DOI:10.13350/j.cjpb.250514

· 临床研究 ·

住院患者耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染及耐药分析*

杜杰**, 吴琳, 王忠

(邢台市人民医院, 河北邢台 054000)

【摘要】 目的 探讨住院患者耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)感染及耐药情况,为临床治疗提供参考。 方法 对本院2021-2023年住院患者送检的790株金黄色葡萄球菌进行回顾性分析,统计不同年份、不同科室、不同标本MRSA的检出率,对比MRSA与MSSA菌株的耐药性及MRSA的耐药基因携带情况。 结果 2021-2023年共检出260株MRSA,检出率为32.91%(260/790)。2021年MRSA检出率为37.96%(82/216),2022年为32.89%(75/228),2023年为29.77%(103/346)。2021-2023年MRSA检出率呈逐年下降趋势,不同年份MRSA检出率差异无统计学意义($P>0.05$)。260株MRSA菌株中,烧伤整形外科占比最高为18.46%(48/260),骨科、综合ICU、感染科、普外科、耳鼻喉科、急诊科、肾内科、神经ICU、呼吸与危重症医学科、神经外科、儿科、新生儿科、脑血管病区、内分泌科、血液科、产科的占比分别为12.31%(32/260)、10.38%(27/260)、9.62%(25/260)、8.46%(22/260)、7.69%(20/260)、6.54%(17/260)、5.77%(15/260)、5%(13/260)、3.85%(10/260)、2.69%(7/260)、2.31%(6/260)、2.31%(6/260)、1.92%(5/260)、1.15%(3/260)、0.77%(2/260)、0.77%(2/260)。MRSA检出率前四位的科室依次为急诊科、烧伤整形外科、感染科、呼吸与危重症医学科。260株MRSA菌株中,痰液标本占比最高为20.77%(54/260),伤口分泌物、全血、脓液、组织分泌物、穿刺管尖端、引流液、中段尿、肺泡灌洗液、关节腔积液、脑脊液、肠道分泌物、粪便标本分别占16.54%(43/260)、12.31%(32/260)、9.62%(25/260)、8.46%(22/260)、7.69%(20/260)、5.77%(15/260)、4.23%(11/260)、3.85%(10/260)、3.08%(8/260)、3.08%(8/260)、2.69%(7/260)、1.92%(5/260)。MRSA检出率前四位的标本类型分别为伤口分泌物、脓液、肺泡灌洗液、脑脊液。MRSA菌株对青霉素的耐药率为100%,对红霉素、克林霉素、左氧氟沙星、四环素、庆大霉素、环丙沙星的耐药率均高于50%,未产生对万古霉素、替考拉宁的耐药株。MSSA菌株对青霉素的耐药率最高为70.19%,未产生对万古霉素、替考拉宁的耐药株。MRSA与MSSA菌株对青霉素、红霉素、克林霉素、庆大霉素、左氧氟沙星、环丙沙星、四环素的耐药率差异有统计学意义($P<0.05$)。MRSA菌株mecA基因型的携带率为100%,未检出mecC基因型,tetM、aph3'-III、ermA、aac(6')/aph(2'),ermC、ermB基因型的携带率依次为70.38%(183/260)、53.85%(140/260)、48.85%(127/260)、41.54%(108/260)、35.77%(93/260)、20.38%(53/260)。 结论 本院2021-2023年住院患者MRSA检出率呈下降趋势,主要来源于烧伤整形外科,分离自痰液标本。MRSA对多种抗生素表现出高度耐药性,携带多种耐药基因,对临床治疗提出了严峻挑战。

【关键词】 耐甲氧西林金黄色葡萄球菌;耐药性;耐药基因

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2025)05-0614-05

[Journal of Pathogen Biology. 2025 May;20(05):614-618.]

