

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20246111

· 论 著 ·

重症监护病房患者耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌肠道定植的病原学及危险因素

杨剑锐¹, 闵琦芬¹, 龚晓文¹, 戚志萍¹, 曹烨君²

(常州市肿瘤医院 1. 感染管理科; 2. 药事科, 江苏 常州 213032)

[摘要] **目的** 分析重症监护病房(ICU)患者发生肠道耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(CRE)定植的危险因素和病原学特点。**方法** 将常州某三级医院 2023 年 3—12 月进行肠道 CRE 筛查的 392 例 ICU 患者按筛查结果分为定植组($n=42$)和非定植组($n=350$),收集患者的年龄、性别、基础疾病、恶性肿瘤、放射治疗、化学治疗、最后一次筛查前感染、抗菌药物使用及侵入性操作等临床资料,进行危险因素和病原学分析。**结果** 42 例 CRE 筛查阳性患者检出 CRE 44 株,其中主要为肺炎克雷伯菌(占 65.91%),其次为大肠埃希菌(15.91%)、阴沟肠杆菌(13.64%);定植组患者从入 ICU 到肠道 CRE 筛查阳性的平均时间为 14 d;长期使用碳青霉烯类抗生素($OR=1.47$, 95% CI : 1.31~1.65),机械通气($OR=1.14$, 95% CI : 1.06~1.22),存在肠杆菌目细菌感染($OR=10.10$, 95% CI : 3.28~32.09)是肠道 CRE 定植的独立危险因素。碳青霉烯类抗生素使用 ≥ 15 d($\chi^2=167.52$, $P<0.001$)和机械通气 ≥ 15 d($\chi^2=101.03$, $P<0.001$)的患者肠道 CRE 定植风险更高。**结论** 临床应提高病原学送检,及时进行抗肠杆菌目细菌感染治疗;慎重选择碳青霉烯类抗生素,缩短疗程;并积极评估机械通气指征,及时撤机。

[关键词] 重症监护病房;耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌;肠道定植;危险因素

[中图分类号] R181.3⁺2

Pathogenicity and risk factors for intestinal colonization of carbapenem-resistant *Enterobacterales* in patients from intensive care unit

YANG Jian-shui¹, MIN Qi-fen¹, GONG Xiao-wen¹, QI Zhi-ping¹, CAO Ye-jun² (1. Department of Infection Management; 2. Department of Pharmacy, Changzhou Cancer Hospital, Changzhou 213032, China)

[Abstract] **Objective** To analyze risk factors and pathogenic characteristics of intestinal colonization of carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE) in patients from intensive care unit (ICU). **Methods** A total of 392 ICU patients who underwent intestinal CRE screening in a tertiary hospital in Changzhou from March to December, 2023 were divided into the colonization group ($n=42$) and the non-colonization group ($n=350$) according to the screening results. Clinical data of patients, including age, gender, underlying diseases, malignant tumors, radiotherapy, chemotherapy, infection before the last screening, antimicrobial use, and invasive procedures were collected for the analysis on risk factors and pathogenicity. **Results** Among 42 patients with positive CRE screening results, 44 CRE strains were detected, mainly *Klebsiella pneumoniae* (65.91%), followed by *Escherichia coli* (15.91%) and *Enterobacter cloacae* (13.64%). The average time from admission in ICU to positive screening results of intestinal CRE in the colonization group was 14 days. Long term use of carbapenem antibiotics ($OR=1.47$, 95% CI : 1.31-1.65), mechanical ventilation ($OR=1.14$, 95% CI : 1.06-1.22), and *Enterobacterales* infection ($OR=10.10$,

[收稿日期] 2024-02-04

[基金项目] 常州市“龙城医星”卫生青年科技人才基金项目(leyx2023010);常州市卫生健康青苗人才基金项目(CZQM2023021);江苏省药学会基金项目(Q202033);常州市科技局应用基础研究指导项目(CJ20189002)

[作者简介] 杨剑锐(1991-),男(汉族),江苏省常州市人,主治医师,主要从事医院感染流行病学研究。

[通信作者] 曹烨君 E-mail: licheyj822@126.com

95%CI: 3.28 - 32.09) were independent risk factors for intestinal CRE colonization. Patients who received carbapenem antibiotics for ≥ 15 days ($\chi^2 = 167.52, P < 0.001$) and those who received mechanical ventilation for ≥ 15 days ($\chi^2 = 101.03, P < 0.001$) had higher risks for intestinal CRE colonization. **Conclusion** In clinical practice, it is necessary to improve pathogen detection, treat *Enterobacterales* infection timely, choose carbapenem antibiotics carefully, shorten treatment course, actively evaluate indications for mechanical ventilation, and wean off ventilator timely.

