

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20256469

· 综述 ·

无水护理减少重症监护病房水槽相关多重耐药菌感染的研究进展

许龙辉^{1,2}, 王仁秀¹, 丛晓², 韩孝萱², 杨国栋², 许翠萍³

(1. 山东第一医科大学第一附属医院 山东省千佛山医院护理部, 山东 济南 250014; 2. 山东中医药大学护理学院, 山东 济南 250355; 3. 山东第一医科大学第一附属医院 山东省千佛山医院院长办公室, 山东 济南 250014)

[摘要] 水槽相关多重耐药菌感染主要由多重耐药革兰阴性杆菌导致, 采用无水护理可以降低其感染发病率、定植率, 终止感染暴发和减少抗菌药物使用量。本文介绍了水槽相关多重耐药菌感染的机制、水槽设置及使用状况、相关的干预措施, 阐述了无水护理相关程序、实施效果及启示, 以期对相关研究及临床实践提供参考。

[关键词] 无水护理; 水源性感染; 水槽相关多重耐药菌感染; 重症监护病房

[中图分类号] R197.323.4

Research progress on waterless care to reduce sink-associated multidrug-resistant organism infection in intensive care unit

XU Longhui^{1,2}, WANG Renxiu¹, CONG Xiao², HAN Xiaoxuan², YANG Guodong², XU Cui ping³ (1. Department of Nursing, Shandong Provincial Qianfoshan Hospital, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University, Jinan 250014, China; 2. School of Nursing, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 3. Office of Hospital Director, Shandong Provincial Qianfoshan Hospital, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University, Jinan 250014, China)

[Abstract] Sink-associated multidrug-resistant organism (MDRO) infection is primarily caused by multidrug-resistant Gram-negative bacilli. The utilization of waterless care can reduce the incidence of such infections and colonization rate, halt outbreaks, and decrease the usage of antimicrobial agents. This paper elucidates the mechanisms of sink-associated MDRO infection, sink configurations and utilization conditions, as well as relevant intervention measures, and expounds the procedures, implementation effect, and implications of waterless care, aiming to provide reference for related research and clinical practice.

[Key words] waterless care; waterborne infection; sink-associated multidrug-resistant organism infection; intensive care unit

重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者免疫力低下且长期暴露于医院感染高发环境中, ICU往往是感染现患率最高的科室^[1-2]。据调查^[3], 我国ICU水龙头及其周边70 cm内被奥斯陆莫拉菌严重污染, 三磷酸腺苷(ATP)监测合格率为60.0%, 常规微生物监测合格率为73.3%。水槽存水弯和水龙头处耐药菌负荷较大, 除铜绿假单胞菌和耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌较多外, 还分离出嗜水气单胞菌、

食神鞘氨醇杆菌等^[4-5]。多重耐药革兰阴性菌能形成对常规消毒程序具有抗性的生物膜, 长期存活于医院管道系统中, 并以环境-患者和患者-患者途径交叉传播导致ICU水源性感染^[6-7]。研究^[8]表明, ICU水槽与医院获得性感染相关, 且无水槽感染率低于有水槽感染率。无水护理是一种针对高医疗风险环境(如ICU)设计的护理策略, 其核心理念是拆除病房内所有水槽以及药物准备区的大部分水槽, 采用不依赖自

[收稿日期] 2024-09-11

[基金项目] 山东省千佛山医院国家自然科学基金培育项目(7217041158)

[作者简介] 许龙辉(2000-), 男(汉族), 福建省福州市人, 硕士研究生在读, 主要从事护理管理、临床护理研究。

[通信作者] 许翠萍 E-mail: xucui ping775@sohu.com

来水的替代方法(如湿巾、一次性手套和瓶装水等)对患者进行护理,以此降低水槽相关多重耐药菌感染及暴发风险^[7]。鉴于无水护理在我国尚未普及,本文介绍水槽相关多重耐药菌感染、无水护理及其应用效果等,以期为我国相关研究及临床实践提供参考。

