DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20267406

·论著·

儿童 ICU 耳念珠菌医院感染聚集调查及基于 HFMEA 的防控策略研究

胡亚倩[1],李　星[1],包彧雯[1],孙　杭[2],李　蒨[3],薛圣凡[1],胡　静[1]
[南京医科大学附属儿童医院 1. 感染管理办公室,2. 检验科,3. 党政办公室(国际合作交流处),江苏 南京　210019]

[摘　要] **目的**　调查某儿童重症监护病房(ICU)耳念珠菌医院感染聚集事件,明确传播机制,识别防控漏洞并制定精准化防控策略,为儿童耳念珠菌感染防控提供循证依据。**方法**　对 2 例耳念珠菌检出患儿进行流行病学调查,开展环境卫生学监测及高风险患儿主动筛查,应用医疗失效模式与效应分析(HFMEA)方法识别潜在失效模式,制定防控策略,并评估执行效果。**结果**　调查发现 1 名医务人员手部及 1 例高风险患儿腹股沟拭子检出耳念珠菌。应用 HFMEA 方法识别出医务人员认知不足、入院筛查漏检、手卫生不规范等 8 条高风险失效模式,实施防控策略后关键指标显著改善:环境卫生学监测合格率、隔离措施落实率、手卫生依从率、病原学送检率均有所提升(均 $P<0.05$),持续 5 个月无新发病例。**结论**　医务人员手部接触是儿童 ICU 耳念珠菌传播的关键环节,HFMEA 能有效识别风险并控制传播。本研究建立的"监测－风险评估－精准干预－效果验证"闭环管理模型,可为儿童耳念珠菌院感防控提供参考。

[关　键　词]　耳念珠菌;儿童重症监护病房;医院感染防控;医疗失效模式与效应分析;闭环管理模型
[中图分类号]　R181.3+2

Cluster of *Candida auris* healthcare-associated infection in a pediatric intensive care unit as well as prevention and control strategies based on HFMEA

HU Yaqian[1], *LI Xing*[1], *BAO Yuwen*[1], *SUN Hang*[2], *LI Qian*[3], *XUE Shengfan*[1], *HU Jing*[1]
(1. *Office of Infection Management*; 2. *Department of Laboratory Medicine*; 3. *Office of Party and Government* [*Office of International Cooperation and Exchange*], *Children's Hospital of Nanjing Medical University*, *Nanjing* 210019, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To investigate the cluster of *Candida auris* (*C. auris*) healthcare-associated infection (HAI) in a pediatric intensive care unit (PICU), clarify its transmission mechanism, identify prevention and control loopholes, and develop precise prevention and control strategies, so as to provide evidence-based support for the prevention and control of *C. auris* infection in children. **Methods**　Epidemiological investigation were conducted on two children from whom *C. auris* were detected. Surveillance on environmental hygiene and active screening on high-risk children were carried out. Potential failure modes were identified by healthcare failure mode and effect analysis (HFMEA), prevention and control strategies were developed and the effectiveness of implementation were assessed. **Results**　*C. auris* were detected from one healthcare worker (HCW)'s hand and one high-risk child's groin swab. HFMEA identified 8 high-risk failure modes, including inadequate awareness of HCWs, missed admission screening, and non-standard hand hygiene. After implementing prevention and control strategies, key indicators improved significantly, including the qualified rate of environmental hygiene surveillance, implementation rate of isolation measures, compliance rate of hand hygiene, and pathogen detection rate (all $P<0.05$), with no new

[收稿日期]　2025－09－17
[基金项目]　南京市卫生科技发展项目(GAX22282)
[作者简介]　胡亚倩(1990－),女(汉族),江苏省盐城市人,主治医师,主要从事医院感染管理研究。
[通信作者]　胡静　　E-mail:gyqz2000@163.com

cases reported for 5 months. **Conclusion** Hand contact among HCWs is the key link in the transmission of *C. auris* in PICU. HFMEA can effectively identify risks and control transmission. The closed-loop management model (surveillance-risk assessment-precise intervention-effectiveness verification) established in this study can provide reference for the prevention and control of *C. auris* infection in children.

[**Key words**] *Candida auris*; pediatric intensive care unit; healthcare-associated infection prevention and control; healthcare failure mode and effect analysis; closed-loop management model

耳念珠菌(*Candida auris*)是一种新兴的多重耐药真菌,因其致病性强、环境滞留时间长以及抵抗常规消毒措施等特点,常被称为"超级真菌"[1-3]。近年来,该菌已在全球范围内引发严重的医院感染事件[4],给医疗机构和患者家庭带来沉重负担[5]。其导致的医院感染粗病死率可高达 72%,目前已被美国疾病预防控制中心(CDC)、欧洲 CDC 和英国公共卫生部列为"紧急威胁"病原体[2]。国际多项研究[6-10]报道了儿童耳念珠菌感染病例。由于住院患儿普遍存在免疫系统未完全成熟、基础疾病复杂、侵袭性操作频繁以及抗真菌药物选择受限等特点[11],一旦发生耳念珠菌医院感染,后果往往较为严重,因此亟需加强感染监测与防控。现有防控指南主要基于成人数据制定[12-13],针对儿童群体的特异性防控策略尚缺乏充分的循证依据。

