

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20262628

· 综述 ·

ICU 多重耐药菌感染危险因素及防控现状的研究进展

姚程洪¹, 李淑华², 张小亮², 张浩军²

(1. 甘肃中医药大学公共卫生学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 西北民族大学附属医院/甘肃省第二人民医院公共卫生与医院感染管理科, 甘肃 兰州 730000)

[摘要] 重症监护病房(ICU)患者因免疫功能受损且长期处于高感染风险环境,其多重耐药菌(MDRO)感染现患率显著高于其他科室。MDRO 感染可延长住院时间,降低抗菌疗效,增加医疗成本及病死率,威胁医疗质量与患者安全,还带来多维度经济损失,影响医院运营效益。MDRO 感染危险因素包括患者相关因素与医疗相关因素。2024 年中国细菌耐药监测结果显示,ICU 中 MDRO 以革兰阴性菌为主,常见菌种对常用抗菌药物耐药率超过 50%,检出率持续高位且耐药谱不断演变,防控形势严峻。当前亟需构建多维防控体系,包括通过目视化标识管理、三磷酸腺苷(ATP)生物荧光检测、无水护理方案等强化防控,并借助个案追踪法、多学科协作提升效能。核心策略聚焦抗菌药物分级管理、非抗菌药物疗法开发等,并在此基础上推进精准防控,规范临床用药,提升公众认知,从而有效降低 MDRO 感染风险。本文系统综述了 ICU 中 MDRO 感染的危险因素及防控策略研究进展,建议加强对 MDRO 感染带来的沉重经济负担的预防与控制,规范抗菌药物使用,并提升公众对感染风险的认知。

[关键词] 重症监护病房; 多重耐药菌; 危险因素; 防控策略

[中图分类号] R181.3⁺2

Research progress on risk factors as well as prevention and control of multidrug-resistant organism infection in intensive care unit

YAO Chenghong¹, LI Shuhua², ZHANG Xiaoliang², ZHANG Haojun² (1. School of Public Health, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Department of Public Health and Healthcare-associated Infection Management, The Affiliated Hospital of Northwest Minzu University/Gansu Provincial Second People's Hospital, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] Due to the impairment of immune function and long-term exposure to high-risk infection environment, patients in the intensive care unit (ICU) have a significantly higher prevalence of multidrug-resistant organism (MDRO) infection than those in other departments, MDRO can prolong hospital stay, decrease antimicrobial efficacy, increase medical cost and mortality, threaten medical quality and patient safety, cause multidimensional economic loss, and affect hospital operational efficiency. The risk factors for MDRO infection include patient-related factors and medical-related factors. The surveillance results of antimicrobial resistance in China in 2024 showed that MDRO in ICU was mainly Gram-negative bacteria, with common bacterial strains having a resistance rate of over 50% to commonly used antimicrobial agents. The detection rate remains high and the resistance spectrum continues to evolve, posing a severe situation for prevention and control. There is an urgent need to establish a multidimensional prevention and control system, including strengthening prevention and control through visual sign management, adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence detection, and anhydrous care plans. Meanwhile, case trac-

[收稿日期] 2025-06-17

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(72064002); 甘肃省卫生健康行业科技创新重大项目(GSWSZD2025-14); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(31920240079)

[作者简介] 姚程洪(2000-),男(汉族),重庆市奉节县人,硕士研究生在读,主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 张浩军 E-mail: haozi_523@163.com

king method and multidisciplinary team collaboration are utilized to enhance efficiency. The core strategy focuses on implementing graded management of antimicrobial agents and developing non-antimicrobial therapy, and based on these, promoting precise prevention and control, standardizing clinical medication, and enhancing public awareness, so as to effectively reduce the risk of MDRO infection. This paper systematically reviews the research progress on risk factors as well as prevention and control strategies for MDRO infection in ICU, and suggests strengthening prevention and control of the heavy economic burden caused by MDRO infection, standardizing antimicrobial use, and enhancing public awareness on infection risks.

[Key words] intensive care unit; multidrug-resistant organism; risk factor; prevention and control strategy

多重耐药菌 (multidrug-resistant organism, MDRO) 亦称耐多药微生物, 依据国家卫生部颁布的《多重耐药菌医院感染预防与控制技术指南试行》^[1] 中的定义, 是指对临床使用的 3 类及以上抗菌药物同时耐药的细菌。MDRO 已成为人类健康的重大威胁, 给全球公共卫生带来了严峻挑战。重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 是医院危重症患者实施特殊治疗和监护的场所, 患者普遍合并多种基础疾病, 免疫功能低下, 接受有创检查和治疗操作较多, 感染风险高于其他普通科室^[2]。因此, 明确 ICU 中 MDRO 感染的危险因素, 并强化感染防控管理策略和监测手段, 是有效降低 MDRO 感染患者病死率的一项紧迫且至关重要的任务。

