

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20256959

· 论 著 ·

一起水污染引起的新生儿铜绿假单胞菌感染暴发调查

廖丹¹, 韦艳妮², 廖桂娥², 梁文婷², 马张杰², 梁莹¹

(1. 广西医科大学基础医学院微生物学教研室, 广西南宁 530021; 2. 广西壮族自治区妇幼保健院医院感染管理科, 广西南宁 530000)

[摘要] **目的** 分析某医疗机构新生儿铜绿假单胞菌感染暴发事件发生原因及干预措施的效果。**方法** 对 2024 年 5 月 26 日—6 月 10 日该医疗机构新生儿重症监护病房(NICU)中 5 例铜绿假单胞菌感染新生儿进行流行病学调查,对可能污染的环境进行采样,推断铜绿假单胞菌在 NICU 传播的原因,同时采取感染控制措施,并持续观察控制措施的效果。**结果** 5 例感染新生儿中,下呼吸道感染 3 例,下呼吸道合并血流感染 2 例;检出耐药谱一致的铜绿假单胞菌 7 株;感染新生儿为同一病室,具有空间和时间聚集性。通过环境卫生学监测,从 NICU 洗手池及水源相关的环境中(吸引连接管、床旁隔离衣)分离出与新生儿感染耐药谱一致的铜绿假单胞菌。通过改进洗手池消毒方式、强化接触隔离措施等,感染得以控制,环境中未再检测出铜绿假单胞菌。**结论** 本次 NICU 新生儿医院感染暴发事件推断为病房洗手池遭到铜绿假单胞菌污染,进而污染吸引连接管,通过吸痰操作导致的新生儿感染蔓延。医院感染监控专职人员要充分了解暴发感染病原学特性,采取针对性措施才能遏制新生儿感染的蔓延。

[关键词] 铜绿假单胞菌; 水槽; 洗手池; 医院感染暴发; 新生儿重症监护病房; 接触隔离

[中图分类号] R181.3⁺2

An outbreak of neonatal *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by water contamination

LIAO Dan¹, WEI Yanni², LIAO Guiyi², LIANG Wenting², MA Zhangjie², LIANG Ying¹

(1. Department of Microbiology, School of Basic Medical Sciences, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. Department of Healthcare-associated Infection Management, Maternal and Child Health Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530000, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the causes and intervention measure efficacy of an outbreak of neonatal *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) infection in a medical institution. **Methods** The epidemiological investigation was conducted on 5 neonates who had *P. aeruginosa* infection in the neonatal intensive care unit (NICU) of this medical institution from May 26 to June 10, 2024. Specimens were taken from potentially contaminated environments to infer the cause of *P. aeruginosa* transmission in the NICU, infection control measures were also taken, and the efficacy of the control measures was continuously monitored. **Results** Among the 5 infected neonates, 3 had lower respiratory tract infection and 2 had lower respiratory tract combined with bloodstream infection. Seven strains of *P. aeruginosa* were detected with a consistent antimicrobial resistance spectrum. Infected neonates were in the same ward and had spatial and temporal clustering. Through environmental hygiene monitoring, *P. aeruginosa* with consistent antimicrobial resistance spectrum of neonatal infection was isolated from the NICU handwashing

[收稿日期] 2024-09-10

[作者简介] 廖丹(1985-),女(壮族),广西壮族自治区南宁市人,副主任医师,主要从事医院感染防控研究。

[通信作者] 梁莹 E-mail: liangtty@163.com

sink and water-related environment (suction connection pipe, bedside isolation gowns). Infection was controlled after improving sink disinfection methods and enhancing contact isolation measures, and no further *P. aeruginosa* was detected in the environment. **Conclusion** The outbreak of neonatal HAI in the NICU is inferred to be caused by contamination of ward handwashing sink by *P. aeruginosa*, then further contaminated the suction connection tube, thereby leading to the transmission of neonatal infection through suction procedures. Healthcare-associated infection surveillance and control professionals need to fully understand the characteristics of outbreak pathogens and take targeted measures to curb the transmission of neonatal infection.