在医疗机构或其科室患者中,短时间内医院感染病例增多,超过历年散发发病率水平的现象,称为医院感染聚集[14]。医疗失效模式与效应分析(healthcare failure mode and effect analysis, HFMEA)作为一种前瞻性风险管理工具,可通过系统评估潜在风险因素,并对关键环节实施干预,从而有效降低医疗风险事件的发生率[15-16]。本研究通过对某儿童医院某重症监护病房(ICU)发生的耳念珠菌医院感染聚集事件进行流行病学调查,应用 HFMEA 方法识别高风险环节,进而制定针对性防控策略,以期为医疗机构耳念珠菌感染防控提供可参考的管理方案。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 对某儿童医院某 ICU 2025 年 1 月 13 日—2 月 21 日检出的 2 例耳念珠菌患者聚集性事件调查进行回顾性研究。本研究已获得该医院伦理委员会批准(批件号:202508002-1)。

1.2 *方法*

1.2.1 *临床信息调查* 通过医院感染监测系统、电子病历系统及现场调查收集信息。调查内容包括患儿一般信息(如姓名、性别、年龄等)及临床信息,具体涉及患儿床位、入院时间、检出时间、标本类型、住院时长、转院情况、侵入性操作、手术、抗菌药物使用情况、菌株药敏结果、治疗及预后等。医院感染的诊断依据《医院感染诊断标准(试行)》[17]。

1.2.2 *环境卫生学监测及高风险患儿主动筛查* 对该 ICU 高频接触物品表面及工作人员手部进行微生物采样。高频接触物体表面包括呼吸机、心电监护仪、降温毯、输液泵、护理掌上电脑(PDA)、治疗车、隔离衣等医疗设备,以及床单元、水池、墙面、脸盆、尿盆、医务人员工作电脑键盘和鼠标等环境表面。工作人员手部采样对象涵盖医生、护士、护理员及保洁人员。采样方法参照《医院消毒卫生标准》GB 15982—2012[18],使用含中和剂的拭子进行涂抹采样。对耳念珠菌检出时同病房的其他患儿进行主动筛查,依据文献报道[19]选取腋下、腹股沟、鼻腔和口腔等定植热点部位,采用灭菌生理盐水拭子涂抹采样。

1.2.3 *细菌培养鉴定* 采样后立即将标本送至微生物室,营养琼脂平皿培养 48 h 后进行菌落计数,依据《医院消毒卫生标准》GB 15982—2012[18],环境卫生学和卫生手合格的判定标准为:物体表面菌落数应≤5 CFU/cm^2,卫生手菌落数≤10 CFU/cm^2。菌落计数后,由微生物室专业人员挑取疑似真菌菌落进行纯培养,并采用梅里埃 VITEK 2 Compact 全自动微生物鉴定系统及基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱技术(MALDI-TOF MS)进行菌种鉴定。高风险患儿主动筛查仅作定性检测,不进行菌落计数。

1.2.4 *高风险环节识别、防控策略制定与效果评估* 组建 HFMEA 小组,成员包括感染管理办公室、医务处、护理部、ICU 及微生物室相关人员共 7 人。小组成员采用头脑风暴法梳理各项潜在失效模式,并独立从严重度(severity, S)、发生率(frequency of occurrence, O)及可探测度(likelihood of detection, D)三个维度进行评分(分值均为 1~10 分)。风险优先指数(risk priority number, RPN)用于量

化各失效模式的风险水平：先计算每位成员对各失效模式评分的个体 RPN 值（个体 RPN = S×O×D），再针对每一失效模式计算 7 名成员个体 RPN 值的中位数及第 25、75 百分位数[$M(P_{25}, P_{75})$]，作为该失效模式的最终 RPN 评分。将 RPN 中位数≥125 分的失效模式列为高风险失效模式[20]，并据此采取干预措施。基于风险评估结果，制定儿童 ICU 耳念珠菌防控策略，指导临床医院感染防控工作。策略实施后，再次进行环境卫生学监测及主动筛查，并于一个月后通过以下指标评估防控效果：该科室的入院主动筛查率、隔离措施落实率、手卫生依从率、无菌操作合格率、日感染例次率、导尿管相关尿路感染发病率、抗菌药物使用前病原学送检率等。