[**Key words**] intensive care unit; carbapenem-resistant *Enterobacterales*; intestinal colonization; risk factor

肠杆菌目细菌在机体免疫低下或肠道功能紊乱时可发生移位,导致内源性感染^[1]。在抗菌药物选择压力下,其耐药性不断变化,截至 2022 年,产超广谱 β -内酰胺酶大肠埃希菌和肺炎克雷伯菌在国内的检出率分别达 55%、21%^[2]。碳青霉烯类抗生素作为此类耐药菌感染治疗的最后一道防线,随着其广泛使用,耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌(carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE)的检出率已上升至 10%^[2-4]。CRE 具有高致病、高传播等特点,引发难治性感染疾病,加重经济负担,浪费医疗资源^[5]。同时,CRE 传播隐蔽,CRE 感染者只是定植者的“冰山一角”,仅 1%的定植者被作为感染者而发现^[6],定植者无感染症状,但可向体外排出病原菌,成为主要的传染源^[7],给医院感染防控造成了严峻挑战^[8]。重症监护病房(intensive care unit, ICU)的患者往往病情危重且进展迅速,并伴有不同程度意识障碍,抗菌药物使用强度高,侵入性操作频繁,易导致肠道菌群失调,是 CRE 定植的高风险人群^[9]。常规检验标本通常只能检出 CRE 感染者,在 ICU 其阳性率约为 3%^[10],不适用于 CRE 主动筛查;而直肠筛查是发现 CRE 定植的重要手段^[11]。刘思娣等^[12]在 ICU 开展 CRE 主动筛查,发现阳性率达 36%。但是,主动筛查通常仅在高风险科室开展,在绝大多数普通科室尚未普及,导致普通科室的 CRE 定植者难以被发现,成为医院感染防控的疏漏。因此,查找 CRE 定植高风险人群,识别高风险环节,掌握其病原学特点,制定个性化筛查方案,能起到精准防控的作用。为了解 CRE 定植的危险因素及病原学特点,本研究采用回顾性病例对照研究的方式,对 2023 年 3—12 月常州某三级医院 ICU 进行直肠 CRE 筛查的 392 例患者展开调查,现报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象和样本量估算 选取常州某三级医院 ICU 2023 年 3—12 月进行直肠 CRE 筛查的 392

例住院患者。纳入标准:(1)进行直肠 CRE 筛查 ≥ 1 次的 ICU 患者;(2)包括转入或转出 ICU 的患者。排除标准:入 ICU 后第一次筛查阳性的患者。将住院期间筛查结果连续阴性(≥ 1 次)转为阳性的患者纳入定植组,将筛查结果连续阴性(≥ 5 次)的患者纳入非定植组。根据估算总体概率的样本量计算公式 $N = Z_{\alpha}^2 \times P_0(1-P_0)/\delta^2$,检验水准 α 取 0.05,容许误差 δ 取 0.05,综合 ICU 患者直肠 CRE 筛查的预期阳性率(P_0)按刘思娣等^[12]报道的 36%,估算样本量为 354 例。392 例患者均符合筛选标准纳入本次研究,其中定植组 42 例和非定植组 350 例。本研究通过该院伦理委员会审核[2023(科)第 031 号]。

1.2 筛查方法及菌种鉴定 采集患者的肛拭子标本进行培养和菌种鉴定。患者收治入 ICU 时采集 1 次,以后每间隔 7 d 采集 1 次,直至出现阳性或连续 5 次阴性或出院停止采集。由微生物专业技术人员进行细菌培养、分离,使用 MicroScan WalkAway 96 plus 进行菌种鉴定。采用双纸片协同法和双纸片增效法确定耐药菌株。药敏试验结果按照美国临床实验室标准化协会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)2023 年修订的标准^[13]判定。肠杆菌目细菌对碳青霉烯类抗生素(如亚胺培南、美罗培南等)中任一种耐药者,则判定为 CRE。质控菌株为大肠埃希菌 ATCC 25922,铜绿假单胞菌 ATCC 27853,金黄色葡萄球菌 ATCC 52923。

