

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20246060

· 论 著 ·

神经外科 ICU 耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌感染疑似暴发调查与控制

黄平平^{1,2}, 袁 军^{1,3}, 高 佳⁴, 沈 艳²

(1. 贵州医科大学医学检验学院, 贵州 贵阳 550004; 2. 六盘水市人民医院检验科, 贵州 六盘水 553000; 3. 贵州医科大学附属医院金阳医院检验科, 贵州 贵阳 550023; 4. 六盘水市人民医院医院感染管理科, 贵州 六盘水 553000)

【摘要】目的 调查神经外科重症监护病房(ICU)耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP)医院感染暴发原因, 查找传染源及传播途径, 为有效控制多重耐药菌医院感染提供依据。**方法** 对某院 2023 年 7 月 28 日—8 月 2 日神经外科 ICU 3 例 CRKP 感染患者进行流行病学调查, 按照环境卫生监测方法采集标本, 查找病房环境中的 CRKP, 分析 CRKP 菌株耐药性及携带的耐药基因, 采用肠杆菌基因间重复一致序列(ERIC)及多位点序列分析(MLST)分析患者与环境监测分离 CRKP 菌株的同源性。**结果** 共有 3 例 CRKP 医院感染, 罹患率为 3.85%(3/78), 与 2022 年同期及 2023 年 5—6 月罹患率相比, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。环境卫生学监测显示, 1 床呼吸机接口、治疗台和 9 床被服检出 CRKP, 检出率为 4.84%(3/62); 15 份医务人员手标本和 3 份神经外科 ICU 空气监测标本均未检出 CRKP; 环境卫生监测检出 3 株 CRKP; 其耐药性、耐药基因及同源性与患者临床标本分离的 CRKP 一致。在采取集中隔离, 严格进行病房环境清洁和消毒, 严格执行侵入性器械消毒和管理, 加强医护人员分组诊疗, 工作服消毒, 以及手卫生等一系列针对性措施后, 此次事件得到有效控制。**结论** 此次事件可判定为一起疑似 CRKP 医院感染暴发事件, 推测侵入性器械消毒管理不到位、患者住院环境消毒不彻底、医护人员未分组诊疗及手卫生不到位是本次疑似医院感染暴发的主要原因。早期识别感染暴发, 调查传染源及传播途径, 以及及时采取针对性措施是控制感染暴发的关键。

【关键词】 重症监护病房; 耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌; 医院感染; 肠杆菌基因间重复一致序列; 聚合酶链反应

【中图分类号】 R181.3⁺2 R378.99⁺6

Investigation and control of a suspected outbreak of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection in neurosurgical intensive care unit

HUANG Ping-ping^{1,2}, YUAN Jun^{1,3}, GAO Jia⁴, SHEN Yan² (1. School of Clinical Laboratory Science, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; 2. Department of Laboratory Medicine, The People's Hospital of Liupanshui City, Liupanshui 553000, China; 3. Department of Laboratory Medicine, The Affiliated Jinyang Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550023, China; 4. Department of Healthcare-associated Infection Management, The People's Hospital of Liupanshui City, Liupanshui 553000, China)

【Abstract】 Objective To investigate the causes for the outbreak of healthcare-associated infection (HAI) with carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (CRKP) in neurosurgical intensive care unit (NSICU), identify the infection sources and transmission routes, and provide basis for the effective control of HAI with multidrug-resistant organism. **Methods** Epidemiological investigation was conducted on 3 patients with CRKP infection in the NSICU of a hospital from July 28 to August 2, 2023. Specimens were taken according to environmental hygienic monitoring methods. CRKP in the environment of the ward was searched. Antimicrobial resistance and resistance genes carried

【收稿日期】 2024-01-22

【基金项目】 贵州省科技计划基金项目(黔科合基础[2019]1004号)

【作者简介】 黄平平(1990-), 女(汉族), 贵州省六盘水市人, 主治医师, 主要从事医院感染监测及防控研究。

【通信作者】 袁军 E-mail: junyuan99430@163.com

by CRKP strains were analyzed. The homology between CRKP strains isolated from patients and environment was analyzed by enterobacterial repetitive intergenic consensus (ERIC) and multilocus sequence analysis (MLSA).

