8743-0198），硕士，主管医师，研究方向为医院感染管理，Email: qssyky@126.com

通信作者：陈静瑜（ORCID 0000-0002-2127-1788），主任医师，研究方向为肺移植，Email: chenjy@wuxiph.com

being *Acinetobacter baumannii* (37.1%), *Pseudomonas aeruginosa* (17.3%), *Klebsiella pneumoniae* (13.7%), and *Stenotrophomonas maltophilia* (13.4%), with imipenem resistance rates of 89%, 53%, 58% and 100%, respectively. Gram-positive bacteria were mainly *Staphylococcus aureus* (3.6%), with a methicillin resistance rate of 67%. **Conclusions** Over the past 5 years, the hospital-acquired infections in lung transplant recipients have shown a downward trend, mainly involving lower respiratory tract infections, with the main pathogens being *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae*, all of which have high resistance rates to imipenem.

**【 Key words 】** Lung transplantation; Hospital-acquired infection; Multidrug-resistant organism; *Acinetobacter baumannii*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Klebsiella pneumoniae*; *Stenotrophomonas maltophilia*; Antimicrobial agent

肺移植被认为是慢性呼吸系统终末期疾病的既定治疗方式<sup>[1]</sup>。根据国际心肺移植学会 (International Society for Heart and Lung Transplantation, ISHLT) 最新数据, 每年约有 4 000 例肺移植手术登记在案, 这一数字逐年攀升<sup>[2]</sup>。尽管肺移植能显著改善受者结局, 但术后的长期生存率仍有待提升。根据报道, 1 年生存率约为 85%, 5 年生存率约为 60%<sup>[3]</sup>。与其他实体器官移植相比, 肺移植术后发生感染性并发症的风险更高, 这不仅与免疫抑制治疗和术后解剖结构的改变有关, 还与气道持续暴露于外界环境密切相关<sup>[4]</sup>。既往研究表明, 感染性并发症是移植后 30 d 内最常见的并发症, 也是移植后 1 年内的首要死亡原因<sup>[5]</sup>。在术后早期, 感染可能与术后并发症、供者或受者预先存在的定植或感染以及医院获得性病原体相关<sup>[6]</sup>。关于肺移植术后医院感染病原学的数据有限, 开展相关流行病学调查对于制定肺移植受者的临床管理和治疗策略至关重要。本研究旨在分析肺移植受者术后医院感染的病原学特点及其药物敏感性, 为术后感染防治提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

通过杏林医院感染实时监控系統, 实时监测 2019 年 1 月至 2023 年 12 月在无锡市人民医院肺移植中心接受肺移植手术的受者 724 例, 其中男 583 例, 女 141 例, 年龄 56 (47, 63) 岁, 单肺移植 183 例, 双肺移植 541 例。

### 1.2 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 术前无肺部感染及下呼吸道感染表现; (2) 术后住院时间超过 48 h; (3) 术后随访资料完整; (4) 术后随访时间超过 30 d。排除标准: (1) 年龄 < 16 周岁; (2) 入院前已合并院外感染; (3) 入院后、手术前发生医院感染。医院感染

诊断根据相关标准判定<sup>[7]</sup>。本研究已获得无锡市人民医院伦理委员会批准 (批号: KY24136)。

### 1.3 研究内容

收集记录患者一般信息, 利用医院感染实时监控系統监测医院感染病例。每日查看系統中患者的预警信息及病历, 根据患者的临床症状 (如咳嗽、咳痰、啰音等)、感染指标 (体温、血常规、尿常规、粪便常规、降钙素、C-反应蛋白)、感染相关风险因素 (如中心静脉置管、有创呼吸机应用、导尿管置管等)、病原学培养结果、抗菌药物使用情况及影像学阳性结果等, 判断患者是否发生医院感染。

每例医院感染判定病例均由医院感染专职人员与临床医师及时沟通并共同确认; 或由临床医师主动上报, 医院感染专职人员进行审核与确认。同时明确感染病原体, 纳入该病原体的首次检出结果, 重复检出菌予以去除。使用 VITEK2-Compact 全自动微生物分析仪 (法国生物梅里埃公司) 进行菌株鉴定; 药敏试验结果参照标准判定<sup>[8]</sup>。