1.3 资料收集 通过文献复习,收集既往报道的 CRE 定植危险因素,同时将其他待分析的因素纳入研究。通过众智医院感染预防与控制全流程管理系统收集研究对象的年龄、性别、基础疾病、恶性肿瘤、放射治疗、化学治疗、急性生理学及慢性健康状况评价(acute physiology and chronic health evaluation, APACHE II)评分,以及最后一次筛查前的感染情况、抗菌药物使用、侵入性操作等临床资料。

1.4 统计分析 应用 Excel 2007 进行资料汇总和整理,应用 Stata 13.0 软件进行统计分析。定量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较采用 t

检验;计数资料采用例数和百分比描述,组间比较采用 Pearson χ^2 、Yates 校正 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。多因素分析采用逐步回归方法,将组间比较有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归模型中进行筛选。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 直肠 CRE 筛查情况 2023 年 3—12 月收治入 ICU 的患者共 428 例,其中 392 例进行直肠 CRE 筛查,筛查率为 91.59%;42 例患者筛查 CRE 阳性,阳性率为 10.71%。同期,通过痰、血、尿等常规检验标本共检出 CRE 感染者 6 例,阳性率为 1.53%,直肠拭子 CRE 阳性率高于常规检验标本($\chi^2 = 28.761, P < 0.001$)。定植组从入 ICU 到直肠拭子 CRE 检出阳性的平均时间为 14 d。

2.2 直肠 CRE 筛查细菌分布 42 例筛查 CRE 阳性的患者共检出 CRE 44 株,主要为肺炎克雷伯

菌,占比 65.91%(29 株),其次为大肠埃希菌(7 株, 15.91%)、阴沟肠杆菌(6 株,13.64%)、黏质沙雷菌(1 株,2.27%)、奇异变形杆菌(1 株,2.27%)。

2.3 两组患者的临床资料 与非定植组相比,定植组患者感染比例更高($\chi^2 = 19.60, P < 0.001$),包括肺部感染($\chi^2 = 10.54, P = 0.001$),败血症($\chi^2 = 20.03, P < 0.001$),尿路感染($\chi^2 = 5.17, P = 0.023$),胃肠道感染($\chi^2 = 5.94, P = 0.015$),腹腔感染($\chi^2 = 4.61, P = 0.032$);肠杆菌目细菌感染($\chi^2 = 67.62, P < 0.001$),定植组患者联合使用 ≥ 2 种抗菌药物的比例更高($\chi^2 = 48.87, P < 0.001$),连续使用时间更长($t = 11.19, P < 0.001$),尤其是碳青霉烯类抗生素的使用比例($\chi^2 = 80.80, P < 0.001$)和连续使用时间($t = 12.98, P < 0.001$);定植组患者使用机械通气和留置胃管的比例更高(χ^2 值分别为 12.70、20.91,均 $P < 0.001$),连续使用时间更长(t 值分别为 7.81、7.59,均 $P < 0.001$);定植组患者 APACHE II 评分更高($t = 3.59, P < 0.001$)。见表 1。

表 1 定植组与非定植组患者的临床资料比较

Table 1 Comparison in clinical data of patients in the colonization group and the non-colonization group

