

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20223066

综述·多重耐药菌专题

患者及医院环境 CRE 主动筛查及防控策略研究进展

缪兴全¹, 孟秀娟^{2,3}

(1. 国药北方医院感染控制科, 内蒙古 包头 014030; 2. 济宁医学院附属医院医院感染管理办公室, 山东 济宁 272067; 3. 中南大学湘雅医院医院感染控制中心, 湖南 长沙 410008)

[摘要] 耐碳青霉烯类肠杆菌(CRE)在医疗机构传播范围广,所致感染治疗困难、病死率高,给临床和社会带来严峻挑战。医疗机构主动筛查患者和环境的 CRE,并根据筛查结果采取相应防控策略,可以减少医疗机构 CRE 的传播。本文就 CRE 主动筛查意义、患者及医院环境筛查策略、CRE 的防控策略等方面进行综述,从而为医疗机构防控 CRE 提供理论支持依据。

[关键词] 耐碳青霉烯类肠杆菌; 主动筛查; 环境; 定植; 预防与控制

[中图分类号] R197.323.4

Research advances in active screening as well as prevention and control strategies on CRE from patients and hospital environment

MIAO Xing-quan¹, MENG Xiu-juan^{2,3} (1. Department of Infection Control, Sinopharm Northern Hospital, Baotou 014030, China; 2. Department of Healthcare-associated Infection Management, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272067, China; 3. Center for Healthcare-associated Infection Control, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

[Abstract] Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) spreads widely in medical institutions. CRE infection is difficult to cure with high mortality, thus brings severe challenges to the clinic and society. Active screening on CRE from patients and environment as well as taking corresponding prevention and control strategies in medical institutions according to the screening results can reduce the spread of CRE in medical institutions. This article reviews the significance of active screening on CRE, the screening strategies for patients and hospital environment, as well as the prevention and control strategies for CRE, so as to provide theoretical support for the prevention and control of CRE in medical institutions.

[Key words] carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*; active screening; environment; colonization; prevention and control

耐碳青霉烯类肠杆菌(carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, CRE)是指对任何碳青霉烯类抗生素耐药或中介(对多利培南、美罗培南或亚胺培南的最低抑菌浓度 $\geq 4 \mu\text{g/mL}$,或对厄他培南 $\geq 2 \mu\text{g/mL}$)的肠杆菌目细菌,或检测为产碳青霉烯酶的肠杆菌目细菌^[1]。临床最常见的 CRE 主要为耐

碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*, CRKP),其次为耐碳青霉烯类大肠埃希菌,其他耐碳青霉烯类菌株则不常见;常见感染为肺部感染、血流感染及泌尿道感染。CRE 可通过质粒水平转移导致世界范围内广泛传播,感染后病死率高、经济负担重,同时其感染后可供选择

[收稿日期] 2022-06-24

[基金项目] 国家老年疾病临床医学研究中心临床研究基金康复医学专项(2021KFJJ05);国家重点研发计划(2022YFC2009801)

[作者简介] 缪兴全(1975-),男(汉族),内蒙古赤峰市人,副主任医师,主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 孟秀娟 E-mail: mxj0324@csu.edu.cn

的抗菌药物有限,被世界卫生组织(World Health Organization,WHO)列为全球耐药的紧急威胁。主动筛查患者及周围环境的 CRE,可早期发现 CRE 定植或感染,然后针对其采取积极有效的防控策略预防医院内传播,对 CRE 防控显得尤其重要。本文主要对患者及环境 CRE 主动筛查的意义、筛查策略及防控策略进行综述。