Analysis of methicillin-resistant *Staphylococcus Aureus* infection and drug resistance in inpatients

DU Jie, WU Lin, WANG Zhong (Xingtai People's Hospital, Xingtai 054000, Hebei, China)***

【Abstract】 **Objective** To explore the infection and drug resistance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in inpatients, and to provide references for clinical treatment. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 790 strains of *Staphylococcus aureus* submitted for testing from inpatients in our hospital from 2021 to 2023. The detection rates of methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) in different years, different departments and different specimens were counted. The drug resistance of MRSA and methicillin-sensitive *S. aureus* (MSSA) strains were compared, and the carriage of drug resistance genes in MRSA were detected. **Results** A total of 260 strains of MRSA were detected from 2021 to 2023, with a detection rate of 32.91% (260/790). In 2021, the detection rate of MRSA was 37.96% (82/216). In 2022, the detection rate of MRSA was 32.89% (75/228). In 2023, the detection rate of MRSA was 29.77% (103/346). From 2021 to 2023, the detection rate of MRSA showed a downward trend year by year, and the difference in the detection rates of MRSA among different years was not statistically significant ($P>0.05$). Among the 260 strains of MRSA, the Department of Burn and Plastic Surgery had the highest proportion, accounting for 18.46% (48/260). The proportions in the Department of Orthopedics, General Intensive Care Unit (ICU), Department of

* **【基金项目】** 2023年度河北省医学科学研究课题计划(No. 20232018)。

** **【通信作者】** 杜杰(1981-),女,河北邢台人,博士,副主任药师,研究方向:药物分析学。E-mail:dujiexingtai@126.com

Infectious Diseases, General Surgery Department, Department of Otorhinolaryngology, Emergency Department, Department of Nephrology, Neurosurgery ICU, Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Department of Neurosurgery, Department of Pediatrics, Department of Neonatology, Cerebrovascular Disease Ward, Department of Endocrinology, Department of Hematology, and Department of Obstetrics were 12.31% (32/260), 10.38% (27/260), 9.62% (25/260), 8.46% (22/260), 7.69% (20/260), 6.54% (17/260), 5.77% (15/260), 5% (13/260), 3.85% (10/260), 2.69% (7/260), 2.31% (6/260), 2.31% (6/260), 1.92% (5/260), 1.15% (3/260), 0.77% (2/260), and 0.77% (2/260), respectively. The top four departments with the highest MRSA detection rates were the Emergency Department, the Department of Burn and Plastic Surgery, the Department of Infectious Diseases, and the Department of Respiratory and Critical Care Medicine, in that order. Among the 260 strains of MRSA, sputum specimens had the highest proportion, accounting for 20.77% (54/260). The proportions of wound secretions, whole blood, pus, tissue secretions, puncture tube tips, drainage fluid, midstream urine, bronchoalveolar lavage fluid, joint cavity effusion, cerebrospinal fluid, intestinal secretions and fecal specimens were 16.54% (43/260), 12.31% (32/260), 9.62% (25/260), 8.46% (22/260), 7.69% (20/260), 5.77% (15/260), 4.23% (11/260), 3.85% (10/260), 3.08% (8/260), 3.08% (8/260), 2.69% (7/260) and 1.92% (5/260), respectively. The top four specimen types with the highest MRSA detection rates were wound secretions, pus, bronchoalveolar lavage fluid and cerebrospinal fluid. The resistance rate of MRSA strains to penicillin was 100%. The resistance rates of MRSA strains to erythromycin, clindamycin, levofloxacin, tetracycline, gentamicin and ciprofloxacin were all higher than 50%. There were no resistant strains to vancomycin and teicoplanin. The highest resistance rate of MSSA strains to penicillin was 70.19%, and there were no resistant strains to vancomycin and teicoplanin either. The differences in the resistance rates of MRSA and MSSA strains to penicillin, erythromycin, clindamycin, gentamicin, levofloxacin, ciprofloxacin and tetracycline were statistically significant ($P < 0.05$). The carriage rate of the *mecA* genotype in MRSA strains was 100%. The *mecC* genotype was not detected. The carriage rates of the *tetM*, *aph3'-III*, *ermA*, *aac(6')/aph(2')*, *ermC* and *ermB* genotypes were 70.38% (183/260), 53.85% (140/260), 48.85% (127/260), 41.54% (108/260), 35.77% (93/260) and 20.38% (53/260), respectively. **Conclusion** The detection rate of MRSA among inpatients in our hospital showed a downward trend from 2021 to 2023. It mainly came from the Department of Burn and Plastic Surgery and was isolated from sputum specimens. MRSA exhibited high resistance to multiple antibiotics and carried multiple drug resistance genes, posing a severe challenge to clinical treatment.