1.3　统计分析　应用 SPSS 27.0 软件进行统计分析。本研究中专家评分数据为小样本离散数据且呈偏态分布，采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 进行统计描述。计数资料用例数和率（%）表示，组间合格率比较采用 χ^2 检验或 *Fisher* 确切概率检验（当理论频数＜5 时），$P \leqslant 0.05$ 为差异有统计学意义。对多组间率的比较，若差异有统计学意义，进一步采用 *Bonferroni* 校正法进行两两比较，校正后 $P < 0.016\ 7$（即 0.05/3）为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　临床信息调查　2025 年 1—2 月该 ICU 2 例患儿检出耳念珠菌，其临床信息见表 1。根据医院感染诊断标准，结合患儿临床表现和临床多学科联合诊疗团队意见，最终判定病例 1 为导尿管相关尿路感染，病例 2 为创面定植。

表 1　2 例检出耳念珠菌患儿的临床信息

Table 1　Clinical information of 2 children from whom *C. auris* were detected

基本信息	病例 1	病例 2
性别	男	男
年龄（岁）	12	10
房间及床号	D 房间 2 号床	A 房间（单间）
外院转入情况	外院住院 5 d 后转入	-
入院时间	2024 年 11 月 12 日	2024 年 12 月 22 日
检出时间	2025 年 1 月 13 日（住院第 63 天）	2025 年 2 月 21 日（住院第 63 天）
末次检出时间	2025 年 3 月 12 日（住院第 121 天）	2025 年 5 月 27 日（住院第 157 天）
标本类型	导尿管尿液	皮肤创面分泌物
原发疾病	颅脑损伤特重型、中枢神经系统感染	全身大面积烧伤
侵入性操作	中心静脉置管、使用呼吸机、导尿管置管	中心静脉置管、使用呼吸机、导尿管置管
手术情况	颅脑外伤清创术、脑脊液漏修补术、脑室钻孔引流术、纤维支气管镜检查＋肺泡灌洗术	切痂＋清创换药
检出前使用的抗菌药物	头孢曲松、万古霉素、头孢哌酮/舒巴坦、多黏菌素 B、美罗培南、伏立康唑	利奈唑胺、万古霉素、头孢哌酮/舒巴坦、多黏菌素 B、亚胺培南/西司他丁、伏立康唑
菌株药敏（美国 CDC MIC 值标准[19]，μg/mL）		
氟康唑（≥32）	32	32
两性霉素 B（≥2）	8	8
卡泊芬净（≥2）	0.25	0.12
米卡芬净（≥4）	0.12	0.06
检出后使用的抗真菌药物	卡泊芬净、伏立康唑	未使用，每 2～3 d 清创换药
医院感染情况	是，导尿管相关尿路感染	否，皮肤创面定植
预后	好转出院	好转，后续治疗

注：MIC 为最低抑菌浓度。

2.2　环境卫生学监测及高风险患儿筛查　共进行三轮环境卫生学监测，见表 2。第一轮在发现第二

例耳念珠菌患者后立即进行；第二轮、第三轮在执行 HFMEA 小组制定的儿童 ICU 耳念珠菌防控策略后，距第一轮筛查分别间隔一周、两周。病例 1 有 3 例同住患儿，其中 1 例患儿在第一轮筛查阴性后好转出院；1 例患儿在第二轮筛查阴性后好转出院；1 例患儿第二轮筛查阳性、第三轮筛查转阴，原发病治疗好转后出院。病例 2 单间隔离，无同住患儿。第一轮不合格标本来源于隔离衣、降温毯、床单元、墙壁、水池、医务人员卫生手（医生、护士、护理员、保洁人员手）；第二轮不合格标本来源于隔离衣、换药车、床单元、水龙头、鼠标，以及护士手（其中 1 人检出耳念珠菌）；第三轮不合格标本来源于隔离衣、床单元、鼠标和保洁人员手。对同住高风险患儿主动筛查（菌落不定量），第一轮采集标本 11 份，未筛查出耳念珠菌；第二轮采集标本 8 份，1 例患儿腹股沟拭子耳念珠菌阳性；第三轮采集标本 4 份，未筛查出耳念珠菌。共筛查出 1 名护士手部和 1 例患儿腹股沟耳念珠菌阳性。

筛查出耳念珠菌的护士为采样前 A 房间病例 2 的夜班护士，此前曾在 D 房间有病例 1 患儿护理工作，经文献推荐方案[21-22]规范执行流动水 + 皂液洗手，干燥后使用氯己定或醇类手消毒剂进行手卫生，2 天后、1 周后、1 个月后均进行卫生手复采样，菌落数达标，未筛查出耳念珠菌。筛查出耳念珠菌的高风险患儿在一周后的复采转阴，后续的临床观察治疗中未表现出耳念珠菌感染征象，原发病治疗好转后顺利出院。1 周后、1 个月后电话随访所有高风险患儿均无不适。ICU 空间布局见图 1。

