

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20252380

· 论 著 ·

基于清晰集定性比较分析的医院感染暴发事件危险因素的多组态路径分析

于冰艳, 宁 宁, 张璐滢, 齐 越

(哈尔滨医科大学卫生管理学院社会医学教研室, 黑龙江 哈尔滨 150081)

[摘 要] **目的** 医院感染暴发事件对医疗领域构成重大威胁。本文旨在提供一种新视角, 解释医院感染暴发事件因果路径, 并寻求有效预防和控制策略。**方法** 采用文献研究法收集医院感染暴发事件案例, 运用清晰集定性比较分析探讨危险因素之间的相互作用。**结果** 消毒、隔离、手卫生、管理和制度不到位以及抗菌药物使用不合理、进行侵入性操作、患者免疫功能低下是医院感染暴发事件的前因。组态分析揭示医院感染暴发事件与危险因素之间存在四条路径, 归纳为隔管协同型和多因共促型两种类型。**结论** 预防和控制医院感染暴发应注意人员隔离(包括患者隔离和医务人员防护)与管理的协同作用, 做好消毒和隔离工作, 合理使用抗菌药物, 防止危险因素组合导致感染暴发。

[关 键 词] 医院感染暴发; 危险因素; 清晰集定性比较分析

[中图分类号] R181.3⁺2

Multi-configurational pathway analysis on risk factors for healthcare-associated infection outbreak events based on crisp-set qualitative comparative analysis

YU Bingyan, NING Ning, ZHANG Luhao, QI Yue (Department of Social Medicine Teaching and Research, School of Health Management, Harbin Medical University, Harbin 150081, China)

[Abstract] **Objective** Healthcare-associated infection (HAI) outbreak events pose significant threat to healthcare system. This paper aims to provide a new perspective to explain the causal pathways of HAI outbreak events and seek effective prevention and control strategies. **Methods** Cases of HAI outbreak events were collected by literature review. Interaction among risk factors was explored through crisp-set qualitative comparative analysis (csQCA). **Results** Inadequate procedures such as disinfection, isolation, hand hygiene, and management system, as well as improper use of antimicrobial agents, invasive procedures, and low immune function of patients were the antecedents of HAI outbreak events. Configuration analysis reveals that there were four pathways between HAI outbreak events and risk factors, and could be classified into two types; the isolation-management synergistic type and multi-factor co-promotion type. **Conclusion** Prevention and control of HAI outbreak requires coordinated effect of personnel isolation (including isolation of patients and protection of healthcare workers) and management, proper disinfection and isolation, and rational use of antimicrobial agents, so as to prevent infection outbreaks caused by the combination of risk factors.

[Key words] healthcare-associated infection outbreak; risk factor; crisp-set qualitative comparative analysis

即使医疗体系最先进的国家也难以完全避免医院感染暴发^[1]。医院感染暴发的成因机制复杂, 涉

[收稿日期] 2025-04-18

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(72474062)

[作者简介] 于冰艳(2001-), 女(汉族), 山东省潍坊市人, 硕士研究生在读, 主要从事卫生应急研究。

[通信作者] 宁宁 E-mail: ningninghyd@163.com

及病原体传播、医护人员操作规范性、环境卫生条件,以及患者免疫状态等诸多因素^[2-3]。传统的定量回归分析方法侧重于单一因素的净效应,难以捕捉现实变量间的非线性组合关系,未能充分揭示各组态路径与结果之间的复杂因果关联。因此,本研究采用清晰集定性比较分析方法(crisp-set qualitative comparative analysis, csQCA),旨在深入探讨危险因素之间的复杂组合关系,捕捉医院感染暴发事件的多重因果路径,为医院感染暴发的预防和控制提供科学依据与决策支持。