1 水槽相关多重耐药菌感染

1.1 水槽相关多重耐药菌感染机制 Julia 等^[9]建模显示,造成水槽相关多重耐药菌感染的影响因素包括:共享公共管道的相邻房间内存在病原菌阳性水槽,同一房间内患者的状态,过去 30 d 内水槽的状态,过去 14 d 内是否存在检出多重耐药菌的患者,相邻房间中是否存在检出多重耐药菌的患者,过去 7 d 内进行的干预措施。此外,排水不良、缓慢排水以及排水口直接位于水龙头下方亦是细菌污染环境危险因素^[10]。使用水槽时,细菌可能会以飞沫或气溶胶的形式传播至排水口外部,污染周围环境,导致患者发生医院感染。Pirzadian 等^[6]将荧光溶液溶解在 60 mL 自来水中模拟污水测试 P 型弯管(由 U 形弯管和向水平 90°弯曲的管道组成),将含有 3 g 荧光素粉末的荧光膏溶解在 1 mL 自来水中,涂在滤水器下方的排水口和后尾管(连接 P 型弯管和排水口的管道)以模拟细菌生物膜,其结果显示,标记排水口时具有排水塞的荧光液滴比没有排水塞的少,标记 P 型弯管和后尾管时所有水槽的排水口外部均未观察到荧光。可能因为,经常使用水槽洗手和废物处理会导致细菌在 P 型弯管中形成丰富且有弹性的生物膜,当生物膜向上延伸到达水槽滤水器时,细菌会通过排水口并随着溅射水滴进行扩散,而排水塞能够限制溅射的次数和距离,从而减少细菌扩散。

1.2 水槽设置及使用情况 乔甫^[11]对我国 11 所三级甲等医院的 9 个 ICU、7 个新生儿 ICU(NICU)的调查显示:74.68%的水槽安装在病房内,其水槽与床位比为 1:3.8,低于规范要求;82.28%的水槽用于医护人员洗手,3.16%用于患者洗手,14.56%用于其他用途(其中某医院该比率高达 56.25%);仅 75.95%的水槽纳入日常清洁范围,87.98%进行日常消毒,70.25%同时开展清洁和消毒;58.86%的水槽存在喷溅现象,水槽台面为最常见的喷溅位置(占 94.62%),平均喷溅距离为 21.05 cm;整体水槽中耐碳青霉烯类革兰阴性菌污染比率高达 27.22%,其中溢水口及残水是最严重污染位点。此外,Grabowski 等^[12]在 ICU 使用运动敏感摄像机匿

名捕捉水槽的使用情况,录制时间段为 4—5 月和当年 8 月(共 60 d),其结果显示,在 5 614 次水槽使用中,医疗护理(如清空注射器)占 37.4%,其他行为(如放置个人物品)占 29.2%,患者营养(如倒空管饲袋)占 7.2%,环境护理(如润湿或清洁抹布)占 5.0%,非医疗患者护理(如润湿或清洁患者抹布)占 4.2%,手卫生占 17.0%(洗手仅占总行为的 4.0%),其大部分水槽活动不仅与手卫生无关,还容易促进细菌形成生物膜。但是该研究并未分析艰难梭菌患者入院时水槽的使用情况,未来可对此进行补充。因此,水槽在设置、使用和管理方面存在诸多问题,可能成为医院感染的潜在隐患,亟需重视。

