

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20232301

· 论 著 ·

## 综合医院 ICU 患者及环境分离多重耐药菌耐药率及同源性

许波银<sup>1</sup>, 李 娟<sup>2</sup>, 蔡 花<sup>2</sup>, 李 莉<sup>3</sup>, 褚少朋<sup>2</sup>, 王敬春<sup>2</sup>, 袁咏梅<sup>1</sup>

(1. 南通大学附属医院感染管理办公室, 江苏 南通 226001; 2. 南通大学附属医院微生物实验室, 江苏 南通 226001; 3. 南通市疾病预防控制中心, 江苏 南通 226001)

**[摘要]** 目的 调查某院重症监护病房(ICU)患者及环境分离多重耐药菌(MDRO)同源性,为临床预防控制 MDRO 感染提供依据。方法 收集 2021 年 11 月 17 日—12 月 17 日某三级甲等综合医院重症监护病房(ICU)患者及环境分离的 MDRO,对分离株进行药敏分析以及脉冲场凝胶电泳(PFGE)试验及聚类分析。结果 共收集 22 株 MDRO[耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP) 6 株,多重耐药鲍曼不动杆菌(MDR-AB) 11 株,耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA) 5 株],其中临床患者来源菌株 11 株,环境来源菌株 11 株,部分环境株与临床株高度同源。ICU 环境,包括工作人员生活区域物体表面、微波炉按键和开关等均检出 MDRO。患者床旁桌和水池消毒处理后仍被检出 CRKP、MDR-AB,护理员洗手后手检出与患者使用的听诊器完全同源的 MRSA。CRKP 对常用抗菌药物均耐药(头孢他啶/阿维巴坦除外);MDR-AB 临床株对米诺环素耐药率为 40.0%,对其他抗菌药物耐药率均 $\geq 60\%$ ,MDR-AB 环境株耐药率较临床株低。结论 ICU MDRO 临床株与环境株高度同源,存在 MDRO 通过医院环境在医院传播和交叉感染的可能。应加强环境清洁消毒措施的落实,提高手卫生依从性,切断病原菌医院传播途径,减少 MDRO 医院感染的发生。

**[关键词]** 重症监护病房;多重耐药菌;同源性分析;脉冲场凝胶电泳;医院感染;环境来源

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2

## Antimicrobial resistance and homology of the multidrug-resistant organisms isolated from patients and environment of the intensive care unit in a general hospital

XU Bo-yin<sup>1</sup>, LI Xian<sup>2</sup>, CAI Hua<sup>2</sup>, LI Li<sup>3</sup>, CHU Shao-peng<sup>2</sup>, WANG Jing-chun<sup>2</sup>, YUAN Yong-mei<sup>1</sup> (1. Department of Infection Management, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China; 2. Microbiology Laboratory, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China; 3. Nantong Center for Disease Control and Prevention, Nantong 226001, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the homology of the multidrug-resistant organisms (MDROs) isolated from patients and environment of intensive care unit (ICU) in a hospital, and provide evidence for clinical prevention and control of MDRO infections. **Methods** MDROs isolated from patients and environment of ICU in a tertiary first-class hospital from November 17 to December 17, 2021 were collected. Antimicrobial susceptibility test, pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) and cluster analysis were conducted on the isolated strains. **Results** A total of 22 MDROs were collected, including 6 carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (CRKP) strains, 11 multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* (MDR-AB) strains and 5 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) strains. 11 strains each were isolated from clinical patients and environment. Some of the environmental strains were