1 CRE 主动筛查

1.1 CRE 流行现状

CRE 在世界范围内播散流行,越来越多的患者健康受到威胁^[2]。研究^[3]发现,每 10 000 例住院患者中有 1.3 例患者临床标本检出 CRE,且产碳青霉烯酶肺炎克雷伯菌与产碳青霉烯酶大肠埃希菌的比例为 11:1,肺炎克雷伯菌产碳青霉烯酶的比例较高,对碳青霉烯类抗生素表现出较高的耐药性。2019 年美国疾病控制与预防中心(CDC)发布数据显示,2017 年美国约有 13 100 例住院患者感染 CRE,其中死亡 1 100 例,对比 2013 年呈平稳态势^[4]。欧盟/欧洲经济区人口加权平均数的碳青霉烯类抗生素耐药率从 2012 年的 6.2% 增加到 2015 年的 8.1%,呈明显增长趋势^[5]。2020 年欧洲疾病控制与预防中心(ECDC)和 WHO 的数据报告,大约 30%(12/41) 欧盟国家肺炎克雷伯菌对碳青霉烯类抗生素耐药率 $\geq 25\%$ ^[6]。全国细菌耐药监测网报告显示,中国 CRKP 检出率从 2014 年的 6.4% 增长至 2019 年 10.9%^[7],2020 年 CRKP 检出率与 2019 年持平,但河南省及上海市 CRKP 检出率分别高达 30.2%、27.4%^[8]。2004 年相关报告^[9]显示,北京、广东、湖北、辽宁四地 1999—2002 年肺炎克雷伯菌对亚胺培南的年度耐药率波动在 0~2.6%,且多数低于 1%。

1.2 主动筛查 CRE 的意义

1.2.1 患者主动筛查 CRE 的意义

CRE 感染导致患者病死率增高、经济负担加重。但是 CRE 传播具有极高的隐蔽性,实验室报告阳性病例数相对于无症状感染者或定植人群只是“冰山一角”,大约每 100 例定植者中只有 1 例可以作为感染病例被发现^[10];定植患者可以发展成为临床感染病例^[11-13]。CRE 主要定植在下消化道、口咽、皮肤和泌尿道,监测可控制其感染暴发流行。主动进行 CRE 筛查可实现早发现、早干预,采取严格执行手卫生、接触隔离、清洁消毒及合理使用抗菌药物等综合措施,有效减少传播,从而降低 CRE 感染发病率和病死率^[14-17]。同时,CRE 主

动筛查可为临床抗感染治疗提供支持依据^[14],为医院感染流行病学调查提供重要的实验室依据^[18]。然而,CRE 主动筛查受到一定限制,增加了患者和社会经济负担,尤其是在相对落后地区^[19]。但目前更多的国家或组织都推荐积极的筛查策略。

1.2.2 环境主动筛查 CRE 的意义

既往有研究^[20]针对同一地区 11 所医疗机构的水槽主动筛查 CRE,并结合 CRE 阳性临床标本进行研究分析,结果发现:(1)CRE 在 1 所医疗机构感染暴发并证实水槽被 CRE 污染;(2)CRE 菌株在当地不同医院的患者、水槽及患者与水槽间传播。环境的主动 CRE 筛查不但可发现 CRE 的流行,还可以通过对阳性患者床单元的检测,发现容易被污染的区域^[18]。医院环境可以作为 CRE 的贮存库和传播途径,包括设计不当的废水管道、洗手盆和水槽^[21]。既往在医疗机构未处理废水^[22]或者接收处理不规范的废水排放水体中^[23]均分离出 CRE 菌株。因此,需要采取有效的防控措施,合理进行污水处理和环境消毒^[21]。环境 CRE 主动筛查并实施综合防控措施,可以有效减少 CRE 在病区环境和物体表面定植,减少传播^[16]。

1.3 患者主动筛查 CRE 的策略

1.3.1 患者主动筛查 CRE 的对象

患者主动筛查 CRE 的对象包括所有预先指定的高风险入院患者:(1)过去 12 个月内已知 CRE 感染(或携带)史,或与已知的 CRE 携带者有流行病学联系(如与阳性患者同一病房或家庭)^[24-26];(2)12 个月内在其他医疗机构居住过过夜史^[25,27],或前 6~12 个月内有境外或境内 CRE 流行地区住院史^[26-27];(3)从监狱或其他医疗机构转院而来或医疗机构内部转病区^[26],或来自 CRE 流行地区且过去 12 个月内在家或者医疗机构接受医疗护理,如血液或腹膜透析、肿瘤化学治疗、侵入性操作等^[25];(4)即将入住接受高危治疗的患者病区[如重症监护病房(ICU)]^[24-25,28],或者长期医疗护理、康复、养老等机构^[25-26];(5)如果当地的 CRE 流行率较高或者暴发期间,所有待入院人员都可视为高风险人群,需进行 CRE 主动筛查^[27]。目前,不建议根据职业对需要住院的医务人员进行筛查,而是需要明确是否符合前述 5 项条件以确定是否对其进行主动筛查^[25]。当预判为高危患者且入院 CRE 筛查阳性,需要单间隔离并对患者及环境采取接触隔离预防措施,直到培养结果为阴性且无其他需要采取接触隔离的条件才可终止^[24-25]。