1 对象与方法

1.1 研究对象 在中国知网、万方和维普网等数据库以“医院感染暴发”为关键词进行检索,按照“当短时间内在医疗机构或其科室的患者中发生 3 例及以上同种同源感染病例即可确认为医院感染暴发”的标准,检索近 10 年(2014—2023 年)相关文献,并剔除同一事件重复报道文献及与本研究无关事件,筛选出医院感染暴发事件作为本次研究对象。

1.2 危险因素识别 对事件中出现的危险因素进行识别、整理,合并相似因素,确定“消毒不到位”“隔离不到位”“抗菌药物使用不合理”“手卫生不到位”“进行侵入性操作”“患者免疫功能低下”“管理和制度不到位”7 项危险因素作为条件变量,以医院感染暴发案例中的感染人数为结果变量,根据《医院感染暴发报告及处置管理规范》中关于不同规模感染事件上报时限的差异性规定,将感染人数 ≥ 10 的暴发事件定义为严重暴发,赋值 1,共有 24 个案例;感染人数 < 10 的暴发事件定义为较严重暴发,赋值为 0,共有 70 个案例。

1.3 研究方法 定性比较分析(QCA)由社会学家 Ragin 1987 年开创,融合了定性分析和定量研究的优势^[4],通过小样本数据构建因果关系,认为一个现象的出现往往是多种原因共同作用的结果。本研究所有变量均为二分类变量,因此使用 csQCA 方法探讨医院感染暴发危险因素的组态效应。首先对各变量进行必要性分析,通常认为一致性 > 0.900 的条件变量为结果产生的必要条件^[5],即当结果发生时,该条件一定存在^[6]。若单变量均不能构成医院感染暴发事件的必要条件,则需组合后进行条件组态的充分性分析才能够较为有效地解释医院感染暴发事件的发生。本研究将分析医院感染暴发事件的条件组合一致性阈值设为 0.800,频数阈值设为 1^[7]。

QCA 的分析结果包括简约解、中间解和复杂解 3 种。中间解体现了简约解的内容,并且是复杂解的一部分,因此本研究以中间解为中心,简单解为辅助进行组态分析,并依据 Furnari 等^[8]提出的组态理论化过程,对发现的组态进行归纳命名,使用 Ragin 等^[9]提出的结果呈现形式。

1.4 统计学分析 应用 Excel 2021 对数据资料进行整理汇总,应用 fsQCA 3.0 软件对各个危险因素之间的组态关系进行分析。

2 结果

2.1 近 10 年医院感染暴发基本情况 共检索到近 10 年(2014—2023 年)相关文献 328 篇,剔除同一事件重复报道文献及与本研究无关事件,最终保留 94 篇文献,1 021 例感染患者。感染暴发出现最多的季节为夏季(32.3%);主要的感染部位为呼吸道(38.3%)、血液(17.0%);暴发科室主要集中在重症监护病房(42.6%);暴发规模主要为 10 人及以下(76.6%);消毒、手卫生不到位是造成医院感染暴发事件出现频率最高的原因。

2.2 单变量的必要性分析 本文选取的 7 个解释变量及其相反情况一致性水平均 < 0.900 ,说明单个解释变量不构成医院感染暴发事件的必要条件,不足以独立解释医院感染暴发事件的发生逻辑,提示医院感染暴发事件具有因果复杂性,与危险因素之间存在多重并发因果关系,需要借助组态进一步分析不同因素组合的多元组态路径如何引发医院感染暴发事件。见表 1。

2.3 条件变量组态分析 发生医院感染暴发事件结果的总体一致性和单个路径的一致性均为 1,见表 2,表明所有条件组态都是医院感染暴发事件发生的充分条件,即若该条件存在,则结果必然发生。每条路径由多种变量组成,说明医院感染暴发事件由多条件组合造成。结果显示,导致医院感染暴发事件的路径有 4 条,4 条路径的总体覆盖度为 0.333,表明这 4 条组态可以解释约 33% 的医院感染暴发事件。为深入分析结果,基于各路径中核心条件的分布情况将其归纳命名。将核心条件为隔离不到位、管理和制度不到位的两条路径 N1、N2 归为一类,命名为“隔管协同型”,将核心条件为消毒不到位、人员隔离不到位、抗菌药物使用不合理的两条路径 N3、N4 归为一类,命名为“多因共促型”。