### 1.4 统计学方法

使用 Excel 2020 建立数据库, 并采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计学分析。统计感染致病菌的分布及感染部位的分布例数, 并计算构成比。组间比较采用  $\chi^2$  检验, 进一步进行 Cochran-Armitage (CA) 趋势检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 医院感染情况

724 例肺移植受者中, 275 例发生 284 次医院感染, 感染率为 38.0%, 感染例次率为 39.2%。感染例次率由 2019 年的 54.2% 降低至 2023 年的 22.8%, 呈逐年降低趋势 ( $Z=30.98$ ,  $P<0.001$ , 表 1)。

### 2.2 医院感染部位分布

术后感染部位中, 下呼吸道感染 209 例次

表 1 2019 年至 2023 年肺移植术后医院感染发生情况

Table 1 The incidence of hospital infection after lung transplantation from 2019 to 2023

年份	监测人数 (n)	感染例数 (n)	感染率 (%)	感染例次 (n)	感染例次率 (%)
2019	120	63	52.5	65	54.2
2020	142	58	40.8	60	42.3
2021	146	65	44.5	69	47.3
2022	132	47	35.6	48	36.4
2023	184	42	22.8	42	22.8
合计	724	275	38.0	284	39.2

(73.6%)，呼吸机相关性肺炎 50 例次 (17.6%)，败 (菌)血症 11 例次 (3.9%)，手术部位感染 7 例 (2.5%)，导管相关血流感染 5 例 (1.8%)。下呼吸道感染感染率呈现下降趋势 ( $Z=28.03, P<0.001$ )，呼吸机相关性肺炎、败 (菌)血症、手术部位感染导管相关血流感染及其他部位 5 年感染率趋势差异无统计学意义 (表 2)。

### 2.3 医院感染病原菌分布

共检出病原菌 329 株，以革兰阴性菌为主，占 90.0%，排名前 4 位的病原菌为鲍曼不动杆菌 (37.1%)、铜绿假单胞菌 (17.3%)、肺炎克雷伯菌 (13.7%)、嗜麦芽窄食单胞菌 (13.4%) (表 3)。

### 2.4 主要医院感染病原菌耐药情况

2.4.1 主要革兰阳性菌耐药情况 金黄色葡萄球菌感染对青霉素 G 的耐药率为 100%，红霉素为 92%，苯唑西林为 67%，替加环素、万古霉素和利奈唑胺的耐药率均为 0 (表 4)。

2.4.2 主要革兰阴性菌耐药情况 鲍曼不动杆菌对大多数抗菌药物显示出高耐药性；铜绿假单胞菌对氨苄西林、头孢替坦、头孢唑林、呋喃妥因和头孢泊肟等耐药率为 100%，对亚胺培南的耐药率高达 53%，对其他抗菌药物的耐药率相对较低；肺炎克雷伯菌对氨苄西林的耐药率为 100%，对头孢类、庆大霉素、妥布霉素、莫西卡星等多种抗菌药物的耐药率也较高。嗜麦芽窄食单胞菌对氨苄西林、头孢曲松、呋喃妥因耐药率为 100%，对氨苄西林舒巴坦和阿米卡星的耐药率较高，均为 84% (表 5)。

2.4.3 主要革兰阴性菌对亚胺培南耐药情况 不同革兰阴性菌对碳青霉烯类药物 (亚胺培南) 耐药率及趋势变化不同。鲍曼不动杆菌耐药率从 2019 年的 89% 上升到 2023 年的 94%；肺炎克雷伯菌耐药率从 2019 年的 69% 下降至 2023 年的 36%；铜绿假单胞菌的耐药率在 2020 年达到 63%，2023 年为 40%；嗜麦芽窄食单胞菌对亚胺培南天然耐药 (图 1)。