1.3.2 患者主动筛查 CRE 的方式

对高危群体主动筛查的方式包括粪便培养、直肠拭子或肛周拭子

培养^[24-27],还可选择可能定植的活动性感染部位采样,如气管插管的呼吸道引流物或痰^[25],也可对皮肤伤口分泌物^[25,27]或尿(如果有导尿管)进行采样并培养^[27]。主动筛查方式按准确度降序排列是粪便、直肠拭子、肛周拭子培养,特殊情况下如中性粒细胞减少症患者,为避免机会感染,推荐采用肛周拭子^[24];尽管直肠拭子需要考虑尊重患者的隐私^[24],但较粪便更易获得,且敏感性良好,因此推荐直肠拭子培养作为首选筛查方式^[25];≥2个采样部位或可提高 CRE 检出率^[24,29]。使用检测艰难梭菌的粪便标本主动筛查 CRE 是一种低成本策略,或可进行更多的研究进行验证^[30]。

1.3.3 患者主动筛查 CRE 的时机 由于社区 CRE 感染/定植并不罕见^[31],预评估为高风险者应在入院或者风险暴露后尽快进行筛查^[24],也可采取入院初次筛查加 1 次/周^[27]或者 1~2 次/周^[24]的定期筛查方式,或者入院 24 h 内和入院 7 d 后进行筛查^[32],还可以在入院时、入院后 48 h 及每周 1 次进行筛查^[33],血液肿瘤患者可以采取入院时加每周 1 次并持续监测 4 周的筛查方式^[29],增加筛查频率可明显提高 CRE 筛查阳性率^[14],但无疑会增加医疗成本。在某医疗机构或其所在地区其他医疗机构的临床标本培养出 CRE 时,应考虑进行积极监测,如定期进行患病率调查,按每 3 例住院患者 1~2 周抽样 1 次的方式,调查包括老年病科、ICU 和急诊科在内的住院患者^[10]。

1.4 环境主动筛查 CRE 的策略

1.4.1 环境主动筛查 CRE 的范围 CRE 主动筛查的环境范围^[29]应包括:CRE 定植或感染患者所居住环境,以及参与医疗工作的医护人员所接触的周围环境,或 CRE 高流行区域(近期住院患者中 CRE 检出率>20%)的周围环境。医务工作者手及其经常接触的医疗设备或物品,甚至患者居住病室卫生间内的相关物品^[24]。ICU 作为 CRE 定植的高危区域,其病房洗手池的水龙头、水槽内外表面、溢流管、排水管和排水管下方 3~5 cm 处的排水孔均是 CRE 定植区域,可作为筛查的重要部位^[20];CRE 定植/感染患者居住病床的床栏杆、床头柜、床单、输液管、便盆、小便器,以及电脑鼠标、键盘等医务人员高频使用物品也都是需要筛查的重点位置。

1.4.2 环境主动筛查 CRE 的方式 环境筛查区域内的重点目标物品,包括床栏、床旁桌、床单、水槽等表面采样方法为:(1)采用浸有无菌生理盐水的灭菌棉拭子涂抹采样,或倒置培养基接触采样^[18];(2)采

用胰蛋白酶大豆肉汤(TSB)润湿的无菌人造丝棉签采样^[20],并完成肉汤浓缩试验等^[20,28]程序,对培养菌株进行 CRE 初筛和鉴定^[20,33]。研究^[27]显示,无论来源于患者或者环境的 CRE 筛查标本,基于培养的检测方法敏感度低,操作繁琐且耗时长(全程需要 4 d),但试剂成本较低;琼脂显色技术由于省略了肉汤浓缩的步骤,仅需要 24~48 h 即可出结果;分子分析技术不需要培养,可快速、高敏感度的获得结果,但价格昂贵。因此,需综合地区或医疗机构 CRE 的流行特点,以及医疗技术的发展水平选择较恰当的检测方法。