【Keywords】 Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*; drug resistance; drug resistance genes

金黄色葡萄球菌属革兰氏阳性菌,在自然界中广泛分布,是人类皮肤以及黏膜上正常定植的菌群之一^[1]。金黄色葡萄球菌通过伤口、呼吸道等途径侵入人体后,可能会引发一系列的感染性疾病,包括但不限于皮肤软组织感染、肺炎、心内膜炎等严重健康问题^[2]。随着近年来抗菌药物的广泛使用,耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)的出现给临床治疗带来了新的挑战^[3]。MRSA 不仅对甲氧西林和大多数 β -内酰胺类抗生素表现出耐药性,而且对于其他多种抗菌药物,例如氨基糖苷类、大环内酯类、氟喹诺酮类等,也普遍展现出耐药的特性^[4-5]。MRSA 菌株的耐药性使得传统抗生素治疗失效,增加了临床治疗的难度,导致病患康复周期延长,医疗成本上升^[6,7]。研究发现,MRSA 的耐药机制复杂,其耐药基因的多样性是导致其广泛耐药的原因之一,*mecA* 基因编码的青霉素结合蛋白变异,使得 MRSA 对甲氧西林等抗生素产生耐药性^[8]。此外,*tetM* 基因编码的 tet 蛋白能保护细菌免受四环素类抗生素的侵害,而 *erm* 基因则使细菌对大环内酯类抗生素产生耐药性。这些耐药基因在 MRSA 菌株

中的高携带率,使得治疗策略需要不断调整和优化,以应对日益严峻的耐药性问题。

本次研究通过收集本院 202-2023 年临床科室送检微生物样本中分离的 790 株金黄色葡萄球菌,探析 MRSA 菌株的耐药特征及其耐药基因的携带情况,为临床提供科学依据,以指导更有效地治疗策略。

材料与方法

1 材料

1.1 菌株来源 收集邢台市人民医院 2021 年 1 月~2023 年 12 月临床科室送检微生物样本中分离的 790 株金黄色葡萄球菌。通过院内电子病历系统收集菌株采集的基本信息,包括病历号、住院科室、标本类型等。**1.2 主要仪器与试剂** VITEK 2-Compact 全自动微生物鉴定系统,法国梅里埃;CO₂ 培养箱,美国 Thermo;低温冰箱,日本松下;麦氏比浊仪,法国梅里埃;离心机,美国 Beckman Coulter;电泳仪,北京六一生物科技;化学发光成像仪,美国 GE Healthcare;MALDI-TOF MS 质谱仪,德国 Bruker Daltonics;恒温培养箱,上海精宏实验设备有限公司;PCR 扩增仪,

美国 Bio-Rad; 哥伦比亚血培养基, 法国梅里埃; 头孢西丁药敏纸片, 大连美仑生物科技有限公司; DNA 提取试剂盒, 北京百泰克生物科技。

2 方法

2.1 标本采集与菌种鉴定 所有标本均按照《临床微生物学标本采集与处理规范》进行采集, 并在规定时间内送至实验室。采用无菌生理盐水对皮肤拭子标本进行预处理, 血液、尿液等液体标本直接接种。接种后的标本在适宜条件下进行孵育, 待菌株生长后采用 VITEK 2-Compact 全自动微生物鉴定系统进行菌种鉴定。将鉴定为金黄色葡萄球菌的菌株进一步采用 MALDI-TOF MS 质谱仪进行再次鉴定。依据美国临床和实验室标准化委员会 (Latest US Clinical and Laboratory Standardization Committee, CLSI) 推荐的头孢西丁纸片法进行 MRSA 菌株的初筛, 头孢西丁抑菌圈直径 ≤ 21 mm 判定为 MRSA 菌株, 头孢西丁抑菌圈直径 ≥ 22 mm 判断为甲氧西林敏感金黄色葡萄球菌 (methicillin-sensitive *S. aureus*, MSSA) 菌株^[9]。

