

DOI:10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20257099

· 论 著 ·

主动筛查应用于重症监护病房内 CRE 监测的多中心研究

吕贻雨¹, 戚少云², 沈诗华³, 刘璐⁴, 田真⁵, 徐志伟⁵, 方涛⁶, 郭翠英⁷, 李志萍⁸, 丁韧⁹, 孟凡祥³, 李若洁¹⁰, 胡小骞¹⁰, 王雪萍¹⁰, 吴德全¹⁰, 吴贻乐¹⁰

(1. 安徽医科大学第二附属医院检验科, 安徽 合肥 230601; 2. 六安市人民医院感控科, 安徽 六安 237000; 3. 阜阳市人民医院感控科, 安徽 阜阳 236000; 4. 淮南市第一人民医院感控科, 安徽 淮南 232001; 5. 宿州市立医院感控科, 安徽 宿州 234000; 6. 蚌埠市第三人民医院感控科, 安徽 蚌埠 233000; 7. 蚌埠市第一人民医院感控科, 安徽 蚌埠 233000; 8. 安庆市第一人民医院感控科, 安徽 安庆 246000; 9. 芜湖市第二人民医院感控科, 安徽 芜湖 241000; 10. 安徽医科大学第二附属医院医院感染管理办公室, 安徽 合肥 230601)

[摘要] 目的 评估主动筛查对提高重症监护病房(ICU)耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(CRE)检出率的效果。方法 于2023年7月—2024年6月对10所医院ICU患者进行直肠拭子CRE主动筛查。将2023年7月—2024年6月实施主动筛查的ICU住院患者作为研究组,2022年7月—2023年6月未实施主动筛查的ICU住院患者作为对照组,比较两组患者CRE检出率的差异。结果 研究组纳入ICU患者7 803例,检出CRE 744株,检出率为9.53%;其中常规检测检出CRE 304株(检出率3.90%),主动筛查患者3 707例,检出CRE 440株(检出率11.87%)。对照组纳入ICU患者7 561例,常规检测检出CRE 250株,检出率为3.31%。两组患者CRE总检出率比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 246.18, P < 0.001$)。研究组主动筛查的CRE检出率(11.87%)高于常规检测的CRE检出率(3.90%),差异有统计学意义($\chi^2 = 264.26, P < 0.001$)。研究组共检出CRE菌株17种,常规检测组中肺炎克雷伯菌(80.92% VS 73.41%)和黏质沙雷菌(2.30% VS 0.23%)占比高于主动筛查组,而常规检测组中大肠埃希菌占比低于主动筛查组(8.22% VS 19.55%),差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。结论 ICU内CRE流行率较高,细菌种类广泛,主动筛查可提高CRE检出率。

[关键词] 耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌; 主动筛查; 重症监护病房; 检出率; 定植; CRE

[中图分类号] R181.3⁺2

Application of active screening on carbapenem-resistant *Enterobacterales* monitoring in intensive care units: a multi-center study

LYU Yiyu¹, QI Shaoyun², SHEN Shihua³, LIU Lu⁴, TIAN Zhen⁵, XU Zhiwei⁵, FANG Tao⁶, GUO Cuiying⁷, LI Zhiping⁸, DING Ren⁹, MENG Fanxiang³, LI Ruojie¹⁰, HU Xiaolian¹⁰, WANG Xueping¹⁰, WU Dequan¹⁰, WU Yile¹⁰ (1. Department of Laboratory Medicine, The Second Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China; 2. Department of Infection Control, Lu'an People's Hospital, Lu'an 237000, China; 3. Department of Infection Control, Fuyang People's Hospital, Fuyang 236000, China; 4. Department of Infection Control, The First People's Hospital of Huainan, Huainan 232001, China; 5. Department of Infection Control, Suzhou Municipal Hospital, Suzhou 234000, China; 6. Department of Infection Control, The Third People's Hospital of Bengbu, Bengbu 233000, China; 7. Department of Infection Control, Bengbu First People's Hospital, Bengbu 233000, China; 8. De-