Results There were 3 cases with CRKP HAI, with an incidence of 3.85% (3/78), which was statistically different from the incidence during the same period in 2022 and in May-June 2023 ($P < 0.05$). Environmental hygienic monitoring revealed that CRKP was detected from the ventilator interface of bed 1, treatment table, and bedding of bed 9, with a detection rate of 4.84% (3/62). CRKP was not detected from 15 medical staff hand specimens and 3 NSICU air monitoring specimens. Three CRKP strains were detected through environmental hygiene monitoring, their antimicrobial resistance, resistance genes, and homology were consistent with those of CRKP strains detected from clinical specimens of patients. After taking a series of targeted measures, such as quarantine, strict cleaning and disinfection of the ward environment, strict implementation of disinfection and management of invasive devices, as well as strengthening the diagnosis and treatment in groups, disinfection of medical uniforms, and hand hygiene of medical staff, this event was effectively controlled. **Conclusion** This event can be classified as a suspected outbreak of CRKP HAI. It is speculated that inadequate disinfection management of invasive devices, incomplete disinfection of hospital environment, lack of grouping diagnosis and treatment of medical staff, and inadequate hand hygiene are the main causes for this suspected outbreak of HAI. Early identification of infection outbreaks, investigation of infection sources and transmission routes, and timely adoption of targeted measures are crucial to the control of infection outbreak.

[Key words] intensive care unit; carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*; healthcare-associated infection; enterobacterial repetitive intergenic consensus; polymerase chain reaction

碳青霉烯类抗生素具有广谱、高效的优点,临床广泛用于革兰阴性杆菌感染的治疗,故不可避免的出现了对其耐药的细菌,其中,耐碳青霉烯类肠杆菌(carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, CRE)全球流行,是世界性的重大公共卫生问题^[1]。CRE 中占比最高的是耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*, CRKP)^[2]。CRKP 是社区获得性感染(community-acquired infection, CAI)和医院感染(healthcare associated infection, HAI)的主要病原体之一,常见于神经外科、重症监护病房(intensive care unit, ICU)、新生儿科及呼吸内科等^[3]。CRKP 的耐药机制包括产碳青霉烯酶,外排泵高表达,以及 ESBLs/AmpC 酶过度表达合并外膜孔蛋白的减少或缺失^[4]。CRKP 的多重耐药性使患者诊疗过程复杂,花费巨大,病死率也明显上升,严重威胁现代医疗卫生保健系统^[5]。碳青霉烯酶基因可随质粒实现水平传播,导致细菌耐药性的蔓延和 HAI 暴发^[6]。CHINET 网站(www.chinets.com)数据显示,我国肺炎克雷伯菌对美罗培南、亚胺培南的耐药率逐年上升,分别自 2005 年的 2.9%、3.0% 上升到 2018 年的 26.3%、25.0%,遏制 CRKP 耐药性的蔓延刻不容缓。2023 年 7—8 月某院神经外科 ICU 发生 3 例 CRKP HAI,开展现场流行病学调查和环境卫生学监测,对从 3 例患者临床标本及环境监测标本检出的 CRKP

菌株进行耐药性、耐药基因和同源性检测,查找原因并采取针对性干预措施,最终有效控制了感染传播,现报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 某院神经外科 ICU 于 2023 年 7 月 28 日从 1 例患者纤维支气管镜灌洗液中检出 1 株 CRKP,随后 1 周内该病区新发 2 例 CRKP 感染患者。医院感染管理科在 8 月 2 日收到第 3 例患者 CRKP 检出报告后,于 8 月 3 日立即开展流行病学调查和环境卫生学监测,根据结果进行干预。本研究获得该院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 流行病学调查 通过医院感染监测系统、医院信息系统(hospital information system, HIS)、实验室信息系统(laboratory information system, LIS)、现场调查、与相关主管医生深入沟通等方法开展流行病学调查。调查内容包括患者姓名、性别、年龄、床位、入院时间、入院诊断、侵入性操作、手术史、标本种类和送检情况等,并根据《医院感染诊断标准(试行)》^[7],将入院 48 h 后检出的感染病例判定为 HAI,入院 48 h 内检出的感染病例判定为 CAI。