1.4.3 环境 CRE 主动筛查的时机 对于高风险科室,如 ICU、移植病房、烧伤病房、血液病房等,一旦出现 CRE 感染暴发(短时间内检出 3 例及 3 例以上感染病例),需紧急对病房环境进行 CRE 主动筛查。针对重点患者,如重度免疫抑制患者、重症患者和接受重大手术患者,一旦发生 CRE 感染将带来致命危险,对这些患者居住环境应进行 CRE 主动筛查,1 次/2 周。评估患者周围环境污染状况,制定 CRE 隔离消毒具体方案,将有助于减少 CRE 感染的发生。环境主动筛查 CRE 的时机选择仍需进一步研究分析。

2 CRE 防控策略

针对 CRE 筛查结果阳性的患者或环境,可基于两个方面和三个环节执行的防控策略^[34]:两个方面是指通过合理使用和管理抗菌药物,减少和延缓耐药菌的产生,通过加强医院感染管理阻止耐药菌的传播。三个环节是基于感染链的不同环节采取相应措施,主要针对外源性感染而言,即隔离、治疗感染者和定植者,消除或限制感染来源;切断传播途径,阻断感染在人与人之间传播;保护 CRE 易感染者。

2.1 医疗机构 CRE 防控策略 针对 CRE 阳性患者及环境执行多模式预防与控制(infection prevention and control, IPC)策略^[24],至少包括手卫生、监测、隔离、环境清洁消毒,还包括 IPC 的重要组成部分^[24-25,27-28]:优质的微生物实验室(应在 4~6 h 通知临床医生和感染防控人员)、教育培训以及监测、监督、反馈,最低限度的应用侵袭性器械和规范的抗菌药物管理等。尽管 WHO 认为多模式的 IPC 策略现有证据有限,但仍然强烈推荐其作为最有效、最核心的防控措施,为所有类型医疗机构都应该执行的策略。

2.1.1 确保手卫生设施充裕合理,监测手卫生依从性并反馈,促进手卫生合规性 医护人员的手是多重耐药菌(MDRO)接触传播最重要的途径,手卫生的重要性已获得医务工作者及医院感染管理部门的公认。WHO 专家认为良好的手卫生是所有 IPC 策略的基础。大量研究^[14,16,24-26]证实,加强手卫生可以减少医疗机构相关感染(HAI)的发生,如耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)的传播。尽管如此,手卫生依从性在医疗机构中仍不尽人意,提高医务工作者的手卫生依从性是 CRE 防控策略中关键的因素。

2.1.2 接触隔离^[24-27,35-37] 在标准预防的基础上实行接触隔离,具体措施包括正确应用手套、隔离衣等防护用品,专人专用或者使用一次性医疗器械,加强病房环境的清洁与消毒,减少患者的转运。条件允许时尽可能单间隔离(带独立的卫生间),否则集中隔离^[14,24-25],条件允许时配置专门的医生和护士可达到更好的隔离效果^[24-26],隔离病室有醒目的蓝色接触隔离标识^[14,37],以及开具接触隔离医嘱^[14,16]。而患者隔离措施将始终适用于 CRE 感染的暴发干预^[24]。解除隔离的条件^[29]:对于 CRE 定植者,原则上应隔离到至少连续 2 次(间隔 1 周)主动筛查为阴性;对 CRE 感染者,原则上应隔离至感染症状好转或治愈,且标本培养连续 2 次(间隔 1 周)CRE 阴性。

2.1.3 加强环境清洁与消毒^[16,24-25,35] 包括所有与患者接触或直接身体接触的无生命表面,清洁单元、清洁表面和高频接触表面^[35,38],如床栏杆、床头柜、床单、输液管、便盆、小便器、显示器、键盘和按钮、门把手、水龙头;卫生间及相关物品也可能受到污染^[24-25,35]。为保证环境的清洁,应禁止将洗手池用于洗手以外的活动,如患者会阴护理或患者洗澡、处理体液或药物残留物,以及洁具的清洗,并保证定期消毒洗手池^[20]。患者转出后及时终末消毒^[14]。

