

DOI:10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20252464

· 论 著 ·

# 应用全基因组测序对呼吸重症监护病房耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌疑似暴发事件的调查

仇先明<sup>1</sup>, 徐 朋<sup>2</sup>, 董秀涛<sup>3</sup>, 徐 懿<sup>2</sup>, 郭 璇<sup>2</sup>, 卞炳皓<sup>2</sup>, 王丽丽<sup>2</sup>  
(山东第一医科大学第一附属医院 山东省千佛山医院 1. 重症医学科; 2. 感染管理科; 3. 检验科, 山东 济南 250014)

[摘 要] 目的 调查一起疑似耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(CRAB)感染暴发事件的流行病学特征并分析原因, 为医院感染预防与控制提供依据。方法 收集 2024 年 5 月某医院呼吸重症监护病房(RICU)的 3 例 CRAB 培养阳性患者的病例信息。对患者病房环境进行微生物学采样, 并送检培养与鉴定, 环境标本检出 CRAB 菌株与患者标本分离的 CRAB 菌株进行全基因组测序(WGS)。多部门联合制定并实施综合感染控制措施, 并评估其效果。结果 3 例患者的痰标本及其床旁鼠标标本均培养出 CRAB, WGS 检测显示 2 例患者的痰及床旁办公鼠标均检出 ST2158、ST1791 耐药基因。经综合判断, 2 例患者为医院感染, 1 例患者为定植, 排除医院感染暴发。环境卫生学监测共采集 24 份环境标本, CRAB 检出率为 58. 33%。床旁鼠标检出 CRAB 与患者痰标本分离的 CRAB 药敏结果一致。采取提高病房环境清洁消毒频率、加强手卫生执行力度以及加强科室人员管控与医院感染防控培训等措施后, 医院感染得到有效控制。结论 此次 RICU CRAB 疑似暴发事件的可能传播途径为被污染的办公鼠标导致医护人员手部携带 CRAB, 继而因医护人员手卫生执行不力引起交叉感染。加强环境物体表面清洁消毒与医护人员手卫生管理是预防 CRAB 医院感染的关键措施。

[关 键 词] 鲍曼不动杆菌; 医院感染; 暴发; 重症监护病房; 同源性

[中图分类号] R181. 3<sup>+</sup> 2

## A suspected outbreak of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in respiratory intensive care unit: a survey by whole genome sequencing

QIU Xianming<sup>1</sup>, XU Peng<sup>2</sup>, DONG Xiutao<sup>3</sup>, XU Yi<sup>2</sup>, GUO Xuan<sup>2</sup>, BIAN Binghao<sup>2</sup>, WANG Lili<sup>2</sup> (1. Department of Critical Care Medicine; 2. Department of Infection Management; 3. Department of Laboratory Medicine, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University, Shandong Provincial Qianfoshan Hospital, Jinan 250014, China)

[Abstract] Objective To investigate and analyze the epidemiological characteristics and the causes of a suspected outbreak of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB) infection, and provide basis for healthcare-associated infection (HAI) prevention and control. Methods Information of 3 patients with CRAB positive culture from the respiratory intensive care unit (RICU) of a hospital in May 2024 was collected. Microbiological sampling was performed in patients' ward environment, and the specimens were cultured and strains were identified. CRAB strains detected from the environment and patients were performed whole genome sequencing (WGS). Multiple departments jointly formulated and implemented comprehensive infection control measures, and the effectiveness were evaluated. Results CRAB was cultured from specimens of sputum and bedside office mice of 3 patients. WGS detection showed that ST2158 and ST1791 resistance genes were detected from both sputum and bedside office mice of

[收稿日期] 2025-04-30  
[基金项目] 山东省医药卫生科技发展基金资助项目(2018WS099);山东省重点研发计划(软科学)项目(2019RKB14038);中华预防医学  
会医院感染控制分会青年人才托举项目(2024)  
[作者简介] 仇先明(1989-),男(汉族),山东省济宁市人,主治医师,主要从事急危重症相关研究。  
[通信作者] 徐朋 E-mail: sdfmuxupeng@163.com