表 2 2019 年至 2023 年医院感染部位分布情况

Table 2 Distribution of hospital infection sites from 2019 to 2023

感染部位	2019年 (n=120)		2020年 (n=142)		2021年 (n=146)		2022年 (n=132)		2023年 (n=184)		$\chi^2$ 检验		趋势检验	
	感染例次	感染例次率 (%)	感染例次	感染例次率 (%)	感染例次	感染例次率 (%)	感染例次	感染例次率 (%)	感染例次	感染例次率 (%)	$\chi^2$ 值	P值	Z值	P值
下呼吸道	50	42.0	47	33.1	51	34.9	33	25.0	28	15.2	31.1	<0.001	28.030	<0.001
呼吸机相关性肺炎	11	9.2	10	7.0	13	8.9	9	6.8	7	3.8	4.6	0.328	3.110	0.328
败 (菌)血症	1	0.8	1	0.7	2	1.4	4	3.0	3	1.6	3.1	0.548	1.230	0.548
手术部位	2	1.7	1	0.7	1	0.7	1	0.8	2	1.1	0.9	0.921	0.092	0.921
导管相关血流感染	1	0.8	1	0.7	1	0.7	1	0.8	1	0.5	0.1	0.998	0.066	0.998
其他	0	0	0	0	1	0.7	0	0	1	0.5	2.4	0.659	0.691	0.659

表3 2019年至2023年医院感染病原菌构成情况

Table 3 Composition of pathogenic bacteria in hospital infection from 2019 to 2023[n (%)]

病原菌	2019年 (n=78)	2020年 (n=72)	2021年 (n=75)	2022年 (n=55)	2023年 (n=49)	合计 (n=329)
革兰阴性菌	71 (91)	66 (92)	66 (88)	49 (89)	44 (90)	296 (90.0)
鲍曼不动杆菌	38 (49)	28 (39)	23 (31)	17 (31)	16 (33)	122 (37.1)
铜绿假单胞菌	8 (10)	14 (19)	11 (15)	13 (24)	11 (22)	57 (17.3)
肺炎克雷伯菌	13 (17)	8 (11)	13 (17)	6 (11)	5 (10)	45 (13.7)
嗜麦芽窄食单胞菌	8 (10)	11 (15)	8 (11)	7 (13)	10 (20)	44 (13.4)
黏质沙雷菌	0	1 (1)	4 (5)	0	0	5 (1.5)
大肠埃希菌	0	0	2 (3)	0	1 (2)	3 (0.9)
奇异变形杆菌	0	0	0	2 (4)	0	2 (0.6)
其他	4 (5)	4 (6)	5 (7)	4 (7)	1 (2)	18 (5.5)
革兰阳性菌	6 (8)	3 (4)	6 (8)	4 (7)	4 (8)	23 (7.0)
金黄色葡萄球菌	4 (5)	1 (1)	2 (3)	3 (5)	2 (4)	12 (3.6)
其他	2 (3)	2 (3)	4 (5)	1 (0)	2 (4)	11 (3.3)
真菌	1 (1)	3 (4)	3 (4)	2 (4)	1 (2)	10 (3.0)

表4 金黄色葡萄球菌对抗菌药物耐药率

Table 4 Antibiotic resistance rates of *Staphylococcus aureus*

抗菌药物	耐药株数 (n=12)	耐药率 (%)
复方磺胺甲噁唑	2	17
环丙沙星	5	42
庆大霉素	2	17
左氧氟沙星	5	42
青霉素G	12	100
红霉素	11	92
莫西沙星	4	33
苯唑西林	8	67
克林霉素	7	58
四环素	4	33
利福平	2	17
头孢西丁	2	17
呋喃妥因	0	0
替加环素	0	0
万古霉素	0	0
利奈唑胺	0	0

### 3 讨论

随着肺移植技术的进步和临床管理的优化, 全球肺移植术后中位存活率已提高至 6~7 年<sup>[9]</sup>。感染和慢性肺移植功能障碍是术后影响肺移植受者长期生存的重要因素<sup>[10-12]</sup>。围手术期死亡中超 40% 是由于感染所致<sup>[13]</sup>。本研究分析了无锡市人民医院近 5 年来肺移植受者术后医院感染流行病学特点, 医院感染的发生率为 38.0%, 其中下呼吸道感染最为常见, 占 73.6%。ISHLT 对 481 个肺移植中心监测数据表明, 肺移植术后感染的发生率为 30%~60%, 其中 70% 的肺部感染发生在术后 1 年内<sup>[14]</sup>。中国肺脏移植注册系统数据显示, 肺移植受者术后感染发生率约为 68.3%<sup>[15]</sup>。尽管各研究中心的具体数据有所差异, 但总体上肺移植术后的感染风险较高。