2.1.4 患者监测 患者监测的内容主要包括根据临床症状、体征和实验室结果等识别潜在的 CRE 菌株,实验室对肠杆菌分离株常规进行碳青霉烯类耐药性检测^[24];对 MDRO 感染者和高危患者进行主动筛查^[35]。

2.1.5 环境监测 与 CRE 患者监测作为强烈推荐不同,环境监测被推荐为有条件的环境监测培养,其作为 IPC 多模式的有效性因流行病学背景而异,更多的时候是为实现环境的最佳清洁提供信息^[24]。

2.1.6 反馈与处理 定期对多模式 IPC 策略执行情况

和决策者^[16,24,35]。

2.1.7 洗必泰擦浴 每天以 2%洗必泰洗浴或者 2%洗必泰湿巾擦浴高危人群,洗必泰通常不用于下颌线以上或开放性伤口^[27]。

2.1.8 使用抗菌药物 正确、合理地实施个体化抗菌药物给药方案,以减少和延缓耐药菌的产生^[16,25,34-35]。

2.1.9 管理患者的粪便和医疗废物^[24] 患者的粪便如直接进入专用的卫生间,可直接排入医院的化粪池,如使用便盆或者小便器,则需要对其清洁消毒(如使用含有效氯 1 000 mg/L 消毒剂浸泡);医疗废物应使用双层医疗废物包装袋盛装^[39],隔离病房的生活垃圾也视作医疗废物处理^[37]。

2.1.10 医护人员的配置与教育 配备足够的医护人员^[21],并对所有与患者接触的医护人员进行 CRE 防控专门教育^[16,24-27,35]。

2.1.11 转运与交接 除医疗机构间转移 CRE 定植或感染的患者时必须将患者的 CRE 状态通知接收机构^[27,40]外,还要保证患者与病房医生、微生物实验室工作人员与病房医生、患者转科时交接医生之间 CRE 阳性情况的及时沟通与交接^[25]。

2.1.12 去定植 CRE 定植患者一旦感染 CRE 将带来致命危险,可酌情考虑口服庆大霉素^[14]或者庆大霉素+多粘菌素^[29]去定植。

2.2 社区 CRE 防控策略 人类在医疗、动物饲养、农业种植活动中大量应用抗菌药物。已有研究^[31]证明对社区居民 CRE 监测的必要性,但是关注度还有待提高。CRE 菌株在世界范围内的社区和医疗机构都可传播。从环境、食品和动物来源中越来越多地检测到耐碳青霉烯类或产碳青霉烯酶的细菌,包括猪、家禽、牛、海鲜、狗、猫、马、宠物鸟、燕子、野猪、野生鹤、海鸥和黑鸢^[21],医疗机构废水对水体环境的污染,较多 CRE 感染病例报道与其在国外无医疗护理活动的国际旅行相关^[41-42]。提示 CRE 防控工作不应仅仅在医疗机构内部或医务工作者参与,应该有世界各个国家的医疗卫生、环境保护、食品安全、农业生产、动物饲养、社区服务等方面的部门管理人员和专家给予更多的关注,对未知的领域进行更深入、更广泛研究,针对传播链条进行防控干预。中国针对医疗机构以外的养老、康复、护理机构内 CRE 防控的关注度还有待提高。