2.2 药敏试验 采用琼脂稀释法测定 790 株金黄色葡萄球菌对 10 种抗生素的敏感性, 包括青霉素、红霉素、克林霉素、庆大霉素、左氧氟沙星、环丙沙星、四环素、复方新诺明、万古霉素、替考拉宁。对于药敏试验结果, 根据 CLSI 标准进行判读, 对比分析 MRSA 与 MSSA 菌株的耐药性差异。

2.3 耐药基因检测 采用 PCR 方法对 MRSA 菌株进行耐药基因检测, 包括 *mecA*、*tetM*、*aac(6')/aph(2')*、*aph3'-III*、*ermA*、*ermB*、*ermC*、*mecC* 耐药基因。依据试剂盒说明书, 采用试剂盒提取 DNA 模板。参考文献^[10], 进行耐药基因的引物设计。反应体系: DNA 模板 4 μ L, 上下游引物各 1 μ L, dNTPs 2 μ L, PCR 缓冲液 2 μ L, 2 $\times$ QIAGEN Multiplex PCR Master Mix 体系 12.5 μ L, 加入 ddH₂O 补足 25 μ L。反应条件: 95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 30 s, 57 $^{\circ}$ C 退火 30 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 进行 35 个循环; 72 $^{\circ}$ C 终延伸 10 min, 以确保充分扩增。取 10 μ L 扩增产物进行电泳分析, 使用溴化乙锭染色, 经电泳护理后, 通过凝胶成像系统观察并记录结果。根据基因片段大小判断耐药基因的存在与否。

3 统计分析

采用 SPSS 27.0 软件进行数据处理, 对 MRSA 和 MSSA 菌株的耐药性进行统计分析, 以了解其耐药趋势及耐药基因携带情况, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 MRSA 分离率及科室分布情况

2021-2023 年分离出的 790 株金黄色葡萄球菌中, 共检出 260 株 MRSA, 检出率为 32.91% (260/790), 其中 2021 年检出 82 株 MRSA, 检出率为 37.96% (82/216), 2022 年检出 75 株 MRSA, 检出率为 32.89% (75/228), 2023 年检出 103 株 MRSA, 检出率为 29.77% (103/346)。2021-2023 年, MRSA 检出率呈逐年下降趋势, 不同年份 MRSA 检出率差异无统计学意义 ($\chi^2 = 4.044, P > 0.05$)。260 株 MRSA 菌株中, 烧伤整形外科占比最高为 18.46% (48/260), 骨科、综合 ICU、感染科、普外科、耳鼻喉科、急诊科、肾内科、神经 ICU、呼吸与危重症医学科、神经外科、儿科、新生儿科、脑血管病区、内分泌科、血液科、产科的占比分别为 12.31% (32/260)、10.38% (27/260)、9.62% (25/260)、8.46% (22/260)、7.69% (20/260)、6.54% (17/260)、5.77% (15/260)、5% (13/260)、3.85% (10/260)、2.69% (7/260)、2.31% (6/260)、2.31% (6/260)、1.92% (5/260)、1.15% (3/260)、0.77% (2/260)、0.77% (2/260)。MRSA 检出率前四位的科室依次为急诊科 (44.74%, 17/38)、烧伤整形外科 (42.86%, 48/112)、感染科 (39.68%, 25/63)、呼吸与危重症医学科 (37.04%, 10/27)。见表 1。

表 1 各科室 MRSA 分布情况及检出率
Table 1 Distribution and detection rates of MRSA in various departments