[收稿日期] 2024-10-17
[基金项目] 国家自然科学基金项目(82202572);安徽高校自然科学研究重点项目(KJ2021A0321)
[作者简介] 吕贻雨(2002-),女(汉族),安徽省六安市人,硕士研究生在读,主要从事微生物耐药与感染防控研究。
[通信作者] 吴贻乐 E-mail: wuyilebank@163.com

partment of Infection Control, Anqing First People's Hospital, Anqing 246000, China; 9. Department of Infection Control, The Second People's Hospital of Wuhu, Wuhu 241000, China; 10. Office of Healthcare-associated Infection Management, The Second Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the effectiveness of active screening in improving the detection rate of carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE) in the intensive care units (ICUs). **Methods** From July 2023 to June 2024, active screening of rectal swab CRE was conducted on ICU patients in 10 hospitals. ICU patients who underwent active screening from July 2023 to June 2024 were selected as the study group, while those who did not undergo active screening from July 2022 to June 2023 were selected as the control group. Difference in CRE detection rates between the two groups of patients was compared. **Results** A total of 7 803 ICU patients were included in the study group, 744 CRE strains were detected, with a detection rate of 9.53%, out of which 304 CRE strains were detected through routine detection (detection rate 3.90%), 3 707 patients underwent active screen, 440 CRE strains were detected (detection rate 11.87%). 7 561 ICU patients were included in the control group, out of which 250 CRE strains were detected through routine detection, with a detection rate of 3.31%. There was a statistically significant difference in the overall detection rate of CRE between two groups of patients ($\chi^2 = 246.18, P < 0.001$). In the study group, CRE detection rate of active screening (11.87%) was higher than that of routine detection (3.90%), with statistically significant difference ($\chi^2 = 264.26, P < 0.001$). A total of 17 CRE strains were detected from the study group. The proportions of *Klebsiella pneumoniae* (80.92% vs 73.41%) and *Serratia marcescens* (2.30% vs 0.23%) in the routine detection group were both higher than in the active screening group, while the proportion of *Escherichia coli* in the routine detection group was lower (8.22% vs 19.55%), all with statistically significant differences (all $P < 0.05$). **Conclusion** The prevalence of CRE in ICUs is relatively high, with a wide range of bacterial species. Active screening can improve the detection rate of CRE.

[Key words] carbapenem-resistant *Enterobacterales*; active screening; intensive care unit; detection rate; colonization; CRE

肠杆菌目细菌是社区和医疗机构中的常见病原体,对公众健康构成严重威胁^[1-3],其感染相关病死率可达 70%^[4-5]。美国疾病预防控制中心(CDC)将耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE)列为“紧急威胁”级病原体^[6]。目前治疗 CRE 的药物选择非常有限,碳青霉烯类药物被认为是应对耐药肠杆菌目细菌的“最后防线”^[1-2]。2014—2022 年,我国肺炎克雷伯菌对碳青霉烯类药物的耐药率由 6.4% 上升至 10.0%^[7]。重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者常伴有严重基础疾病、频繁接受侵袭性操作、长期使用抗菌药物等因素,使其感染风险显著增加^[8],且 CRE 检出率常高于其他临床科室^[9]。目前临床 CRE 检出主要来自对感染患者的微生物学检测,而无症状定植者可成为“隐形”传播源。研究^[10]表明,CRE 无症状定植是患者后续发生感染和死亡的独立危险因素。主动筛查作为 CRE 防控的重要措施,可早期识别无症状定植患者,从而有效控制医院内传播^[11-12]。本研究通过对安徽省 8 个地市 10 个 ICU 患者开展为期 1 年的 CRE 主动筛查,比较主动筛查实施前后 CRE 检

出率的差异,以评估主动筛查对提升 CRE 监测能力的临床价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究依托安徽省医院协会医院感染管理专业委员会学术平台,选择合肥市、阜阳市、蚌埠市、六安市、芜湖市、宿州市、淮南市、安庆市的 9 所三级医疗机构的 10 个综合性 ICU 作为研究现场,以 2023 年 7 月 1 日—2024 年 6 月 30 日入住 ICU 的患者为研究对象,开展多中心前瞻性研究,采用常规检测结合主动筛查的方法监测 CRE 的实际流行情况。研究方案通过安徽医科大学第二附属医院伦理审查委员会审查(伦理批件号:YX2023-102),并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2300073092)。