1 ICU 中 MDRO 感染现状

ICU 是 MDRO 感染的高发区域。近二十年来, 全球范围内 MDRO 感染的发病率与病死率持续升高^[3]。中国作为抗菌药物使用大国, 面临的 MDRO 挑战尤为严峻。监测数据^[4-6] 表明, 综合 ICU 的 MDRO 检出率 (48.33%) 明显高于神经外科 ICU (45.42%) 和烧伤 ICU (39.56%), 而普通病房 MDRO 感染发病率仅为 ICU 的 1/10~1/5, 凸显 ICU 在 MDRO 防控中的关键地位。2024 年中国细菌耐药监测结果显示, ICU 中 MDRO 检出率及其耐药性形势严峻, 革兰阴性杆菌耐药问题突出。2021—2023 年 MDRO 总体检出率呈上升趋势, 主要耐药菌检出率分别为: 耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌 (CRAB) 72.37%~100%, 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌 (CRPA) 52.54%~78.26%、耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌 (CRE) 27.15%~37.57%, 耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 (MRSA) 50.00%~58.82%^[7-10], 提示我国临床面临的耐药菌感染压力持续增大, 耐药革兰阴性杆菌感染成为棘手难题, 并成为导致 ICU 患者死亡的原因之一。国际上, ICU 的 MDRO 感

染也广泛流行。欧洲数据^[11] 显示, 产碳青霉烯酶肠杆菌目细菌可显著提升 ICU 患者病死率; 美国约 70 万例/年医疗相关感染中, 近半数由 MDRO 引起, ICU 患者是主要高危人群^[12]。值得注意的是, CRE 及泛耐药鲍曼不动杆菌在 ICU 呈高发趋势, CRPA、CRAB 等革兰阴性菌构成 ICU MDRO 感染的主要病原谱^[13-14]。这表明, 国际范围内 ICU 的 MDRO 感染普遍存在, 且 CRE 及泛耐药鲍曼不动杆菌的高发显著增加患者死亡风险。因此, 亟需针对 ICU MDRO 感染的严峻形势采取防控措施, 这不仅直接关系到医疗质量与患者安全, 更是制定循证防控策略的临床要务。

2 ICU 中 MDRO 感染的相关危险因素

MDRO 感染危险因素主要可归纳为患者自身因素与医疗相关因素两类, 见表 1。

表 1 ICU 中 MDRO 感染危险因素分类

危险因素类别	具体因素	说明
患者自身因素	年龄 ≥ 65 岁	独立危险因素
	基础疾病	免疫功能受损, 感染风险增加
	侵入性操作史	破坏机体屏障, 增加感染风险
	住院时间 ≥ 7 d	暴露于高风险环境时间越久, 感染风险越大
医疗相关因素	抗菌药物不合理使用	选择性压力导致耐药菌株优势繁殖
	手卫生依从性不足	病原体通过手部-环境表面传播, 增加交叉感染风险
	环境表面污染	新感染患者周围环境污染率达 85%, 形成传播链

2.1 患者自身相关因素 患者感染 MDRO 的自身危险因素主要包括免疫功能低下、高龄、住院时间延长, 以及罹患慢性阻塞性肺疾病等基础疾病或接受免疫抑制治疗。这类人群因免疫受损, MDRO 感染风险显著升高。研究^[15-16] 表明, 年龄 ≥ 65 岁、低

蛋白血症 ($OR = 6.02$) 和长期卧床是患者发生 MDRO 感染的独立危险因素, 主要与患者免疫力下降相关。另外, 住院时间与 MDRO 感染存在直接关联, 住院日数 ≥ 7 d 的患者 MDRO 感染风险显著增加, ICU 患者尤为明显^[17]。气管切开及其他侵入性操作也已被明确列为 MDRO 感染的危险因素^[18]。美国一项针对肝移植患者 MDRO 定植与感染动态的研究^[19] 显示, 67% 肝移植患者术后存在 MDRO 定植, 其感染发病率显著高于非定植组, 提示定植患者的高感染发病率可能预示其再感染风险的增加。综上所述, MDRO 感染的发生与患者年龄、住院时间延长、侵入性操作、MDRO 感染史等均存在显著关联。

2.2 医疗相关因素

2.2.1 抗菌药物的不合理使用

抗菌药物不合理使用是加剧我国及全球细菌耐药性 (AMR) 的关键人为因素。不合理使用表现为选药错误、剂量不足、疗程过长等, 这些行为会施加选择性压力, 使耐药菌株占据优势。据统计, 我国抗菌药物不合理使用量占总用量一半, 不仅危害患者健康、增加经济与心理负担, 还会增加耐药菌感染风险^[20]。张娟娟^[21] 指出, 长期、频繁更换或联合用药可通过基因突变等机制增加 MDRO 感染风险, 甚至催生超级细菌。抗菌药物不合理使用既受临床用药行为影响, 也与非生物学因素如个人认知、社区实践与卫生政策密切相关。Lin 等^[22] 研究发现, 受此类因素影响, 中国大陆门诊和社区抗菌药物不当使用率居高不下; Alseheri 等^[23] 证实克林霉素等的使用与 MDRO 感染风险相关 ($OR = 4.33$); 尼泊尔药房普遍存在无指征配药, 尤其是阿奇霉素滥用, 加剧当地 AMR 负担^[24]。不合理用药模式与 MDRO 感染风险升高显著相关, 是加速细菌耐药的关键人为因素, 从微观到宏观层面加剧全球 AMR 危机, 且与临床行为、系统因素密切相关。因此, 需从用药规范、监管政策、认知提升等多层面干预, 遏制滥用及耐药性蔓延。