表 1 医院感染暴发事件单一变量必要性分析

Table 1 Univariate necessity analysis on healthcare-associated infection outbreak events

条件变量	一致性	覆盖度	条件变量	一致性	覆盖度
消毒不到位	0.667	0.201	~消毒不到位	0.333	0.533
隔离不到位	0.708	0.472	~隔离不到位	0.292	0.121
抗菌药物使用不合理	0.167	0.235	~抗菌药物使用不合理	0.833	0.260
手卫生不到位	0.458	0.191	~手卫生不到位	0.542	0.351
进行侵入性操作	0.167	0.100	~进行侵入性操作	0.833	0.370
患者免疫功能低下	0.458	0.268	~患者免疫功能低下	0.542	0.245
管理和制度不到位	0.417	0.303	~管理和制度不到位	0.583	0.230

注：~ 表示逻辑运算的“非”。

表 2 医院感染暴发事件组态路径

Table 2 Configurational pathway of healthcare-associated infection outbreak events

条件变量	隔管协同型		多因共促型	
	N1	N2	N3	N4
消毒不到位	—	▲	●	●
隔离不到位	●	●	●	●
抗菌药物使用不合理	★	★	●	●
手卫生不到位	▲	◆	◆	◆
进行侵入性操作	★	★	★	◆
患者免疫功能低下	★	—	★	◆
管理和制度不到位	●	●	◆	◆
原始覆盖度	0.125	0.125	0.042	0.042
唯一覆盖度	0.125	0.125	0.042	0.042
一致性	1	1	1	1
总体覆盖度	0.333			
总体一致性	1			

注：●表示核心条件存在，◆表示辅助条件存在，▲表示核心条件不存在，★表示辅助条件不存在，—表示该条件可以存在也可以不存在。

3 讨论

基于 QCA 方法分析医院感染暴发事件危险因素,发现 7 个条件变量均非必要条件,表明医院感染暴发需要多因素协同作用。组态分析进一步识别出 4 条导致感染暴发的路径,符合基于二手数据的研究总体覆盖度 0.300 以上的要求^[10],可归纳为“隔管协同型”和“多因共促型”,其中,“隔离不到位”作为核心条件存在于所有路径中,凸显了其在医院感染暴发事件中的关键作用。此外,“消毒不到位”“抗菌药物使用不合理”以及“管理和制度不到位”均作

为核心条件出现了两次,表明这些因素在医院感染暴发事件中有重要影响。

“隔管协同型”路径包含两个子路径(N1、N2)。隔离不到位、管理和制度不到位为该路径的核心条件,即人员的隔离与管理的协同效应,对促成医院感染暴发事件起到了重要推动作用,因此将其命名为“隔管协同型”路径。该路径表明,即使环境与器械消毒严格,抗菌药物使用合理且未进行侵入性操作,如果人员隔离措施不到位、管理缺失,也可能造成医院感染暴发。该路径能够解释约 25% 的案例,且只能由该路径解释。

“多因共促型”路径包含两个子路径(N3、N4)。消毒不到位、人员隔离不到位、抗菌药物使用不合理作为核心条件,在该路径中形成交叉影响的负面效应,造成医院感染暴发事件的发生,因此将其命名为“多因共促型”路径。路径 N3 表明,即使在未进行侵入性操作、患者免疫功能正常的情况下,消毒、隔离不到位以及抗菌药物使用不合理三项核心条件的共存,可以引发医院感染暴发事件。路径 N4 则表明多种因素形成合力,共同作用,引发医院感染暴发事件。