1.2.2 环境卫生学监测 按照《医院感染预防与控制评价规范》^[8],医院感染管理科于神经外科 ICU

病房消毒前(8月3日)、消毒后(8月4日)及常规环境监测(9月26日)三个时间点采样进行监测,采样部位包括神经外科 ICU 医务人员(医生、护士、保洁员)手,医疗设备(输液架、监护仪、呼吸机接口、呼吸阀膜片、治疗车、治疗台、听诊器、输液泵、血气分析仪、纤维支气管镜表面及内腔)、病房环境物体表面(被服、床单元、医务人员白大褂、护士站桌面、电脑键盘)等总共 77 个位点及 3 处(大病房、小病房和治疗室)空气监测。

1.2.3 细菌培养鉴定 参照《医疗机构消毒技术规范》WS/T 367—2012^[9],手及物体表面培养:采用浸有 0.9% 无菌生理盐水的棉拭子在手或物体表面往返涂抹多次,剪去手接触部分,将棉拭子放入装有 10 mL 0.9% 无菌生理盐水的试管中振荡,用无菌吸管吸取 1.0 mL 待检标本接种于灭菌平皿(每一标本接种 2 个平皿),向平皿内加入已灭菌的 45~48℃ 营养琼脂 15~18 mL 并摇匀,琼脂凝固后置于(36±1)℃ 温箱培养。空气监测:将普通营养琼脂平皿盖打开后放置于各采样点,暴露规定时间后盖上平皿盖,置于(36±1)℃ 温箱培养。48 h 后观察菌落形成情况,分离可疑菌落,使用 VITEK 2 Compact 微生物鉴定系统(BioMerieux, France)进行菌株鉴定。

1.2.4 耐药性和耐药基因检测 将鉴定为肺炎克雷伯菌的菌株使用 VITEK 2 Compact 微生物鉴定系统(BioMerieux, France)进行常规药敏试验,替加环素、亚胺培南及美罗培南采用最低抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC)法检测,碳青霉烯酶表型通过改良碳青霉烯灭活试验(modified carbapenem inactivation method, mCIM)和乙二胺四乙酸碳青霉烯灭活试验(EDTA-modified carbapenem inactivation method, eCIM)进行检测^[10]。使用 PCR 和基因测序检测耐药基因:碳青霉烯酶基因(*bla*_{KPC}、*bla*_{NDM}、*bla*_{IMP}、*bla*_{VIM} 和 *bla*_{OXA-48})、ESBLs 基因(*bla*_{TEM}、*bla*_{SHV}、*bla*_{CTX})、*AmpC* 基因、外排泵基因(*AcrB*)和孔蛋白基因(*OmpK35* 和 *OmpK36*)。质控菌株为大肠埃希菌 ATCC 25922,结果判读标准遵循美国临床实验室标准化协会标准指南^[10]。

1.2.5 同源性检测 采用肠杆菌基因间重复一致序列聚合酶链反应(ERIC-PCR)及多位点序列分析(MLST)对细菌进行同源性检测。参照文献^[11]设计 ERIC 引物:上游引物 5'-ATGTAAGCTCCT-GGGGATTAC-3',下游引物 5'-AAGTAAGT-

GACTGGGGTGAGCG-3',PCR 扩增后进行琼脂糖凝胶电泳,观察电泳条带进行分型。应用 NT-SYS 软件对 ERIC-PCR 电泳图进行聚类分析,聚类树状图相似系数(SI)>90%且无明显条带差异定为同一基因型。根据 PUBMLST 网站(<https://pubmlst.org>)提供的 CRKP 的 7 对管家基因引物序列进行 PCR 扩增,对扩增产物进行测序,测序结果上传 PUBMLST 网站在线对比得出 MLST 分型。引物合成及测序均由上海生工生物公司完成。

根据《医院感染暴发控制指南》^[12],综合研究患者及环境监测检出的 CRKP 耐药性、耐药基因及同源性检测结果,判定是否为 HAI 暴发。

1.3 统计分析 应用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,计数资料以例数或百分比表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 HAI 情况 本研究中 3 例患者 CRKP 感染均判定为 HAI。2023 年 7—8 月神经外科 ICU 的 CRKP HAI 罹患率为 3.85%(3/78),2022 年同期罹患率为 0(0/71),2023 年 5—6 月罹患率为 0(0/85),差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 流行病学调查结果