[Key words] *Pseudomonas aeruginosa*; sink; handwashing sink; healthcare-associated infection outbreak; neonatal intensive care unit; contact isolation

铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*, PA)是临床常见的革兰阴性杆菌,是医院感染的主要病原菌之一^[1],也是医院下呼吸道感染的重要病原体^[2]。新生儿各器官功能及特异性和非特异性免疫功能尚未成熟,对外界抵抗力较弱,是医院感染的高危人群^[3],低体重、早产、机械通气、静脉穿刺、窒息发生率和喂养不耐受是新生儿重症监护病房(NICU)新生儿发生医院感染的危险因素^[4]。近年来铜绿假单胞菌引起的医院感染暴发较为常见^[1],尤其是在NICU中暴发有上升趋势。本研究通过对某医疗机构NICU两周内相继发生铜绿假单胞菌感染新生儿事件进行调查,及时采取防控措施并开展环境卫生学监测和分析,不断修正防控措施,从而阻止了新生儿铜绿假单胞菌感染在NICU蔓延。

1 资料与方法

1.1 病例资料 2024年5月26日—6月10日某医疗机构NICU相继从5例新生儿的痰、血培养标本中分离出7株铜绿假单胞菌,根据《医院感染诊断标准(试行)^[5]》5例新生儿均诊断为医院感染,3例为下呼吸道感染,2例为下呼吸道合并血流感染。7株铜绿假单胞菌耐药谱完全相同。

1.2 研究方法

1.2.1 流行病学调查 医院感染监控专职人员根据医院感染实时监控系統查看病例资料,与相关医务人员现场访谈,调查感染新生儿住院时长、侵入性操作情况、医疗用品使用情况、抗菌药物使用情况、病原学检测结果、影像学变化等。

1.2.2 环境卫生学调查 根据调查情况,对可疑感染源包括洗手池、医疗设备(监护仪、呼吸机、营养泵、移动护理车)等采样进行微生物学检测,采样方

法参照《医院消毒卫生标准》^[6](GB 15982—2012)。根据VITEK 2微生物自动鉴定系统鉴定结果及药敏试验耐药谱寻找可疑的传播途径。由于采样当天大部分医务人员均已洗手,故未采集手标本。

2 结果

2.1 事件初步判定 6月11日医院感染监控专职人员至NICU进行现场调查。对感染病例进行追溯调查,5月21日—6月8日,铜绿假单胞菌导致的医院感染罹患率为4.10%(5/122),高于去年同期(0/131),差异有统计学意义($P=0.028$)。5例新生儿检出药敏相同的铜绿假单胞菌,大部分新生儿有气管插管或者高频给氧操作,怀疑有共同传染源,疑似医院感染暴发。

2.2 流行病学调查结果

2.2.1 病例资料 5例感染新生儿均为早产低体重儿,出生即入院。从感染新生儿痰培养中均检出铜绿假单胞菌,药敏试验结果显示耐药表型完全一致,仅对多黏菌素B耐药。感染新生儿基本特征见表1。

2.2.2 空间分布 NICU核定床位62张,分5个病室,感染病例集中于一个病室(2号病室),具有空间聚集性。

2.2.3 时间分布 首发病例3号,5月21日发生铜绿假单胞菌感染,于5月26日检出铜绿假单胞菌,随即从2号病室挪至4号病室(隔离病室)。随后5月31日—6月10日期间,2号病室相继出现4例铜绿假单胞菌感染者。对首发病例前后一周的住院患者进行筛查,未发现其他感染者,感染患者分布情况见图1。