1.2 研究方法

1.2.1 CRE 主动筛查 筛查对象纳入标准:研究期间新入住 ICU 且符合以下条件的患者:(1)ICU 住院时间 > 48 h;(2)患者或家属知情同意,自愿参

加;(3)年龄>18 周岁。对符合 CRE 主动筛查纳入标准的患者,分别于 ICU 入住时和出科前 48 h 内采集直肠拭子送检,接种于 CHROMagar™ mSuperCARBA 显色培养基,根据特定菌落颜色特征(深粉红色或金属蓝色)初步筛查 CRE,采用基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱仪(MALDI-TOF MS)进行菌种鉴定,使用 Phoenix™ M50 全自动微生物鉴定药敏系统(基于微量肉汤稀释法)进行药敏试验。质控菌株包括肺炎克雷伯菌(ATCC BAA-1705)、大肠埃希菌(ATCC 25922),所有质控菌株均由安徽省细菌耐药监测中心提供。

1.2.2 CRE 常规检测 当 ICU 患者出现感染症状时,临床医生根据《临床微生物样本采集规范》采集血、痰、尿、粪便及分泌物等标本,并送至微生物实验室进行检测。检测严格遵循《全国临床检验操作规程》(第 4 版)进行菌种鉴定及药敏试验,以明确是否为 CRE 菌株。

1.2.3 相关定义

1.2.3.1 CRE 判定标准 参照美国临床实验室标准化协会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)发布的药敏判定标准,将 CRE 定义为:对亚胺培南、美罗培南、多尼培南或厄他培南中任一种药物耐药[亚胺培南/美罗培南/多尼培南最低抑菌浓度(MIC)≥4 μg/mL;厄他培南 MIC≥2 μg/mL]的肠杆菌目细菌。

1.2.3.2 其他相关指标定义 本研究参照《医院感染管理质量控制指标》(2015 年版)^[13],剔除同一患者重复分离的同种菌株,CRE 检出率=CRE 阳性例次数/同期 ICU 住院患者总数×100%。如同一患者同时通过常规检测和主动筛查检出相同 CRE 菌株,则仅判定为常规检测 CRE 阳性;如同一患者通过常规检测和主动筛查检出不同 CRE 菌株,则分别计算为常规检测 CRE 阳性和主动筛查 CRE 阳性。CRE 无症状定植:CRE 检测阳性但无相应临床感染表现。

1.2.4 医院感染预防与控制措施 参照世界卫生组织(WHO)指南^[14],对 CRE 阳性患者,在常规标准预防基础上实施接触隔离措施,主要包括:开具接触隔离医嘱,诊疗器械专用,加强日常与终末清洁消毒,严格执行手卫生,接触时规范穿戴隔离衣及手套,规范处置医疗废物等综合措施。

1.2.5 CRE 主动筛查效果评价 2023 年 7 月 1 日—

2024 年 6 月 30 日实施主动筛查措施期间的 ICU 住院患者为研究组,2022 年 7 月 1 日—2023 年 6 月 30 日未实施主动筛查措施期间的 ICU 住院患者为对照组,比较两组患者 CRE 检出率的差异。

1.2.6 项目实施质量控制 研究实施前召开多中心培训会议,统一项目方案和操作流程。各参与单位的医院感染管理科、参与研究的 ICU 和微生物实验室的项目负责人负责本单位研究实施过程的质量控制;在研究实施过程中,牵头中心每月收集和审核各单位的研究进展数据,及时调整研究方案偏离情况。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 26.0 软件(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)进行统计分析。计数资料以例数及百分率/构成比(%)表示,两组间 CRE 检出率及细菌构成差异的比较采用卡方(χ^2)或 Fisher 确切概率检验。以 $P\leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况 各参与医院床位数为 840~2 717 张,合计 19 941 张。主动筛查期间参与研究 ICU 床位数为 19~37 张,合计 246 张;各参与研究 ICU 住院患者数为 512~1 339 例,合计 7 803 例,共 3 707 例至少参与一次主动筛查,主动筛查率为 47.51%。