1.3 水槽相关多重耐药菌感染干预措施 水槽及相关设施作为医院水环境的重要组成部分,已证实其与多重耐药菌感染的传播和暴发密切相关。Kizny 等^[13]发现,水槽设施是耐碳青霉烯类细菌感染暴发的重要因素:有 17 项报告涉及排水系统,14 项报告涉及水槽表面,8 项报告涉及水龙头;涉及的水槽相关多重耐药菌主要包括耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌、耐碳青霉烯酶类产酸克雷伯菌、耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌、耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌、耐碳青霉烯类黏质沙雷菌和耐碳青霉烯类肠杆菌。Kanamori 等^[14]回顾 73 篇关于水源性感染暴发的文献后指出,水槽、排水系统和水龙头等水源性设施不仅是假单胞菌属、军团菌属和非结核分枝杆菌属的潜在贮存库,还可能成为多种真菌(如曲霉、毛霉、毛孢菌、镰刀菌等)及病毒(如诺如病毒等)的滋生地。郑鹏等^[15]总结发现,水槽相关多重耐药菌感染类型多为肺部感染及血流感染,其病原体以假单胞菌属、军团菌属、非结核分枝杆菌属(包括脓肿分枝杆菌、龟分枝杆菌、偶发分枝杆菌、海分枝杆菌、溃疡分枝杆菌等)、不动杆菌属(包括耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌、皮特不动杆菌、贝氏不动杆菌、琼氏不动杆菌等)、嗜麦芽窄食单胞菌、伊丽莎白金菌和奥斯陆莫拉菌最为常见。此外,弗氏柠檬酸杆菌^[4]、人葡萄球菌^[4]、粪肠球菌^[4]、头葡萄球菌^[4]、耐碳青霉烯酶类柠檬酸杆菌^[16]、霍尔马赫氏菌^[16]、阴沟肠杆菌^[16-17]和茆满壳金杆菌^[18]亦可能通过水槽及相关设施导致医院感染暴发或聚集。

为有效预防和遏制医院水槽相关多重耐药菌感染,目前主要采取以下 6 种干预措施:(1)去除水槽(无水护理)^[19-26]。目前已确定水槽是产碳青霉烯酶肺炎克雷伯菌的贮存库^[4,5,27],在感染暴发前拆除水槽能减少呼吸道革兰阴性杆菌的定植与传播。(2)

安装抗菌滤水器。滤水器具有 0.2 μm 的 Supor 双层膜,能在使用寿命内提供无菌水^[19, 28]。虽然抗菌滤水器外壳使用含银材料可发挥抑菌作用,但是滤水器本身并不能完全防止出水口处逆流污染,长期频繁地使用滤水器可能导致其效果不佳。(3)安装新水龙头出口(可以与供水系统分离、拆卸,并可以在台式热清洗消毒器中进行消毒处理)^[19, 29]。引入新水龙头后,可显著减少铜绿假单胞菌感染的发生,更换水龙头或许比单独安装过滤器更具有成本效益。(4)安装水槽加热振动装置及漏斗盖^[19, 30]。该干预成本高昂(高达 98 000 美元),且漏斗盖可能促进细菌生物膜的形成。(5)泡沫消毒剂(含 3.13% 过氧化氢和 0.05% 过氧乙酸)^[31-32]。可有效抑制革兰阴性菌,但持续时间较短,且在不同排水系统设计中消毒效果不尽相同,需要定期重复使用以维持消毒效果。(6)高温蒸汽消毒(170 $^{\circ}\text{C}$, 1 min)^[33]。该干预措施能在第 1 天内几乎杀灭大部分的耐碳青霉烯类肠杆菌目细菌,但 3 d 后水槽会再次污染。

2 无水护理

2.1 无水护理相关程序 实施无水护理关键在于以下 4 个步骤:(1)构建无水护理知识培训体系,系统阐述水和废水系统的微生物传播机制,以全面提升医护人员的风险识别和防控能力,推动无水护理模式的科学转型。(2)移除患者直接诊疗区域的水槽,从源头切断液体飞溅和气溶胶介导的交叉感染传播路径。(3)将传统水基护理方案替换为无水替代方案,减少对水资源的依赖。具体替代方案见表 1。(4)定期评估无水护理模式,收集医护人员反馈和感染控制数据,并根据评估结果及时调整和优化护理流程,确保无水护理的有效性和安全性。