[收稿日期] 2022-10-11

[基金项目] 南通市科技计划项目(MS12021063);南通市卫健委面上课题(MSZ2022002);南通大学附属医院感染管理课题 Tfg2103

[作者简介] 许波银(1982-),女(汉族),江苏省南通市人,主管技师,主要从事医院感染管理与环境微生物学检测研究。

[通信作者] 袁咏梅 E-mail: yym9566@sina.com

highly homologous to the clinical strains. MDROs were isolated from ICU environment such as the surfaces of objects in the staff's living area, microwave oven buttons, switches, etc. CRKP and MDR-AB were isolated even after disinfection of patient bedside tables and sinks. MRSA identical to that from the stethoscope used by patient was isolated from nurses' hands after hand washing. CRKP was resistant to all commonly used antimicrobial agents (except ceftazidime/avibactam). MDR-AB clinical strains showed a resistance rate of 40.0% to minocycline, and resistance rates  $\geq 60\%$  to other antimicrobial agents; while environmental strains of MDR-AB had a lower resistance rate than the clinical strains. **Conclusion** Clinical MDRO strains from ICU are highly homologous to the environmental strains, suggesting the possibility of MDRO transmission and cross-infection through the hospital environment. Therefore, it is necessary to strengthen the implementation of environmental cleaning and disinfection measures, improve hand hygiene compliance, and cut off the transmission of pathogenic bacteria in hospital to reduce the incidence of MDROs.

[**Key words**] intensive care unit; multidrug-resistant organism; homology analysis; pulsed-field gel electrophoresis; healthcare-associated infection; environment source

近年来,耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*, CRKP)、多重耐药鲍曼不动杆菌(multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*, MDR-AB)及耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)等多重耐药菌(multidrug-resistant organism, MDRO)的检出率不断升高,在全球多个国家出现散发和(或)流行<sup>[1-4]</sup>。MDRO 成为人类健康的巨大威胁,给公共卫生带来了重大挑战。重症监护病房(intensive care unit, ICU)是医院危重症患者实施特殊治疗和监护的场所,患者普遍存在合并多种基础疾病、感染程度较重、免疫功能低下,同时接受有创检查和治疗操作较多,患者感染的风险高于其他普通科室。研究表明,MDRO 是 ICU 主要的感染菌;医务工作者的各种不规范行为均可能导致 MDRO 在医疗机构环境中定植或传播<sup>[5-7]</sup>;环境中 MDRO 定植情况可作为评价消毒过程效率的指标<sup>[6]</sup>。脉冲场凝胶电泳(plused-field gel electrophoresis, PFGE)是判断微生物是否同一起来源的“金标准”<sup>[8]</sup>。但目前的研究多为患者周围环境和医疗器械的研究,医务人员工作生活区域 MDRO 污染情况未引起关注。本研究采用 PFGE 对某院 ICU 患者和病区(包括生活区区域)环境中分离的 MDRO 进行同源性分析,了解 MDRO 医院内传播的可能路径,以及与医院感染之间的关系,为进一步加强 MDRO 医院感染防控提供依据,现将结果报告如下。

## 1 对象与方法

### 1.1 菌株来源 收集 2021 年 11 月 17 日—12 月

17 日江苏省某三级甲等综合医院 ICU 患者及环境标本分离的 22 株 MDRO,其中 CRKP 6 株,MDR-AB 11 株,MRSA 5 株。患者来源菌株均为患者入院后同类标本首次分离获得。环境标本检出菌株参照临床标本相应病原菌进行菌株鉴定及药敏试验。质控菌株大肠埃希菌 ATCC 25922 和标准菌株沙门菌 H9812,均由江苏省疾病预防控制中心提供。

### 1.2 试验试剂

1.2.1 PFGE 试验试剂 Seakem Gold Agarose 购自 Lonza 公司,EDTA、TBE 及 Tris-Hcl 均购自北京索莱宝科技有限公司,Gel Red 购自 Bio-Rad 公司,蛋白酶 K、Sma I 酶切系统、Xba I 酶切系统以及 Apa I 酶切系统均购自 TaKaRa 公司。

1.2.2 菌株鉴定及药敏试验试剂 菌株鉴定卡片及药物敏感性试验卡片购自生物梅里埃公司,药物敏感性纸片购自英国 Oxoid 公司。所有菌株经 VITEK 2 全自动微生物鉴定药敏分析系统鉴定。