2.3　流行病学调查结果　传染源：病例 1 为外院转入患者，入院时未对高频定植部位进行主动筛查。首次检出耳念珠菌后，未及时启动流行病学调查追溯潜在传播链。此外，该医疗机构在引入质谱检测技术前，无耳念珠菌检出记录，导致无法明确最初传染源。传播途径：病例 1 和病例 2 虽然分处不同病区、空间距离较远，但医生、护士和保洁人员均存在交叉，尤其是护理过程中，护理人员手部频繁接触患儿、导管及周围环境。结合上述调查结果，推测可能的传播途径为病例 1 携带的耳念珠菌经护理人员手部接触传播至病例 2 高风险患儿（见图 1），尚需基因测序验证菌株同源性。易感人群：ICU 患儿病情危重、接受中心静脉置管及机械通气等侵入性操作，同时接受手术、长期使用广谱抗菌药物等，易感染耳念珠菌。

表 2　环境卫生学监测主动筛查结果

Table 2　Active screening results of environmental hygiene surveillance

监测类型	第一轮			第二轮			第三轮			*P*
	标本份数	合格份数	合格率（%）	标本份数	合格份数	合格率（%）	标本份数	合格份数	合格率（%）	
医疗设备表面	14	11	78.57	15	13	86.67	17	16	94.12	0.295
环境物体表面	29	18	62.07	29	24	82.76	30	26	86.67	0.038
工作人员卫生手	10	5	50.00	10	8	80.00	10	9	90.00	0.049
合计	53	34	64.15	54	45	83.33	57	51	89.47	0.001

注：两两比较，环境物体表面合格率第一轮 VS 第三轮；合计合格率第一轮 VS 第二轮，第一轮 VS 第三轮，均 $P<0.016\ 7$。

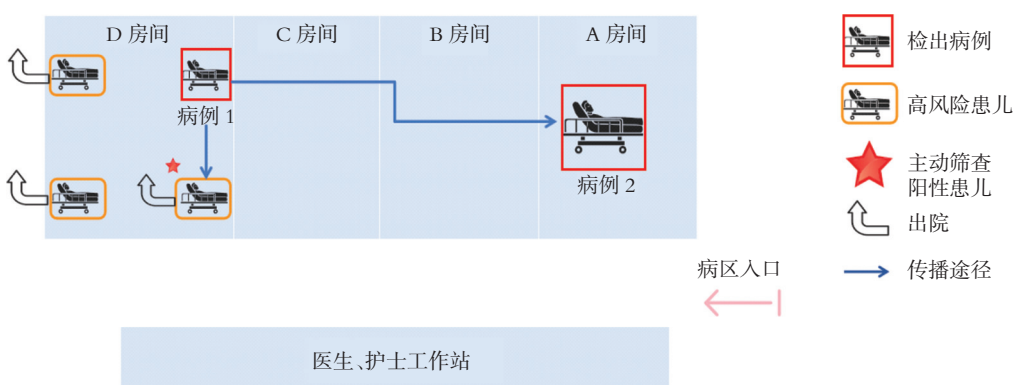


图 1　ICU 空间布局及耳念珠菌传播路径示意图

Figure 1　Schematic diagram of ICU spatial layout and transmission routes of *C. auris*

2.4　失效模式风险评估及防控策略制定　监测到 2 例耳念珠菌阳性患者后，感染管理办公室立即组织成立了 HFMEA 团队，成员包括感染管理办公室主任、专职人员各 1 名，医务处主任医师 1 名，护理部主任护师 1 名，重症监护病房副主任医师、护士长各 1 名，微生物室主任技师 1 名。团队成员梳理出各项潜在失效模式，并从严重度、发生率及可探测度三个维度进行风险赋值，最终筛选出高风险失效模式 8 条，按 RPN 从高到低依次排列，见表 3。依据风险评估结果，结合医院工作实际，制定了《某儿童医院 ICU 耳念珠菌防控策略》，包括人员培训、高危患儿主动筛查、微生物室双重预警、正确实施接触隔离措施、严格执行手卫生、环境清洁消毒强化、规范无菌操作、抗菌药物管理及多学科协作与暴发响应机制等，主要内容见表 4。在制定后即刻组织该 ICU 全员进行学习，强化对耳念珠菌防控的认识。

2.5　防控效果评价　经过 2 周防控策略的执行，环境物体表面、医务人员卫生手及环境卫生学监测总合格率均有提升。1 个月后对该科室的关键指标进行分析，隔离措施落实率、手卫生依从率、抗菌药物使用前病原学送检率均上升（均 $P<0.05$），见表 5。持续监测 5 个月，该 ICU 未再检出耳念珠菌；每季度科室自我环境卫生学监测和感染管理办公室监测标本均未发现耳念珠菌，提示防控有效，将此策略推广至全院各 ICU 学习使用。