2 patients. After comprehensive assessment, 2 patients were confirmed with HAI and 1 patient was confirmed with colonization, ruling out an outbreak of HAI. A total of 24 environmental specimens were taken for environmental hygiene monitoring, with a CRAB detection rate of 58.33%. CRAB detected from bedside mice and patients' sputum specimen had consistent CRAB drug susceptibility testing results. After implementing measures such as increasing the frequency of cleaning and disinfection of ward environment, strengthening the implementation of hand hygiene, and enhancing the supervision of department personnel as well as HAI prevention and control training, HAI was effectively controlled. **Conclusion** The possible transmission route of this suspected CRAB outbreak in RICU is the contamination of office mice, which caused healthcare workers carrying CRAB in their hands, leading to cross infection due to poor hand hygiene implementation of healthcare workers. Strengthening the cleaning and disinfection of environmental surface and the management of hand hygiene of healthcare workers are key measures to prevent CRAB HAI.

[**Key words**] *Acinetobacter baumannii*; healthcare-associated infection; outbreak; intensive care unit; homology

耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*, CRAB)是重症监护病房(intensive care unit, ICU)内常见的条件致病菌,可引起患者呼吸道、腹腔、泌尿道、血液、神经系统等多部位感染<sup>[1]</sup>,是医院感染的主要致病菌之一,严重影响医院感染防控工作<sup>[2]</sup>。中国细菌耐药监测网数据显示,2015—2021 年我国 CRAB 的分离率高达 75.2%<sup>[3]</sup>。更为重要的是,CRAB 定植显著增加患者病死率,且是患者死亡的独立危险因素<sup>[4]</sup>。然而,针对 CRAB 的抗菌药物研发进展缓慢,可供临床医生选择的药物非常有限,给临床治疗带来巨大挑战。因此,世界卫生组织在 2024 年细菌优先病原体预警清单中将 CRAB 列为关键优先级细菌。本研究针对某院呼吸重症监护病房(respiratory intensive care unit, RICU)2024 年 5 月发生的 3 例 CRAB 感染患者疑似医院感染暴发事件进行调查,并利用全基因组测序技术(whole-genome sequencing, WGS)分析菌株同源性,追溯可能导致此次疑似医院感染暴发的相关原因。针对相关原因采取干预措施,并为 ICU 中 CRAB 感染的预防与控制提供科学依据。

## 1 资料与方法

1.1 研究资料 收集 2024 年 5 月山东第一医科大学第一附属医院 RICU 的 3 例 CRAB 培养阳性患者的人口学及临床资料。调查内容包括年龄、性别、原发病、病原体检测结果、治疗方案及转归等。对病房内医护人员、医疗环境物品、办公用品等进行环境卫生学采样。

1.2 诊断标准 参照中华人民共和国卫生部发布的《医院感染诊断标准(试行)2001 版》进行诊断<sup>[5]</sup>。

参照 2012 年《中国鲍曼不动杆菌感染诊治与防控专家共识》<sup>[6]</sup>诊断鲍曼不动杆菌感染。

1.3 病原学培养及同源性分析 参照《全国临床检验操作规程(第四版)》<sup>[7]</sup>要求,进行标本采集与送检。采用 K-B 法进行药物敏感试验,并对标本进行 WGS,以分析其同源性。

1.4 流行病学调查 利用医院信息系统查阅病例,联系主管医生与护士进行床旁分析,进行风险评估后采取医院感染控制措施。参照《医疗机构消毒技术规范》<sup>[8]</sup>对可疑污染区域、办公用品、医疗仪器设备、病区环境及医护人员手等进行环境微生物采样,采样方法为使用无菌拭子进行大面积涂抹,现场接种在血营养琼脂培养基,并立即送检进行微生物细菌培养和鉴定。依据《医院消毒卫生标准(GB 15982—2012)》<sup>[9]</sup>对结果进行解释说明。

1.5 医院感染控制措施 感染管理科联合医务处、护理部、质控处、总务处及重症医学科医护人员开展分析讨论,制定并实施以下感染控制措施:(1)环境及手卫生检测。对呼吸机面板、床栏、监护仪按键、输液泵、电脑、鼠标和洗手池、排水口、清洁工具等及工作人员手(接触患者或环境后、脱手套后)进行采样调查,每周 1 次,查找目标菌;(2)患者隔离与分组管理。将 CRAB 阳性患者集中安置于单间病房或独立隔离区域,并配备专用的诊疗设备和固定的护理人员。若条件有限,则严格执行床旁隔离措施(如使用隔帘进行空间分隔、配备专用的诊疗设备)。对护理团队进行分组(如分别负责 CRAB 阳性患者与非 CRAB 阳性患者),以避免交叉感染。对护工、保洁人员等所有进入病房的工作人员实施同样的分组管理策略。(3)规范使用个人防护用品。隔离衣应在进入患者床旁前穿戴,离开隔离区域时立即脱下并丢弃,严禁穿隔离衣进入其他区域。脱卸所有个