2.2 主动筛查前后 CRE 检出率 对照组纳入 ICU 患者 7 561 例,常规检测检出 CRE 250 株,CRE 检出率为 3.31%。研究组纳入 ICU 患者 7 803 例,检出 CRE 744 株,CRE 检出率为 9.53%;其中常规检测检出 CRE 304 株(检出率 3.90%),主动筛查检出 CRE 440 株(检出率 11.87%)。两组患者常规检测的 CRE 检出率比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 3.84$, $P = 0.050$),两组 CRE 总体检出率比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 246.18$, $P < 0.001$)。研究组主动筛查的 CRE 检出率(11.87%)高于常规检测的 CRE 检出率(3.90%),差异有统计学意义($\chi^2 = 264.26$, $P < 0.001$)。见表 1。

2.3 研究组不同特征 ICU 的 CRE 检出情况 所在医院床位数≥2 500 张的 ICU CRE 检出率(16.14%)较高,差异有统计学意义($P < 0.001$)。ICU 床位数≥30 张和研究期间患者总数≥800 例的 ICU CRE 检出率较高,分别为 17.55%、11.71%,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。见表 2。

表 1 参与主动筛查的 ICU 及其 CRE 检出情况

Table 1 ICUs participating in active screening and their CRE detection status

ICU 编号	所在医院 总床位数 (张)	参与研究 ICU 床位数 (张)	主动筛查(研究组)				主动筛查前(对照组)	
			ICU 住院 患者例数	常规检测检出 CRE[例(%)]	主动筛查 患者数	主动筛查检出 CRE[例(%)]	ICU 住院 患者例数	常规检测检出 CRE[例(%)]
①	2 717	37	1 339	26(1.94)	654	118(18.04)	1 339	36(2.69)
②	1 421	25	922	28(3.04)	429	34(7.93)	809	7(0.87)
③	1 420	24	662	20(3.02)	238	27(11.34)	806	23(2.85)
④	2 277	25	961	9(0.94)	355	22(6.20)	730	17(2.33)
⑤	2 277	20	782	8(1.02)	311	8(2.57)	655	20(3.05)
⑥	2 708	30	843	118(14.00)	723	121(16.74)	857	69(8.05)
⑦	2 132	19	568	18(3.17)	112	9(8.04)	607	30(4.94)
⑧	2 560	20	556	27(4.86)	248	32(12.90)	721	32(4.44)
⑨	840	24	512	16(3.13)	292	16(5.48)	349	6(1.72)
⑩	1 589	22	658	34(5.17)	345	53(15.36)	688	10(1.45)
合计	19 941	246	7 803	304(3.90)	3 707	440(11.87)	7 561	250(3.31)

表 2 研究组不同特征 ICU CRE 检出情况

Table 2 CRE detection of ICUs with different characteristics among study groups

特征	患者 例数 (n = 7 803)	检出 CRE 例数 (n = 744)	检出率 (%)	χ^2	P
医院床位数(张)				215.98	<0.001
≤1 500	2 096	141	6.73		
1 501~2 499	2 969	161	5.42		
≥2 500	2 738	442	16.14		
ICU 床位数(张)				229.59	<0.001
≤20	1 906	102	5.35		
21~29	3 715	259	6.97		
≥30	2 182	383	17.55		
研究期间 ICU 住院 患者总数(人次)				46.54	<0.001
≤600	1 636	118	7.21		
601~799	2 102	150	7.14		
≥800	4 065	476	11.71		