相关因素	定植组(n=42)	非定植组(n=350)	t/ χ^2	P
男性[例(%)]	31(73.81)	232(66.29)	0.96	0.327
年龄(岁)	63.38 ± 18.32	61.46 ± 19.12	0.62	0.537
急诊入院[例(%)]	35(83.33)	270(77.14)	0.83	0.362
糖尿病[例(%)]	12(28.57)	90(25.71)	0.16	0.690
高血压[例(%)]	22(52.38)	147(42.00)	1.65	0.199
恶性肿瘤[例(%)]	5(11.90)	45(12.86)	0.03	0.861
放射治疗/化学治疗[例(%)]	3(7.14)	15(4.29)	0.20	0.656
APACHE II 评分	21.24 ± 6.06	17.03 ± 7.29	3.59	<0.001
存在感染[例(%)]	41(97.62)	223(63.71)	19.60	<0.001
肺部感染	32(76.19)	174(49.71)	10.54	0.001
败血症	11(26.19)	19(5.43)	20.03	<0.001
尿路感染	9(21.43)	31(8.86)	5.17	0.023
胃肠道感染	7(16.67)	19(5.43)	5.94	0.015
腹腔感染	5(11.90)	12(3.43)	4.61	0.032
肠杆菌目细菌感染	27(64.29)	44(12.57)	67.62	<0.001
联合使用抗菌药物 ≥ 2 种[例(%)]	12(28.57)	64(18.29)	48.87	<0.001
抗菌药物使用日数(d)	16.19 ± 4.60	7.42 ± 6.23	11.19	<0.001
使用碳青霉烯类抗生素[例(%)]	40(95.24)	91(26.00)	80.80	<0.001
碳青霉烯类抗生素使用日数(d)	11.98 ± 4.85	1.93 ± 3.73	12.98	<0.001
机械通气[例(%)]	37(88.10)	210(60.00)	12.70	<0.001
机械通气日数(d)	12.55 ± 6.86	3.98 ± 5.43	7.81	<0.001
泌尿道置管[例(%)]	40(95.24)	324(92.57)	0.10	0.751
中心静脉置管[例(%)]	35(83.33)	256(73.14)	2.04	0.154
留置胃管[例(%)]	35(83.33)	161(46.00)	20.91	<0.001
留置胃管日数(d)	11.71 ± 6.88	3.39 ± 5.23	7.59	<0.001

2.4 多因素分析 采用逐步回归的方法,将上述有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归模型中进行筛选。结果显示,碳青霉烯类抗生素使用日数 ($OR = 1.47, 95\%CI: 1.31 \sim 1.65, P < 0.001$) 和机

械通气日数 ($OR = 1.14, 95\%CI: 1.06 \sim 1.22, P = 0.001$) 越长,存在肠杆菌目细菌感染 ($OR = 10.10, 95\%CI: 3.28 \sim 32.09, P < 0.001$) 是 ICU 患者肠道 CRE 定植的独立危险因素。见表 2。

表 2 ICU 患者肠道 CRE 定植的多因素 logistic 回归分析

Table 2 Multivariate logistic regression analysis on intestinal colonization of CRE in ICU patients

危险因素	β	S_b	Wald χ^2	P	OR	95%CI
碳青霉烯类抗生素使用日数	0.38	0.06	43.63	<0.001	1.47	1.31~1.65
机械通气日数	0.13	0.04	11.58	0.001	1.14	1.06~1.22
肠杆菌目细菌感染	2.31	0.57	16.26	<0.001	10.10	3.28~32.09

2.5 CRE 感染与肠道定植的关系 定植组患者有 6 例 CRE 感染,而非定植组患者无 CRE 感染,定植组患者 CRE 感染比例更高 ($P < 0.001$)。在时间的逻辑顺序上,6 例 CRE 感染患者均在确定 CRE 感染后的 7~14 d,直肠拭子 CRE 筛查结果呈阳性,表明 CRE 感染是 CRE 肠道定植的高风险因素。

2.6 ICU 不同碳青霉烯类抗生素使用时间、机械通气时间患者肠道 CRE 定植率 按碳青霉烯类抗生素使用时间和机械通气时间的不同区间计算肠道 CRE 定植率。肠道 CRE 定植率比较差异均有统计学意义 (χ^2 值分别为 167.52、101.03,均 $P < 0.001$),见表 3。碳青霉烯类抗生素连续使用 ≥ 15 d、机械通气日数 ≥ 15 d 的患者,ICU 患者肠道定植率分别为 82.35%、52.17%,是监测和防控的重点人群。

表 3 ICU 不同碳青霉烯类抗生素使用时间、机械通气时间患者肠道 CRE 定植率比较

Table 3 Comparison in intestinal CRE colonization rate between patients receiving different carbapenem antibiotics and with different duration of mechanical ventilation

分组	定植 (例)	非定植 (例)	定植率 (%)	χ^2	P
碳青霉烯类抗生素使用日数(d)				167.52	<0.001
0	2	258	0.77		
1~7	3	52	5.45		
8~14	23	37	38.33		
≥ 15	14	3	82.35		
机械通气日数(d)				101.03	<0.001
0	5	139	3.47		
1~7	5	148	3.27		
8~14	8	41	16.33		
≥ 15	24	22	52.17		