3.1 “隔管协同型”医院感染暴发事件组态路径分析 该路径是指医院感染暴发事件由核心条件变量“隔离”与“管理”协同失效导致。隔离与管理的协同失效涉及制度、执行、资源、文化等多个层面。未有效隔离的感染患者可通过接触方式传播病原体^[11],医务人员防护缺失则显著增加职业暴露风险^[12],导致医院感染暴发。管理不到位涵盖多个方面,包括组织建设缺陷、人员教育培训不足、监督不力等。隔离与管理存在显著交互作用,当制度设计模糊、监督机制缺失时,医务人员会放松警惕,隔离流程执行不严格,同时患者分区管理混乱^[13]。管理缺陷削弱了执行层的防御能力,而执行偏差进一

步暴露管理漏洞,增加管理难度^[14],导致多层防御失效,最终引起感染暴发。一起典型的腺病毒 7 型感染引起的暴发疫情中,因预检分诊制度执行不力,患者未能及时隔离治疗,导致 4 例住院患者及 8 名医务人员感染。另一起典型案例由于信息上报延迟未及时会诊,防护隔离不当,且感染专职人员紧缺,导致病例预警调查和监控滞后引起麻疹疫情。

隔离与管理的协同作用是防控医院感染暴发的关键。管理为隔离提供顶层设计和资源保障,而隔离的落实则是管理目标的具体体现,二者相辅相成,共同构建起医院感染防控的坚固防线。为了确保隔离措施的规范执行,最大限度地降低感染暴发的风险,医院管理层可以采取以下措施:组建跨学科感染控制团队,加强对重点科室的督查,配置专职感染控制护士及时指导隔离防护行为,建立智能监测-即时反馈系统,安装智能摄像头自动识别防护漏洞并及时反馈^[15],通过数字化手段破解隔离措施与管理效能的交互困境,辅助感染专职人员监督预警和追踪调查;参照世界卫生组织(WHO)患者安全报告系统设计非惩罚性不良事件上报机制,鼓励医务人员与患者进行自我监督和相互监督;将隔离合格率与管理效能指标纳入科室绩效考核,与晋升、奖金挂钩;加强专科医护人员培训,提高防控意识和能力,及时上报可疑情况减少误诊。通过制度约束与技术赋能的双重驱动,实现人员行为规范与管理体系优化的协同共振。

3.2 “多因共促型”医院感染暴发事件组态路径分析 此路径中,核心条件变量“消毒不到位”“人员隔离缺失”“抗菌药物使用不合理”三者形成协同效应,引发医院感染暴发。消毒不到位包括环境物体表面的清洁和医疗器械的消毒等方面,使病原体在物体表面大量繁殖,通过直接接触或空气传播,成为医院感染暴发的重要诱因^[16-17]。隔离不到位加速医患间传播^[18],抗菌药物使用不合理使细菌产生耐药性^[19],形成治疗-传播恶性循环。三因素协同作用导致医院感染暴发的可能性远超过单个因素风险之和:消毒不足扩大病原体传播范围,隔离缺失增加暴露概率,抗菌药物滥用大幅提升感染控制难度。

典型案例中,某新生儿病房因环境消毒不达标、抗菌药物过度使用和病房布局缺陷,引发阴沟肠杆菌医院感染暴发事件。挪威的一起疥疮医院感染暴发事件中,织物处理不当与防护用品使用不规范形成了传播链,加上药物使用不规范导致疫情失控。神经内科一起暴发事件中,保洁员共用感染患者和非