1.3 试验仪器 电泳仪为购自 Bio-Rad 公司的 CHEF Mapper™ 脉冲场电泳系统,电泳成像使用 Bio-Rad 公司 Molecular Imager® Gel Doc™ XR<sup>+</sup> 及 Image Lab™ 成像软件,采用 Applied Maths NV 公司 Bionumerics 软件对电泳图像进行分析,VITEK 2 全自动微生物鉴定及药敏分析系统购自法国生物梅里埃公司。

### 1.4 判断标准

1.4.1 药敏试验 参照美国临床实验室标准化协会(CLSI)2021 版进行判断,结果分别以敏感(S)、中介(I)、耐药(R)表示。

1.4.2 MDRO 依据《MDR、XDR、PDR 多重耐药菌暂行标准定义——国际专家建议》对 MDRO 进行判断<sup>[9]</sup>。

1.4.3 菌株同源性 参考美国疾病预防控制中心 (CDC) 推荐的标准化 PulseNet 分子分型方法, 用 Xba I 酶切 H9812 产生的片段作为分子质量标准。依据文献<sup>[10]</sup>对 PFGE 结果进行判断, 菌株之间 DNA 条带数及相应条带大小相同认为相同, 存在 1~3 个条带差异的认为紧密相关, 出现 4~6 个条带差异认为可能相关, 7 个以上条带差异菌株认为不相关; 对 PFGE 图谱进行聚类分析, 电泳条带相似系数用 Dice 系数表示, 相似系数 >80% 的菌株认为存在同源性, >90% 认为高度同源, 100% 认为完全同源。

1.4.4 医院感染 参照《医院感染诊断标准(试行)》(2001 版)进行医院感染判断。

1.5 PFGE 试验 按照 PulseNet International 标准操作程序操作, 肺炎克雷伯菌采用 Xba I 酶, 鲍曼不动杆菌采用 Apa I 酶, 金黄色葡萄球菌采用 Sma I 酶。电泳系统为 0.5×TBE, 电场角度为 120°, 电压为 6.0 V/cm; 起始、终止转换时间: 肺炎克雷伯菌分别为 6、36 s, 鲍曼不动杆菌分别为 5、20 s, 金黄色葡萄球菌分别为 4、40 s; 肺炎克雷伯菌和金黄色葡萄球菌电泳时间为 19 h, 鲍曼不动杆菌电泳时间为 18 h 45 min。电泳结束后, 立即使用 3×Gel Red 染液染色 30 min。Bio-Rad 成像系统拍照后, 用 BioNumerics 软件对电泳图谱进行聚类分析。

## 2 结果

2.1 病原学检测结果 共分离 MDRO 22 株, 包括 CRKP 6 株, MDR-AB 11 株, MRSA 5 株。其中同期住院患者分离 MDRO 11 株 (CRKP 4 株, MDR-AB 5 株, MRSA 2 株), 主要来源于呼吸道、腹腔、血标本, 见表 1。共采集 ICU 环境、工作人员手、诊疗用品标本 44 份, 分离 MDRO 11 株 (CRKP 2 株, MDR-AB 6 株, MRSA 3 株), 见表 2。

### 2.2 耐药率分析

2.2.1 CRKP 药敏试验结果 6 株 CRKP 对常用抗菌药物的药敏试验结果完全一致, 除对头孢他啶/阿维巴坦敏感外, 对其他常用抗菌药物体外试验均耐药。

2.2.2 MDR-AB 药敏试验结果 11 株 MDR-AB, 3 株对米诺环素耐药; 环境株对头霉素类均耐药, 对

复方磺胺甲噁唑均敏感, 对庆大霉素和米诺环素耐药率为 16.7%, 对其他抗菌药物耐药率为 33.3%; 临床株对米诺环素、头孢哌酮/舒巴坦和复方磺胺甲噁唑耐药率分别为 40.0%、60.0%、80.0%, 对其他抗菌药物均耐药, 见表 3。