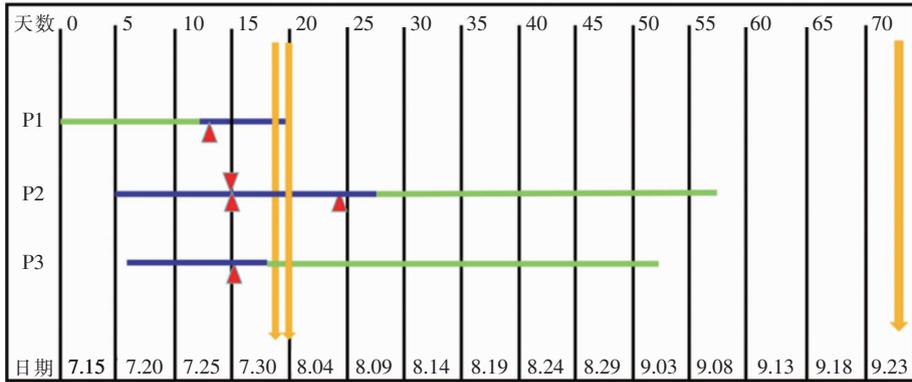
2.2.1 人群分布 2023 年 7—8 月神经外科 ICU 3 例患者检出 5 株 CRKP,其中男性 2 例,女性 1 例,年龄中位数为 66(35,74)岁,神经外科 ICU 住院时间中位数为 11(8,22) d。3 例患者在 CRKP 检出前均使用 β -内酰胺类药物,均有气管插管或气管切开、中心静脉置管、胃管置管和导尿管置管,1 号和 2 号患者留置脑引流管。1 号和 3 号患者诊断为肺部感染,2 号患者诊断为血流感染。见表 1。

2.2.2 时间分布 3 例患者在神经外科 ICU 住院时间均有重叠,其中 1 号患者 7 月 16 日由神经内科收治住院,4 d 后转入神经外科普通病房,7 月 27 日转入神经外科 ICU 10 床,于 7 月 28 日采集的支气管肺泡灌洗液中检出 CRKP;2 号患者 7 月 20 日入住神经外科 ICU 9 床,入住 10 d 后于 7 月 30 日血培养及中心静脉导管尖端检出 CRKP,之后在痰培养中检出 CRKP;3 号患者 7 月 22 日入住神经外科 ICU 1 床,入住 9 d 后于 7 月 30 日痰培养检出 CRKP。见图 1。

表 1 3 例 CRKP HAI 患者基本信息

Table 1 Basic information of 3 patients with CRKP HAI

基本信息	1 号	2 号	3 号	基本信息	1 号	2 号	3 号
床号	10 床	9 床	1 床	手术	全脑血管造影术、 动脉瘤栓塞术	颅内血肿清除 术	无
性别/年龄(岁)	女/66	男/74	男/35	侵入性操作	气管插管、纤维 支气管镜检查	气管切开、纤维 支气管镜检查	气管切开
入院诊断	脑部动脉瘤	脑出血	脑出血	感染诊断	医院肺部感染	社区肺部感染、 医院血流感染	医院肺部 感染
入院意识	清醒	昏迷	清醒	预后	好转出院	要求出院	好转出院
标本类型	支气管肺泡 灌洗液	血/导管/痰	痰				



注:P 表示患者;红色三角表示 CRKP 采样时间点;蓝色线段表示神经外科 ICU 住院;绿色线段表示非神经外科 ICU 住院;黄色带箭头线段表示环境卫生学监测时间。

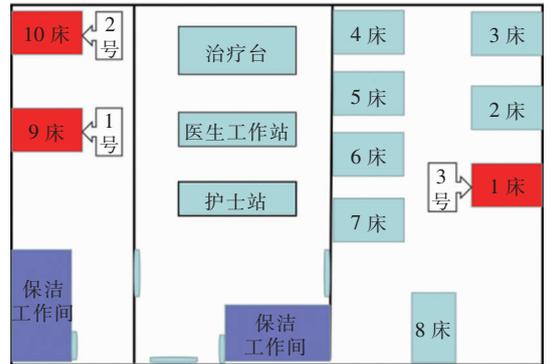
图 1 3 例 CRKP HAI 患者时间分布

Figure 1 Time distribution of CRKP HAI of 3 patients

2.2.3 空间分布 神经外科 ICU 包括两间病房, 护士站及医生工作站位于两间病房之间, 其中 9 床和 10 床在小病房, 1~8 床在大病房。有 1 名医生参与了此 3 例患者的电子支气管镜检查, 1 名医生参与了 1 号、2 号患者的胃管留置。神经外科 ICU 两间病房由 2 名保洁员共同负责, 保洁员清洁工作、医生及护士诊疗过程均存在交叉。见图 2。