感染患者区域的拖布头,给病原体传播创造了机会。

消毒、隔离和抗菌药物合理使用是医院感染防控的核心措施,三者通过协同作用,共同构建多层次、系统化的防御体系,阻断病原体传播,降低感染风险,遏制感染暴发。消毒为隔离提供基础保障,隔离为抗菌药物合理使用创造条件,抗菌药物合理使用增强消毒和隔离的效果。在医院感染暴发防控中,可以通过“隔离患者→强化消毒→精准用药”三步联动,整合消毒记录、隔离执行数据、抗菌药物使用和耐药性监测结果,生成实时风险地图,借助 AI 算法预测感染传播路径,实施最优防控组合;制定标准化消毒流程,按场地制定消毒要求,引进新型消毒设备和高效消毒技术,同时加强重点环节监控;对患者分类实施精准隔离,优化隔离设施和管理,强化隔离监督执行;建立多学科协作机制,推行精准用药策略,加强用药监测与反馈,促进抗菌药物合理使用;强化技术迭代与创新,引入机器人消毒、智能隔离手环、AI 辅助用药系统等新技术,协同提升医院感染防控能力,降低医院感染暴发风险,保障医疗安全。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] World Health Organization. Global report on infection prevention and control[EB/OL]. (2022-05-23)[2025-04-01]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051164>.

[2] Lee MH, Lee GA, Lee SH, et al. A systematic review on the causes of the transmission and control measures of outbreaks in long-term care facilities: Back to basics of infection control [J]. PLoS One, 2020, 15(3): e0229911.

[3] 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.

[4] 杜运周, 李佳馨, 刘秋辰, 等. 复杂动态视角下的组态理论与 QCA 方法: 研究进展与未来方向[J]. 管理世界, 2021, 37(3): 180-197, 12-13.

Du YZ, Li JX, Liu QC, et al. Configurational theory and QCA method from a complex dynamic perspective: research progress and future directions[J]. Journal of Management World, 2021, 37(3): 180-197, 12-13.

[5] 周凌, 鲍怡. 卫生事业发展影响因素研究——基于中东欧 17 国定性比较分析(QCA)[J]. 中国卫生事业管理, 2022, 39(8): 561-565, 572.