人防护用品后,必须立即进行手卫生。该措施的执行依从性通过感染控制质控员巡查或回顾监控录像等方式进行抽查与监督。(4)强化环境清洁消毒。对病房环境物体表面与设备表面进行彻底的清洁与消毒。环境物体表面清洁消毒频率为每班 1 次,应加强对日常清洁消毒及终末消毒过程的监督与质量检查。患者转出或出院后,应对床单元进行终末消毒。(5)优化操作技术。在进行吸痰等易产生气溶胶的操作时,应优先使用密闭式吸痰器,以减少气溶胶喷溅和交叉感染的风险。(6)加强人员培训与多部门协作。定期组织科室工作人员开展手卫生培训及考核。定期召开多部门会议,通报 CRAB 监测数据与干预措施执行情况,并依据反馈动态调整感染控制措施。

1.6 统计学方法 应用 SPSS 24.0 进行统计学分

析。计数资料采用频数、百分比描述,组间比较采用  $\chi^2$  检验。 $P\leq 0.05$  为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 流行病学特征

2.1.1 人群分布 2024 年 5 月 10—23 日 RICU 共收治 14 例患者,其中 3 例患者(病例 1 为 6 床、病例 2 为 7 床、病例 3 为 9 床)深部痰标本培养出 CRAB。3 例患者年龄均  $>75$  岁,2 例患者接受多黏菌素治疗,均有机械通气病史,且 3 例患者均已好转。6、7 床由相同医疗组和护理人员主管,9 床由另外的医疗组和护理人员主管,人员诊疗护理方面无交叉。感染患者基本情况见表 1。

表 1 RICU 3 例 CRAB 阳性患者的基本情况  
Table 1 Basic information of 3 CRAB positive patients in RICU

床位	性别	年龄(岁)	送检日期	标本	碳青霉烯类 抗生素暴露	CRAB 类型	治疗方案	转归
6 床	男	77	2024 年 5 月 13 日	痰	是	定植	无	好转
7 床	男	79	2024 年 5 月 21 日	痰	是	感染	多黏菌素 E	好转
9 床	女	77	2024 年 5 月 20 日	痰	是	感染	多黏菌素 E	好转

2.1.2 时间分布 6 床患者是检出的第 1 例 CRAB 患者(5 月 15 日报告结果),7、9 床患者分别于 5 月 23、22 日报告结果,检出时间高度重叠。其中病例 1 检出的 CRAB 除对米诺环素中介外,对其余检测抗菌药物均耐药(未检测多黏菌素);病例 2 检出的 CRAB 对多黏菌素敏感,对其余检测抗菌药物均耐药;病例 3 检出的 CRAB 对所有检测抗菌药物均耐药。

2.1.3 空间分布 RICU 开放床位 25 张,5 月 10—23 日在院患者 14 例,6、7 床患者处于同一病房内,9 床患者处于隔壁病房,存在空间传播的可能性。在 6、7、9 床患者的痰标本及 6、7 床患者的床旁鼠标中检出 CRAB。见图 1。



图 1 RICU 病房空间分布图  
Figure 1 Spatial distribution of RICU wards

2.2 环境微生物学采样结果 共采集 24 份环境标本,其中 14 份检出 CRAB,检出率为 58.33%。6、9 床患者床旁鼠标均检出 CRAB,与患者痰标本检出的 CRAB 药敏试验结果一致。床单元采样中有 3 例呈阳性。见表 2。

表 2 环境微生物学采样结果  
Table 2 Microbiology sampling results of environment

采样部位	采样份数	CRAB 检出株数	检出率(%)
床单元	7	3	42.86
鼠标	8	4	50.00
空气	5	4	80.00
水池	2	2	0
医护人员手	2	1	50.00
合计	24	14	58.33