2.2 医护人员对 ICU 无水护理的知识、态度、实践和感知 ICU 无水护理与传统基于洗手的手卫生实践存在区别,为成功实施无水护理,需要医护人员充分理解、接受并遵循无水护理的操作规范。Buvaneswarran 等^[7]为了解医护人员对无水护理的认识,对 101 名 NICU 医护人员采用自制调查问卷进行调查,问卷内容包括 4 个部分:(1)知识。评估医护人员对无水护理原则,水槽感染传播方式,避免细菌从水槽传播所需最小距离,仅使用含乙醇手消毒剂无法消除的病原体种类等知识掌握情况。(2)态度。采用 5 级李克特量表评估医护人员对无水护理的看法。(3)实践。评估医护人员在无明显污

表 1 替代传统水基护理方案

程序	无水护理
有明显手部污染时	先使用病房和药物准备区外指定的“污染”水槽(或瓶装水)洗手,再使用含乙醇手消毒剂进行手消毒
防护服和手套	使用通用的防护服和手套
沐浴护理	采用一次性无氯已定洗涤手套(或 2% 氯已定洗涤手套)和带有预润湿布的一次性洗发水瓶;患者重度污染时使用过滤水
面部护理	使用过滤水或温热的瓶装水为患者剃须
用药护理	采用瓶装水溶解口服药物
饮水方案	采用瓶装水
口腔护理	采用瓶装水
导管护理	采用一次性材料
废水处理	使用专用容器收集废水后,将其带至病房和药物准备区外指定的污水处理区进行处理

染和具有明显污染时的做法,以及执行无菌操作时的做法。(4)评估医护人员解释无水护理原则的信心、推广的意愿等。结果显示:(1)95.0% 医护人员能理解无水护理的原则,39.6% 医护人员能说出水滴飞溅是使用水槽感染的传播方式,49.5% 医护人员能说出避免传播的最小距离是 2 m,52.5% 医护人员能说出形成孢子的细菌是含乙醇手消毒剂无法消除的病原体。(2)90.1% 医护人员对无水护理的态度良好,28.3% 医护人员对无水护理的方法持中立态度。(3)86.1% 医护人员认为手部无明显污染时可仅采用含乙醇手消毒剂洗手,83.2% 医护人员认为手部明显污染时会采用肥皂和水洗手,随后使用含乙醇手消毒剂进行手消毒。(4)46.5% 医护人员认为无水护理不足以保证个人卫生,43.6% 医护人员认为无水护理增加了皮肤相关问题或刺激性接触性皮炎,22.8% 医护人员认为无水护理对患者不安全,21.8% 认为无水护理使工作流程变得复杂。目前尚未发现相关质性研究,未来可设计半结构式访谈以及相关量表,进一步了解医护人员、患者和家属对无水护理的需求和期望,发现无水护理的优势与劣势,构建符合我国国情的 ICU 无水护理模式。

2.3 无水护理的实施效果

2.3.1 终止感染暴发 Schärer 等^[21]检测到导致 ICU 感染暴发的病原体后便将所有水槽关闭,消毒并更换虹吸管,重新开放水槽 3 周后依旧监测出暴发菌株。当拆除患者区域和药物准备区域的所有水槽并实施无水护理后,感染暴发立即停止。Tracy 等^[22]检测到导致 NICU 感染暴发的病原体后便实施一系列标准感染控制措施,随后加强手卫生和抗菌药

物管理,但依旧检测到多重耐药革兰阴性菌,最终实施无水护理后感染暴发终止。Baker 等^[23]采用无水护理方案,迅速缓解了肺脓肿分枝杆菌复合群感染暴发。Catho 等^[24]同样采用无水护理终止了维罗纳整合子型金属 β -内酰胺酶阳性铜绿假单胞菌(VIM-53 positive *P. aeruginosa*, PA-VIM)感染的暴发。可能因为,ICU 供水系统存在着生物膜相关细菌感染暴发的风险,废水系统中的储水池经常导致水槽逆行再污染,破坏和分散生物膜又会导致病原体传播,而彻底拆除水槽和采用无水护理可以消除传染源,终止感染暴发。目前大多为回顾性研究和类试验研究,建议未来开展大样本多中心随机对照研究,进一步评价无水护理在控制感染暴发中的效果,验证其在不同医疗机构和环境下的普适性和推广性。