2.2.2 手卫生依从性不足

手卫生依从性低是 MDRO 感染暴发的关键因素。某医院 ICU 暴发 CRAB 感染时环境卫生合格率低, 相关物体表面及医务人员手均检出该菌。此类暴发多经污染环境表面, 通过医务人员手传播, 手卫生依从性不足会显著增加 ICU 等高危区域 MDRO 交叉感染风险^[25], 且在阻断接触传播路径中的效果优于单一环境清洁干预。然而, 目前医护人员对 MDRO 隔离患者的手

卫生依从率仅 66.08%, 未及时清洁会导致细菌扩散, 数学模型显示, 手卫生依从率每提高 10%, MDRO 感染发病率可下降 $> 20\%$, 反之则风险倍增, 且易与环境污染形成恶性循环^[26-27]。若不严格执行手卫生, 病原体可通过手部进一步污染床栏、设备等环境表面, 显著增加后续患者接触感染的风险。因此, 手卫生是 MDRO 防控的基石, 加强监测手卫生执行情况, 可更好地适应 ICU 中多模式的环境, 从而实现降低其 MDRO 感染发病率这一目标。

2.2.3 ICU 中环境污染

ICU 环境表面存在普遍污染, 尤其集中在床单位、门把手、医疗桌等高频接触表面。污染源包括患者分泌物、操作交叉接触及消毒不彻底等^[28]。研究^[29-30] 显示, ICU 中新发 MDRO 感染患者床单位周围物体表面污染率高达 85%, 相邻区域为 33.33%, 整体环境为 52.83%, 床栏、床边桌等高频接触表面及使用 5 周后的床旁隔帘污染均较严重, 可见 ICU 环境中 MDRO 污染广泛, 且高频接触表面及患者周边区域污染率更高。因此, 加强 ICU 床旁环境污染控制, 有助于降低医院感染风险, 阻断病原菌传播, 既保护医护人员安全, 也减轻医院经济负担。

2.2.4 ICU 中医疗器械污染

在 ICU 环境中, 机械通气时长、导管留置时间与器械污染显著相关, 感染风险随操作持续时间延长而升高。国外研究^[31-32] 证实, 医疗设备表面是医院感染的潜在重要来源, 其中导管留置时间与 MDRO 污染率正相关: ≤ 7 d 时污染率为 3.49% (1.49 例/千导管日), > 14 d 时升至 27.43% (8.99 例/千导管日), 延长留置时间更易增加 MDRO 定植风险, 提示临床应将减少不必要的导管留置时间作为感染防控的核心策略之一, 通过切断 MDRO 传播的重要途径, 降低后续发生难治性 MDRO 感染的风险。总之, 留置导尿管、中心静脉导管置管等侵入性操作是 MDRO 感染的特异性风险因素, 且操作时长与 MDRO 感染风险正相关。因此, 应严格管控器械使用时间, 以降低感染风险。

3 ICU 中 MDRO 感染的防控措施

MDRO 是 ICU 中的重要致病菌, 其防控策略主要有两方面, 一是采取行政层面的管理措施, 二是临床层面的防控措施。有效的防控策略有助于降低 MDRO 感染发病率, 提升医疗卫生质量, 并保障患者安全。见表 2。

表 2 ICU 中 MDRO 感染防控措施对比

类别	内容	实施方法	效果/证据
行政防控措施	目视化标识管理	通过颜色编码、流程图规范操作流程	MDRO 感染发病率下降
	多学科协作	多部门协同实施患者全流程追踪	MDRO 防治效率提升
	个案追踪法	以患者个体为核心,对其从入院到出院的全过程进行系统追踪	医院感染发病率下降
	抗菌药物分级管理	将抗菌药物分为非限制/限制/特殊使用级,规范其相应使用权限	延缓 MDRO 扩散,感染发病率下降
临床防控措施	无水护理方案	拆除水槽,采用湿巾、瓶装水替代自来水护理	革兰阴性菌定植率下降
	强化手卫生与医务人员培训	优化设施布局+教学培训	手卫生依从率达 80%,MRSA 感染风险显著下降
	三磷酸腺苷(ATP)生物荧光技术	检测环境表面 ATP 含量,量化清洁度	环境清洁合格率上升
	非抗菌药物的开发	非抗菌药物类抗感染制剂的研发与应用	减少耐药基因传播

3.1 行政防控措施

3.1.1 目视化标识管理 目视化标识管理以图表、颜色编码等视觉媒介展示信息,帮助医疗团队快速辨别患者,实现精准防控。其核心是“用眼睛管理”,近年来已广泛应用于医院感染管理。该方式不仅有助于提高护士感染防控知识水平,还可将目视化流程图应用于消毒供应室的工作中,有效降低 MDRO 感染发病率^[33-34]。目视化标识管理可在 MDRO 感染防控过程中发挥重要作用,未来需在标准化基础上融合数字化技术,实现动态监控,通过全流程可视化与责任落实,提升防控执行力,保障医疗安全。