3 小结与展望

CRE 的危害已得到世界广泛关注,针对其传播

的预防与控制措施的研究也越来越多,指导方案也越来越具体,对医疗机构 CRE 主动筛查的研究虽然很多,但尚未检索到国家或地区的组织给出在医疗机构或者社区 CRE 主动筛查的操作细则,可能原因是因为 CRE 感染通常是医院获得性感染,但也有极少数病例发生于社区。但是国内甚至还罕有养老、康复机构 CRE 监测的研究报道或者技术要求,而社区及养老、康复机构在 CRE 传播链条上的作用却是不容忽视的,这些都是当前 CRE 防控紧迫的问题,需要进行更多的研究进行探索。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 中国碳青霉烯耐药肠杆菌科细菌感染诊治与防控专家共识编写组,中国医药教育协会感染疾病专业委员会,中华医学会细菌感染与耐药防控专业委员会. 中国碳青霉烯耐药肠杆菌科细菌感染诊治与防控专家共识[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(36): 2850-2860.
Consensus Group of Experts on Diagnosis, Treatment and Control of Carbapenem Resistant *Enterobacteriaceae*, Professional Committee of Infection Diseases of China Medical Education Association, Professional Committee of Bacterial Infection and Drug Resistance Prevention and Control of Chinese Medical Association. Expert consensus on diagnosis, treatment and control of carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* in China [J]. National Medical Journal of China, 2021, 101(36): 2850-2860.
- [2] Logan LK, Weinstein RA. The epidemiology of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: the impact and evolution of a global menace[J]. J Infect Dis, 2017, 215(Suppl 1): S28-S36.
- [3] Grundmann H, Glasner C, Albigier B, et al. Occurrence of carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* and *Escherichia coli* in the European survey of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* (EuSCAPE): a prospective, multinational study[J]. Lancet Infect Dis, 2017, 17(2): 153-163.
- [4] Centers for Disease Control and Prevention. 2019 AR threats report[EB/OL]. (2021-11-23)[2022-06-22]. <https://www.cdc.gov/drugresistance/Biggest-Threats.html>.
- [5] European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2015[EB/OL]. [2022-06-22]. <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/antimicrobial-resistance-europe-2015.pdf>.
- [6] World Health Organization. Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2022 - 2020 data[EB/OL]. (2022-01-26)[2022-06-22]. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/351141>.
- [7] 全国细菌耐药监测网. 全国细菌耐药监测网 2014—2019 年耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌流行病学变迁[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(2): 175-179.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. Epidemiological change in carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*: surveillance report from China Antimicrobial Resistance Surveillance in 2014-2019[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(2): 175-179.
- [8] 全国细菌耐药监测网. 2020 年全国细菌耐药监测报告(简年版)[EB/OL]. (2021-11-17)[2022-06-22]. <http://www.carss.cn/Report/Details/808>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. 2020 China antimicrobial resistance surveillance report (brief version). [EB/OL]. (2021-11-17)[2022-06-22]. <http://www.carss.cn/Report/Details/808>.
- [9] 马越, 李景云, 张新妹, 等. 1999~2002 年北京、广东、湖北和辽宁地区大肠埃希氏菌及肺炎克雷伯氏菌临床分离株耐药性比较分析[J]. 中国抗生素杂志, 2004, 29(4): 226-234.
Ma Y, Li JY, Zhang XM, et al. Study on antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolates collected from hospitals in Beijing, Guangdong, Hubei and Liaoning Regions from the year 1999 to 2002 [J]. Chinese Journal of Antibiotics, 2004, 29(4): 226-234.
- [10] Parker VA, Logan CK, Currie B. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) control and prevention toolkit [EB/OL]. [2022-06-22]. <https://www.ahrq.gov/hai/patient-safety-resources/cre-toolkit/index.html>.
- [11] Dickstein Y, Edelman R, Dror T, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* colonization and infection in critically ill patients: a retrospective matched cohort comparison with non-carriers[J]. J Hosp Infect, 2016, 94(1): 54-59.
- [12] 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.
- [13] Ramanathan YV, Venkatasubramanian R, Nambi PS, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* screening: a core infection control measure for critical care unit in India? [J]. Indian J Med Microbiol, 2018, 36(4): 572-576.
- [14] 黄细莲, 吴盛海, 施鹏飞, 等. 血液科患者肠道碳青霉烯类耐药的肠杆菌科细菌主动筛查及其效果评价[J]. 中华血液学杂志, 2020, 41(11): 932-936.
Huang XL, Wu SH, Shi PF, et al. Active screening of intestinal carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in high-risk patients admitted to the hematology wards and its effect evaluation [J]. Chinese Journal of Hematology, 2020, 41(11): 932-936.
- [15] 殷丽军, 缪瑾, 杨书青, 等. 儿童医院重点部门耐碳青霉烯类革兰阴性杆菌主动筛查结合集中安置干预效果评价[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(5): 443-448.