表 3　基于 HFMEA 的耳念珠菌医院感染风险评估及原因分析

Table 3　Risk assessment and cause analysis of *C. auris* HAI based on HFMEA

流程	潜在失效模式	潜在失效后果	严重度 $M(P_{25}, P_{75})$	潜在失效原因	发生率 $M(P_{25}, P_{75})$	现行控制措施	可探测度 $M(P_{25}, P_{75})$	RPN $M(P_{25}, P_{75})$
人员培训	医护人员对耳念珠菌认识不足	防控意识不足，防控措施执行不到位	8(8,10)	培训未覆盖，更新不及时，考核机制缺失	5,(5,7)	定期培训，模拟演练，知识考核	8(3,8)	320(130,448)
入院筛查	漏筛耳念珠菌定植或感染者	携带患者成为持续传染源	7(7,9)	入院筛查流程缺失，采样部位不全面	8(6.5,8)	入院筛查覆盖率偏低，主要为呼吸道筛查	6(5,8)	320(266,424)
手卫生执行	医护人员手部短暂带菌	经手传播	7(6,9)	手卫生依从性低，手套使用不当	7(6,8)	培训+督查，但反馈不及时、全面	7(5.5,8)	288(231,512)
抗菌药物管理	广谱抗菌药物治疗导致患者菌群失调	诱发耐药株和真菌定植优势	8(7,8)	ICU 患者病情危重，常伴严重感染	7(6.5,8.5)	病原不明时依赖临床医生经验用药	5(4,7.5)	280(177,474)
侵入性操作	置管及维护等操作不规范	病原体经侵入性操作门户感染或定植	8(8,9)	工作繁忙压力大，操作流程不熟练，防控意识不足	6(5.5,7)	每月科室业务学习，理论培训	4(2,5.5)	256(114,297)
隔离措施	单间隔离资源不足	同室患者间直接传播	8(7,8)	隔离病房数量不足，隔离措施落实不到位	7(5,7.5)	优先单间，单间不足区域隔离	5(3.5,5.5)	192(154.5,320)
监测反馈	无实时预警，延迟报告	临床未能第一时间作出处置	8(6.5,8)	微生物室无实时预警，与临床沟通不足	5(3,6.5)	待药敏结果明确后上传至临床电子病历系统	5(4,7.5)	192(104,247)
环境清洁消毒	消毒剂（含有效氯 500 mg/L）对生物膜态耳念珠菌失效	环境长期带菌，患者间接接触感染	8(7.5,8)	生物膜形成使耐受性升高，消毒产品选择不当，清洁消毒频次不足	8(5.5,8)	消毒剂（含有效氯 500 mg/L）擦拭，每日 2 次	2(2,3.5)	128(106,220)

表 4 儿童 ICU 耳念珠菌防控策略主要内容

Table 4 Main contents of prevention and control strategies for *C. auris* in PICU

主要条目	主要内容
人员培训	对医疗、护理人员进行耳念珠菌感染诊疗与防控、耐药机制等专题讲座培训，并设置临床情景考核；对保洁人员加强培训，包括防护用品使用、消毒产品选择、医疗废物处置、终末消毒等
高危患儿主动筛查	对近期(1 年内)有耳念珠菌流行区住院史、长期(2 周以上)使用广谱抗菌药物或抗真菌药物、留置中心静脉导管、导尿管或气管插管、免疫功能低下(如化学治疗、移植术后)的患儿入院收治于缓冲间，主动筛查腋下、腹股沟，必要时筛查鼻前庭拭子
微生物室双重预警	微生物室一旦发现耳念珠菌阳性标本，第一时间电话告知临床科室及感染管理办公室，待药敏结果明确后再次以“多重耐药菌”弹窗形式反馈临床
正确实施接触隔离措施	一旦明确耳念珠菌感染或定植，立即单间隔离，并设置醒目的警示标识；护理诊疗分组进行，减少人员交叉；规范使用隔离衣、手套等防护用品；听诊器、体温计等诊疗用品专人专用
严格执行手卫生	在床单元及病室门口增加醒目的手卫生标识，保证手卫生设施的便利性，提供非接触式护手产品；通过培训、现场督查、实时反馈，手卫生依从率和手卫生正确率要求达到 90%以上
环境清洁消毒强化	含氯消毒剂有效氯含量增加为 1 000 mg/L，清洁消毒频次增加为每日至少 3 次；终末消毒增加 3%过氧化氢喷雾空气消毒。通过现场指导和督查、调阅视频监控了解清洁消毒情况，荧光标记监测高频接触表面，清洁消毒合格率要求达到 90%以上
规范无菌操作	联合医务处、护理部进行侵入性操作专项培训，采取“标准化 + 同质化”策略，通过视频监控抽查和现场督查进行考核并及时反馈，无菌操作合格率与科室考核挂钩
抗菌药物管理	联合医务处、药学部等部门开展抗菌药物合理使用专项培训，严格落实“先检测后治疗”的病原学导向抗菌药物使用原则，定期处方点评
多学科协作与暴发响应机制	建立耳念珠菌感染暴发预警阈值，每季度内出现 2 例即触发耳念珠菌医院感染暴发响应机制，感染管理办公室、医务处、护理部、药学部、微生物室、临床科室、后勤等多部门快速响应，救治患儿，控制传播