3.1.2 多学科协作的多学科联合会诊(MDT)模式

MDT 通过组建感染科、药学、护理等多部门团队,明确分工并制定标准化防控流程,实现优势互补与监督,提升 MDRO 感染防治效率。实施 MDT 后,医护人员防控措施落实率从 64.9% 提升至 91.6%,环境物体表面 MDRO 检出率从 28% 降至 9%,基础措施落实率显著提高^[35]。于龙娟等^[36]研究证实,MDT 模式可降低内科 ICU 的 MDRO 感染风险,同时提升隔离措施、手卫生落实率及防控知识知晓率。日本某医院建立由感染科、ICU、微生物实验室组成的 MDT 团队,每周分析手卫生失效案例并制定改进策略,使 MDRO 暴发事件减少 50%^[37]。由此可见,MDT 模式能显著提升防控效果,降低感染与暴发风险,其通过整合多方面资源构建防控体系,提升执行力,具有显著实践价值。

3.1.3 个案追踪法 个案追踪法强调以患者个体为核心,对其从入院到出院的全过程进行系统追踪,并可评估 ICU 多部门协作能力,识别手卫生、隔离措施等薄弱环节。采用该方法追踪干预后,隔离措施执行率显著提高,医护人员手卫生执行、防控知识

掌握等合格率也显著提升,医院内 MDRO 感染发病率从 6.06% 降至 1.83%^[38-39]。因此,个案追踪法有助于发现并改进 MDRO 感染防控薄弱环节,减少医院 MDRO 感染的发生,未来应形成“监测-干预-反馈-改进”的闭环,实现 MDRO 防控的精准化和可持续性。

3.1.4 实施无水护理方案 无水护理方案通过拆除 ICU 病房内水槽,消除湿性环境中耐药菌的储存库,并采用湿巾、瓶装水等替代方式进行患者护理,可有效降低 ICU 患者 MDRO 的定植与感染风险,对长期住院患者效果尤为显著^[40]。研究^[41-42]证实,ICU 水槽与医院获得性感染相关,感染暴发后常规消毒收效有限,而无水槽设置的医院感染发病率更低;拆除水槽并实施无水护理可有效控制感染。荷兰研究^[43]亦显示,移除水槽能降低革兰阴性菌定植率及长期住院患者的定植风险。因此,推进无水护理有助于阻断耐药菌传播、减少水槽相关感染,提升 ICU 医疗环境的安全性。

3.1.5 严控抗菌药物分级管理 抗菌药物分级管理是将药物分为非限制、限制、特殊使用级三个级别,明确各级药物的使用权限和流程,以有效降低多重耐药率。研究^[44]表明,ICU 抗菌药物使用强度高达 135.1 DDDs/100(人·天),而分级管理通过限制高风险药物的使用,可降低选择性压力,从而抑制 MDRO 的演化。Saliba 等^[45]指出,在资源有限地区限制特殊级药物使用能延缓 MDRO 扩散。Du 等^[46]则强调,动态调整分级管理目录能够有效引导临床用药行为并优化用药量,体现其管理价值。因此,严格执行分级管理、规范流程、强化协作、提升用药精准性,并与其他防控措施协同实施,是 ICU MDRO 感染防控关键。未来需优化分级目录动态

调整机制,按指南推进“抗菌药物管理计划”,以强化耐药菌防控。

3.2 临床防控措施

3.2.1 ATP 生物荧光技术的应用 ATP 生物荧光技术通过检测物体表面 ATP 含量,以相对光单位(RLU)量化有机物污染程度,可快速评估环境清洁度,是 ICU 环境管理中一项高效监测手段。研究^[47-48]表明,将该技术结合电子化抗菌药物监管及每日病原菌送检监测,并通过实时反馈提升清洁效果后,MDRO 感染得到有效控制,ICU 物体表面清洁合格率从 61.2% 提升至 90.0%,CRAB、MRSA 感染发病率分别从 8.15% 降至 4.77%、3.78% 降至 1.02%,直观体现该技术对感染防控的促进作用。Chan 等^[49]研究显示,采用 ATP 生物荧光检测法进行监测可改善胸外 ICU 和内科 ICU 的清洁水平,两个 ICU 整体合格率由 43.9% 提高至 88.1%;感染发病率方面,内科 ICU、胸外 ICU 分别从 21.0% 降至 10.7%、15.6% 降至 5.6%,合并感染发病率降低 49.7%。目前,英国、美国等国已将该技术纳入医院环境卫生质量考核体系,反映出其重要的应用价值。综上所述,ATP 生物荧光技术有助于降低物体表面污染,间接减少 MDRO 感染风险,是 ICU 环境清洁管理的核心工具。

3.2.2 强化手卫生与医务人员培训 手卫生是预防医院感染最经济有效的措施。医疗机构需合理配置快速手消毒剂并优化布局,确保其便捷获取。通过张贴标识、开展多形式培训及患者参与监督等策略,可提升手卫生依从性。研究^[50]显示,当依从率超过 80% 时,MRSA 感染风险可降低 48%。目前,手卫生已成为 ICU MDRO 感染防控的基石,虽在设施优化、多模式干预等方面取得一定进展,但依从性维持与技术普及仍是挑战,未来需加强多学科协作与智能化监测。同时,加强医务人员 MDRO 感染防控培训至关重要。系统培训有助于医务人员掌握 MDRO 流行病学特征、耐药机制及防控要点,规范操作以减少交叉感染。青萌^[51]研究证实,接受培训的观察组 MDRO 感染发病率显著低于对照组。国家卫健委 2022 年明确要求,每年开展不少于 4 学时的感染控制培训,从政策层面强化了培训的必要性。综上所述,强化手卫生与培训是提升医疗机构防控能力、保障患者安全、落实国家政策的系统工程,可有效阻断 MDRO 传播。