表 1 ICU 患者常见 MDRO 检出情况

Table 1 Detection of common MDROs in ICU patients

采样日期	标本来源	床号	标本种类	MDRO (菌株编号)	医院感染
12月11日	患者1	17	痰	MDR-AB(ab7)	是
11月22日	患者2	3	痰	MDR-AB(ab8)	否
12月10日	患者3	21	痰	MDR-AB(ab10)	是
12月02日	患者4	21	痰	MDR-AB(ab9)	否
12月15日	患者5	1	痰	MDR-AB(ab11)	否
11月19日	患者6	18	腹腔冲洗液	CRKP(kpn2)	否
12月10日	患者7	5	痰	CRKP(kpn3)	否
11月17日	患者8	6	血	CRKP(kpn4)	是
11月28日	患者9	22	痰	CRKP(kpn10)	是
12月17日	患者10	2	腹腔引流液	MRSA(sau12)	是
12月11日	患者11	19	痰	MRSA(sau13)	否

表 2 ICU 病区环境标本常见 MDRO 检出情况

Table 2 Detection of common MDROs in ICU environmental specimens

标本	标本数			MDRO 标本种类	菌株编号
	消毒/手卫生前	消毒/手卫生后	合计		
工作人员手	4	4	8	手卫生后护理员手	sau14
诊疗用品 设备表面	4	4	8	1~3 床手持电脑 (PDA)	ab1
				4 床听诊器	sau15
患者周围 物体表面	3	3	6	消毒前 18 床水池	ab3
				消毒后 18 床水池	ab4
				消毒后 18 床边桌	kpn1
				17 床边鼠标及键盘	kpn5
工作区域 物体表面	4	4	8	中央台面	ab2
				中央台面	sau11
生活区域 物体表面	7	7	14	女值班室微波炉	ab5
				男值班室微波炉柜	ab6

表 3 11 株 MDR-AB 药敏试验结果

Table 3 Antimicrobial susceptibility test results of 11 MDR-AB strains

药物名称	环境菌株							临床菌株					
	ab1	ab2	ab3	ab4	ab5	ab6	耐药率(%)	ab7	ab8	ab9	ab10	ab11	耐药率(%)
哌拉西林	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
氨苄西林/舒巴坦	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
哌拉西林/他唑巴坦	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
头孢他啶	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
头孢吡肟	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
头孢哌酮/舒巴坦	R	R	S	S	S	S	33.3	I	R	I	R	R	60.0
头孢替坦	R	R	R	R	R	R	100	R	R	R	R	R	100
亚胺培南	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
美罗培南	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
阿米卡星	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
庆大霉素	I	R	S	S	S	S	16.7	R	R	R	R	R	100
妥布霉素	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
米诺环素	I	R	S	S	S	S	16.7	R	I	R	I	I	40.0
环丙沙星	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
左氧氟沙星	R	R	S	S	S	S	33.3	R	R	R	R	R	100
复方磺胺甲噁唑	S	S	S	S	S	S	0	R	R	R	S	R	80.0

2.2.3 MRSA 药敏试验结果 5 株 MRSA, 其中 2 株为临床株(sau12、sau13 号株)。MRSA 菌株对红霉素及氟喹诺酮类药物(环丙沙星、左氧氟沙星、

莫西沙星等)耐药率为 60.0%, 对四环素耐药率为 40.0%。见表 4。

表 4 5 株 MRSA 药敏试验结果

Table 4 Antimicrobial susceptibility test results of 5 MRSA strains

药物名称	菌株编号					药物名称	菌株编号				
	sau11	sau12	sau13	sau14	sau15		sau11	sau12	sau13	sau14	sau15
青霉素	R	R	R	R	R	克林霉素	R	R	R	S	S
苯唑西林	R	R	R	R	R	替加环素	S	S	S	S	S
庆大霉素	S	S	S	I	S	环丙沙星	R	R	R	I	S
万古霉素	S	S	S	S	S	左氧氟沙星	R	R	R	S	S
奎奴普汀/达福普汀	S	S	S	S	S	莫西沙星	R	R	R	S	S
利奈唑胺	S	S	S	S	S	呋喃妥因	S	S	S	S	S
四环素	R	R	S	S	S	复方磺胺甲噁唑	S	S	S	S	S
红霉素	R	R	R	S	S	利福平	S	S	S	S	S