- Zhou L, Wei Y. Researches on the factors to influence the development of health service based on the QCA analysis of 17 countries in central and eastern European[J]. Chinese Health Service Management, 2022, 39(8): 561–565, 572.
- [6] 黄庆晨. 新冠肺炎疫情下欧盟大众疑欧主义变化的影响因素及路径探析——基于定性比较分析的视角[D]. 北京: 北京外国语大学, 2023.
- Huang QC. The dynamics of popular euroscepticism during the COVID-19 pandemic: a perspective of qualitative comparative analysis[D]. Beijing: Beijing Foreign Studies University, 2023.
- [7] 曹钰华, 张延莉, 石蓉荣, 等. 数字化转型驱动的专精特新“小巨人”组织韧性前因组态研究——基于上市企业年报文本挖掘的 fsQCA 分析[J]. 外国经济与管理, 2023, 45(10): 68–83.
- Cao YH, Zhang YL, Shi RR, et al. Antecedent configuration for the organizational resilience of SRDI “little giants” driven by digital transformation: a fsQCA analysis based on text mining of listed companies’ annual reports[J]. Foreign Economics & Management, 2023, 45(10): 68–83.
- [8] Furnari S, Crilly D, Misangyi VF, et al. Capturing causal complexity: heuristics for configurational theorizing[J]. Acad Manage Rev, 2021, 46(4): 778–799.
- [9] Ragin CC, Fiss PC. Net effects analysis versus configurational analysis: an empirical demonstration[J]. Redesigning Social Inquiry: Fuzzy Sets and Beyond, 2008, 240: 190–212.
- [10] 张明, 杜运周. 组织与管理研究中 QCA 方法的应用: 定位、策略和方向[J]. 管理学报, 2019, 16(9): 1312–1323.
- Zhang M, Du YZ. Qualitative comparative analysis (QCA) in management and organization research: position, tactics, and directions[J]. Chinese Journal of Management, 2019, 16(9): 1312–1323.
- [11] 谈宜斌, 李源, 田佳, 等. 重症监护病房鲍曼不动杆菌感染暴发事件调查[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(8): 627–629.
- Tan YB, Li Y, Tian J, et al. Investigation of the outbreak of *Acinetobacter baumannii* infection in the intensive care unit [J]. Chinese Journal of Disinfection, 2018, 35(8): 627–629.
- [12] 胡佳佳, 王艳红, 巴俊慧, 等. 重症监护病房护理人员人细小病毒 B19 疑似医院感染暴发调查[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(5): 488–493.
- Hu JJ, Wang YH, Ba JH, et al. Suspected outbreak of human parvovirus B19 healthcare-associated infection among nurses in an intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(5): 488–493.
- [13] 李静, 潘晓娟, 张兆敏, 等. 16 所基层妇幼保健院医院感染管理现状及建议[J]. 中国卫生事业管理, 2010, 27(8): 565–566.
- Li J, Pan XJ, Zhang ZM, et al. Discussing the status of nosocomial infections management in 16 maternal and child health institutions and suggestions on it[J]. Chinese Health Service Management, 2010, 27(8): 565–566.
- [14] 姜惠颖, 殷雅璐. 基于 STABLE 理念的中医院 ICU 安全管理模式构建的性质分析[J]. 中医药管理杂志, 2023, 31(11): 100–102.
- Jiang HY, Yin CY. Nature analysis of ICU safety management mode construction in traditional Chinese medicine hospital based on STABLE concept[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine Management, 2023, 31(11): 100–102.
- [15] 陆舞英, 雍萱, 刘培. 患者监督评价机制在手卫生管理中的应用效果分析[J]. 护理管理杂志, 2015, 15(9): 643–644.
- Lu WY, Yong X, Liu P. Application effects of patients’ supervision and evaluation mechanism in management of hand hygiene[J]. Journal of Nursing Administration, 2015, 15(9): 643–644.
- [16] 程丽峰, 李春辉, 任南, 等. ICU 医院感染暴发事件的特征与预防控制[J]. 中华医院感染学杂志, 2015, 25(21): 4985–4987.
- Cheng LF, Li CH, Ren N, et al. Epidemiological characteristics of outbreak of healthcare-associated infections in ICUs and prevention and control measures[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2015, 25(21): 4985–4987.
- [17] 代敏. 浅谈内窥镜感染的预防和控制[J]. 中国卫生事业管理, 2008, 25(10): 717.
- Dai M. Discussing the prevention and control of endoscope associated infection [J]. Chinese Health Service Management, 2008, 25(10): 717.
- [18] 任玉莲, 陈晓燕, 纪晓, 等. 神经外科重症监护室碳青霉烯类耐药肺炎克雷伯菌医院感染暴发调查及防控策略研究[J/OL]. 中国热带医学. (2024–10–12)[2025–06–16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1064.r.20241011.1736.004.html>.
- Ren YL, Chen XY, Ji X, et al. Investigation and research of infection prevention and control strategy about carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* nosocomial outbreak in neurosurgical intensive care unit[J/OL]. China Tropical Medicine. (2024–10–12)[2025–06–16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1064.r.20241011.1736.004.html>.
- [19] 宋攀, 黄垂国, 李云龙, 等. 抗菌药物在外科的不合理应用及对策[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(3): 717–720.
- Song P, Huang CG, Li YL, et al. Irrational use of antimicrobial agents in surgery and its countermeasures[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(3): 717–720.

(本文编辑: 翟若南)

本文引用格式: 于冰艳, 宁宁, 张璐璐, 等. 基于清晰集定性比较分析的医院感染暴发事件危险因素的多组态路径分析[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(10): 1377–1381. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20252380.

Cite this article as: YU Bingyan, NING Ning, ZHANG Luhao, et al. Multi-configurational pathway analysis on risk factors for healthcare-associated infection outbreak events based on crisp-set qualitative comparative analysis[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(10): 1377–1381. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20252380.