3.2.3 非抗菌药物的研发 当前,MDRO 已成为全球公共卫生安全的重大威胁。英国主导的全球

AMR 流行病学调查^[52]显示,2019 年 AMR 直接导致 127 万例死亡,并与 495 万例死亡存在病因学关联。传统抗菌药物在应对 MDRO 感染时面临治疗失败率高,成本攀升,治疗难度加大及病死率居高不下等问题。因此,开发非抗菌药物疗法刻不容缓。噬菌体疗法已展现出显著潜力,Dedrick 等^[53]采用工程噬菌体鸡尾酒制剂成功治愈 1 例广泛耐药的分支杆菌感染患者,为临床研究提供了重要范式。此外,人工合成抗菌肽如 SAAP148 在临床前研究中表现出对多种耐药菌的强效抑制活性^[54]。这些非抗菌药物疗法不仅为 MDRO 感染提供了多元化解决方案,还有助于减轻抗菌药物选择压力,遏制耐药基因的传播。当前亟需加强基础研究与临床转化,推动其实际应用。

4 小结与展望

ICU 作为 MDRO 感染的高发区域,其防控工作已成为全球医院感染管理的核心挑战。ICU 患者普遍存在免疫功能低下、侵入性操作频繁及住院周期延长等特征,加之抗菌药物不合理使用、手卫生依从性不足以及环境病原体定植等医疗因素,共同导致 MDRO 感染现患率居高不下。针对 ICU 中 MDRO 感染高发现状,需构建多维防控体系:在行政层面,推行目视化标识管理、MDT 模式及个案追踪法,通过流程标准化与动态监测提升防控效能;在临床层面,实施抗菌药物分级管理、ATP 生物荧光技术环境监测及无水护理方案,从源头减少病原体传播。未来 MDRO 感染防控需整合技术创新与政策优化,如动态调整抗菌药物分级目录、开发智能化监测系统及推动非抗菌药物疗法的转化应用,为医疗机构实现从经验性防控向循证化管理的转型提供理论支持和实践路径,最终实现 MDRO 感染防控从被动应对向精准干预的范式转变。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 黄勋,邓子德,倪语星,等.多重耐药菌医院感染预防与控制中国专家共识[J].中国感染控制杂志,2015,14(1):1-9.
Huang X, Deng ZD, Ni YX, et al. Chinese experts' consensus on prevention and control of multidrug resistance organism healthcare-associated infection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2015, 14(1): 1-9.