2.3 PFGE 同源性分析结果

2.3.1 CRKP 同源性分析结果 对 CRKP 菌株电泳条带进行聚类分析显示, 6 株 CRKP 相似系数为 92.5%, 高度同源, 属于同一分型。其中, 环境株标本 kpn1(18 床旁桌)与标本 kpn5(17 床边键盘及鼠标)完全同源, 相似系数达 100%, 17 床及 18 床分布

于 ICU 同一房间, 所在房间为双人间; 临床株标本 kpn4(患者 8)与标本 kpn10(患者 9)分离的 CRKP 完全同源。PFGE 同源性分析结果见图 1。4 株临床株中 2 株为患者携带定植菌株(患者 6、患者 7), 2 株为患者医院内获得感染菌株(患者 8、患者 9); 患者 8 最先(11 月 17 日)分离出 CRKP, 接着依次为

患者 6(11 月 19 日)、患者 9(11 月 28 日)、患者 7(12 月 10 日);患者 8 和患者 6 在住院期间曾多次更换床位,床位变更时间分布见图 2。患者 6 为肠破裂继发腹腔感染患者,其与患者 9 在 ICU 住院期间时间和空间分布上存在交叉。

2.3.2 MDR-AB 同源性分析结果 11 株 MDR-AB 中 7 株相似系数 >80%,存在同源性关系。2 株(ab1:1~3 床共用 PDA;ab2:护士站中央台工作电脑覆盖区域表面)为环境株,相似系数高达 97.7%;5 株为临床株,其中 ab8(患者 2)、ab10(患者 3)相似度 100%,完全同源。见图 3。ab7(患者 1)以及 ab10(患者 3)为患者医院内获得感染病原菌,ab8(患者 2)、ab9(患者 4)及 ab11(患者 5)为患者携带或定植病原菌。5 例患者 ICU 内床位变化分布情况见图 4,患者 4 分别与患者 1、患者 3 在住院时间和空间分布上存在交叉。

2.3.3 MRSA 同源性分析结果 ICU 检出 MRSA 共 5 株,其中 sau14(ICU 护理员洗手后手)及 sau15(4 床听诊器)聚类分析相似系数为 100%,完全同源;菌株 sau11(ICU 护士站中央台工作电脑覆盖区域物体表面)与菌株 sau12(患者 10 分离株)高度同源(相似系数:93.8%),见图 5。

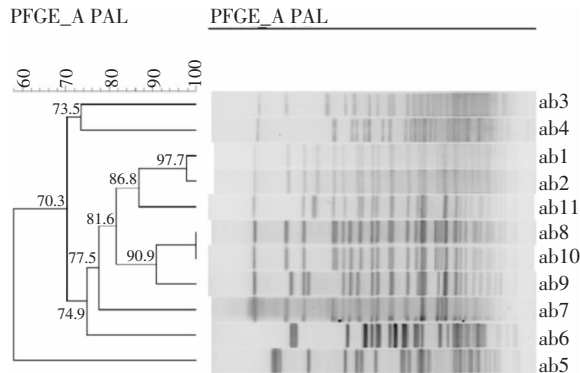


图 3 MDR-AB PFGE 分型结果

Figure 3 PFGE typing results of MDR-AB

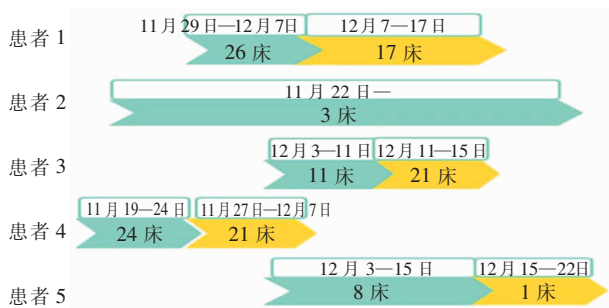


图 4 5 株 MDR-AB 临床分离株对应患者床位分布情况

Figure 4 Distribution of patients' beds of the 5 corresponding MDR-AB clinical strains