2.3 环境卫生学监测结果 采集 77 份环境物体表面及 3 份空气监测标本, 8 月 3 日环境卫生监测采集的标本中检出 3 株 CRKP, 分别来自于 1 床呼吸机接口、治疗台和 9 床被服, 检出率为 4.84% (3/62)。15 份医务人员手标本及 3 份神经外科 ICU 病区空气监测均未检出 CRKP, 检出率均为 0。

2.4 耐药性和耐药基因检测结果 患者及环境监测检出的 8 株 CRKP 耐药性及携带的耐药基因均相同。对常见抗菌药物的耐药情况见表 2。8 株 CRKP 携带的碳青霉烯酶均为丝氨酸酶, 携带耐药



注:红色为感染 CRKP 患者床位。

图 2 神经外科 ICU 病房空间分布图

Figure 2 Spatial distribution in NSICU

基因相同, 包括碳青霉烯酶基因 (*bla_{KPC}*)、ESBLs 基因 (*bla_{TEM}*、*bla_{SHV}*、*bla_{CTX}*) 和外排泵基因 (*AcrB*), 未检出 *AmpC* 基因, 无孔蛋白 (*OmpK35* 和 *OmpK36*) 表达缺失。见图 3。

表 2 患者及环境监测标本分离的 CRKP 菌株药敏试验结果

Table 2 Antimicrobial susceptibility testing results of CRKP strains isolated from patients and environmental specimens

抗菌药物	患者					环境		
	P1	P2	P3-1	P3-2	P3-3	E1	E2	E3
仪器法								
哌拉西林/他唑巴坦	R	R	R	R	R	R	R	R
阿莫西林/克拉维酸	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢呋辛	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢他啶	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢曲松	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢吡肟	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢哌酮/舒巴坦	R	R	R	R	R	R	R	R
头孢西丁	S	S	S	S	S	S	S	S
厄他培南	R	R	R	R	R	R	R	R
阿米卡星	R	R	R	R	R	R	R	R
左氧氟沙星	S	S	S	S	S	S	S	S
复方磺胺甲噁唑	S	S	S	S	S	S	S	S
MIC 法(μg/mL)								
亚胺培南	8/R	8/R	8/R	8/R	8/R	16/R	16/R	8/R
美罗培南	16/R	16/R	32/R	16/R	32/R	32/R	32/R	32/R
替加环素	0.5/S							

注:P 表示患者,E 表示环境;R 表示耐药,S 表示敏感。

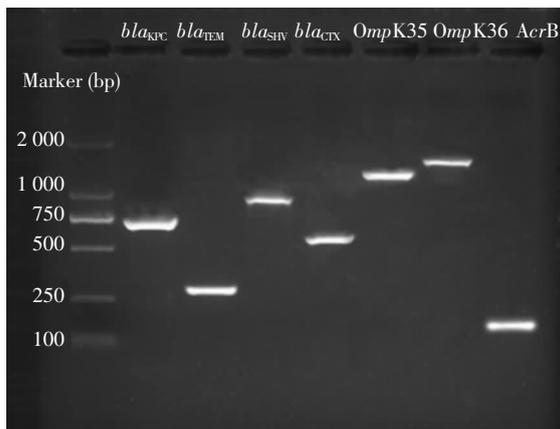


图 3 患者及环境标本分离的 CRKP 耐药基因 PCR 扩增产物电泳图谱

Figure 3 Electrophoresis map of PCR amplification product of resistance genes in CRKP isolated from patients and environmental specimens

2.5 同源性检测结果 3 例患者标本分离的 5 株 CRKP 及 3 株环境标本分离的 CRKP 分型检测结果显示,ERIC 均为同一型,见图 4;MLST 分型结果均为 ST11 型。