2.3.2 降低革兰阴性菌感染发病率 Baker 等^[23]研究发现,采用无水护理能显著降低非结核分枝杆菌感染发病率,脓肿分枝杆菌复合群感染发病率从 16.6/万住院日下降至 2.3/万住院日($IRR:0.14, P < 0.001$);龟分枝杆菌—产免疫分枝杆菌复合体感染发病率从 12.0/万住院日下降至 1.7/万住院日($IRR:0.14, P < 0.001$);鸟分枝杆菌复合体感染发病率从 7.4/万住院日下降至 3.5/万住院日($IRR:0.48, P = 0.03$);戈地分枝杆菌感染发病率从 4.6/万住院日下降至 0.8/万住院日($IRR:0.18, P = 0.004$)。Shaw 等^[25]研究发现,采用无水护理能降低 ICU 多重耐药革兰阴性菌医院感染发病率,患者感染发病率从 9.15/千住院日下降至 2.20/千住院日($RR:0.24, 95\%CI:0.17 \sim 0.34$),铜绿假单胞菌感染发病率从 7.76/千住院日下降至 1.31/千住院日,肺炎克雷伯菌感染发病率从 8.50/千住院日下降至 1.18/千住院日。可能因为,革兰阴性菌能够在水源中生长繁殖,采用无水护理可以有效避免细菌在潮湿环境中滋生,进而有助于控制水槽相关感染,显著降低革兰阴性菌感染发病率。鉴于我国华南地区和江南地区处于亚热带海洋性季风气候,容易形成独有的回南天气候,导致环境潮湿,未来可以对比我国南北方长期实施无水护理后对革兰阴性菌感染发病率的影响,以评估无水护理的持续性和稳定性。

2.3.3 减少革兰阴性菌定植率及抗菌药物使用量 Hopman 等^[26]研究显示,无水护理干预前和干预后 ICU 患者革兰阴性菌定植率分别为 26.3/千住院日、21.6/千住院日($RR:0.82, 95\%CI:0.67 \sim 0.99, P = 0.02$),并且 ICU 患者住院时间越长,革兰阴性菌定植率越低。De-Las-Casas-Cámara 等^[20]研究显

示,采用无水护理后,针对肠杆菌目和非发酵革兰阴性杆菌感染的抗菌药物使用量分别降低了 37.9%、55.3%,抗菌药物使用日数、患者隔离日数和感染多重耐药细菌日数分别减少了 29%、51%和 84%。可能因为,移除病房中水槽可以尽量避免患者接触水源,降低细菌在环境中的传播及患者间交叉感染的风险,进而减少革兰阴性菌在患者中的定植和抗菌药物的使用。鉴于此,未来可以对比分析无水护理和传统护理的成本效益,评估无水护理对医疗费用和医疗资源使用的影响,为决策提供经济学依据。

3 启示

3.1 进一步发展无水护理领域 发展中国家革兰阴性菌定植率较高^[34],根据 2024 年新版《碳青霉烯类耐药革兰阴性菌感染的诊断、治疗及防控指南》^[35]建议,移除 ICU 内患者直接诊疗区域(如病房、执行侵袭性操作的房间)的水槽或许大有裨益。但是无水护理作为一项创新临床护理策略,仍需经历一段时间考验才能深受大众推崇^[7]。无水护理蕴含着多重优势:(1)对于水资源匮乏或水质亟待改善的地区,无水护理提供了一种在特定情况下(例如无法使用自来水时)仍能有效护理患者的替代方案,这不仅有助于促进当地的可持续发展,还能响应全球环境保护的号召,降低医院污水排放量,减少环境污染,推动医院绿色发展。(2)无水护理不仅与手卫生不相悖,还能有效补充其应用(通过合理配置手卫生设施和免冲洗手消毒剂,切断水槽相关多重耐药菌的传播,有效规避水槽带来的感染隐患)。(3)当无水护理与医院感染管理等相关措施相结合,发挥出协同效应时能达到最佳的防控效果。今后可结合我国国情,从硬件设施、管理制度、工作流程等多个层面出发,试着推动无水护理的应用与普及。现阶段虽暂无报道过无水护理导致艰难梭菌感染暴发,但考虑到细菌孢子(如梭状芽孢杆菌)对含乙醇手消毒剂具有抗性,出于预防感染角度,未来值得探讨移动洗手池在无水护理中的应用效果,持续跟踪监测无水护理在临床中的安全性。目前无水护理尚处于发展阶段,缺乏高质量随机对照试验、质性研究等支持,仍需进一步验证其普适性、推广性、持续性和稳定性。