表 5 耳念珠菌防控策略执行前后某 ICU 各项指标对比

Table 5 Comparison of various indicators in an ICU before and after the implementation of *C. auris* prevention and control strategies

组别	入院主动筛查率(%)	隔离措施落实率(%)	手卫生依从率(%)	无菌操作合格率(%)	日感染例次发病率(‰)	导尿管相关尿路感染发病率(‰)	抗菌药物使用前病原学送检率(%)
干预后	42.22(57/135)	96.51(83/86)	96.15(50/52)	100(8/8)	1.96(1/509)	0(0/216)	97.94(95/97)
干预前	31.06(41/132)	87.64(78/89)	76.19(32/42)	100(8/8)	1.64(1/608)	3.29(1/304)	88.76(79/89)
P	0.078	0.042	0.009	NA	1.000	0.429	0.017

注：NA 为不适用。

3 讨论

本研究通过流行病学调查与环境溯源，并应用 HFMEA 方法进行分析，构建“监测 - 风险评估 - 精准干预 - 效果验证”的闭环管理模型，成功控制了儿童 ICU 耳念珠菌医院感染的流行。相较于传统的回顾性管理，HFMEA 能够前瞻性识别高风险环节，系统评估失效原因及潜在后果，从而制定精准的防控策略，显著提高了干预措施的针对性和有效性。基于 HFMEA 识别的高风险环节，本研究重点实施了以下精准防控策略。

3.1 优化早期识别系统 HFMEA 分析显示，人员培训(RPN = 320)、入院筛查(RPN = 320)和监测反馈(RPN = 192)是早期识别系统的三大薄弱环节。其中，医务人员对耳念珠菌认识不足的严重度评分高达 8 分，这一认知缺陷直接影响了后续防控措施的有效落实。在人员培训方面，重点围绕耳念珠菌的生物学特性、传播途径及防控要点展开，通过培训与考核相结合的方式，提升医护人员对该菌关键特性的知晓率。在入院筛查方面，依据专家共识，年度耳念珠菌感染例数小于 3 例的医疗机构被视为中风险，其入院筛查部位应至少包括腋下和腹股沟[13]。结合国际研究报道的入院筛查阳性率较低[23]，且携带者多在既往有医院环境暴露史的人群中检出[24]，本研究进一步明确了高危患儿的范围，

旨在实现更精准的筛查。干预后，入院筛查覆盖率由 31.06%提升至 42.22%，但未筛查出耳念珠菌阳性患儿。主动筛查策略的实施成本与预期效益仍需进一步评估[25-27]，这也是未来的研究方向。在监测预警方面，建立了微生物室“电话通知 + 系统推送”的双重预警机制，使响应时间缩短至 48 h，显著提升了监测时效性，推动了防控模式从被动的终末处置向主动的过程管控转变。

3.2 阻断传播关键环节 HFMEA 分析表明，手卫生执行(RPN = 288)、隔离措施(RPN = 192)和环境清洁消毒(RPN = 128)是耳念珠菌传播的关键环节。医务人员手部检出耳念珠菌，直接证实了经手接触传播途径的存在[28-29]。通过优化手卫生设施(设置醒目标识、确保便捷可及、提供护手产品)并设定依从率≥90%的目标，干预后手卫生依从率由 76.19%提升至 96.15%(P = 0.009)。未来还可结合人工智能实时动态反馈等创新性行为干预手段，进一步提高手卫生执行效果[30]。在隔离措施落实方面，重点推行单间隔离与分组护理[13]，以减少交叉传播。干预后隔离措施落实率由 87.64%提高至 96.51%(P = 0.042)。环境消毒方面，依据文献[12,22,31]建议，将含氯消毒剂有效氯浓度提升至 1 000 mg/L，并优化流程、加强过程监测(要求荧光标记合格率≥90%)，使环境采样合格率从 64.15%上升至 89.47%(P = 0.001)。值得注意的是，首轮筛查未检出耳念珠菌，可能与采样范围和面积不足有关，提示在医院感染聚集或暴发调查中应扩大采样范围和频次以寻找可能的传染源。第二轮环境卫生采样中检出耳念珠菌，表明短期防控效果尚不稳固。三阶段监测数据显示，防控效果呈持续改善趋势(P<0.05)，但仍需维持常态化监管。

3.3 强化感染风险控制 本研究中的 2 例患儿均表现出典型的感染高危特征[32-33]，包括长期使用广谱抗菌药物(头孢哌酮/舒巴坦、多黏菌素 B 等)以及接受中心静脉置管、机械通气和留置导尿管等多项侵入性操作。2 例分离菌株均对氟康唑(MIC≥32 μg/mL)和两性霉素 B(MIC≥8 μg/mL)耐药，这一耐药谱与全球监测数据一致(约 90%和 30%的耳念珠菌分离株分别对唑类和两性霉素 B 耐药)[31]。临床治疗方面，病例 1 经卡泊芬净联合伏立康唑规范治疗后病情好转，但持续带菌 58 d；病例 2 因大面积皮肤破损无法使用氯己定去定植[34-35]，改用聚维酮碘[36]处理，带菌时间长达 94 d，与文献报道的定植中位时长 82 d 相近[37]，反映出耳念珠菌感染管理的临床挑战。