与其他实体器官移植相比, 肺与外界直接接触, 手术过程中难以避免发生细菌暴露, 加上术后机械通气时间过长等因素, 使得病原体更容易进入和定植, 导致呼吸道感染<sup>[16-17]</sup>。本研究中肺移植受者术后医院感染率、下呼吸道感染率呈现逐年下降趋势, 其他部位感染未有显著变化。可能由于我中心近年来加强了围手术期抗感染管理, 联合多部门开展术前筛查和术后监测、主动筛查、早期识别和治疗潜在的感染风险

表 5 主要革兰阴性菌对抗菌药物耐药率

Table 5 Antibiotic resistance rates of major gram-negative bacteria

抗菌药物	鲍曼不动杆菌 (n=122)		铜绿假单胞菌 (n=57)		肺炎克雷伯菌 (n=45)		嗜麦芽窄食单胞菌 (n=44)	
	耐药株数	耐药率 (%)	耐药株数	耐药率 (%)	耐药株数	耐药率 (%)	耐药株数	耐药率 (%)
头孢替坦	122	100	57	100	25	56	6	14
氨苄西林	122	100	57	100	45	100	44	100
氨苄西林舒巴坦	106	87	57	100	34	76	37	84
亚胺培南	108	89	30	53	26	58	44	100
复方磺胺甲噁唑	88	72	57	100	24	53	3	7
环丙沙星	104	85	12	21	31	69	10	23
头孢他啶	114	93	12	21	28	62	11	25
头孢吡肟	114	93	11	19	28	62	29	66
头孢曲松	113	93	57	100	34	76	44	100
氨曲南	121	99	0	0	32	71	0	0
庆大霉素	92	75	6	11	28	62	22	50
妥布霉素	88	72	7	12	23	51	29	66
左氧氟沙星	63	52	10	18	28	62	1	2
头孢唑林	122	100	57	100	0	0	0	0
呋喃妥因	122	100	57	100	39	87	44	100
哌拉西林他唑巴坦	122	100	7	12	25	56	15	34
阿米卡星	0	0	5	9	19	42	37	84
莫西沙星	98	80	14	25	27	60	0	0
头孢泊肟	122	100	57	100	27	60	0	0
头孢呋辛	122	100	57	100	27	60	0	0
头孢唑肟	110	90	57	100	18	40	0	0
替卡西林克拉维酸	122	100	29	51	27	60	0	0
四环素	0	0	0	0	27	60	0	0
哌拉西林	122	100	29	51	27	60	0	0
美罗培南	114	93	29	51	18	40	0	0
头孢哌酮舒巴坦	122	100	21	37	27	60	0	0
诺氟沙星	122	100	14	25	27	60	0	0
头孢噻肟	122	100	0	0	27	60	0	0
替卡西林	122	100	29	51	0	0	0	0
多西环素	110	90	0	0	18	40	0	0
米诺环素	12	10	0	0	18	40	2	5
阿莫西林克拉维酸	0	0	0	0	27	60	0	0
头孢噻吩	0	0	0	0	27	60	0	0
黏菌素	0	0	7	12	9	20	0	0
替加环素	0	0	4	7	3	7	0	0

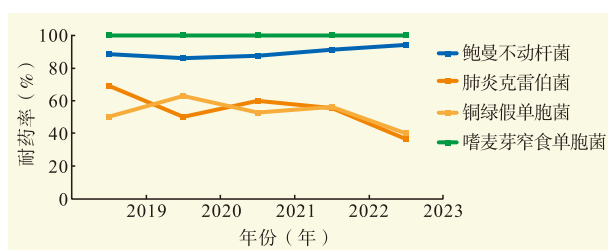


图 1 2019 年至 2023 年主要医院感染菌对亚胺培南的耐药情况

Figure 1 Resistance of main hospital infection bacteria to imipenem from 2019 to 2023