3.2 开发温和有效的手卫生产品 医护人员在提供无水护理时,需要使用大量含乙醇手消毒剂。Al-halwani 等^[36]为了解含乙醇手消毒剂对医护人员皮肤健康影响,对 216 名医护人员的调查结果显示,71

名出现皮肤皴裂,42 名出现手部发红,21 名感到刺痛和麻木,24 名患有皮肤病(最常见的是湿疹 11 名,皮肤干燥 5 名,牛皮癣 4 名)。可能因为,人体角质层细胞周围填充着丰富的脂质,使用含乙醇手消毒剂和肥皂等手卫生产品会造成皮肤角质层蛋白变性、细胞间脂质改变、角质细胞内聚力减弱,以及角质层保水能力降低等损伤,进而产生刺激性、接触性皮炎和过敏性接触皮炎^[37]。因此,医护人员在实施无水护理时可以采用刺激性小的含乙醇手消毒剂,并使用含有保湿剂、油脂或油性成分的润肤霜来增强皮肤湿润度,以改善皮肤屏障功能。此外,含乙醇手消毒剂在降低医院感染发病率的同时,还存在潜在经济效益^[38]。未来可以设计出兼容所有皮肤类型的手卫生产品,并探讨其在解决皮肤不良反应、易燃安全隐患、扩大杀菌范围方面的功效,以期提高医护人员实施无水护理的舒适度。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 刘小丽,宋育,龚林,等. 2016—2020 年武汉市医院感染横断面调查结果趋势研究[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(2): 175-181.
Liu XL, Song Y, Gong L, et al. Trend of cross-sectional survey results of healthcare-associated infection in Wuhan City from 2016 to 2020[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2024, 23(2): 175-181.

[2] 罗滢,张满,卢联合,等. ICU 患者医院感染危险因素及列线图模型建立[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(6): 937-940.
Luo Y, Zhang M, Lu LH, et al. Risk factors for nosocomial infections in ICU patients and establishment of nomogram model[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(6): 937-940.

[3] 廖丹,胡必杰,史庆丰,等. ICU 水龙头及其周围污染情况的调查[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(6): 566-570.
Liao D, Hu BJ, Shi QF, et al. Contamination status of faucets and their surroundings in intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(6): 566-570.

[4] 王芸,陈奇超,刘宇奇,等. 某医院 ICU 物体表面耐药菌的分布[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(10): 1584-1587.
Wang Y, Chen QC, Liu YQ, et al. Distribution of drug-resistance bacteria on object surfaces of ICU of a hospital[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(10): 1584-1587.

[5] 史庆丰,黄英男,孙伟,等. 某综合医院重症监护病房耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌环境流行调查[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19(12): 1093-1097.

Shi QF, Huang YN, Sun W, et al. Survey on environmental prevalence of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* in intensive care unit of a general hospital[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(12): 1093-1097.

[6] Pirzadian J, Souhoka T, Herweijer M, et al. Impact of sink design on bacterial transmission from hospital sink drains to the surrounding sink environment tested using a fluorescent marker[J]. J Hosp Infect, 2022, 127: 39-43.