- [2] 许波银, 李娟, 蔡花, 等. 综合医院 ICU 患者及环境分离多重耐药菌耐药率及同源性[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(4): 404-410.
Xu BY, Li X, Cai H, et al. Antimicrobial resistance and homology of the multidrug-resistant organisms isolated from patients and environment of the intensive care unit in a general hospital[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2023, 22(4): 404-410.
- [3] 黄祺, 田李星, 周晓英, 等. 多重耐药菌现状及临床治疗策略研究进展[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2017, 24(3): 328-332.
Huang Q, Tian LX, Zhou XY, et al. Progress of multi-drug resistant bacteria and clinical treatment strategies[J]. Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine in Intensive and Critical Care, 2017, 24(3): 328-332.
- [4] 王锦, 邵明鑫, 王虹, 等. 不同专业重症监护病房多重耐药菌医院感染特征[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(12): 1126-1132.
Wang J, Shao MX, Wang H, et al. Characteristics of multi-drug-resistant organism healthcare-associated infection in different specialized intensive care units[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(12): 1126-1132.
- [5] 施晓柳, 施金梅, 沈红五, 等. 成人 ICU 患者多重耐药菌感染预防与控制的证据总结[J]. 中华护理杂志, 2024, 59(6): 727-735.
Shi XL, Shi JM, Shen HW, et al. Summary of best evidence for prevention and control of multidrug-resistant organism infection in adult ICU[J]. Chinese Journal of Nursing, 2024, 59(6): 727-735.
- [6] 何江娟, 瞿婷婷. 重症监护病房多重耐药菌感染风险预测模型研究进展[J]. 中华临床感染病杂志, 2023, 16(5): 384-390.
He JJ, Qu TT. Research progress of risk prediction model of multidrug-resistant bacteria infection in ICU patients[J]. Chinese Journal of Clinical Infectious Diseases, 2023, 16(5): 384-390.
- [7] 全国细菌耐药监测网. 2021 年全国细菌耐药监测报告(简要版)[EB/OL]. (2023-01-10)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/862>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. China antimicrobial resistance surveillance report in 2021 (Brief version)[EB/OL]. (2023-01-10)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/862>.
- [8] 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)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/917>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. China antimicrobial resistance surveillance report in 2022 (Brief version)[EB/OL]. (2023-11-20)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/917>.
- [9] 全国细菌耐药监测网. 2023 年全国细菌耐药监测报告(简要版)[EB/OL]. (2024-11-18)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/978>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. China antimicrobial resistance surveillance report in 2023 (Brief version)[EB/OL]. (2024-11-18)[2025-05-01]. <https://carss.cn/Report/Details/978>.
- [10] 全国细菌耐药监测网. CHINET 2024 年细菌耐药监测结果[EB/OL]. (2025-03-15)[2025-05-27]. <https://www.chinets.com/Document/Index?pageIndex=0#>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. CHINET antimicrobial resistance surveillance result in 2024[EB/OL]. (2025-03-15)[2025-05-27]. <https://www.chinets.com/Document/Index?pageIndex=0#>.
- [11] Mari-Almirall M, Ferrando N, Fernández MJ, et al. Clonal spread and intra- and inter-species plasmid dissemination associated with *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing *Enterobacteriales* during a hospital outbreak in Barcelona, Spain[J]. Front Microbiol, 2021, 12: 781127.
- [12] 余跃天, 马朋林. 重症监护病房多重耐药菌防控: 指南与实践[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(25): 1945-1948.
Yu YT, Ma PL. Prevention and control of multidrug-resistant organisms: guidelines vs practice[J]. National Medical Journal of China, 2019, 99(25): 1945-1948.
- [13] Polly M, de Almeida BL, Lennon RP, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on the incidence of multidrug-resistant bacterial infections in an acute care hospital in Brazil[J]. Am J Infect Control, 2022, 50(1): 32-38.
- [14] Feretzakis G, Loupelis E, Sakagianni A, et al. A 2-year single-centre audit on antibiotic resistance of *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* strains from an intensive care unit and other wards in a general public hospital in Greece[J]. Antibiotics (Basel), 2019, 8(2): 62.
- [15] 卜春红, 段立娟, 付强, 等. ICU 老年卒中相关性肺炎患者感染病原菌分布及多重耐药菌感染危险因素[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(14): 3484-3486.
Bu CH, Duan LJ, Fu Q, et al. Distribution of pathogenic bacteria and risk factors of multi-drug resistant bacterial infection in elderly patients with stroke-associated pneumonia in ICU[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2022, 42(14): 3484-3486.
- [16] 翁绳凤, 李智勇. 老年患者多重耐药菌肺部感染危险因素[J]. 中国感染控制杂志, 2015, 14(10): 701-703, 707.
Weng SF, Li ZY. Risk factors for multidrug-resistant organism pulmonary infection in elderly patients[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2015, 14(10): 701-703, 707.
- [17] 刘靖, 赵楠, 张军, 等. 骨科住院患者感染多重耐药菌危险因素及防控对策分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(7): 825-829.
Liu J, Zhao N, Zhang J, et al. Risk factors and prevention and control strategies for hospital infection of multidrug-resistant bacteria in orthopedic inpatients[J]. Journal of Pathogen Biology, 2023, 18(7): 825-829.
- [18] 王建平, 王宏, 陈前, 等. 神经外科住院患者肺部多重耐药菌感染病原学特点及危险因素分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2024, 19(9): 1100-1103, 1108.