2.4 研究组常规检测与主动筛查检出 CRE 分布情况 研究组共检出 CRE 菌株 17 种,常规检测组和主动筛查组分别检出菌株 14、12 种,同种菌株 9 种。常规检测组中检出 CRE 占比最多的为肺炎克雷伯菌(80.92%)、大肠埃希菌(8.22%)、黏质沙雷菌(2.30%)。主动筛查组中检出 CRE 占比最多的为肺炎克雷伯菌(73.41%)、大肠埃希菌(19.55%)、阴沟肠杆菌(2.95%)。其中,常规检测组中肺炎克雷伯菌和黏质沙雷菌占比高于主动筛查组,而常规检测组中大肠埃希菌占比低于主动筛查组,差异均

有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 3。

表 3 研究组 ICU 患者常规检测与主动筛查检出 CRE 种类分布情况

Table 3 Species distribution of CRE detected by routine detection and active screening in ICU patients in the study group

细菌	常规检测组		主动筛查组		χ^2	P
	例数	构成比 (%)	例数	构成比 (%)		
肺炎克雷伯菌	246	80.92	323	73.41	5.64	0.018
大肠埃希菌	25	8.22	86	19.55	18.16	<0.001
阴沟肠杆菌	6	1.97	13	2.95	0.70	0.404
产气克雷伯菌	3	0.99	2	0.45	—	0.404
黏质沙雷菌	7	2.30	1	0.23	—	0.009
奇异变形杆菌	3	0.99	0	0	—	0.068
弗劳地柠檬酸杆菌	5	1.64	5	1.14	—	0.748
产酸克雷伯菌	1	0.33	3	0.68	—	0.649
产气肠杆菌	2	0.66	2	0.45	—	1.000
变栖克雷伯菌	1	0.33	1	0.23	—	1.000
布干达肠杆菌	2	0.66	0	0	—	0.167
解脲沙雷菌	1	0.33	0	0	—	0.409
解鸟氨酸拉乌尔菌	0	0	1	0.23	—	1.000
臭鼻克雷伯菌	1	0.33	0	0	—	0.409
克氏柠檬酸杆菌	1	0.33	0	0	—	0.409
布拉克氏柠檬酸杆菌	0	0	1	0.23	—	1.000
霍氏肠杆菌	0	0	2	0.45	—	0.516
合计	304	100	440	100	—	—

注:除肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌、阴沟肠杆菌外,其余两组比较均采用 Fisher 确切概率检验;—表示无数据。

3 讨论

细菌耐药性已成为全球健康的重大威胁,若按当前趋势发展,耐药菌感染可能成为全球首要死亡原因^[1,15]。2001 年美国首次报道 CRE 感染病例,随后该菌株在全球多个地区迅速扩散^[16]。尽管美国 CDC 已制定并不断完善防控策略^[17-18],但 CRE 感染发病率仍未见明显下降趋势^[19]。CRE 无症状定植在传播和暴发中的作用越来越受到关注^[20],但考虑到主动筛查的成本效益,其推广应用受到一定限制,目前尚缺乏标准化的主动筛查方法及效果评估方案。本研究通过在 10 所不同地区三级医疗机构的综合 ICU 中开展为期 1 年的主动筛查,评估主动筛查对提高 CRE 检出率的临床应用价值。

本研究发现,主动筛查期间,ICU 患者的 CRE 总检出率为 9.53%,高于对照组的 3.31%。CRE 作为人体消化道常见定植菌,其位于质粒上的耐药基因易在肠道细菌间传递,导致肠道定植日益普遍^[21]。WHO、美国 CDC 及欧洲 CDC 发布的防控指南均推荐采集粪便、直肠或肛周拭子进行 CRE 主动筛查,以便早期发现无症状定植者并实施接触隔离等措施,特别强调 ICU 患者应作为重点筛查对象^[14, 18, 22]。近年来,显色培养基技术取得显著进展,因其具有节约检测时间和试剂成本的优势,可快速鉴定目标病原体^[23]。本研究结果表明,采用显色培养基进行主动筛查可以弥补常规检测(仅针对出现感染症状时送检标本)的局限性,实现更全面、便捷的 CRE 监测。此外,本研究表明,所在医院总床位数、ICU 床位数和患者总数较多的 ICU,CRE 检出率较高,提示应根据 ICU 规模特征评估 CRE 流行风险,开展有针对性的主动筛查工作。