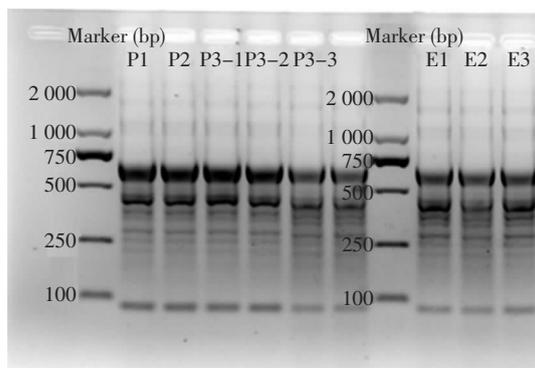


图 4 患者及环境标本分离 CRKP ERIC 电泳图谱

Figure 4 ERIC electrophoresis map of CRKP isolated from patients and environmental specimens

2.6 干预措施及效果 根据《碳青霉烯类耐药肠杆菌预防与控制标准》^[13]和《重症监护病房医院感染预防与控制规范》^[14],该院于 2023 年 8 月 3 日进行流行病学调查并制定落实一系列防控措施,主要包括手卫生管理、隔离措施、环境和仪器设备消毒措施、暴发控制,以及去定植等。(1)加强人员管理:严格执行多重耐药菌防控措施,感染患者及普通患者

分区诊疗及护理,原则上尽量单间,不能单间则在同一区域内保持一定的床间距,做到“人”“物”不交叉,感染患者治疗物品优先选择一次性物品,非一次性物品必须做到专人专管专消毒。(2)环境和物体表面的清洁和消毒:对神外 ICU 空气、地面、台面及物体表面进行彻底清洁消毒处理,医疗区域每天清洁消毒 1~2 次,达到中水平消毒,遇污染时应及时清洁与消毒。(3)床单位清洁:床单、被套、枕套等直接接触患者的床上用品,应一人一更换,患者住院时间超过一周时,应每周更换;被芯、枕芯、褥子、病床隔帘、床垫等间接接触患者的床上用品,应定期清洗与消毒;当有血液、体液或排泄物等污染时应立即更换;更换后的用品应及时清洗与消毒。(4)防控器械相关感染:加强对多重耐药菌感染或定植患者使用的医疗器械与设备的管理,一次性器械不可重复使用,重复使用的器械注意定期清洁消毒,长期使用者应每周更换。(5)呼吸机相关肺炎的防控:加强呼吸机内外管路的清洁消毒;气管切开患者保持切开部位的清洁、干燥,对气管插管患者应及时清除呼吸道分泌物;定期使用有消毒作用的口腔含漱液进行口腔护理;及时评估患者呼吸机使用的必要性,尽早脱机或拔管。(6)加强意识:强化各项措施的落实,增强医务人员对 HAI 的认识,特别是呼吸机相关肺炎防控措施的落实,确保手卫生合格。8 月 3 日实施干预措施后,8 月 4 日及 9 月 26 日环境监测均未检出 CRKP,并且之后的 4 周未出现新发 CRKP HAI 患者,此次疑似 CRKP 感染暴发事件得到有效控制。

3 讨论

肺炎克雷伯菌属于肠杆菌目细菌,是一种无动力、有明显荚膜、兼性厌氧的革兰阴性短粗杆菌,广泛存在于自然界中(如人体、动物、泥土和植物),可定植于人体呼吸道和胃肠道^[15],引起呼吸道、伤口、血液系统、泌尿道等多部位感染,是 HAI 常见的条件致病菌之一。CRKP HAI 的发生,增加患者的痛苦及病死率,是全世界各级各类医疗机构都无法回避的卫生难题^[16]。

CRKP 感染的危险因素包括抗菌药物使用史(特别是碳青霉烯类抗生素)、长期住院、手术史、侵入性操作、免疫力低下等^[17]。神经外科 ICU 的患者大多数患各种严重的脑部疾病,多有手术史,术后

患者多数处于昏迷状态,常留置导尿管、胃管和中心静脉置管,以及气管插管/气管切开配合呼吸机辅助通气^[18]。同时,患者住院时间长,若病房环境中存在 CRKP,患者感染的概率极高。我国 CRKP 菌株大多数携带 KPC 碳青霉烯酶,对包括碳青霉烯类抗生素在内的多种 β -内酰胺类抗生素具有强水解活性,临床可使用的药物非常有限^[19]。严重的基础疾病和 CRKP 多重耐药导致的难以纠正的感染,加大了诊疗难度,导致高病死率。CRKP 在神经外科 ICU 的 HAI 是必须重视的问题。