2.3 同源性分析 送检 6、7、9 床患者的痰标本和 6、9 床患者的床旁鼠标采样标本。同源性分析结果显示,9 床患者痰检出的 CRAB 与其他菌株不同源。见表 3。

表 3 WGS 同源性分析结果

Table 3 Homology analysis results of whole genome sequencing

标本	MLST (Oxford)	MLST (Pasteur)	cgMLST
6 床患者床旁鼠标	ST2158, ST1791	ST2	cgST1630
7 床患者床旁鼠标	ST2158, ST1791	ST2	cgST1630
6 床患者痰	ST2158, ST1791	ST2	cgST1630
7 床患者痰	ST2158, ST1791	ST2	cgST1630
9 床患者痰	ST2499	ST2	cgST3016

注:MLST 表示多位点序列分型。

表 4 RICU 感染控制干预措施落实率(%)

Table 4 Implementation rates of RICU infection control intervention measures (%)

指标	5 月	6 月	$\chi^2$	P
隔离医嘱下达及时率	84.62(22/26)	93.33(28/30)	0.383	0.536
医生手卫生依从率	49.12(56/114)	81.37(83/102)	24.407	<0.001
护士手卫生依从率	57.82(85/147)	86.07(105/122)	25.636	<0.001
隔离衣正确使用率	57.69(30/52)	80.00(28/35)	4.685	0.030

表 5 RICU 病区干预前后 CRAB 检出菌株数变化情况(株)

Table 5 Changes in CRAB isolate number before and after intervention in RICU (No. of isolates)

时间	医院感染	定植	合计
干预前	28	8	36
2023 年 12 月—2024 年 2 月	10	3	13
2024 年 3—5 月	18	5	23
干预后	16	5	21
2024 年 6—8 月	14	5	19
2024 年 9—11 月	2	0	2

3 讨论

CRAB 是导致重症患者医院感染的主要致病菌之一。其多重耐药性导致临床治疗难度大。我国相关专家共识与指南均强调,预防与控制的重要性高于治疗<sup>[10]</sup>,这为医院感染的预防与控制工作提出了更高的要求。本研究通过回顾性分析一起疑似 CRAB 医院感染暴发事件的调查过程,证实 WGS 技术可高效、快速地辅助临床判断感染源与传播链。在采取一系列综合干预措施后,RICU 的多项医院感染防控相关指标均得到明显改善,该病区 CRAB 的检出数量也显著下降。

2.4 感染控制措施与效果评价 通过采取综合干预措施,RICU 6 月份医生手卫生依从率、护士手卫生依从率及隔离衣正确使用率高于 5 月份,差异均有统计学意义(均  $P<0.05$ )。见表 4。动态观察 RICU 病区一年内 CRAB 检出情况发现,强化感染防控措施后,患者 CRAB 检出株数、医院感染与定植株数均有所下降,见表 5。

本研究中,3 例患者均有碳青霉烯类抗生素暴露史,其中 2 例医院感染患者经多黏菌素 E 治疗后病情均好转。现有研究<sup>[11-12]</sup>已证实,入住 ICU、接受机械通气、使用抗菌药物等是 CRAB 感染的危险因素。碳青霉烯类药物的暴露可诱导鲍曼不动杆菌对碳青霉烯类产生耐药性<sup>[13]</sup>。ICU 收治的患者病情危重复杂,常需接受抗感染治疗,当其他抗菌药物治疗效果不佳时,碳青霉烯类抗生素往往成为首选,导致 ICU 内碳青霉烯类药物使用频繁,增加了 CRAB 的检出概率,这一现象已被印度多项研究<sup>[14-16]</sup>证实,但我国尚缺乏相关研究数据。重症患者的抗感染治疗面临极大挑战,因此,在临床实践中更需要优化抗感染策略。

近年来,国内外关于医院感染暴发的报道逐渐增多<sup>[17-19]</sup>。顾申申等<sup>[20]</sup>通过汇总国内外数据库中的相关研究发现,在国内 ICU 医院感染暴发事件中,鲍曼不动杆菌是最主要的病原体;其中 63.98% 的暴发事件可明确感染途径,接触传播(73.78%)是最常见的传播方式。本研究通过环境微生物学监测发现,在床单元、办公鼠标及部分医护人员手表面均检出 CRAB。同源性分析显示,从鼠标分离的菌株与 6、7 床患者检出的菌株具有同源性,这证实了患者之间的感染也是经接触传播所致。当临床工作中