科室 Department	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i> ²	MRSA Methicillin-resistant <i>S. aureus</i>	检出率 (%) Detection rate
烧伤整形外科	112	48	42.86
骨科	94	32	34.04
综合 ICU	82	27	32.93
感染科	63	25	39.68
普外科	85	22	25.88
耳鼻喉科	87	20	22.99
急诊科	38	17	44.74
肾内科	51	15	29.41
神经 ICU	37	13	35.14
呼吸与危重症医学科	27	10	37.04
神经外科	26	7	26.92
儿科	24	6	25.00
新生儿科	21	6	28.57
脑血管病区	18	5	27.78
内分泌科	10	3	30.00
血液科	8	2	25.00
产科	7	2	28.57
合计 Total	790	260	32.91

2 标本来源

260 株 MRSA 菌株中, 痰液标本占比最高为 20.77% (54/260), 伤口分泌物、全血、脓液、组织分泌物、穿刺管尖端、引流液、中段尿、肺泡灌洗液、关节腔积液、脑脊液、肠道分泌物、粪便标本占比分别为

16.54% (43/260)、12.31% (32/260)、9.62% (25/260)、8.46% (22/260)、7.69% (20/260)、5.77% (15/260)、4.23% (11/260)、3.85% (10/260)、3.08% (8/260)、3.08% (8/260)、2.69% (7/260)、1.92% (5/260)。MRSA 检出率前四位的标本类型分别为伤口分泌物(42.16%, 43/102)、脓液(41.67%, 25/60)、肺泡灌洗液(38.46%, 10/26)、脑脊液(38.1%, 8/21)。见表2。

表2 不同类型标本 MRSA 分布情况及检出率
Table 2 Distribution and detection rates of MRSA in different types of specimens

标本类型 Specimen type	金黄色葡萄球菌 S. aureus	MRSA Methicillin-resistant S. aureus	检出率(%) Detection rate
痰液	155	54	34.84
伤口分泌物	102	43	42.16
全血	107	32	29.91
脓液	60	25	41.67
组织分泌物	78	22	28.21
穿刺管尖端	77	20	25.97
引流液	45	15	33.33
中段尿	32	11	34.38
肺泡灌洗液	26	10	38.46
关节腔积液	23	8	34.78
脑脊液	21	8	38.10
肠道分泌物	27	7	25.93
粪便	37	5	13.51
合计 Total	790	260	32.91

3 MRSA 与 MSSA 菌株耐药率对比

260 株 MRSA 菌株对青霉素的耐药率为 100% (260/260),对红霉素、克林霉素、左氧氟沙星、四环素、庆大霉素、环丙沙星的耐药率均高于 50%,依次为 85.77%、78.85%、70.00%、66.15%、58.46%、55.38%,未产生对万古霉素、替考拉宁的耐药株。530 株 MSSA 菌株对青霉素的耐药率最高为 70.19% (372/530),其次对红霉素耐药率较高为 50.38% (267/530),未产生对万古霉素、替考拉宁的耐药株。MRSA 与 MSSA 菌株对青霉素、红霉素、克林霉素、庆大霉素、左氧氟沙星、环丙沙星、四环素的耐药率差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表3。

4 耐药基因携带情况

对 260 株 MRSA 菌株进行耐药基因检测,结果显示:*mecA* 基因型的携带率为 100% (260/260),未检出 *mecC* 基因型, *tetM*、*aph3'-III*、*ermA*、*aac(6')/aph(2')*、*ermC*、*ermB* 基因型的携带率依次为 70.38% (183/260)、53.85% (140/260)、48.85% (127/260)、41.54% (108/260)、35.77% (93/260)、20.38% (53/260)。

表3 MRSA 与 MSSA 菌株耐药率对比
Table 3 Comparison of drug resistance rates between MRSA and MSSA strains

抗菌药物 Antibacterial agents	MRSA(n=260)		MSSA(n=530)		χ^2	P
	耐药株数 Drug-resistant strains	耐药率 Rate (%)	耐药株数 Drug-resistant strains	耐药率 Rate (%)		
青霉素	260	100.00	372	70.19	96.887	0.000
红霉素	223	85.77	267	50.38	92.761	0.000
克林霉素	205	78.85	214	40.38	103.635	0.000
庆大霉素	152	58.46	107	20.19	115.948	0.000
左氧氟沙星	182	70.00	264	49.81	28.920	0.000
环丙沙星	144	55.38	233	43.96	9.122	0.003
四环素	172	66.15	160	30.19	92.606	0.000
复方新诺明	79	30.38	132	24.91	2.675	0.102