表 1 5 例铜绿假单胞菌感染新生儿基本特征

Table 1 Basic characteristics of 5 neonates infected with *P. aeruginosa*

患者编号	入院日期	入院诊断	感染日期	首发感染症状	病原学首次采集日期	机械通气日期	医院感染诊断
1	5月7日	超低出生体重儿, 新生儿呼吸窘迫综合征	5月21日	发热	5月31日	5月7日—6月11日	下呼吸道感染
2	6月2日	早产儿, 超低出生体重儿	6月5日	发热	6月8日	6月2—12日	下呼吸道感染合并血流感染
3	5月20日	极低出生体重儿, 新生儿呼吸窘迫综合征	5月23日	发热	5月26日	5月24—28日, 6月8—16日	下呼吸道感染
4	5月30日	低出生体重, 新生儿呼吸窘迫综合征	6月8日	血氧波动	6月10日	6月7—19日	下呼吸道感染
5	4月17日	早产儿	6月2日	血氧波动	6月8日	4月17—21日, 6月3—16日	下呼吸道感染合并血流感染

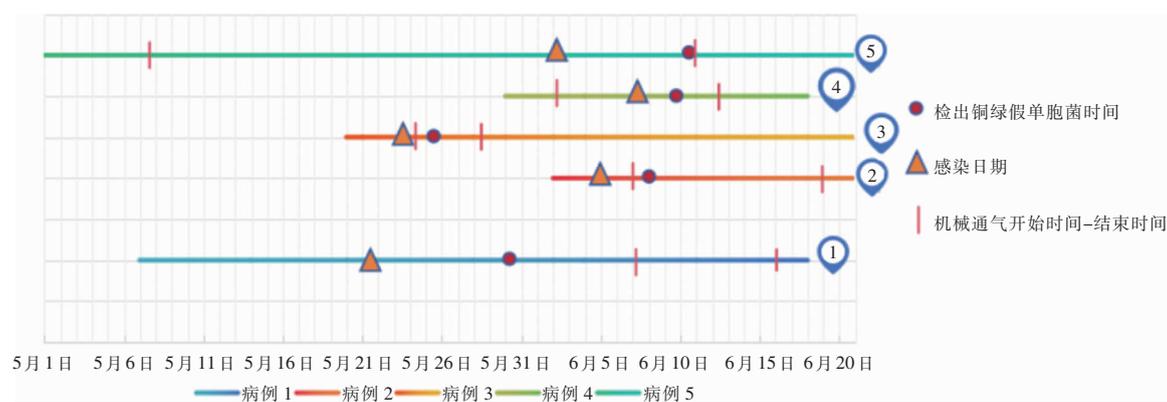


图 1 2024 年 5 月 14 日—6 月 15 日铜绿假单胞菌感染新生儿感染时间分布图

Figure 1 Time distribution of *P. aeruginosa* infection in neonates from May 14 to June 15, 2024

2.3 现场调查及访谈 医院感染监控专职人员查看 NICU 感染防控相关情况。NICU 5—6 月每日住院新生儿为 70~85 例,床间距均 >0.8 m。物品一人一用,均能及时对感染新生儿下达隔离医嘱并做床旁隔离,采取接触隔离措施。2 号病室为 NICU 安置病情较重早产儿的病室,入住新生儿侵入性操作多。首发病例 3 位于 2 号病室,暖箱安置于病房洗手池附近 1 m 范围内,新生儿在感染铜绿假单胞菌前,均有侵入性操作或经呼吸机吸引连接管吸痰的操作。

保洁员每日对病房消毒 2 次,但没有按照医院感染管理科的要求对水池进行消毒。新生儿吸痰管为一次性使用,但吸痰连接管没有每日更换。

2.4 初步感染防控措施 医院感染管理科在 6 月 11 日接到 NICU 报告,并在现场查看及访谈后,制定初步控制措施:(1)将感染新生儿转移至隔离间,分组护理;(2)病房重新彻底消毒;(3)保洁员每日使用含有效氯 500 mg/L 的消毒剂冲洗洗手池 2 次,