本研究中神经外科 ICU 在 2023 年 7 月 28 日—8 月 2 日共出现 3 例 CRKP HAI 患者,CRKP 菌株耐药性及携带耐药基因均相同,同源性检测显示 ERIC 均为同一型,MLST 分型均为 ST11 型。1 号患者在神经内科及神经外科普通病房均有住院史,转入神经外科 ICU 次日检出 CRKP,无法明确该患者 CRKP 感染是否发生在神经外科 ICU,故本次事件判定为神经外科 ICU 疑似 HAI 暴发事件。1 号患者进入神经外科 ICU 后 2 d 内有 2 例患者陆续检出 CRKP,这 2 例患者虽早于 1 号患者入住神经外科 ICU,但 CRKP 感染时间均在 1 号患者入住之后,并且同为 ST11 型 CRKP,故考虑 1 号患者为感染源头。2 号患者入院时 CT 提示肺部感染,痰培养未检出致病菌,于神经外科 ICU 住院 10 d 后在静脉置管尖端及血培养中检出 CRKP,诊断为医院血流感染,于 8 月 8 日痰培养中检出 CRKP,故综合考虑 2 号患者肺部 CRKP 感染为 HAI。

现场调查发现,床单位消毒机使用时间不足 1 h,环境消毒不彻底,同一病房病床间无隔断,导致 CRKP 在病房内传播;保洁人员喷洒含氯消毒剂时未达到作用时间即开始擦拭,无法保证消毒效果;医务人员需承担普通病区诊疗工作,人员未固定,且进出 ICU 未更换工作服,增加交叉感染风险;由于人员有限,神经外科 ICU 各床间医护人员诊疗工作中存在交叉;手卫生执行力度不够,侵入性器械消毒管理不到位,如纤维支气管镜放置于同一个收纳盒内,无内镜储存柜,一次性吸痰管未一用一丢弃,存在复用情况等是导致此次疑似 HAI 暴发的原因。目前有文献^[20]建议定期检测患者直肠拭子以监测 CRKP 定植情况,但本次疑似暴发调查 3 例患者均有 CRKP 肺部感染,肺部炎症给患者的呼吸系统造成巨大负担,导致患者治疗困难及预后不佳,定期检

测患者呼吸道定植及感染情况是更有临床价值的手段。总结此次疑似暴发情况, HAI 监测应重视以下几个方面: 患者的住院环境隔离及消毒; 器械相关感染管理; 医护人员自身携带病原体及手卫生; 定期规范执行 HAI 各项消毒规定及控制措施。

综上所述, 定期监测 CRKP 易感患者咽部定植情况, 早期发现 HAI 患者, 明确传染源和传播途径, 针对性采取控制措施, 能有效遏制 HAI 暴发的扩大。同时应提高医护人员 HAI 防控意识, 严格隔离感染患者, 感染 CRKP 患者与非感染 CRKP 患者由不同的医护人员负责, 严格执行病房环境消毒及医务人员手卫生, 对于侵入性器械应按标准严格执行消毒和管理。本研究的缺陷是未对神经外科普通病房环境及医护人员、患者咽部定植情况进行监测, 手卫生学监测未覆盖科室所有人员, 虽然考虑感染源头为 1 号患者, 但是 1 号患者的感染原因及路径无法明确。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

[1] Ding L, Shen SQ, Chen J, et al. *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase variants; the new threat to global public health [J]. *Clin Microbiol Rev*, 2023, 36(4): e0000823.

[2] Xiong ZL, Zhang C, Sarbandi K, et al. Clinical and molecular epidemiology of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in pediatric inpatients in South China [J]. *Microbiol Spectr*, 2023, 11(6): e0283923.

[3] 胡付品, 郭燕, 朱德妹, 等. 2021 年 CHINET 中国细菌耐药监测 [J]. *中国感染与化疗杂志*, 2022, 22(5): 521-530.

Hu FP, Guo Y, Zhu DM, et al. CHINET surveillance of antimicrobial resistance among the bacterial isolates in 2021 [J]. *Chinese Journal of Infection and Chemotherapy*, 2022, 22(5): 521-530.