注:“-”表示未进行组间对比。

讨论

MRSA 自 1960 年被英国的科学家们首次发现之后,在全球范围内广泛传播,并且逐渐发展成“超级细菌”之一,对公共卫生构成了严重的威胁^[11]。本次研究中,2021-2023 年共检出 260 株 MRSA,检出率为 32.91%。2021 年 MRSA 检出率为 37.96%,2022 年 MRSA 检出率为 32.89%,2023 年 MRSA 检出率为 29.77%,MRSA 检出率呈逐年下降趋势,但对比差异不显著,无统计学意义。260 株 MRSA 菌株中,烧伤整形外科占比最高。烧伤整形外科的患者由于皮肤损伤,抵抗力较低,成为 MRSA 感染的高危人群^[12]。这与烧伤整形外科在 MRSA 检出率中占比最高的情况相吻合,提示需要加强对该科室的感染控制和预防工作。

本次研究中,MRSA 主要分离自痰液标本。与徐国超等^[13]研究结果相近。MRSA 检出率前四位的标本类型分别为伤口分泌物、脓液、肺泡灌洗液、脑脊液。MRSA 的高检出率与医疗环境中的交叉感染密切相关,特别是在医院内的一些侵袭性操作过程中。因此,采取有效的消毒措施和严格的感染控制策略,对于降低 MRSA 的传播至关重要。

本次研究对比 MRSA 与 MSSA 菌株对临床常用抗菌药物的耐药率发现,MRSA 菌株显示出较高的耐药性,尤其是对青霉素类、头孢菌素类及大环内酯类药物,耐药率均在 50% 以上。相比之下,MSSA 菌株对这些药物的耐药率则相对较低。MRSA 与 MSSA 菌株对青霉素、红霉素、克林霉素、庆大霉素、左氧氟沙星、环丙沙星、四环素的耐药率差异有统计学意义($P < 0.05$)。与周银娣等^[14]研究结果相近。这种耐药性差异提示在临床治疗中应谨慎选择抗菌药物,避免过度依赖可能导致抗药性增强的药物^[15]。此外,还需强化病原学监测,及时掌握病原菌耐药动态,为临床合理用药提供科学依据。同时,通过多部门合作,加强医院

感染控制,提升公共卫生防护水平,是抵御超级细菌传播的关键措施。

MRSA 其固有的耐药性主要源自于金黄色葡萄球菌通过水平基因转移的方式,获得了一种名为葡萄球菌染色体 *mec* 盒 (SCC*mec*) 的新型可移动遗传元件,这种 SCC*mec* 元件携带着一个关键的基因,即 *mecA* 基因^[16]。*mecA* 基因负责编码一种特殊的膜蛋白,这种膜蛋白被称为青霉素结合蛋白 2a (PBP2a)。PBP2a 是一种对 β -内酰胺类抗生素,特别是甲氧西林,具有很低亲和力的青霉素结合蛋白^[17]。由于这种低亲和力的特性,PBP2a 很少或几乎不被 β -内酰胺类抗生素所结合,从而表现出对这些抗生素的固有耐药性。本次研究中,MRSA 菌株的 *mecA* 基因型的携带率为 100%,未检出 *mecC* 基因型, *tetM*、*aph3'*-III、*ermA*、*aac(6')*/*aph(2')*、*ermC*、*ermB* 基因型均有检出。这表明 MRSA 菌株的耐药机制复杂,涉及多种基因型的共同作用^[18]。因此,针对 MRSA 的防治策略,不仅要关注单一药物的使用,还应综合考虑多种耐药基因的影响,以减缓耐药性的进一步发展。同时,加强对抗生素使用的监管,合理规划抗生素的用药方案,对于延缓和减少 MRSA 的出现具有重要意义。此外,通过科研攻关,开发新型抗生素和替代疗法,也是未来防控 MRSA 感染的有效途径。