注:采用 Pearson χ^2 检验。

3 讨论

肠道是 CRE 最常见的定植部位,因此国内外专家共识^[14-15]均提倡对高风险人群进行肠道 CRE 筛查。本研究对 392 例 ICU 患者开展肠道 CRE 定植的主动筛查,CRE 阳性者 42 例,阳性率 10.71%,低于 Garpvall 等^[16] 和刘思娣等^[12] 报道的 35.8%、36%,可能与行政区域和医院规模不同有关^[17]。本次肠道筛查的病原学结果以肺炎克雷伯菌为主,其次为大肠埃希菌、阴沟肠杆菌;另外,定植者从入 ICU 到 CRE 筛查阳性的平均住院时间为 14 d,与刘思娣等^[12] 研究结果接近。危险因素分析结果显示,持续使用碳青霉烯类抗生素和机械通气、存在 CRE 或肠杆菌目细菌感染的患者,发生肠道定植的风险增加,其中 CRE 感染和碳青霉烯类抗生素持续使用作为 CRE 肠道定植的危险因素已在多项研究^[18-20] 中被证实。

本研究发现,存在 CRE 或肠杆菌目细菌感染的患者发生肠道 CRE 定植的风险增加。发生肠杆菌目细菌感染本身便意味着肠道菌群紊乱、菌群移位,肠道内的潜在病原微生物优势生长,增加了肠道 CRE 定植概率。本研究中,6 例 CRE 感染患者均在感染后的 7~14 d 出现肠道 CRE 定植,阳转率为 100%,与 2023 年国内某三级医院一项研究^[21] 结果 (97.62%,82/84) 相仿。由于 CRE 感染者阳转率高和阳转时间短,临床应及时进行感染诊断,提高病原学送检意识,明确病原体,并及时筛查和积极抗感染治疗。

本研究发现,碳青霉烯类抗生素使用时间越长,发生肠道 CRE 定植的风险越高,尤其是连续使用 ≥ 15 d 的患者 CRE 定植率 $> 80\%$ 。研究^[22] 报道,

长期暴露于碳青霉烯类抗生素,尤其是碳青霉烯类抗生素持续使用 ≥ 10 d 的患者,其肠道微环境已经发生改变,肠道内的双歧杆菌等益生菌减少甚至消失,而产气荚膜梭菌、肠杆菌、乳杆菌等增多,肠道的稳定性和抵抗力下降;而且,由于抗菌药物的选择压力,体内对碳青霉烯类抗生素敏感的肠道细菌被抑制,筛选出对碳青霉烯类抗生素耐药的细菌,同时部分 CRE 菌株可以通过质粒介导将耐药基因转移至敏感菌株,使得 CRE 逐渐发展为优势菌群,成为潜在的感染源。因此,临床应慎重选择碳青霉烯类抗生素,如必须使用,应遵照用药指征和原则,并缩短治疗时限。

本研究发现,随着机械通气持续时间延长,发生肠道 CRE 定植的风险增加,尤其是机械通气持续使用 ≥ 15 d 的患者肠道 CRE 定植率已达到 52.17%。需要持续机械通气的患者通常存在呼吸循环功能障碍等病理基础,肠道黏膜长期处于缺血和缺氧状态,同时伴随炎症介质或内毒素对肠道的损伤,其通透性发生改变,甚至出现屏障功能障碍^[23]。长期进行机械通气治疗可导致肠道微生态失衡,具体表现为双歧杆菌丰度降低,肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌、产气荚膜梭菌等菌群丰度增加,菌群失调可加重肠道黏膜屏障功能障碍,屏障功能受损又会进一步促使肠道功能紊乱,形成恶性循环^[24]。此外,机械通气治疗中气管插管具有较强的创伤性,呼吸系统的天然防御机制遭受破坏,增加病原菌入侵风险,加重感染性疾病负担,机体应激反应和胃肠道负荷均到达极限,间接导致免疫缺失和肠道功能紊乱^[25]。因此,临床须重视机械通气指征的评估,尽可能减少气管插管频率和缩短机械通气时间。