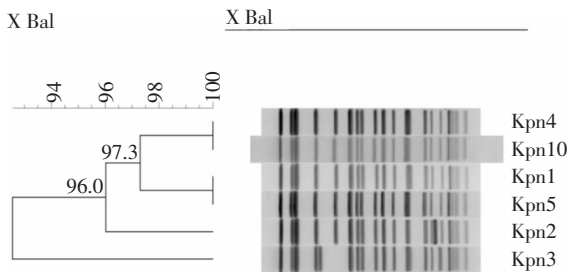


图 1 CRKP PFGE 分型结果

Figure 1 PFGE typing results of CRKP

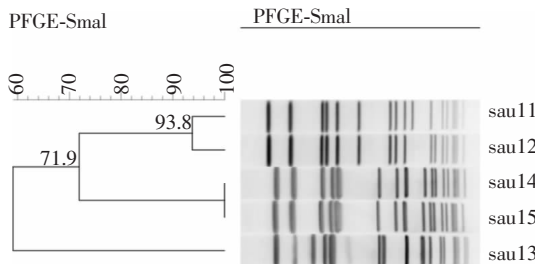


图 5 MRSA PFGE 分型结果

Figure 5 PFGE typing result of MRSA

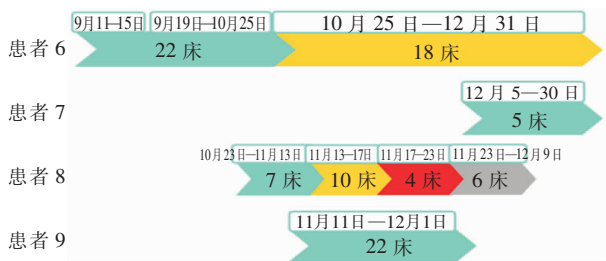


图 2 4 株 CRKP 临床分离株对应患者床位分布情况

Figure 2 Distribution of patients' beds of the 4 corresponding CRKP clinical strains

### 3 讨论

金黄色葡萄球菌、肺炎克雷伯菌和鲍曼不动杆菌广泛分布在医院环境中,是引起医院感染的主要病原菌,更是 ICU 患者感染的重要机会致病菌。由于 ICU 主要接收急重症患者,多数患者涉及转院、转科、接受侵入性治疗等情况,该病区是医院感染的高发区域,也是 MDRO 主要流行的区域,CRKP、MRSA、MDR-AB 检出率远高于门急诊和住院其他病区<sup>[11]</sup>。本研究显示,ICU 患者及环境分离的 CRKP、患者分离 MDR-AB 耐药率高于全国平均

水平<sup>[11]</sup>,环境株耐药率相对低于临床分离株,与宛传丹等<sup>[12]</sup>报道一致,与细菌耐药诱导机制、广谱抗菌药物的大量使用密切相关。在大量广谱抗菌药物的选择性压力下,来源于环境的同源性菌株可在感染患者过程中发生耐药机制传导,从而导致临床标本中细菌的耐药率普遍呈升高趋势<sup>[13]</sup>。

本研究结果显示,ICU 患者周围环境及设备表面,工作人员频繁接触的中央台、电脑键盘、鼠标,甚至工作人员生活区域的物体表面、微波炉按键和开关等均不同程度检出与患者感染相关的 MDRO,在患者床旁桌和水池消毒处理前后均分别检出 CRKP、MDR-AB,且 PFGE 显示部分环境分离株与临床分离株高度同源,表明受污染的医疗环境可能是造成耐药菌在医院内传播的重要模式。无生命的高频接触物体表面的病原菌污染,大多由于工作人员执行接触行为后的手卫生执行不规范导致<sup>[14]</sup>。该病区护理员手卫生后手部检出 MRSA 与 4 床听诊器表面检出 MRSA 完全同源,提示护工所使用的手卫生设施遭到污染或手卫生后采样前接触被 MRSA 污染的患者周围环境或诊疗用品等可能。文献<sup>[15-17]</sup>报道,工作人员手是病原菌医院传播的重要媒介。本研究也进一步证实受污染的物体表面以及医务人员的手等是造成 MDRO 医院感染的重要因素,因此,加强病区环境清洁消毒措施的落实,提高医务人员手卫生意识和手卫生执行依从性,能有效切断病原菌医院内传播途径,减少医院感染的发生。