综上所述,MRSA 的耐药问题已成为临床治疗中的一大挑战,主要来源于烧伤整形外科,分离自痰液标本。MRSA 对多种抗生素表现出高度耐药性,携带多种耐药基因,提示需寻找新的治疗策略以应对日益严重的抗生素耐药问题。同时,加强跨学科合作,从基因组学、蛋白质组学等多角度深入探究耐药机制,为新型抗生素的研发提供理论依据。

【参考文献】

- [1] Reich PJ, Boyle MG, Hogan PG, et al. Emergence of community associated methicillin resistant *Staphylococcus aureus* strains in the neonatal intensive care unit: an infection prevention and patient safety challenge[J]. Clin Microbiol Infect, 2016, 22(7): 645-648.
- [2] Mehraj J, Witte W, Akmatov MK, et al. Epidemiology of *Staphylococcus aureus* Nasal Carriage Patterns in the Community [J]. Curr Top Microbiol Immunol, 2016, 398(1): 55-87.
- [3] Antonanzas F, Lozano C, Torres C. Economic features of antibiotic resistance: the case of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Pharmacoeconomics, 2015, 33(4): 285-325.
- [4] Chambers HF, Deleo FR. Waves of resistance: *Staphylococcus aureus* in the antibiotic era[J]. Nat Rev Microbiol, 2019, 7(19): 629-641.
- [5] 潘海邦,付琦,王波,等. 三黄膏对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌大鼠皮肤软组织感染的干预作用[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(8): 1132-1136.
- [6] 郑艳冰,崔邵彬,沙蕾. 耐甲氧西林金黄色葡萄球菌耐药基因及消毒剂耐药相关基因研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2024, 19(12): 1437-1441.
- [7] Antonanzas F, Lozano C, Torres C. Economic features of antibiotic resistance: the case of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Pharmacoeconomics, 2015, 33(4): 285-325.
- [8] Griffin BR, Hamilton LA. Progression of a recurrent community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Lab Medicine, 2020, 42(6): 329-333.
- [9] Humphries R, Bobenchik AM, Hindler JA, 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.
- [10] Abdolmaleki Z, Mashak Z, Safarpour Dehkordi F. Phenotypic and genotypic characterization of antibiotic resistance in the methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from hospital cockroaches [J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2019, 8(54): 643-647.
- [11] Bazzi AM, Rabaan AA, Fawarah MM, et al. Prevalence of panton-valentine leukocidin-positive methicillin susceptible *Staphylococcus aureus* infections in a Saudi Arabian hospital [J]. J Infect Public Health, 2015, 8(4): 364-368.
- [12] 杨少玲,胡丽叶,王秀慧,等. 糖尿病足创面耐甲氧西林金黄色葡萄球菌检出率的 Meta 分析[J]. 中华糖尿病杂志, 2023, 15(9): 863-873.
- [13] 徐国超,关若为,朱明武,等. 耐甲氧西林金黄色葡萄球菌院内感染分布及耐药机制研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2020, 15(4): 477-482.
- [14] 周银娣,黄颖,李婷婷,等. 合肥地区耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 SCC*mec* 分型及耐药性分析[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(8): 984-988.
- [15] Rachael MC, Ian MG, Jacqui E, et al. Systematic review and network meta-analysis of tedizolid for the treatment of acute bacterial skin and skin structure infections caused by MRSA[J]. BMC Infect Dis, 2017, 17(1): 17-39.
- [16] 王侯棋,曾建业,冯建波,等. MRSA 耐药机制研究进展[J]. 中国病原生物学杂志, 2021, 16(10): 1227-1230.
- [17] International Working Group on the Classification of Staphylococcal Cassette Chromosome E. Classification of staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*): guidelines for reporting novel SCC*mec* elements[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2009, 53(12): 4961-4967.
- [18] Hauschild T, Sacha P, Wiczorek P, et al. Aminoglycosides resistance in clinical isolates of *Staphylococcus aureus* from a University Hospital in Bialystok, Poland[J]. Folia Histochem Cytobiol, 2018, 46(2): 225-228.

【收稿日期】 2024-12-24 【修回日期】 2025-03-17