等诊疗措施<sup>[18]</sup>。新型冠状病毒感染疫情流行期间, 公立医院加强了感染控制措施, 不仅有效减少了新型冠状病毒的传播, 也降低了其他病原体的传播风险<sup>[19-20]</sup>。此外, 预防性抗菌药物的合理利用、术后监测血药浓度、新型抗菌药物的应用(如头孢他啶-阿维巴坦、伊曲康唑、泊沙康唑、达托霉素、磷霉素等), 也可以有效减少肺移植受者多重耐药菌相关感染<sup>[21]</sup>。但其他感染部位如手术部位、血流感染、导管相关感染等发生机制复杂, 个体差异相关<sup>[22-23]</sup>。在本研究中, 其他部位的感染各年度变化不大, 未来应进一步加强防控, 以减少肺移植术后感染。

革兰阴性菌是最常见的病原菌, 占总检出菌株的 90.0%。中国细菌耐药检测网显示, 不动杆菌属对亚胺培南耐药率为 71.7%, 铜绿假单胞菌为 22.7%、肺炎克雷伯菌为 21.7%, 嗜麦芽窄食单胞菌对亚胺培南天然耐药<sup>[24]</sup>。本研究不同革兰阴性菌对亚胺培南耐药率与全国监测数据对比普遍偏高。Abdulqawi 等<sup>[25]</sup>在 37% 的供肺支气管肺泡灌洗液和支气管拭子培养物中培养出多重耐药菌, 最常见的是耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌、耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌、耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌和嗜麦芽窄食单胞菌。该结果与本研究感染菌的分布基本一致, 表明医院感染菌株可能来源于供者的定植菌。国际指南均建议在移植前对潜在供者进行呼吸道培养筛查<sup>[26]</sup>。尽管本中心对供者进行了术前筛查, 但本研究尚未开展供者筛查与术后感染之间存在关系分析, 未来将开展进一步研究。

鲍曼不动杆菌是革兰阴性菌中最主要的感染病原体, 耐药性问题尤为突出, 对亚胺培南的耐药率高达 89%。鲍曼不动杆菌通常与医院获得性感染密切相关, 尤其是在使用机械通气和长期住院的患者中<sup>[27]</sup>。这种病原菌具有极强的环境适应性, 能够在医疗器械和表面存

活较长时间, 易于在重症监护室和移植病房中传播<sup>[28]</sup>。临床治疗可选择药物有限, 推荐全身或局部吸入黏菌素, 并可与持续输注的头孢吡啶酯或美罗培南联合使用<sup>[29]</sup>。

铜绿假单胞菌也是一种常见的医院获得性感染源, 尤其在免疫功能低下的患者中。不仅对抗生素的耐药性较高, 还能形成生物膜, 进一步增加了感染的治疗难度<sup>[30]</sup>。本研究中铜绿假单胞菌对亚胺培南的耐药率为 53%。肺移植术后耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌感染的治疗尤为棘手<sup>[31]</sup>, 治疗上常采用联合疗法, 如为产丝氨酸碳青霉烯类铜绿假单胞菌, 应优先使用头孢他啶-阿维巴坦或美罗培南-法硼巴坦; 如检测到金属碳青霉烯酶, 可联合使用头孢他啶-阿维巴坦和氨曲南<sup>[32]</sup>。

肺炎克雷伯菌易在免疫抑制状态下引发肺部感染和血流感染<sup>[33]</sup>。本研究中肺炎克雷伯菌对多种抗生素, 尤其是对头孢类抗生素和碳青霉烯类药物的耐药率较高。近年来, 肺炎克雷伯菌中携带碳青霉烯酶基因的菌株逐渐增多, 使得临床治疗选项更为有限, 目前已有对头孢他啶-阿维巴坦耐药的病例报告<sup>[34]</sup>。因此, 对于临床分离的耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌, 实验室应开展碳青霉烯酶表型或基因型的检测并进行临床报告, 以制定针对性抗感染治疗策略。

嗜麦芽窄食单胞菌是一种天然对多种抗生素耐药的新兴机会性病原体<sup>[35]</sup>。由于其天然的耐药机制, 传统的  $\beta$ -内酰胺类抗生素、氨基糖苷类等对其无效, 其高耐药性使得一旦感染发生, 治疗选择有限, 需要依赖如复方磺胺甲噁唑、磷霉素等特殊的抗菌药物<sup>[36]</sup>。