- Wang JP, Wang H, Chen Q, et al. Etiological characteristics and risk factors of pulmonary multidrug-resistant bacteria infection in neurosurgical inpatients[J]. *Journal of Pathogen Biology*, 2024, 19(9): 1100 - 1103, 1108.
- [19] Macesic N, Gomez-Simmonds A, Sullivan SB, et al. Genomic surveillance reveals diversity of multidrug-resistant organism colonization and infection: a prospective cohort study in liver transplant recipients[J]. *Clin Infect Dis*, 2018, 67(6): 905 - 912.
- [20] 胡冰, 陈永刚. 万古霉素临床使用患者不合理用药的相关因素分析[J]. *抗感染药学*, 2018, 15(9): 1486 - 1488.
- Hu B, Chen YG. Analysis on related factors of unreasonable medication for patients using vancomycin[J]. *Anti-Infection Pharmacy*, 2018, 15(9): 1486 - 1488.
- [21] 张娟娟. 重症监护病房重型颅脑损伤昏迷患者肺部多重耐药菌感染现状及影响因素分析[J]. *护理实践与研究*, 2021, 18(10): 1440 - 1443.
- Zhang JJ. Current status of multi-drug resistant bacteria infection in the lungs of patients undergoing severe craniocerebral injury and coma in intensive care unit and analysis of its influencing factors[J]. *Nursing Practice and Research*, 2021, 18(10): 1440 - 1443.
- [22] Lin L, Sun RY, Yao TT, et al. Factors influencing inappropriate use of antibiotics in outpatient and community settings in China: a mixed-methods systematic review[J]. *BMJ Glob Health*, 2020, 5(11): e003599.
- [23] Alsehemi AF, Alharbi EA, Alamash BB, et al. Assessment of risk factors associated with multidrug-resistant organism infections among patients admitted in a tertiary hospital - a retrospective study[J]. *Saudi Pharm J*, 2023, 31(6): 1084 - 1093.
- [24] Shrestha N, Manandhar S, Maharjan N, et al. Perspectives of pharmacy employees on an inappropriate use of antimicrobials in Kathmandu, Nepal [J]. *PLoS One*, 2023, 18(5): e0285287.
- [25] Boyce JM. Hand and environmental hygiene: respective roles for MRSA, multi-resistant Gram-negative, *Clostridioides difficile*, and *Candida* spp [J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2024, 13(1): 110.
- [26] 白雪皎, 侯铁英, 张友平, 等. 医护人员对隔离病房多重耐药菌患者实施治疗护理时手卫生依从性状况调查分析[J]. *现代临床护理*, 2010, 9(9): 1 - 3.
- Bai XJ, Hou TY, Zhang YP, et al. Investigation of the medical personnel's hand hygiene compliance when taking care of the patients infected with multidrug resistant organism in the isolation room [J]. *Modern Clinical Nursing*, 2010, 9(9): 1 - 3.
- [27] Barnes SL, Morgan DJ, Harris AD, et al. Preventing the transmission of multidrug-resistant organisms: modeling the relative importance of hand hygiene and environmental cleaning interventions[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2014, 35(9): 1156 - 1162.
- [28] 韩颖, 王艾嘉, 田磊, 等. 环境筛查系列措施对 ICU 物体表面多重耐药菌检出率的影响[J]. *中国感染控制杂志*, 2021, 20(6): 499 - 504.
- Han Y, Wang AJ, Tian L, et al. Effect of environmental screening measures on isolation rate of multidrug-resistant organisms on object surface in intensive care unit[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2021, 20(6): 499 - 504.
- [29] 冯丽萍, 杨华, 杨旭, 等. ICU 病房 MDROs 新感染患者周围环境物体表面污染情况调查及清洁消毒建议[J]. *国际医药卫生导报*, 2019, 25(12): 1892 - 1897.
- Feng LP, Yang H, Yang X, et al. Investigation on environmental object surface contaminations of a newly infected patient with multidrug-resistant organisms and suggestions of cleaning and disinfection in ICU [J]. *International Medicine and Health Guidance News*, 2019, 25(12): 1892 - 1897.
- [30] 周丹, 邱智超, 金筠菁, 等. 重症监护室高频接触物体表面医院感染预防策略研究进展[J]. *全科护理*, 2022, 20(21): 2897 - 2900.
- Zhou D, Qiu ZC, Jin YJ, et al. Research progress on nosocomial infection prevention strategies for high-frequency contact surfaces in intensive care units[J]. *Chinese General Practice Nursing*, 2022, 20(21): 2897 - 2900.
- [31] Pitiriga VC, Bakalis J, Campos E, et al. Central venous catheters versus peripherally inserted central catheters: a comparison of indwelling time resulting in colonization by multidrug-resistant pathogens[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2024, 13(1): 89.
- [32] Odeh Z, Abatli S, Qadi M. Radiology department: a potential source of multidrug-resistant microorganisms: a cross-sectional study at tertiary hospital, Palestine[J]. *Can J Infect Dis Med Microbiol*, 2023, 2023: 4441338.
- [33] 梁秀琼, 梁建红, 麦秀连, 等. 可视化标识管理在医院 ICU 多重耐药菌感染控制中的应用[J]. *当代护士(中旬刊)*, 2022, 29(11): 156 - 159.
- Liang XQ, Liang JH, Mai XL, et al. Application of visual identification management in the control of multi-drug resistant bacterial infections in hospital ICUs[J]. *Modern Nurse*, 2022, 29(11): 156 - 159.
- [34] 王少芹. 目视流程图在消毒供应室护理管理中的应用[J]. *当代护士(下旬刊)*, 2021, 28(1): 180 - 182.
- Wang SQ. Application of visual flowchart in nursing management of disinfection supply room[J]. *Today Nurse*, 2021, 28(1): 180 - 182.
- [35] 仇桑桑, 许琴芬, 黄琴红, 等. 多学科综合诊疗模式在肺移植受者多重耐药菌感染防控的应用[J]. *器官移植*, 2024, 15(3): 443 - 448.
- Qiu SS, Xu QF, Huang QH, et al. Application of multi-disciplinary team mode in prevention and control of multidrug resistant organism infection in lung transplant recipients[J]. *Organ Transplantation*, 2024, 15(3): 443 - 448.
- [36] 于龙娟, 张婷婷, 陈娟, 等. 基于多学科协作的脑血管病内科重症监护病房多重耐药菌感染预防控制管理方案的构建与应用[J]. *海军军医大学学报*, 2023, 44(12): 1412 - 1416.
- Yu LJ, Zhang TT, Chen J, et al. Construction and application