[4] Durante-Mangoni E, Andini R, Zampino R. Management of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2019, 25(8): 943-950.

[5] Yang YX, Yang YQ, Ahmed MAEGES, et al. Carriage of distinct *bla*_{KPC-2} and *bla*_{OXA-48} plasmids in a single ST11 hypervirulent *Klebsiella pneumoniae* isolate in Egypt [J]. *BMC Genomics*, 2022, 23(1): 20.

[6] Liu LZ, Lou NJ, Liang QQ, et al. Chasing the landscape for intrahospital transmission and evolution of hypervirulent carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* [J]. *Sci Bull (Beijing)*, 2023, 68(23): 3027-3047.

[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.

Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria for nosocomial infections (proposed) [J]. *National Medical Journal of China*, 2001, 81(5): 314-320.

[8] 巩玉秀, 李六亿, 吴安华, 等. 医院感染预防与控制评价规范 WS/T 592—2018 [J]. *中国感染控制杂志*, 2018, 17(8): 746-752.

Gong YX, Li LY, Wu AH, et al. Accreditation regulation of control and prevention of healthcare associated infection in hospital [J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2018, 17(8): 746-752.

[9] 姚希, 巩玉秀, 张宇, 等. 《医疗机构消毒技术规范》WS/T 367—2012 实施情况调查 [J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(8): 728-732.

Yao X, Gong YX, Zhang Y, et al. Implementation of Regulation of disinfection technique in healthcare settings [J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2020, 19(8): 728-732.

[10] CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: M100 28th edition [S]. Malvern, PA, USA: CLSI, 2018.

[11] Hulton CS, Higgins CF, Sharp PM. ERIC sequences; a novel family of repetitive elements in the genomes of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and other enterobacteria [J]. *Mol Microbiol*, 1991, 5(4): 825-834.

[12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医院感染暴发控制指南: WS/T 524—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Guideline of control of healthcare associated infection outbreak: WS/T 524-2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 碳青霉烯类耐药肠杆菌预防与控制标准: WS/T 826—2023 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.

National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for infection prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriales*: WS/T 826-2023 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2024.

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 重症监护病房医院感染预防与控制规范: WS/T 509—2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Regulation for prevention and control of healthcare associated infection in intensive care unit: WS/T 509-2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[15] Mairi A, Pantel A, Sotto A, et al. OXA-48-like carbapenemases producing *Enterobacteriaceae* in different niches [J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2018, 37(4): 587-604.

- [16] Xu LF, Sun XX, Ma XL. Systematic review and Meta-analysis of mortality of patients infected with carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* [J]. Ann Clin Microbiol Antimicrob, 2017, 16(1): 18.
- [17] Wang X, Liu J, Li A. Incidence and risk factors for subsequent infections among rectal carriers with carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*: a systematic review and Meta-analysis[J]. J Hosp Infect, 2024, 145: 11 - 21.
- [18] Kang SW, Park S, Kim AR, et al. Clinical characteristics of and risk factors for subsequent carbapenemase-producing *Enterobacteriales* (CPE) bacteraemia in rectal CPE carriers[J]. Int J Antimicrob Agents, 2023, 62(5): 106959.
- [19] Tamma PD, Aitken SL, Bonomo RA, et al. Infectious Diseases Society of America 2022 guidance on the treatment of extended-spectrum β -lactamase producing *Enterobacteriales* (ESBL-E), carbapenem-resistant *Enterobacteriales* (CRE), and *Pseudomonas aeruginosa* with difficult-to-treat resistance (DTR-*P. aeruginosa*) [J]. Clin Infect Dis, 2022, 75(2): 187 - 212.
- [20] Zhou SL, Mi SL, Rao X, et al. Individualized active surveillance for carbapenem-resistant microorganisms using Xpert Carba-R in intensive care units[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 9527.

(本文编辑:翟若南)

本文引用格式:黄平平,袁军,高佳,等. 神经外科 ICU 耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌感染疑似暴发调查与控制[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(10): 1271 - 1278. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246060.

Cite this article as: HUANG Ping-ping, YUAN Jun, GAO Jia, et al. Investigation and control of a suspected outbreak of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection in neurosurgical intensive care unit[J]. Chin J Infect Control, 2024, 23(10): 1271 - 1278. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246060.