革兰阳性菌以金黄色葡萄球菌感染为主, 通过手术期间的外源性暴露、术后免疫抑制治疗导致的免疫力下降、以及医源性操作(如导管或呼吸机)的传播进入体内, 引发感染<sup>[37]</sup>。金黄色葡萄球菌定植会增加移植后感染的风险, 因此在接受移植前有必要使用鼻拭子进行金黄色葡萄球菌筛查, 并予以去定植, 以避免移植后金黄色葡萄球菌感染<sup>[38]</sup>。

综上所述, 遏制肺移植术后感染是系统工程, 除一些常规措施包括感染预防与控制、接种疫苗、抗菌药物的选择、新药的研发等, 还应根据患者情况针对性给药、开展对肠杆菌科细菌和金黄色葡萄球菌的主动筛查、术前对供者的筛查、做好感染或定植病原菌的流行病学监测, 必要时开展宏基因组测序或进行其他可能抗菌药物的药敏试验以及联合药敏试验, 以筛选其他有效的抗感染个性化治疗方案。

## 参考文献:

- [1] MICHEL S G, HAGL C, KAUCHE T, et al. Lung transplantation: current situation and developments[J]. *Chirurgie (Heidelb)*, 2024, 95(2): 108-114. DOI: 10.1007/s00104-023-02023-4.
- [2] KHUSH K K, HSICH E, POTENA L, et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-eighth adult heart transplantation report - 2021; focus on recipient characteristics[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2021, 40(10): 1035-1049. DOI: 10.1016/j.healun.2021.07.015.
- [3] BOS S, VOS R, VAN RAEMDONCK D E, et al. Survival in adult lung transplantation: where are we in 2020?[J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2020, 25(3): 268-273. DOI: 10.1097/MOT.0000000000000753.
- [4] JENKINS J A, VERDINER R, OMAR A, et al. Donor and recipient risk factors for the development of primary graft dysfunction following lung transplantation[J]. *Front Immunol*, 2024, 15: 1341675. DOI: 10.3389/fimmu.2024.1341675.
- [5] MAGDA G. Opportunistic infections post-lung transplantation: viral, fungal, and mycobacterial[J]. *Clin Chest Med*, 2023, 44(1): 159-177. DOI: 10.1016/j.ccm.2022.10.012.
- [6] GROSSI P A. Donor-derived infections, lessons learnt from the past, and what is the future going to bring us[J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2018, 23(4): 417-422. DOI: 10.1097/MOT.0000000000000551.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准(试行)[J]. *中华医学杂志*, 2001, 81(5): 314-320. DOI: 10.3760/j.issn:0376-2491.2001.05.027. Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria for nosocomial infections (proposed)[J]. *Natl Med J China*, 2001, 81(5): 314-320. DOI: 10.3760/j.issn:0376-2491.2001.05.027.
- [8] HUMPHRIES R, BOBENCHIK A M, HINDLER J A, et al. Overview of changes to the clinical and laboratory standards institute performance standards for antimicrobial susceptibility testing, M100, 31st edition[J]. *J Clin Microbiol*, 2021, 59(12): e0021321. DOI: 10.1128/JCM.00213-21.
- [9] HSICH E, SINGH T P, CHERIKH W S, et al. The International thoracic organ transplant registry of the international society for heart and lung transplantation: thirty-ninth adult heart transplantation report-2022; focus on transplant for restrictive heart disease[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2022, 41(10): 1366-1375. DOI: 10.1016/j.healun.2022.07.018.
- [10] 罗泽利, 何星, 方思雨, 等. 肺移植术后细菌感染的生物标志物研究进展[J]. *实用医院临床杂志*, 2023, 20(2): 150-153. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6170.2023.02.037. LUO Z L, HE X, FANG S Y, et al. Research progress in biomarkers of bacterial infection after lung transplantation[J]. *Pract J Clin Med*, 2023, 20(2): 150-153. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6170.2023.02.037.