护士长负责监督执行。同时在 6 月 11 日进行环境采样,查找感染源。

2.5 环境卫生学检验 根据铜绿假单胞菌的特性,结合现场调查的结果,将环境采样的重点放在水源性污染的方向。

采集 2 号病室和 4 号病室环境标本共计 45 份,涵盖洗手池及下呼吸道相关操作的所有环节。包括洗手池下水口、溢水口、排水口及水池周围,呼吸机吸引连接管、呼吸机表面、感染新生儿床旁隔离衣、暖箱湿化水、洗澡间花洒、新生儿擦澡盆等。环境标本检测结果显示,2 号病例吸引器连接管细菌菌落数 >200 CFU/cm²,3 号、4 号病例床边吸引器连接管及 2 号病室、4 号病室水槽下水口、2 号病室水槽溢水口和排水口细菌菌落数 >100 CFU/cm²,且均检出铜绿假单胞菌;2 号病例隔离衣菌落数在合格范围内(0.3 CFU/cm²),但检出铜绿假单胞菌,见表 2。环境中检出的 8 株铜绿假单胞菌与感染新生儿痰培养分离的铜绿假单胞菌药敏试验结果一致。

表 2 NICU 环境卫生学检测结果

Table 2 Results of environmental hygiene monitoring

标本	标本份数	合格标本份数	合格率 (%)	铜绿假单胞菌检出数(株)
病房洗手池*	4	0	0	4
暖箱湿化水	5	5	100	0
床旁隔离衣	7	3	42.86	1
呼吸机湿化水	3	3	100	0
床旁吸引连接管	8	4	50.00	3
吸氧鼻塞器	3	3	100	0
吊塔物体表面	10	10	100	0
其他环境标本	5	5	100	0

注: * 表示包括洗手池水槽下水口、溢水口和排水口。

2.6 强化感染防控措施 6月14日收到环境卫生学检测结果后,洗手池下水口和连接吸痰管的连接管均检出铜绿假单胞菌,医院感染管理科进而加强防控措施。除了2.4中3项感染防控措施外,增加额外防控措施:(1)洗手池旁边2m内不再摆放新生儿暖箱;(2)吸痰吸引连接管每日更换;(3)床旁隔离衣改为一次性使用。

6月14日后,再无新增铜绿假单胞菌感染病例。为检测环境消毒效果,医院感染管理科于6月21日再次针对NICU所有的洗手池及周围物品进行采样,发现2号病室洗手池下水口仍检出铜绿假单胞菌,考虑到水龙头存水弯可能存在生物膜,与NICU医护人员讨论后,将洗手池消毒方式改为每日早晨使用含有效氯500mg/L消毒剂浸泡30min再冲洗。修正消毒措施,再次对NICU环境采样,未再分离出铜绿假单胞菌。

3 讨论

铜绿假单胞菌是引起新生儿感染的主要病原菌^[7],也是新生儿下呼吸道感染的主要致病菌^[8]。医院内潮湿的场所、自来水、水槽、消毒剂溶液、呼吸设备和支气管纤维镜等是铜绿假单胞菌最常见的宿主^[9-11],本研究中,通过现场调查和环境标本采样,经药敏试验结果判定感染病例之间存在关联,根据《医院感染暴发控制指南》^[7],可判定为铜绿假单胞菌引起的医院感染暴发。推断暴发的原因为病房洗手池遭到铜绿假单胞菌污染,进而污染吸引连接管,通过吸痰操作导致的新生儿感染蔓延。通过本次NICU中的铜绿假单胞菌感染暴发事件,总结出