多项研究<sup>[18-20]</sup>报道,在医院环境表面检出与患者同源的 MDRO,但环境标本局限于病房家具和医疗器械,未对医务人员值班室等生活区域 MDRO 污染情况进行调查研究。本研究环境物体表面采样覆盖面广,对工作人员操作后、手卫生前及手卫生后手部,消毒前及消毒湿巾规范消毒处理后物体表面分别进行采样,直观评价该病区消毒隔离和手卫生措施落实效果。同源性分析结果显示,部分环境分离株与临床分离株高度同源,提示该病区存在患者感染病原菌污染患者周围环境并可能导致医院感染。但本研究标本量不多,环境采样时间点单一,研究结果仅能说明该病区短期内的情况,有一定的局限性,后续将开展大样本量、多时间点覆盖的持续性研究,以及针对具体诊疗设备与感染部位(如呼吸机与呼吸机相关肺炎)、物体表面及不同工作人员,以及相应措施及其落实效果评价的探讨性研究,为临床感染与环境的关系提供有力证据。

综上所述,该院 ICU 患者周围环境、工作人员

工作和生活区域高频接触表面均不同程度被 MDRO 污染。部分环境株与临床株同源,存在 MDRO 传播以及导致新发医院感染的风险。重视 MDRO 和环境微生物监测,对分离菌株及时进行同源性分析,对临床了解医院感染流行/暴发的来源及传播模式具有现实指导意义。同时,进一步规范抗菌药物合理使用,加强环境表面的清洁消毒措施的落实及其效果评价,强化工作人员尤其是护理员的手卫生培训,提高手卫生依从性,能有效减少医院感染的发生。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] Satlin MJ, Chen L, Patel G, et al. Multicenter clinical and molecular epidemiological analysis of bacteremia due to carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) in the CRE epicenter of the United States[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2017, 61(4): e02349-16.
- [2] Tadese BK, Nutt A, Chaudhary I, et al. Regional outbreak of multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing *Pseudomonas Aeruginosa* [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2023, 44(1): 96-98.
- [3] Gu DX, Dong N, Zheng ZW, et al. A fatal outbreak of ST11 carbapenem-resistant hypervirulent *Klebsiella pneumoniae* in a Chinese hospital: a molecular epidemiological study[J]. *Lancet Infect Dis*, 2018, 18(1): 37-46.
- [4] Baier C, Ebadi E, Mett TR, et al. Epidemiologic and molecular investigation of a MRSA outbreak caused by a contaminated bathtub for carbon dioxide hydrotherapy and review of the literature[J]. *Can J Infect Dis Med Microbiol*, 2020, 2020: 1613903.
- [5] Gontjes KJ, Gibson KE, Lansing B, et al. Contamination of common area and rehabilitation gym environment with multidrug-resistant organisms[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2020, 68(3): 478-485.
- [6] Lin JL, Lin DX, Xu P, et al. Non-hospital environment contamination with *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: proportion Meta-analysis and features of antibiotic resistance and molecular genetics[J]. *Environ Res*, 2016, 150: 528-540.
- [7] Mody L, Washer LL, Kaye KS, et al. Multidrug-resistant organisms in hospitals: what is on patient hands and in their rooms? [J]. *Clin Infect Dis*, 2019, 69(11): 1837-1844.
- [8] Krawczyk B, Kur J, Stojowska-Swędryńska K, et al. Principles and applications of ligation mediated PCR methods for DNA-based typing of microbial organisms[J]. *Acta Biochim Pol*, 2016, 63(1): 39-52.
- [9] 李春辉, 吴安华. MDR、XDR、PDR 多重耐药菌暂行标准定