- [11] RUIZ E, FERNÁNDEZ A M, PÁRRAGA J L, et al. Surgical complications after lung transplantation: the reina sofía hospital experience[J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(10): 2289-2291. DOI: 10.1016/j.transproceed.2023.08.027.
- [12] JOEAN O, WELTE T, GOTTLIEB J. Chest infections after lung transplantation[J]. *Chest*, 2022, 161(4): 937-948. DOI: 10.1016/j.chest.2021.10.014.
- [13] 蔡宇航, 练巧燕, 王晓华, 等. 肺移植术后肺部菌群研究进展[J]. *中华器官移植杂志*, 2022, 43(8): 504-507. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20220503-00094. CAI Y H, LIAN Q Y, WANG X H, et al. Research progress of pulmonary flora after lung transplantation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2022, 43(8): 504-507. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20220503-00094.
- [14] LUND L H, KHUSH K K, CHERIKH W S, et al. The registry of the international society for heart and lung transplantation: thirty-fourth adult heart transplantation report-2017; focus theme: allograft ischemic time[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36(10): 1037-1046. DOI: 10.1016/j.healun.2017.07.019.
- [15] 中国器官移植发展基金会. 中国器官移植发展报告(2021)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023.
- [16] DETTORI M, RICCARDI N, CANETTI D, et al. Infections in lung transplanted patients: a review[J]. *Pulmonology*, 2024, 30(3): 287-304. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2022.04.010.
- [17] ALSAEED M, HUSAIN S. Infections in heart and lung transplant recipients[J]. *Crit Care Clin*, 2019, 35(1): 75-93. DOI: 10.1016/j.ccc.2018.08.010.
- [18] 仇桑桑, 许琴芬, 黄琴红, 等. 多学科综合诊疗模式在肺移植受者多重耐药菌感染防控的应用[J]. *器官移植*, 2024, 15(3): 443-448. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024.008. QIU S S, XU Q F, HUANG Q H, et al. Application of multi-disciplinary team mode in prevention and control of multidrug resistant organism infection in lung transplant recipients[J]. *Organ Transplant*, 2024, 15(3): 443-448. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024.008.
- [19] FERNANDES L M, PÊGO-FERNANDES P M. New challenges for lung transplantation in the era of COVID-19[J]. *Sao Paulo Med J*, 2022, 140(1): 1-4. DOI: 10.1590/1516-3180.2022.140126082021.
- [20] 辛冉, 宣雅波, 刘清泉. 2019-2022年北京某三级中医医院新冠疫情前后院内上呼吸道感染率变化[J]. *中华医院感染学杂志*, 2024, 34(6): 847-851. DOI: 10.11816/cn.ni.2024-231503. XIN R, XUAN Y B, LIU Q Q. Change in incidence of health care-associated upper respiratory tract infection in a tertiary TCM hospital of Beijing before and after COVID-19 epidemic from 2019 to 2022[J]. *Chin J Nosocomiol*, 2024, 34(6): 847-851. DOI: 10.11816/cn.ni.2024-231503.
- [21] TACCONE F S, BOGOSSIAN E G, TIRONI R M, et al. Early  $\beta$ -lactam concentrations and infectious complications after lung transplantation[J]. *Am J Transplant*, 2021, 21(7): 2489-2497. DOI: 10.1111/ajt.16432.
- [22] CONOSCENTI E, ENEA G, DESCHEPPER M, et al. Risk factors for surgical site infection following cardiac surgery in a region endemic for multidrug resistant organisms[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2024, 81: 103612. DOI: 10.1016/j.iccn.2023.103612.