基于上述结果，本研究强化了以下感染风险控制措施：第一，在去定植方面，目前国际指南尚未推荐耳念珠菌的去定植方案[38]。国内研究建议可采用 2%氯己定[12]或 10%聚维酮碘[7]进行去定植。考虑到研究报道约 20%的定植可能进展为感染[39]，本研究对皮肤创面采用聚维酮碘消毒兼去定植，虽带菌时间较长，但避免了继发感染。今后仍需开展研究评估去定植的潜在获益与风险。第二，在抗菌药物管理方面，组建了由医务处、感染科、药学部共同参与的抗菌药物科学化管理(AMS)多学科团队，建立从“检测 - 治疗 - 监测 - 反馈”的闭环管理体系。通过贯彻“先检测后治疗”原则，抗菌药物使用前病原学送检率由 88.76%提高至 97.94%(P = 0.017)。同时每季度发布真菌耐药监测数据，为临床用药提供指导，通过减少不必要的抗真菌药物暴露[40-41]，降低耐药菌产生风险。第三，在侵入性操作管理方面，通过制作标准化操作视频，实施“培训 - 考核 - 授权”三级准入制度等措施，使导尿管相关尿路感染发病率从 3.29‰降至零。持续 5 个月的监测显示，上述措施不仅有效控制了本次感染聚集，还提升了整体防控水平。本研究的局限在于未通过流行病学调查与分子生物学技术(如全基因组测序)及时明确传染源及传播链[42-43]；此外，防控措施的长期效果仍需延长随访进一步验证。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Welsh RM, Bentz ML, Shams A, et al. Survival, persistence, and isolation of the emerging multidrug-resistant pathogenic yeast *Candida auris* on a plastic health care surface[J]. J Clin Microbiol, 2017, 55(10): 2996 - 3005.

[2] Bandara N, Samaranayake L. Emerging and future strategies in the management of recalcitrant *Candida auris*[J]. Med Mycol, 2022, 60(4): myac008.

[3] Buonanno A, Salvatore MM, Feola A, et al. Sphaeropsidin a loaded in liposomes to reduce its cytotoxicity and preserve antifungal activity against *Candida auris*[J]. Molecules, 2024, 29(24): 5949.

[4] Cortegiani A, Misseri G, Fasciana T, et al. Epidemiology, clinical characteristics, resistance, and treatment of infections by *Candida auris*[J]. J Intensive Care, 2018, 6: 69.

[5] Taori SK, Khonyongwa K, Hayden I, et al. *Candida auris* outbreak: mortality, interventions and cost of sustaining

control[J]. J Infect, 2019, 79(6): 601-611.

[6] Alvarado-Socarras JL, Vargas-Soler JA, Franco-Paredes C, et al. A cluster of neonatal infections caused by *Candida auris* at a large referral center in Colombia[J]. J Pediatric Infect Dis Soc, 2021, 10(5): 549-555.

[7] Abastabar M, Haghani I, Ahangarkani F, et al. *Candida auris* otomycosis in Iran and review of recent literature[J]. Mycoses, 2019, 62(2): 101-105.

[8] Mesini A, Saffioti C, Mariani M, et al. First case of *Candida auris* colonization in a preterm, extremely low-birth-weight newborn after vaginal delivery[J]. J Fungi (Basel), 2021, 7(8): 649.

[9] Kaur H, Singh S, Rudramurthy SM, et al. Fungaemia due to rare yeasts in paediatric intensive care units: a prospective study[J]. Mycoses, 2021, 64(11): 1387-1395.

[10] Mirhendi H, Charsizadeh A, Aboutalebian S, et al. South Asian (clade I) *Candida auris* meningitis in a paediatric patient in Iran with a review of the literature[J]. Mycoses, 2022, 65(2): 134-139.

[11] Sokou R, Palioura AE, Kopanou Taliaka P, et al. *Candida auris* infection, a rapidly emerging threat in the neonatal intensive care units: a systematic review[J]. J Clin Med, 2024, 13(6): 1586.

[12] 中华医学会检验分会临床微生物学学组. 成人耳念珠菌感染诊治防控专家共识[J]. 临床检验杂志, 2020, 38(8): 564-570.
Clinical Microbiology Group of the Laboratory Branch of the Chinese Medical Association. Expert consensus on diagnosis, treatment and prevention of adult *Candida auris* infections[J]. Chinese Journal of Clinical Laboratory Science, 2020, 38(8): 564-570.