- 义——国际专家建议[J]. 中国感染控制杂志, 2014, 13(1): 62-64.
- Li CH, Wu AH. Interim standard definition of MDR, XDR and PDR multidrug-resistant bacteria—recommendations of international experts[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2014, 13(1): 62-64.
- [10] Tenover FC, Arbeit RD, Goering RV, et al. Interpreting chromosomal DNA restriction patterns produced by pulsed-field gel electrophoresis: criteria for bacterial strain typing[J]. J Clin Microbiol, 1995, 33(9): 2233-2239.
- [11] 全国细菌耐药监测网. 2020 年全国细菌耐药监测报告[J]. 中华检验医学杂志, 2022, 45(2): 122-136.
- China Antimicrobial Resistance Surveillance System. 2020 National antimicrobial resistance surveillance report[J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2022, 45(2): 122-136.
- [12] 宛传丹, 周金保, 邹学军, 等. ICU 环境细菌学监测结果与医院感染病原菌耐药谱同源性分析[J]. 现代预防医学, 2016, 43(17): 3235-3240.
- Wan CD, Zhou JB, Zou XJ, et al. Analysis on the homology of environmental bacteriological monitoring results and drug resistance spectrum of pathogenic bacteria in ICU [J]. Modern Preventive Medicine, 2016, 43(17): 3235-3240.
- [13] 鲍群丽, 汪宏良, 柯俊. 耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌临床分布及耐药谱动态观察[J]. 中国感染控制杂志, 2015, 14(5): 311-313, 316.
- Bao QL, Wang HL, Ke J. Distribution characteristics and dynamic observation of antimicrobial resistant spectrum of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2015, 14(5): 311-313, 316.
- [14] 汪洋, 吴晓松, 黄立业, 等. 一起鲍氏不动杆菌医院感染暴发的调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(9): 1940-1943.
- Wang Y, Wu XS, Huang LY, et al. Investigation of an outbreak of nosocomial infection caused by *Acinetobacter baumannii* [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(9): 1940-1943.
- [15] 杨惠英, 余红, 刘银梅. 手卫生干预对降低重症监护室医院感染率的影响[J]. 中国感染控制杂志, 2014, 13(10): 612-615.
- Yang HY, Yu H, Liu YM. Hand hygiene intervention to reduce healthcare-associated infection rate in an intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2014, 13(10): 612-615.
- [16] 常文燕, 陈晓兵, 李焯, 等. 多重耐药菌感染患者陪护人员手部接触行为的调查研究[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(12): 1088-1093.
- Chang WY, Chen XB, Li Y, et al. Hand contact behaviors among caregivers of patients with multidrug-resistant organism infection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(12): 1088-1093.
- [17] 董明驹, 史莉, 杨富强, 等. 医务人员洗手依从性管理与医院感染[J]. 中华医院感染学杂志, 2011, 21(3): 508-509.
- Dong MJ, Shi L, Yang FQ, et al. Administration of hand-washing compliance of medical staff and nosocomial infections [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2011, 21(3): 508-509.
- [18] Ye D, Shan JL, Huang YB, et al. A gloves-associated outbreak of imipenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in an intensive care unit in Guangdong, China[J]. BMC Infect Dis, 2015, 15: 179.
- [19] 杨峰, 吴毅凌, 杨丽华, 等. 住院患者与医院环境中耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 PFGE 分子分型研究[J]. 老年医学与保健, 2018, 24(2): 167-170.
- Yang F, Wu YL, Yang LH, et al. PFGE analysis of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from inpatients and hospital environment [J]. Geriatrics & Health Care, 2018, 24(2): 167-170.
- [20] Zeng LY, Yang CR, Zhang JS, et al. An outbreak of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in an intensive care unit of a major teaching hospital in Chongqing, China[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2021, 11: 656070.

(本文编辑:左双燕)

**本文引用格式:**许波银, 李娴, 蔡花, 等. 综合医院 ICU 患者及环境分离多重耐药菌耐药率及同源性[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(4): 404-410. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20232301.

**Cite this article as:** XU Bo-yin, LI Xian, CAI Hua, et al. Antimicrobial resistance and homology of the multidrug-resistant organisms isolated from patients and environment of the intensive care unit in a general hospital[J]. Chin J Infect Control, 2023, 22(4): 404-410. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20232301.