[7] 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.

[8] 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.

[9] Julia L, Vilankar K, Kang H, et al. Environmental reservoirs of nosocomial infection: imputation methods for linking clinical and environmental microbiological data to understand infection transmission[J]. AMIA Annu Symp Proc, 2017, 2017: 1120-1129.

[10] Aranega-Bou P, George RP, Verlander NQ, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* dispersal from sinks is linked to drain position and drainage rates in a laboratory model system[J]. J Hosp Infect, 2019, 102(1): 63-69.

[11] 乔甫. 水槽作为 ICU 中耐碳青霉烯类革兰阴性菌储菌源的前瞻性多中心研究[D]. 成都: 四川大学, 2021.
Qiao F. Sink contamination and carbapenem-resistant Gram-negative bacteria infection in the intensive care unit: a prospective multicenter study [D]. Chengdu: Sichuan University, 2021.

[12] Grabowski M, Lobo JM, Gunnell B, et al. Characterizations of handwashing sink activities in a single hospital medical intensive care unit[J]. J Hosp Infect, 2018, 100(3): e115-e122.

[13] Kizny Gordon AE, Mathers AJ, Cheong EYL, et al. The hospital water environment as a reservoir for carbapenem-resistant organisms causing hospital-acquired infections - a systematic review of the literature[J]. Clin Infect Dis, 2017, 64(10): 1435-1444.

[14] Kanamori H, Weber DJ, Rutala WA. Healthcare outbreaks associated with a water reservoir and infection prevention strategies[J]. Clin Infect Dis, 2016, 62(11): 1423-1435.

[15] 郑鹏,汪邦芳,林佳冰,等. 医疗机构水源性感染研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(8): 1053-1060.
Zheng P, Wang BF, Lin JB, et al. Research progress on waterborne infection in medical institutions[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2024, 23(8): 1053-1060.

[16] Schneider JS, Froböse NJ, Kuczus T, et al. Sink drains in a neonatal intensive care unit: a retrospective risk assessment and evaluation[J]. Int J Environ Res Public Health, 2023, 20(17): 6692.