- Yin LJ, Miao J, Yang WJ, et al. Efficacy of active screening on carbapenem-resistant Gram-negative bacillus combined with centralized resettlement intervention in key departments of a pediatric hospital[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(5): 443 - 448.
- [16] 周仕丹, 刘春来, 李妍, 等. 综合干预措施防控急诊重症病区耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌的效果研究[J]. 中国医院用药评价与分析, 2021, 21(7): 886 - 889.
- Zhou SD, Liu CL, Li Y, et al. Effects of comprehensive intervention measures on prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in emergency intensive care unit[J]. Evaluation and Analysis of Drug-Use in Hospitals of China, 2021, 21(7): 886 - 889.
- [17] Li S, Guo FZ, Zhao XJ, et al. Impact of individualized active surveillance of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* on the infection rate in intensive care units: a 3-year retrospective study in a teaching hospital of People's Republic of China[J]. Infect Drug Resist, 2019, 12: 1407 - 1414.
- [18] 隋文君, 王海立, 王玫, 等. 呼吸重症监护病房和外科重症监护病房目标病原菌主动筛查和环境监测研究[J]. 中华检验医学杂志, 2013, 36(12): 1137 - 1139.
- Sui WJ, Wang HL, Wang M, et al. Active screening and environmental monitoring of target pathogens in respiratory intensive care unit and surgical intensive care unit[J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2013, 36(12): 1137 - 1139.
- [19] Zaidah AR, Mohammad NI, Suraiya S, et al. High burden of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) fecal carriage at a teaching hospital: cost-effectiveness of screening in low-resource setting[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2017, 6: 42.
- [20] Qiao F, Wei L, Feng Y, et al. Handwashing sink contamination and carbapenem-resistant *Klebsiella* infection in the intensive care unit: a prospective multicenter study[J]. Clin Infect Dis, 2020, 71(Suppl 4): S379 - S385.
- [21] European Centre for Disease Prevention and Control. Carbapenem resistant *Enterobacteriaceae*-second update [EB/OL]. (2019 - 09 - 27) [2022 - 06 - 22]. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/carbapenem-resistant-Enterobacteriaceae-second-update>.
- [22] Haller L, Chen HJ, Ng C, et al. Occurrence and characteristics of extended-spectrum β -lactamase- and carbapenemase-producing bacteria from hospital effluents in Singapore[J]. Sci Total Environ, 2018, 615: 1119 - 1125.
- [23] Kalasseril SG, Krishnan R, Vattiringal RK, et al. Detection of New Delhi metallo- β -lactamase 1 and cephalosporin resistance genes among carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in water bodies adjacent to hospitals in India[J]. Curr Microbiol, 2020, 77(10): 2886 - 2895.
- [24] World Health Organization. Guidelines for the prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* in health care facilities[EB/OL]. [2022 - 06 - 22]. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259462/9789241550178-eng.pdf>.
- [25] 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.
- [26] Richter SS, Marchaim D. Screening for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: who, when, and how? [J]. Virulence, 2017, 8(4): 417 - 426.
- [27] Centers for Disease Control and Prevention. Facility guidance for control of carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* (CRE)—November 2015 update [EB/OL]. [2022 - 06 - 22]. <https://www.cdc.gov/hai/pdfs/cre/CRE-guidance-508.pdf>.
- [28] Viale P, Tumietto F, Giannella M, et al. Impact of a hospital-wide multifaceted programme for reducing carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections in a large teaching hospital in northern Italy[J]. Clin Microbiol Infect, 2015, 21(3): 242 - 247.
- [29] 中华医学会血液学分会, 中国医师协会血液科医师分会. 血液肿瘤患者碳青霉烯类耐药的肠杆菌科细菌(CRE)感染的诊治与防控中国专家共识(2020年版)[J]. 中华血液学杂志, 2020, 41(11): 881 - 889.
- Hematology Branch of Chinese Medical Association, Hematology Branch of Chinese Physicians Association. Management of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) infection in patients with hematological malignancies; Chinese consensus (2020)[J]. Chinese Journal of Hematology, 2020, 41(11): 881 - 889.
- [30] Banach DB, Francois J, Blash S, et al. Active surveillance for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* using stool specimens submitted for testing for *Clostridium difficile* [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2014, 35(1): 82 - 84.
- [31] Hu HB, Mao JC, Chen YY, et al. Clinical and microbiological characteristics of community-onset carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* isolates[J]. Infect Drug Resist, 2020, 13: 3131 - 3143.
- [32] Zaha DC, Kiss R, Hegedüs C, et al. Recent advances in investigation, prevention, and management of healthcare-associated infections (HAIs): resistant multidrug strain colonization and its risk factors in an intensive care unit of a university hospital [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 2510875.
- [33] Al Fadhli AH, Jamal WY, Rotimi VO. Prevalence of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* and emergence of high rectal colonization rates of blaOXA-181-positive isolates in patients admitted to two major hospital intensive care units in Kuwait [J]. PLoS One, 2020, 15(11): e0241971.
- [34] 孟秀娟, 吴安华. 如何应对多重耐药菌医院感染的严峻挑战[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(3): 185 - 192.
- Meng XJ, Wu AH. How to deal with severe challenge of healthcare-associated infection due to multidrug-resistant or-