几点经验。

第一,铜绿假单胞菌引起的医院感染具有特殊性。水是铜绿假单胞菌在环境中的重要储存库,医疗机构内被铜绿假单胞菌污染的水槽、水龙头、自来水以及管道系统均被认为是主要且持续的传播源。同时,铜绿假单胞菌能长期在潮湿环境中附着。本研究中,虽然病区在首发病例确认致病菌为铜绿假单胞菌后,按照《医院隔离技术标准》(WS/T 311—2023)^[12]采取了隔离措施,立即将首发病例32床从2号病房转移至4号病房,但导致4号病房的水池也检出耐药谱一致的铜绿假单胞菌进而污染到4号病房的其他患者。在隔离患者管理过程中,需要警惕铜绿假单胞菌感染者变成移动的污染源污染环境,进而造成其他病室的交叉感染。本研究中,不仅水槽检出铜绿假单胞菌,连接吸痰管的吸引连接管、感染新生儿床旁的隔离衣同样也检出耐药谱一致的铜绿假单胞菌。由于病房环境潮湿,一日一换的隔离衣上遭到了铜绿假单胞菌的污染且存活时间较长,故将隔离衣改成了一次性使用。连接吸痰管的吸引连接管也改成了一日一换。

第二,需要警惕NICU水污染引起的医院感染暴发。NICU由于收治新生儿的特殊性,医务人员、环境物品的污染容易成为医院感染的来源。洗手池是病房潜在的污染源,如果洗手池使用不规范,如清洁物品离水池太近,用于处理医疗废物、倾倒体液血液等,容易引起病房污染进而引起医院感染暴发^[13-15]。水龙头喷溅范围广,喷溅的程度与水流速度、水槽的深度均有关系^[16]。在水槽周围1.5m范围内,均能遭受水源性污染物的污染,在污染的水槽周围均能检出相同的病原体^[17]。洗手池一旦被污染,医务人员洗手过程中,产生的液滴喷溅可能会污染到周围仪器设备进而导致新生儿感染。本研究中,首发病例距离水龙头不到1m的距离,环境采样也发现耐药谱相同的铜绿假单胞菌,证明污染的洗手池可能是本次感染的来源。本调查中,NICU的床间距虽然都符合国家要求^[18],但由于病房的特殊性,加床的情况时有发生,而且暖箱容易移动,这一便利性使得病区管理者不注重病区床位的布置,注重床间距但忽视暖箱周围的污染源。在NICU病房床位安置上,需要注意病区内的潜在污染源,并将新生儿尤其是免疫力低下的新生儿远离,防止交叉感染。

第三,水槽消毒方式需要改进。铜绿假单胞菌在洗手池中能长期附着,Zhou等^[19]调查发现,自来

水标本和水槽存水弯标本均检出铜绿假单胞菌,且存水弯标本阳性率高于自来水标本。目前对于水槽的消毒方式,国家尚无明确规定。对于水槽的消毒方式,包括含氯消毒剂擦拭法、消毒湿巾擦拭法等,各种消毒方法效果也不同^[16]。铜绿假单胞菌生物膜基质结构致密,基质中的胞外多糖可影响消毒剂的渗透,增加铜绿假单胞菌生物膜的消毒剂抗性^[20]。部分暴发的文献^[21-23]中,针对水系统的铜绿假单胞菌污染,使用化学消毒法如 70% 乙醇、次氯酸钙或次氯酸钠能达到良好的消毒效果,但并没有写明消毒的具体步骤。本研究中的水槽在严格采取每日两次含氯消毒剂擦拭后,仍然从下水口中检出铜绿假单胞菌,表明仅用擦拭法,可能对水槽的存水弯等处蓄积的铜绿假单胞菌杀灭效果并不理想,进而改进消毒方式,采用浸泡法,达到良好的消毒效果。

由于引发微生物产生抗性的消毒剂种类越来越多,如医疗机构中常用的季铵盐类、双胍类和氯己定类等^[24],亟需寻找一种有效的消毒剂和消毒方式来对抗环境中的致病菌。胡瑞雪等^[25]发现,使用浓度为 1~2 mg/L 的聚碘树脂滤过水、溴代聚苯乙烯海因树脂滤过水持续浸泡法在清除生物膜活、死细菌及生物膜基质方面更具优势,可用于水路系统生物膜控制领域。de Jonge 等^[26]发明了给存水弯消毒的电子震荡消毒器,在非暴发时期安装在重症监护病房水槽的存水弯处,能有效的将水槽内铜绿假单胞菌的定植率从 46%~51% 降至 2%~8%。未来可探索更多的关于病房水槽的清洁消毒方法。