本研究表明,研究组主动筛查 CRE 检出率为 11.87%,高于常规检测的 CRE 检出率(3.90%),表明主动筛查对识别 CRE 无症状定植具有重要作用。值得注意的是,既往研究^[24]发现 CRE 无症状定植者与感染者的平均排菌时间均可长达 12 个月,形成长期传播源。因此,本研究提示 ICU 内 CRE 无症状定植构成实际流行的主要组成部分,通过主动筛查高风险患者,可尽早识别此类隐形传播源,从而掌握 ICU 内 CRE 实际流行水平,并积极落实防控措施。

研究组共检出 17 种 CRE 菌株,表明 ICU 环境中 CRE 菌种分布具有多样性,其中肺炎克雷伯菌为优势菌株,与单中心 ICU 研究结果基本一致^[25]。

常规检测与主动筛查的 CRE 菌种构成存在一定差异,其中常规检测检出 CRE 中肺炎克雷伯菌和黏质沙雷菌占比高于主动筛查,而大肠埃希菌占比低于主动筛查。这种常规检测和主动筛查 CRE 菌种分布差异,可为进一步探索 CRE 感染和无症状定植发生机制提供参考。

综上所述,ICU 内 CRE 流行率较高,菌种分布呈现多样性,无症状定植的高流行率和潜在传播风险应引起高度重视。开展主动筛查可提高 CRE 检出率,帮助及时、全面地了解 ICU 内 CRE 实际流行状况,从而对检出 CRE 患者实施感染防控措施,减少 CRE 的交叉传播。此外,常规检测和主动筛查检出 CRE 细菌种类存在差异,肺炎克雷伯菌已成为 ICU 内 CRE 的主要细菌种类,应进一步开展针对性的机制及防控干预研究。

致谢:对参与本项目的单位及工作人员表示衷心感谢!

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] Suay-García B, Pérez-Gracia MT. Present and future of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) infections[J]. *Antibiotics* (Basel), 2019, 8(3): 122.
- [2] Perez F, Bonomo RA. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: global action required[J]. *Lancet Infect Dis*, 2019, 19(6): 561–562.
- [3] Dong LT, Espinoza HV, Espinoza JL. Emerging superbugs: the threat of carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* [J]. *AIMS Microbiol*, 2020, 6(3): 176–182.
- [4] Zhen XM, Stålsby Lundborg C, Sun XS, et al. Clinical and economic burden of carbapenem-resistant infection or colonization caused by *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*: a multicenter study in China [J]. *Antibiotics* (Basel), 2020, 9(8): 514.
- [5] Friedman ND, Carmeli Y, Walton AL, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: a strategic roadmap for infection control[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2017, 38(5): 580–594.
- [6] Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic resistance threats in the United States, 2019[EB/OL]. (2019–11–13) [2024–06–21]. <http://dx.doi.org/10.15620/cdc.82532>.
- [7] 全国细菌耐药监测网. 2022 年全国细菌耐药监测报告(简要版)[EB/OL]. (2023–11–20) [2024–06–21]. <https://www.carss.cn/Report/Details/917>.