- of multi-drug resistant organism infection control management program based on multidisciplinary team in cerebrovascular intensive care unit[J]. Academic Journal of Naval Medical University, 2023, 44(12): 1412-1416.
- [37] Nakayama A, Yamaguchi I, Okamoto K, et al. Targeted infection control practices in Japanese hospitals for multidrug-resistant organisms: guidance from the public health center[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50680.
- [38] 曲丽华, 王丽娟. 感控专职小组与个案追踪法用于医院多重耐药菌防控管理的核心思路分析[J]. 中华养生保健, 2022, 40(15): 188-190.
- Qu LH, Wang LJ. Analysis of the core ideas of infection control specialized teams and case tracking methods for the prevention and control management of multi-drug resistant bacteria in hospitals[J]. Chinese Health Care, 2022, 40(15): 188-190.
- [39] 黄乐群, 陈蓉美, 美国琼. 个案追踪法用于医院多重耐药菌防控管理[J]. 护理学杂志, 2016, 31(19): 68-70.
- Huang LQ, Chen RM, Guan GQ. Application of case tracking system in multidrug resistant infection management[J]. Journal of Nursing Science, 2016, 31(19): 68-70.
- [40] Buvanewarran S, Chua MCW, Amin Z, et al. Knowledge, attitudes, practices, and perceived challenges for healthcare workers on waterless intensive care unit (ICU) care at a neonatal ICU in Singapore[J]. J Hosp Infect, 2024, 146: 44-51.
- [41] Fucini GB, Geffers C, Schwab F, et al. Sinks in patient rooms in ICUs are associated with higher rates of hospital-acquired infection: a retrospective analysis of 552 ICUs[J]. J Hosp Infect, 2023, 139: 99-105.
- [42] Diorio-Toth L, Wallace MA, Farnsworth CW, et al. Intensive care unit sinks are persistently colonized with multidrug resistant bacteria and mobilizable, resistance-conferring plasmids[J]. mSystems, 2023, 8(4): e0020623.
- [43] Hopman J, Tostmann A, Wertheim H, et al. Reduced rate of intensive care unit acquired Gram-negative bacilli after removal of sinks and introduction of 'water-free' patient care[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2017, 6: 59.
- [44] 李晋, 王婧, 侯大鹏. 实施抗菌药物管理对重症监护病房中致病菌耐药率变迁的影响[J]. 中华临床感染病杂志, 2016, 9(2): 156-160, 167.
- Li J, Wang J, Hou DP. Antimicrobial stewardship and bacterial resistance in the intensive care unit[J]. Chinese Journal of Clinical Infectious Diseases, 2016, 9(2): 156-160, 167.
- [45] Saliba R, Zahar JR, Dabar G, et al. Limiting the spread of multidrug-resistant bacteria in low-to-middle-income countries: one size does not fit all[J]. Pathogens, 2023, 12(1): 144.
- [46] Du KX, Wushouer HSEJ, Huang T, et al. The changes of different restriction level adjustments on antibiotic use in China[J]. Int J Antimicrob Agents, 2024, 63(2): 107073.
- [47] 吴晓琴, 廖书娟, 阚红侠, 等. 多重耐药菌感染信息化透明监管干预模式的效果[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(8): 704-710.
- Wu XQ, Liao SJ, Kan HX, et al. Effect of information-based transparent supervision intervention model on multidrug-resistant organism infection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(8): 704-710.
- [48] 陈惠清, 林晨曦, 周春莲. 环境卫生质量对预防 ICU 多重耐药菌医院感染作用的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2014, 31(5): 493-494, 497.
- Chen HQ, Lin CX, Zhou CL. Study on the preventive effect of environmental sanitation quality on nosocomial infection caused by multi-drug resistant bacteria in ICU[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2014, 31(5): 493-494, 497.
- [49] Chan MC, Lin TY, Chiu YH, et al. Applying ATP bioluminescence to design and evaluate a successful new intensive care unit cleaning programme[J]. J Hosp Infect, 2015, 90(4): 344-346.
- [50] 杨启文, 吴安华, 胡必杰, 等. 临床重要耐药菌感染传播防控策略专家共识[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(1): 1-14.
- Yang QW, Wu AH, Hu BJ, et al. Expert consensus on strategies for the prevention and control of spread of clinically important antimicrobial-resistant organisms [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(1): 1-14.
- [51] 青萌. 医护人员实施医院感染管理培训之后对多重耐药菌的控制效果观察[J]. 深圳中西医结合杂志, 2024, 34(4): 120-123.
- Qing M. Observation on the control effect of multi-drug resistant bacteria by medical staff after hospital infection management training [J]. Shenzhen Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2024, 34(4): 120-123.
- [52] Xiao YH, Zhang J, Zheng BW, et al. Changes in Chinese policies to promote the rational use of antibiotics[J]. PLoS Med, 2013, 10(11): e1001556.
- [53] Dedrick RM, Guerrero-Bustamante CA, Garlena RA, et al. Engineered bacteriophages for treatment of a patient with a disseminated drug-resistant *Mycobacterium abscessus*[J]. Nat Med, 2019, 25(5): 730-733.
- [54] De Brij A, Riool M, Cordfunke RA, et al. The antimicrobial peptide SAAP-148 combats drug-resistant bacteria and biofilms[J]. Sci Transl Med, 2018, 10(423): eaan4044.

(本文编辑: 翟若南)

本文引用格式: 姚程洪, 李淑华, 张小亮, 等. ICU 多重耐药菌感染危险因素及防控现状的研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2026, 25(2): 310-317. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20262628.

Cite this article as: YAO Chenghong, LI Shuhua, ZHANG Xiaoliang, et al. Research progress on risk factors as well as prevention and control of multidrug-resistant organism infection in intensive care unit[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(2): 310-317. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20262628.