- [23] DE MATOS J A, DA SILVA GOMES A, LIMA C O G X, et al. Systematic review on efficacy of preventive measures for surgical site infection by multiple-drug resistant gram-negative bacilli[J]. *Braz J Infect Dis*, 2022, 26(6): 102705. DOI: 10.1016/j.bjid.2022.102705.
- [24] 郭燕, 胡付品, 朱德妹, 等. 2022年CHINET三级医院细菌耐药监测[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2024, 24(3): 277-286. DOI: 10.16718/j.1009-7708.2024.03.005.
- GUO Y, HU F P, ZHU D M, et al. Surveillance of bacterial resistance in tertiary hospitals across China: results of CHINET Antimicrobial Resistance Surveillance Program in 2022[J]. *Chin J Infect Chemother*, 2024, 24(3): 277-286. DOI: 10.16718/j.1009-7708.2024.03.005.
- [25] ABDULQAWI R, SALEH R A, ALAMEER R M, et al. Donor respiratory multidrug-resistant bacteria and lung transplantation outcomes[J]. *J Infect*, 2024, 88(2): 139-148. DOI: 10.1016/j.jinf.2023.12.013.
- [26] BOUTIN C A, POUCH S M, ISON M G. Utility of deceased donor cultures in solid organ transplantation in preventing donor-derived bacterial and fungal infectious diseases transmission[J]. *Transpl Infect Dis*, 2023, 25(2): e14032. DOI: 10.1111/tid.14032.
- [27] CRUZ-LÓPEZ F, MARTÍNEZ-MELÉNDEZ A, VILLARREAL-TREVIÑO L, et al. Contamination of healthcare environment by carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*[J]. *Am J Med Sci*, 2022, 364(6): 685-694. DOI: 10.1016/j.amjms.2022.07.003.
- [28] JIANG Y, DING Y, WEI Y, et al. Carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*: a challenge in the intensive care unit[J]. *Front Microbiol*, 2022, 13: 1045206. DOI: 10.3389/fmicb.2022.1045206.
- [29] BASSETTI M, ECHOLS R, MATSUNAGA Y, et al. Efficacy and safety of cefiderocol or best available therapy for the treatment of serious infections caused by carbapenem-resistant Gram-negative bacteria (CREDIBLE-CR): a randomised, open-label, multicentre, pathogen-focused, descriptive, phase 3 trial[J]. *Lancet Infect Dis*, 2021, 21(2): 226-240. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30796-9.
- [30] ABBAN M K, AYERAKWA E A, MOSI L, et al. The burden of hospital acquired infections and antimicrobial resistance[J]. *Heliyon*, 2023, 9(10): e20561. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e20561.
- [31] DÍAZ SANTOS E, MORA JIMÉNEZ C, DEL RÍO-CARBAJO L, et al. Treatment of severe multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa* infections[J]. *Med Intensiva*, 2022, 46(9): 508-520. DOI: 10.1016/j.medine.2022.06.014.
- [32] BASSETTI M, PEGHIN M, VENA A, et al. Treatment of infections due to MDR gram-negative bacteria[J]. *Front Med*, 2019, 6: 74. DOI: 10.3389/fmed.2019.00074.
- [33] PU D, ZHAO J, CHANG K, et al. "Superbugs" with hypervirulence and carbapenem resistance in *Klebsiella pneumoniae*: the rise of such emerging nosocomial pathogens in China[J]. *Sci Bull*, 2023, 68(21): 2658-2670. DOI: 10.1016/j.scib.2023.09.040.
- [34] SHI Q, YIN D, HAN R, et al. Emergence and recovery of ceftazidime-avibactam resistance in blaKPC-33-Harboring *Klebsiella pneumoniae* sequence type 11 isolates in China[J]. *Clin Infect Dis*, 2020, 71(suppl 4): S436-S439. DOI: 10.1093/cid/ciaa1521.
- [35] LEE Y L, HSUEH P R. Emerging infections in vulnerable hosts: *Stenotrophomonas maltophilia* and *Elizabethkingia anophelis*[J]. *Curr Opin Infect Dis*, 2023, 36(6): 481-494. DOI: 10.1097/QCO.0000000000000953.
- [36] TAMMA P D, AITKEN S L, BONOMO R A, et al. Infectious Diseases Society of America Guidance on the treatment of AmpC  $\beta$ -lactamase-producing Enterobacterales, Carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*, and *Stenotrophomonas maltophilia* infections[J]. *Clin Infect Dis*, 2022, 74(12): 2089-2114. DOI: 10.1093/cid/ciab1013.
- [37] PARK M S. Medical complications of lung transplantation[J]. *J Chest Surg*, 2022, 55(4): 338-356. DOI: 10.5090/jcs.22.066.
- [38] OKAMOTO K, SANTOS C A Q. Management and prophylaxis of bacterial and mycobacterial infections among lung transplant recipients[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(6): 413. DOI: 10.21037/atm.2020.01.120.

(收稿日期: 2024-08-21)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)