- China Antimicrobial Resistance Surveillance System. 2022 National antibiotic resistance surveillance report (Brief version) [EB/OL]. (2023-11-20)[2024-06-21]. <https://www.carss.cn/Report/Details/917>.
- [8] Lu FB, Zhang LW, Ji JJ, et al. Epidemiological and antimicrobial resistant patterns, and molecular mechanisms of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infections in ICU patients[J]. Infect Drug Resist, 2023, 16: 2813-2827.
- [9] 杨玉琪, 刘家云, 徐修礼, 等. 某院耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌的临床分布特点及药物敏感性分析[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(1): 1-5, 11.
- Yang YQ, Liu JY, Xu XL, et al. Analysis on clinical distribution characteristics and drug susceptibility of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* bacteria in a hospital[J]. Laboratory Medicine and Clinic, 2021, 18(1): 1-5, 11.
- [10] McConville TH, Sullivan SB, Gomez-Simmonds A, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* colonization (CRE) and subsequent risk of infection and 90-day mortality in critically ill patients, an observational study[J]. PLoS One, 2017, 12(10): e0186195.
- [11] Yin LJ, He LY, Miao J, et al. Actively surveillance and appropriate patients placements' contact isolation dramatically decreased carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infection and colonization in pediatric patients in China[J]. J Hosp Infect, 2020, 105(3): 486-494.
- [12] Huang XL. Active screening of intestinal carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in high-risk patients admitted to the hematology wards and its effect evaluation[J]. China Med Abstr Intern Med, 2021, 38(1): 59.
- [13] 国家卫生计生委办公厅. 医院感染管理质量控制指标(2015年版)[EB/OL]. (2015-04-10)[2024-06-21]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2015/04/20150415094217171.pdf>.
- General Office, National Health and Family Planning Commission. Quality control indicators for healthcare-associated infection management(2015 Edition)[EB/OL]. (2015-04-10)[2024-06-21]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2015/04/20150415094217171.pdf>.
- [14] World Health Organization. Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities[EB/OL]. (2017-11-01)[2024-07-05]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2015/04/20150415094217171.pdf>.
- [15] Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis[J]. Lancet, 2022, 399(10325): 629-655.
- [16] Yigit H, Queenan AM, Anderson GJ, et al. Novel carbapenem-hydrolyzing beta-lactamase, KPC-1, from a carbapenem-resistant strain of *Klebsiella pneumoniae* [J]. Antimicrob Agents Chemother, 2001, 45(4): 1151-1161.
- [17] Centers for Disease Control and Prevention. Facility guidance for control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) [EB/OL]. (2023-11-01)[2024-07-05]. <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guidelines-CRE-Guidance-508.pdf>.
- [18] Centers for Disease Control and Prevention. Guidance for control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE); 2012 CRE toolkit[EB/OL]. [2024-07-04]. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/13205>.
- [19] Jernigan JA, Hatfield KM, Wolford H, et al. Multidrug-resistant bacterial infections in U. S. hospitalized patients, 2012-2017[J]. N Engl J Med, 2020, 382(14): 1309-1319.
- [20] Spencer MD, Winglee K, Passaretti C, et al. Whole genome sequencing detects inter-facility transmission of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* [J]. J Infect, 2019, 78(3): 187-199.
- [21] Hu YF, Yang X, Qin JJ, et al. Metagenome-wide analysis of antibiotic resistance genes in a large cohort of human gut microbiota[J]. Nat Commun, 2013, 4: 2151.
- [22] Magiorakos AP, Burns K, Rodriguez Baño J, et al. Infection prevention and control measures and tools for the prevention of entry of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* into health-care settings: guidance from the European Centre for Disease Prevention and Control[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2017, 6: 113.
- [23] Perry JD. A decade of development of chromogenic culture media for clinical microbiology in an era of molecular diagnostics[J]. Clin Microbiol Rev, 2017, 30(2): 449-479.
- [24] Zimmerman FS, Assous MV, Bdolah-Abram T, et al. Duration of carriage of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* following hospital discharge[J]. Am J Infect Control, 2013, 41(3): 190-194.
- [25] 陈美恋, 王守军, 匡季秋, 等. 重症监护病区 CRE 主动筛查及其效果评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(18): 4123-4126.
- Chen ML, Wang SJ, Kuang JQ, et al. Active screening of CRE in intensive care unit and its effect[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(18): 4123-4126.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式: 吕贻雨, 臧少云, 沈诗华, 等. 主动筛查应用于重症监护病房内 CRE 监测的多中心研究[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(7): 906-911. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257099.

Cite this article as: LYU Yiyu, QI Shaoyun, SHEN Shihua, et al. Application of active screening on carbapenem-resistant *Enterobacteriales* monitoring in intensive care units: a multi-center study[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(7): 906-911. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257099.