综上所述,本研究采用病例对照研究方法,对 ICU 患者发生肠道 CRE 定植的病原学和危险因素进行初步探索,发现定植菌主要为肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌、阴沟肠杆菌;而且,肠杆菌目细菌感染、长期使用碳青霉烯类抗生素和机械通气均是其独立危险因素,此为 CRE 医院感染监测和防控提供了依据,但该结果的重复性还需整合多中心的数据后进行验证。而且,本研究仅分析各项危险因素的主效应,未分析各因素之间是否存在交互作用,也未尝试构建肠道 CRE 定植的风险预测模型。最后,考虑到本研究为回顾性研究,且受限于数据库资料不全面,也未能收集入院前感染情况和抗菌药物治疗史、急诊侵入性操作史、消化道内镜介入史等其他危险因素资料,可能导致结论存在一定的偏倚,有待数据收

集更加全面,质量控制更加严格的前瞻性研究进一步分析。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Dave VP, Pathengay A, Behera S, et al. *Enterobacter* endophthalmitis: clinical settings, susceptibility profile, and management outcomes across two decades[J]. Indian J Ophthalmol, 2020, 68(1): 112 - 117.
- [2] 李耘, 郑波, 薛峰, 等. 中国细菌耐药监测研究(CARST) 2021—2022 年革兰氏阴性菌监测报告[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(23): 3525 - 3544.
Li Y, Zheng B, Xue F, et al. Antimicrobial susceptibility of Gram-negative organisms: results from China antimicrobial resistance surveillance trial (CARST) program, 2021 - 2022 [J]. The Chinese Journal of Clinical Pharmacology, 2023, 39(23): 3525 - 3544.
- [3] Zong ZY, Feng Y, McNally A. Carbapenem and colistin resistance in *Enterobacter*: determinants and clones[J]. Trends Microbiol, 2021, 29(6): 473 - 476.
- [4] Brink AJ. Epidemiology of carbapenem-resistant Gram-negative infections globally[J]. Curr Opin Infect Dis, 2019, 32(6): 609 - 616.
- [5] Tompkins K, van Duin D. Treatment for carbapenem-resistant *Enterobacteriales* infections: recent advances and future directions[J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2021, 40(10): 2053 - 2068.
- [6] Tomczyk S, Zanichelli V, Grayson ML, et al. Control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii*, and *Pseudomonas aeruginosa* in healthcare facilities: a systematic review and reanalysis of quasi-experimental studies [J]. Clin Infect Dis, 2019, 68(5): 873 - 884.
- [7] 吴苗苗, 杨丹红, 潘红英, 等. 碳青霉烯耐药肠杆菌科细菌定植转血流感染危险因素分析[J]. 浙江医学, 2022, 44(12): 1300 - 1303.
Wu MM, Yang DH, Pan HY, et al. Risk factors analysis of bloodstream infection caused by colonized carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*[J]. Zhejiang Medical Journal, 2022, 44(12): 1300 - 1303.
- [8] 中华预防医学会医院感染控制分会, 中华医学会感染病学分会, 中国医院协会医院感染管理专业委员会, 等. 中国碳青霉烯耐药革兰阴性杆菌(CRO)感染预防与控制技术指引[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(13): 2075 - 2080.
Hospital Infection Control Branch of the Chinese Preventive Medicine Association, Chinese Society of Infectious Diseases, Chinese Medical Association, Chinese Hospital Association Nosocomial Infection Control Specialized Committee, et al. Technical guidelines for prevention and control of carbapenem-resistant Gram-negative bacilli infection in China[J]. Chinese

Journal of Nosocomiology, 2019, 29(13): 2075–2080.