出现疑似医院感染暴发时,首先需确认是否真的发生了医院感染暴发,并追查感染源与传播途径。目前,用于同源性分析的方法包括质粒 DNA 分析、脉冲场凝胶电泳(pulse field gel electrophoresis, PFGE)、多位点序列分型(multilocus-sequence typing, MLST)和基于重复序列的聚合酶链式反应(repetitive extragenic palindromic rep-PCR, rep-PCR)<sup>[21]</sup>。WGS 不仅能确定暴发还能明确感染源和传播途径,有助于更好地理解病原体的传播过程<sup>[22]</sup>。本研究通过 WGS 排除医院感染暴发,多项研究<sup>[23-24]</sup>已证实 WGS 技术在追溯医院感染暴发事件中的感染源与传播途径的作用,但目前相关研究几乎均为回顾性分析,这限制了 WGS 技术在医院感染预防实践中的广泛应用。因此,建立高效的前瞻性 WGS 监测体系是该技术进一步在医院感染中应用的关键,需要更多的研究来推进和证实。

鲍曼不动杆菌是医院感染的重要病原体,尤其是多重耐药或泛耐药菌株的流行,给临床治疗带来了严峻挑战。WGS 检测结果显示 ST2158 和 ST1791 在流行病学研究具有重要意义。ST2158 是全球最流行的鲍曼不动杆菌克隆群之一,在我国、欧洲及中东地区均有报道,这类菌株多为泛耐药,可能导致碳青霉烯类抗生素治疗失败。ST1791 的流行病学数据较少,现有研究提示其可能与多黏菌素耐药性相关,但仍需进一步的基因检测予以证实。本研究发现,6、7 床患者均检出上述两种序列型,提示可能存在混合感染,并为两例患者之间的接触传播提供了证据。而 9 床患者检出 ST2499,则提示存在其他感染或定植途径,结合 ST2499 可在潮湿环境(如洗手池、呼吸机管路等)中长期存活特性,需进一步加强环境消毒。本次调查发现了不同的序列分型,这不仅排除了 CRAB 医院感染暴发的可能性,还提示了院内传播的存在。因此,早期采取医院感染防控措施可有效切断传播途径,从而减少 CRAB 在院内的传播。

医护人员手卫生依从性低及环境清洁消毒不彻底是多重耐药菌传播的重要危险因素<sup>[25]</sup>。本研究表明,本次 ICU CRAB 疑似暴发的可能原因为 ICU 办公鼠标清洁消毒不彻底,污染了医护人员手,由于手卫生执行不力导致交叉感染。ICU 环境物体表面清洁消毒与医护人员手卫生管理对于预防医院感染至关重要。文献<sup>[26-28]</sup>报道,ICU 内 CRAB 感染暴发的主要传播途径是病原菌污染物体表面

后,通过医务人员手进行传播。本次调查中,RICU 的环境微生物学监测合格率仅为 41.67%,并从床档、鼠标、水池及医务人员手等均分离出 CRAB。RICU 收治的患者病情危重、侵入性操作多,如果清洁消毒措施不到位,可能导致 CRAB 的进一步传播,这与相关文献<sup>[25, 29]</sup>报道的结果一致。

本研究存在一定的局限性。研究中仅调查 3 例患者,采集了痰标本和环境标本,样本量较小,未来需进行更大规模的研究以提高结果的准确性。

本次疑似医院感染暴发事件的调查发现,严格执行接触隔离措施、正确执行手卫生以及加强床单元及办公用品表面的清洁消毒,可有效防控 CRAB 医院感染。WGS 在医院感染溯源与调查中的应用还需进一步推广和加强。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Makke G, Bitar I, Salloum T, et al. Whole-genome-sequence-based characterization of extensively drug-resistant *Acinetobacter baumannii* hospital outbreak[J]. mSphere, 2020, 5(1): e00934-19.

[2] Pogue JM, Zhou Y, Kanakamedala H, et al. Burden of illness in carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* infections in US hospitals between 2014 and 2019[J]. BMC Infect Dis, 2022, 22(1): 36.