本研究尚存一定的局限性。鉴于设备限制,本研究未委托第三方进行铜绿假单胞菌同源性基因鉴定,未能呈现分型结果,对感染溯源的推断上存在不确定性。但通过感染病原菌特点和制定针对性的感染控制措施,暴发得以终止,可以推断本次感染是来源于病区污染的洗手池。

综上所述,铜绿假单胞菌引起的 NICU 医院感染暴发,除了要遵循基础感染控制措施外,医院感染监控专职人员还应针对铜绿假单胞菌的病原学特性,查找感染源,制定出有效的防控方案,有效遏制新生儿感染的蔓延。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 王雪玉,田芳英,赵明. 全球铜绿假单胞菌医院感染暴发事件

的流行特征与应对策略[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(12): 1171-1178.

Wang XY, Tian FY, Zhao M. Epidemic characteristics and preventive strategies of worldwide outbreak of healthcare-associated infection caused by *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(12): 1171-1178.

[2] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国铜绿假单胞菌下呼吸道感染诊治专家共识(2022 年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2022, 45(8): 739-752.

Pulmonary Infection Assembly of Chinese Thoracic Society. Chinese expert consensus on the management of lower respiratory tract infections of *Pseudomonas aeruginosa* in adults (2022)[J]. Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases, 2022, 45(8): 739-752.

[3] Keilman R, Harding S, Rowin M, et al. Investigations of staphylococcal contamination on environmental surfaces of a neonatal intensive care unit of a children's hospital[J]. Am J Infect Control, 2021, 49(11): 1450-1453.

[4] Wang L, Du KN, Zhao YL, et al. Risk factors of nosocomial infection for infants in neonatal intensive care units: a systematic review and Meta-analysis[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 8213-8220.

[5] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准(试行)[J]. 中华医学杂志, 2001, 81(5): 314-320.

Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria for nosocomial infections (Proposed)[J]. National Medical Journal of China, 2001, 81(5): 314-320.

[6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 医院消毒卫生标准: GB 15982—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Hygienic standard for disinfection in hospitals: GB 15982-2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医院感染暴发控制指南(WS/T 524—2016)[J]. 中国感染控制杂志, 2016, 15(12): 984-988.

National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Guideline of control of healthcare associated infection outbreak[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2016, 15(12): 984-988.

[8] 全国细菌耐药监测网. 2014 至 2017 年中国儿童及新生儿患者细菌耐药监测研究[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(40): 3279-3287.

China Antimicrobial Resistance Surveillance System. Surveillance of bacterial resistance in children and newborns across China from 2014 to 2017[J]. National Medical Journal of China, 2018, 98(40): 3279-3287.

[9] 胡娅,李禄全. 重症监护病房与普通病房新生儿肺炎病原菌与药敏结果比较[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2014, 29(2): 120-125.