- [17] Warren BG, Smith BA, Barrett A, et al. Identification of carbapenem-resistant organism (CRO) contamination of in-room sinks in intensive care units in a new hospital bed tower[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2024, 45(3): 302–309.
- [18] Cantero M, Parra LM, Muñoz E, et al. A cluster of *Chryseobacterium indologenes* cases related to drainage water in intensive care units[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2018, 39(8): 997–999.
- [19] Fucini GB, Hackmann C, Gastmeier P. Sink interventions in the ICU to reduce risk of infection or colonization with Gram-negative pathogens: a systematic review of the literature[J]. *J Hosp Infect*, 2024, 143: 82–90.
- [20] De-Las-Casas-Cámara G, Collados-Arroyo V, García-Torrejón MC, et al. Impact of sink removal from intensive care unit rooms on the consumption of antibiotics and on results of Zero Resistance Project[J]. *Med Clin (Barc)*, 2022, 158(1): 1–6.
- [21] Schärer V, Meier MT, Schuepbach RA, et al. An intensive care unit outbreak with multi-drug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* – spotlight on sinks[J]. *J Hosp Infect*, 2023, 139: 161–167.
- [22] Tracy M, Ryan L, Samarasekera H, et al. Removal of sinks and bathing changes to control multidrug-resistant Gram-negative bacteria in a neonatal intensive care unit: a retrospective investigation[J]. *J Hosp Infect*, 2020, 104(4): 508–510.
- [23] Baker AW, Stout JE, Anderson DJ, et al. Tap water avoidance decreases rates of hospital-onset pulmonary nontuberculous *Mycobacteria*[J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(3): 524–527.
- [24] Catho G, Martischang R, Boroli F, et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* producing VIM carbapenemase in an intensive care unit and its termination by implementation of waterless patient care[J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 301.
- [25] Shaw E, Gavalda L, Cámara J, et al. Control of endemic multidrug-resistant Gram-negative bacteria after removal of sinks and implementing a new water-safe policy in an intensive care unit[J]. *J Hosp Infect*, 2018, 98(3): 275–281.
- [26] 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.
- [27] de-Las-Casas-Cámara G, Giráldez-García C, Adillo-Montero MI, et al. Impact of removing sinks from an intensive care unit on isolations by Gram-negative non-fermenting bacilli in patients with invasive mechanical ventilation [J]. *Med Clin (Barc)*, 2019, 152(7): 261–263.
- [28] Chico-Sánchez P, Gras-Valentí P, Algado-Sellés N, et al. Effectiveness of the systematic use of antimicrobial filters in the water taps of critical care units for the prevention of health-care-associated infections with *Pseudomonas aeruginosa* [J]. *Am J Infect Control*, 2022, 50(4): 435–439.
- [29] Garvey MI, Wilkinson MAC, Holden KL, et al. Tap out; reducing waterborne *Pseudomonas aeruginosa* transmission in an intensive care unit[J]. *J Hosp Infect*, 2019, 102(1): 75–81.
- [30] Mathers AJ, Vegesana K, German Mesner I, et al. Intensive care unit wastewater interventions to prevent transmission of multispecies *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing organisms[J]. *Clin Infect Dis*, 2018, 67(2): 171–178.
- [31] Jones LD, Mana TSC, Cadnum JL, et al. Effectiveness of foam disinfectants in reducing sink-drain Gram-negative bacterial colonization[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2020, 41(3): 280–285.
- [32] Snell LB, Prossomariti D, Alcolea-Medina A, et al. The drainome: longitudinal metagenomic characterization of wastewater from hospital ward sinks to characterize the microbiome and resistome and assess the effects of decontamination interventions[J]. *J Hosp Infect*, 2024, 153: 55–62.
- [33] Kotsanas D, Wijesooriya WRPLI, Korman TM, et al. “Down the drain”: carbapenem-resistant bacteria in intensive care unit patients and handwashing sinks[J]. *Med J Aust*, 2013, 198(5): 267–269.
- [34] Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, et al. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and Meta-analysis[J]. *Lancet*, 2011, 377(9761): 228–241.
- [35] 曾玫, 夏君, 宗志勇, 等. 碳青霉烯类耐药革兰阴性菌感染的诊断、治疗及防控指南[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2024, 24(2): 135–151.
- Zeng M, Xia J, Zong ZY, et al. Guidelines for the diagnosis, treatment, prevention and control of infections caused by carbapenem-resistant Gram-negative bacilli[J]. *Chinese Journal of Infection and Chemotherapy*, 2024, 24(2): 135–151.
- [36] Alhalwani A, Husain A, Saemaldahar A, et al. The impact of alcohol hand sanitizer use on skin health between healthcare worker: cross-sectional study[J]. *Skin Res Technol*, 2024, 30(1): e13527.
- [37] Jing JIJ, Pei Yi T, Bose RJC, et al. Hand sanitizers: a review on formulation aspects, adverse effects, and regulations[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(9): 3326.
- [38] Fenny AP, Otieku E, Labi KAK, et al. Cost-effectiveness analysis of alcohol handrub for the prevention of neonatal bloodstream infections: evidence from HAI-Ghana study[J]. *PLoS One*, 2022, 17(3): e0264905.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:许龙辉,王仁秀,丛晓,等.无水护理减少重症监护病房水槽相关多重耐药菌感染的研究进展[J].*中国感染控制杂志*,2025,24(1):143–148. DOI:10.12138/j.issn.1671–9638.20256469.

Cite this article as: XU Longhui, WANG Renxiu, CONG Xiao, et al. Research progress on waterless care to reduce sink-associated multidrug-resistant organism infection in intensive care unit [J]. *Chin J Infect Control*, 2025, 24(1): 143–148. DOI: 10.12138/j.issn.1671–9638.20256469.