ganisms[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18 (3): 185 - 192.

- [35] 中华人民共和国卫生部医政司. 卫生部办公厅关于印发《多重耐药菌医院感染预防与控制技术指南(试行)》的通知: 卫办医政发〔2011〕5 号[EB/OL]. (2011 - 01 - 26)[2022 - 06 - 22]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=50487>.

Medical Department of the Ministry of National Health Commission of the People's Republic of China. Notice of the general office of the ministry of health on printing and distributing the technical guidelines for the prevention and control of nosocomial infection of multidrug resistant bacteria (trial): [2011] No. 5[EB/OL]. (2011 - 01 - 26)[2022 - 06 - 22]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xxgk/getManuscriptXxgk.htm?id=50487>.

- [36] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 医务人员手卫生规范: WS/T 313—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

National Health Commission of the People's Republic of China. Specification of hand hygiene for healthcare workers; WS/T 313 - 2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.

- [37] 中华人民共和国卫生部. 医院隔离技术规范: WS/T 311—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

Ministry of Health of the People's Republic of China. Technique standard for isolation in hospitals; WS/T 311 - 2009 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.

- [38] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范: WS/T 512—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Regulation for cleaning and disinfection management of environmental surface in healthcare; WS/T 512 - 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

- [39] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 关于印发

医疗废物分类目录(2021 年版)的通知: 国卫医函〔2021〕238 号[EB/OL]. (2021 - 12 - 01)[2022 - 06 - 22]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7659/202111/a41b01037b1245d8bacf9acf2cd01c13.shtml>.

Medical Administration of the National Health Commission of the People's Republic of China. Notice on printing and distributing the classified catalogue of medical wastes (2021 edition): GWYH [2021] No. 238[EB/OL]. (2021 - 12 - 01)[2022 - 06 - 22]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7659/202111/a41b01037b1245d8bacf9acf2cd01c13.shtml>.

- [40] Shimasaki T, Segreti J, Tomich A, et al. Active screening and interfacility communication of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) in a tertiary-care hospital[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018, 39(9): 1058 - 1062.

- [41] Hawkey PM. Multidrug-resistant Gram-negative bacteria: a product of globalization[J]. J Hosp Infect, 2015, 89(4): 241 - 247.

- [42] Mellon G, Turbett SE, Worby C, et al. Acquisition of antibiotic-resistant bacteria by U. S. international travelers[J]. N Engl J Med, 2020, 382(14): 1372 - 1374.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式: 缪兴全, 孟秀娟. 患者及医院环境 CRE 主动筛查及防控策略研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(12): 1257 - 1263. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20223066.

Cite this article as: MIAO Xing-quan, MENG Xiu-juan. Research advances in active screening as well as prevention and control strategies on CRE from patients and hospital environment[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(12): 1257 - 1263. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20223066.