- Hu Y, Li LQ. Comparison of pathogenic bacteria and drug sensitivity in neonates with pneumonia hospitalized in intensive care unit and common in-patient ward[J]. Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics, 2014, 29(2): 120–125.
- [10] Fernández-Cuenca F, López-Cerero L, Cabot G, et al. Nosocomial outbreak linked to a flexible gastrointestinal endoscope contaminated with an amikacin-resistant ST17 clone of *Pseudomonas aeruginosa* [J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2020, 39(10): 1837–1844.
- [11] Bicking Kinsey C, Koirala S, Solomon B, et al. *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a neonatal intensive care unit attributed to hospital tap water [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2017, 38(7): 801–808.
- [12] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 医院隔离技术标准 WS/T 311—2023[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(11): 1398–1410.
National Health Commission of the People's Republic of China. Standards for isolation techniques in hospitals WS/T 311–2023[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2023, 22(11): 1398–1410.
- [13] Kouida S, Fujiue Y, Watanabe Y, et al. Sporadic isolations of a multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa* clone during a 14-month epidemic in a general hospital in Hiroshima[J]. Infection, 2011, 39(3): 247–253.
- [14] Wendel AF, Kolbe-Busch S, Ressina S, et al. Detection and termination of an extended low-frequency hospital outbreak of GIM-1-producing *Pseudomonas aeruginosa* ST111 in Germany [J]. Am J Infect Control, 2015, 43(6): 635–639.
- [15] Yapicioglu H, Gokmen TG, Yildizdas D, et al. *Pseudomonas aeruginosa* infections due to electronic faucets in a neonatal intensive care unit[J]. J Paediatr Child Health, 2012, 48(5): 430–434.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 中国医师协会新生儿专业委员会. 中国新生儿病房分级建设与管理指南(建议案)[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2013, 28(3): 231–237.
Chinese Medical Doctor Association, Neonatology Branch. Guidelines for the graded construction and management of neonatal wards in China(Proposed)[J]. Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics, 2013, 28(3): 231–237.
- [19] Zhou ZY, Hu BJ, Gao XD, et al. Sources of sporadic *Pseudomonas aeruginosa* colonizations/infections in surgical ICUs: association with contaminated sink trap[J]. J Infect Chemother, 2016, 22(7): 450–455.
- [20] 程亚光, 辛鹏举, 苏静. 微酸性次氯酸水对口腔综合治疗水路模拟生物膜作用效果的研究[J]. 中华预防医学杂志, 2021, 55(10): 1245–1249.
Cheng YG, Xin PJ, Su J. Study on the effect of slightly acid hypochlorous water on dental unit waterlines biofilm model [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2021, 55(10): 1245–1249.
- [21] Sundermann AJ, Chen J, Miller JK, et al. Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* infections from a contaminated gastroscope detected by whole genome sequencing surveillance[J]. Clin Infect Dis, 2021, 73(3): e638–e642.
- [22] Halstead FD, Quick J, Niebel M, et al. *Pseudomonas aeruginosa* infection in augmented care: the molecular ecology and transmission dynamics in four large UK hospitals[J]. J Hosp Infect, 2021, 111: 162–168.
- [23] Chang H, Wei J, Zhou W, et al. Risk factors and mortality for patients with bloodstream infections of *Klebsiella pneumoniae* during 2014–2018: Clinical impact of carbapenem resistance in a large tertiary hospital of China[J]. J Infect Public Health, 2020, 13(5): 784–790.
- [24] 叶青, 成于珈, 林丽开. 国内外微生物对消毒剂抗性研究热点和发展趋势的可视化分析[J]. 中华传染病杂志, 2020, 38(9): 556–563.
Ye Q, Cheng YJ, Lin LK. Visual analysis of the focuses and trends of research on microbial resistance to disinfectants in China and abroad[J]. Chinese Journal of Infectious Diseases, 2020, 38(9): 556–563.
- [25] 胡瑞雪, 苏静. 低浓度消毒剂对铜绿假单胞菌生物膜的清除效果研究[J]. 中华预防医学杂志, 2023, 57(10): 1620–1624.
Hu RX, Su J. Removal effect of disinfection factors in low concentration on *Pseudomonas aeruginosa* biofilm[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2023, 57(10): 1620–1624.
- [26] de Jonge E, de Boer MGJ, van Essen EHR, et al. Effects of a disinfection device on colonization of sink drains and patients during a prolonged outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* in an intensive care unit[J]. J Hosp Infect, 2019, 102(1): 70–74.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式:廖丹, 韦艳妮, 廖桂姨, 等. 一起水污染引起的新生儿铜绿假单胞菌感染暴发调查[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(4): 551–556. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671–9638. 20256959.

Cite this article as: LIAO Dan, WEI Yanni, LIAO Guiyi, et al. An outbreak of neonatal *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by water contamination[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(4): 551–556. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671–9638. 20256959.