[3] 陈家炜, 徐英春, 佟大伟, 等. 2015—2021 年 CHINET 临床分离不动杆菌属细菌耐药性变迁[J]. 中国感染与化疗杂志, 2023, 23(6): 734-742.

Chen JW, Xu YC, Tong DW, et al. Changing antimicrobial resistance profiles of *Acinetobacter* strains in hospitals across China: results from CHINET antimicrobial resistance surveillance program, 2015-2021[J]. Chinese Journal of Infection and Chemotherapy, 2023, 23(6): 734-742.

[4] Risser C, Pottecher J, Launoy A, et al. Management of a major carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in a French intensive care unit while maintaining its capacity unaltered[J]. Microorganisms, 2022, 10(4): 720.

[5] 中华人民共和国卫生部. 关于印发医院感染诊断标准(试行)的通知[EB/OL]. (2001-11-07)[2024-04-01]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/200111/5d9cffd69efa495f9b340da3a50c7818.shtml>.

Ministry of Health of the People's Republic of China. Notice on issuing hospital infection diagnosis standards (Trial)[EB/OL]. (2001-11-07)[2024-04-01]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/200111/5d9cffd69efa495f9b340da3a50c7818.shtml>.

- [6] 陈佰义, 何礼贤, 胡必杰, 等. 中国鲍曼不动杆菌感染诊治与防控专家共识[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(2): 76–85.  
Chen BY, He LX, Hu BJ, et al. Chinese experts' consensus on diagnosis, treatment and prevention of *Acinetobacter baumannii* infection[J]. National Medical Journal of China, 2012, 92(2): 76–85.
- [7] 尚红, 王毓三, 申子瑜. 全国临床检验操作规程[M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 7–20.  
Shang H, Wang YS, Shen ZY. National guide to clinical laboratory procedures [M]. 4th ed. Beijing, People's Medical Publishing House, 2015: 7–20.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范: WS/T 367—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Regulation of disinfection technique in healthcare settings: WS/T 367–2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 医院消毒卫生标准: GB 15982—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Hygienic standard for disinfection in hospitals: GB 15982–2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [10] 周华, 周建英, 俞云松. 中国鲍曼不动杆菌感染诊治与防控专家共识解读[J]. 中国循证医学杂志, 2016, 16(1): 26–29.  
Zhou H, Zhou JY, Yu YS. The interpretation of Chinese expert consensus for the diagnosis, treatment, prevention and control of *Acinetobacter baumannii* infection[J]. Chinese Journal of evidence-based Medicine, 2016, 16(1): 26–29.
- [11] Wang SH, Teng CK, Chan MC, et al. The impact and risk factors for developing pneumogenic bacteremia in carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* nosocomial pneumonia in the intensive care unit: a multicenter retrospective study[J]. Int J Infect Dis, 2024, 146: 107128.
- [12] Li YP, Gao XR, Diao HQ, et al. Development and application of a risk nomogram for the prediction of risk of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* infections in neuro-intensive care unit: a mixed method study[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2024, 13(1): 62.
- [13] Sharma S, Das A, Banerjee T, et al. Adaptations of carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB) in the hospital environment causing sustained outbreak[J]. J Med Microbiol, 2021, 70(3): 001345.
- [14] Jayalakshmi J, Priyadharshini MS. Restricting high-end antibiotics usage-challenge accepted! [J]. J Family Med Prim Care, 2019, 8(10): 3292–3296.
- [15] Banerjee T, Anupurba S, Singh DK. Poor compliance with the antibiotic policy in the intensive care unit (ICU) of a tertiary care hospital in India[J]. J Infect Dev Ctries, 2013, 7(12): 994–998.
- [16] Pereira B, Kulkarni S. Antibiotic misuse and improper practices in India: Identifying the scope to improve through a narrative review[J]. Int J Risk Saf Med, 2022, 33(4): 357–364.
- [17] 曾慧, 孟庆兰, 张莉, 等. 新冠重症 ICU 一起疑似耐碳青霉烯类鲍氏不动杆菌医院感染暴发调查与现场处理[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(23): 3669–3673.  
Zeng H, Meng QL, Zhang L, et al. Investigation of suspected outbreak of nosocomial infection of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in COVID-19 infected patients in severe condition treated in intensive care unit and onsite treatment [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(23): 3669–3673.
- [18] Bedir Demirdag T, Ozkaya-Parlakay A, Bayrakdar F, et al. An outbreak of *Ralstonia pickettii* bloodstream infection among pediatric leukemia patients[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2022, 55(1): 80–85.
- [19] Morgado SM, Fonseca éL, Freitas FS, et al. Outbreak of high-risk XDR CRAB of international clone 2 (IC2) in Rio Janeiro, Brazil[J]. J Glob Antimicrob Resist, 2023, 34: 91–98.
- [20] 顾申申, 李杰, 张键, 等. 基于全球医院感染暴发数据库和 CNKI 数据库的 ICU 医院感染暴发案例分析[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(11): 1035–1040.  
Gu SS, Li J, Zhang J, et al. Healthcare-associated infection outbreak cases in intensive care unit: an analysis based on outbreaks database and CNKI database[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(11): 1035–1040.
- [21] Hilt EE, Ferrieri P. Next generation and other sequencing technologies in diagnostic microbiology and infectious diseases [J]. Genes (Basel), 2022, 13(9): 1566.
- [22] 乔甫. 全基因组测序在追踪医院感染暴发中的应用[J]. 华西医学, 2019, 34(3): 334–337.  
Qiao F. Utility of whole-genome sequencing in tracking healthcare associated infection outbreaks [J]. West China Medical Journal, 2019, 34(3): 334–337.
- [23] Hwang SM, Cho HW, Kim TY, et al. Whole-genome sequencing for investigating a health care-associated outbreak of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* [J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(2): 201.
- [24] Sundermann AJ, Chen JS, Miller JK, et al. Whole-genome sequencing surveillance and machine learning for healthcare outbreak detection and investigation: a systematic review and summary[J]. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol, 2022, 2(1): e91.
- [25] 范鹏超, 刘贺, 刘宇飞, 等. 一起耐碳青霉烯鲍曼不动杆菌感染暴发事件的调查[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(9): 926–932.  
Fan PC, Liu H, Liu YF, et al. An outbreak of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* infection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(9): 926–932.
- [26] 钟艳云, 赵艳群, 张彩云, 等. 疑似耐碳青霉烯鲍曼不动杆菌医院感染暴发调查[J]. 国际医药卫生导报, 2020, 26(6):