- [9] Yi J, Kim KH. Identification and infection control of carbapenem-resistant *Enterobacteriales* in intensive care units[J]. *Acute Crit Care*, 2021, 36(3): 175–184.
- [10] 周晶, 姚杨, 田瑶, 等. 2016—2020 年某三甲医院呼吸重症监护室耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌检出、分布及耐药情况分析[J]. *临床医学研究与实践*, 2022, 7(22): 15–19.
Zhou J, Yao Y, Tian Y, et al. Analysis of detection, distribution and drug resistance of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in respiratory intensive care unit of a tertiary first-class hospital from 2016 to 2020[J]. *Clinical Research and Practice*, 2022, 7(22): 15–19.
- [11] Righi E, Mutters NT, Guirao X, et al. ESCMID/EUCIC clinical practice guidelines on perioperative antibiotic prophylaxis in patients colonized by multidrug-resistant Gram-negative bacteria before surgery[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2023, 29(4): 463–479.
- [12] 刘思娣, 吴安华, 李春辉, 等. 高危科室住院患者肠道耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌筛查及其阳性危险因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023, 33(4): 517–521.
Liu SD, Wu AH, Li CH, et al. Screening of intestinal carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* for hospitalized patients of high-risk department and risk factors for positive testing[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2023, 33(4): 517–521.
- [13] Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: M100 30th edition[S]. Malvern, PA, USA: CLSI, 2023.
- [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)[2024–02–10]. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241550178>.
- [15] 吴义娟, 李庆淑, 秦贤, 等. 耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌主动筛查的研究进展[J]. *青岛大学学报(医学版)*, 2021, 57(5): 787–790.
Wu YJ, Li QS, Qin X, et al. Advances in active screening of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* bacteria[J]. *Journal of Qingdao University(Medical Sciences)*, 2021, 57(5): 787–790.
- [16] Garpvall K, Duong V, Linnros S, et al. Admission screening and cohort care decrease carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* in Vietnamese pediatric ICU's[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2021, 10(1): 128.
- [17] Kotb S, Lyman M, Ismail G, et al. Epidemiology of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in Egyptian intensive care units using national healthcare-associated infections surveillance data, 2011–2017[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2020, 9(1): 2.
- [18] 郭嘉健, 彭永正. 肠道耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌临床特征及危险因素分析[J]. *热带医学杂志*, 2023, 23(11): 1563–1567, 1596.
Guo JJ, Peng YZ. Clinical characteristics and risk factors of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*[J]. *Journal of Tropical Medicine*, 2023, 23(11): 1563–1567, 1596.
- [19] Wu WQ, Zhang YQ, Xu J, et al. Risk factors for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* colonization and the effect on clinical outcomes and prognosis in allogeneic hematopoietic stem cell transplanted patients[J]. *Infect Drug Resist*, 2023, 16: 6821–6831.
- [20] Salomão MC, Freire MP, Boszczowski I, et al. Increased risk for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* colonization in intensive care units after hospitalization in emergency department[J]. *Emerg Infect Dis*, 2020, 26(6): 1156–1163.
- [21] Chen SJ, Zhang WQ, Lin YL, et al. High prevalence of carbapenem-resistant *Enterobacteriales* colonization among intensive care unit patients in a tertiary hospital, China[J]. *Microb Drug Resist*, 2023, 29(12): 568–575.
- [22] Zimmermann P, Curtis N. The effect of antibiotics on the composition of the intestinal microbiota – a systematic review[J]. *J Infect*, 2019, 79(6): 471–489.
- [23] Ge W, Wei W, Shuang P, et al. Nasointestinal tube in mechanical ventilation patients is more advantageous[J]. *Open Med (Wars)*, 2019, 14: 426–430.
- [24] 胡桂芬, 丁光明, 刘俊, 等. 老年呼吸机相关性肺炎患者肠道菌群特征及其与疾病的相关性[J]. *中国微生态学杂志*, 2022, 34(7): 824–828.
Hu GF, Ding GM, Liu J, et al. Intestinal flora characteristics in elderly patients with ventilator-associated pneumonia and their correlation with disease[J]. *Chinese Journal of Microecology*, 2022, 34(7): 824–828.
- [25] Hammond NE, Myburgh J, Seppelt I, et al. Association between selective decontamination of the digestive tract and in-hospital mortality in intensive care unit patients receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA*, 2022, 328(19): 1922–1934.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式: 杨剑税, 闵琦芬, 龚晓文, 等. 重症监护病房患者耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌肠道定植的病原学及危险因素[J]. *中国感染控制杂志*, 2024, 23(11): 1373–1378. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246111.

Cite this article as: YANG Jian-shui, MIN Qi-fen, GONG Xiaowen, et al. Pathogenicity and risk factors for intestinal colonization of carbapenem-resistant *Enterobacteriales* in patients from intensive care unit[J]. *Chin J Infect Control*, 2024, 23(11): 1373–1378. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20246111.