805 – 807.

Zhong YY, Zhao YQ, Zhang CY, et al. An outbreak of suspected hospital pulmonary infection with carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* [J]. International Medicine and Health Guidance News, 2020, 26(6): 805 – 807.

[27] 李连红, 胡慧敏, 周立英, 等. ICU 耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌医院感染暴发调查[J]. 中华疾病控制杂志, 2016, 20(10): 1076 – 1078.

Li LH, Hu HM, Zhou LY, et al. Survey and control of a carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* outbreak in an intensive care unit[J]. Chinese Journal of Disease Control & Prevention, 2016, 20(10): 1076 – 1078.

[28] 王永红, 周中丽, 黄中秀, 等. 耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌医院感染暴发调查及危险因素分析[J]. 中国感染与化疗杂志, 2020, 20(3): 259 – 265.

Wang YH, Zhou ZL, Huang ZX, et al. Investigation into an outbreak of healthcare-associated infection caused by carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* and analysis of risk factors[J]. Chinese Journal of Infection and Chemotherapy, 2020, 20(3): 259 – 265.

[29] 刘仕莲, 冷小艳. 手卫生依从性对 ICU 多重耐药菌感染发病率影响的研究[J]. 医药前沿, 2016, 6(7): 28 – 30.

Liu SL, Leng XY. The research on the effects of ICU multi-resistant bacteria incidence with hand hygiene compliance[J]. Journal of Frontiers of Medicine, 2016, 6(7): 28 – 30.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:仇先明,徐朋,董秀涛,等.应用全基因组测序对呼吸重症监护病房耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌疑似暴发事件的调查[J].中国感染控制杂志,2025,24(9):1300 – 1306. DOI:10.12138/j.issn.1671 – 9638.20252464.

Cite this article as: QIU Xianming, XU Peng, DONG Xiutao, et al. A suspected outbreak of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in respiratory intensive care unit: a survey by whole genome sequencing[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(9): 1300 – 1306. DOI: 10.12138/j.issn.1671 – 9638.20252464.