[13] 全国医疗机构感染监测网, 中华预防医学会医院感染控制分会, 全国医院感染监控管理培训基地. 耳念珠菌医院感染预防与控制专家共识[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(23): 1907-1917.
National Medical Institution Infection Surveillance System of China, Healthcare-associated Infection Control Branch of Chinese Preventive Medicine Association, National Training Center of Hospital Infection in China. Consensus of experts on healthcare-associated infection prevention and control of *Candida auris*[J]. National Medical Journal of China, 2025, 105(23): 1907-1917.

[14] 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.

[15] El-Awady SMM. Overview of failure mode and effects analysis (FMEA): a patient safety tool[J]. Glob J Qual Saf Healthc, 2023, 6(1): 24-26.

[16] 邬燕, 陈婉, 谢永兰, 等. 基于 HFMEA 预防 ICU 多重耐药菌医院感染暴发的效果评价[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(1): 102-109.
Wu Y, Chen W, Xie YL, et al. Effect evaluation on the prevention of multidrug-resistant organism health-care-associated infection outbreak in intensive care unit based on HFMEA[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2023, 22(1): 102-109.

[17] 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.

[18] 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. Standard for disinfection in healthcare settings: GB 15982-2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[19] Eix EF, Nett JE. *Candida auris*: epidemiology and antifungal strategy[J]. Annu Rev Med, 2025, 76(1): 57-67.

[20] Cai J, Li MX, Lu S, et al. Use of failure mode and effect analysis to improve the monoclonal antibody drugs management process in pharmacy intravenous admixture services[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 4653.

[21] Haq MF, Pearlmutter BS, Cadnum JL, et al. Efficacy of 23 commonly used liquid disinfectants against *Candida auris* isolates from the 4 major clades[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2024, 45(1): 127-131.

[22] 麻翠翠, 林佳艺, 秦娅玲, 等. 耳念珠菌病原学及其消毒研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(2): 315-320.
Ma CC, Lin JY, Qin YL, et al. Progress of research on etiological characteristics and disinfection of *Candida auris*[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(2): 315-320.

[23] Sharp A, Muller-Pebody B, Charlett A, et al. Screening for *Candida auris* in patients admitted to eight intensive care units in England, 2017 to 2018[J]. Euro Surveill, 2021, 26(8): 1900730.

[24] Forsberg K, Woodworth K, Walters M, et al. *Candida auris*: the recent emergence of a multidrug-resistant fungal pathogen[J]. Med Mycol, 2019, 57(1): 1-12.

[25] Lemmen SW, Lewalter K. Antibiotic stewardship and horizontal infection control are more effective than screening, isolation and eradication[J]. Infection, 2018, 46(5): 581-590.

[26] 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.

[27] Maechler F, Schwab F, Hansen S, et al. Quantification of time delay between screening and subsequent initiation of con-

tact isolation for carriers of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing *Enterobacterales*: a post hoc subgroup analysis of the R-GNOSIS WP5 trial[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44(9): 1410-1416.

[28] Kohlenberg A, Monnet DL, Plachouras D, et al. Increasing number of cases and outbreaks caused by *Candida auris* in the EU/EEA, 2020 to 2021[J]. Euro Surveill, 2022, 27(46): 2200846.

[29] Jabeen K, Mal PB, Tharwani A, et al. Persistence of *Candida auris* on latex and nitrile gloves with transmission to sterile urinary catheters[J]. Med Mycol, 2020, 58(1): 128-132.

[30] 张茹, 张翔, 肖敏, 等. 手卫生智慧管理平台的构建与效果评价[J]. 中国护理管理, 2025, 25(1): 106-111.
Zhang R, Zhang X, Xiao M, et al. Development and effects evaluation of an intelligent management platform for hand hygiene[J]. Chinese Nursing Management, 2025, 25(1): 106-111.

[31] Ahmad S, Alfouzan W. *Candida auris*: epidemiology, diagnosis, pathogenesis, antifungal susceptibility, and infection control measures to combat the spread of infections in healthcare facilities[J]. Microorganisms, 2021, 9(4): 807.

[32] Navalkele BD, Revankar S, Chandrasekar P. *Candida auris*: a worrisome, globally emerging pathogen[J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2017, 15(9): 819-827.

[33] de Cássia Orlandi Sardi J, Silva DR, Soares Mendes-Giannini MJ, et al. *Candida auris*: epidemiology, risk factors, virulence, resistance, and therapeutic options[J]. Microb Pathog, 2018, 125: 116-121.

[34] Jones CR, Neill C, Borman AM, et al. The laboratory investigation, management, and infection prevention and control of *Candida auris*: a narrative review to inform the 2024 national guidance update in England[J]. J Med Microbiol, 2024, 73(5): 001820.

[35] Schelenz S, Hagen F, Rhodes JL, et al. First hospital outbreak of the globally emerging *Candida auris* in a European hospital[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2016, 5: 35.

[36] Biswal M, Rudramurthy SM, Jain N, et al. Controlling a possible outbreak of *Candida auris* infection: lessons learnt from multiple interventions[J]. J Hosp Infect, 2017, 97(4): 363-370.

[37] Eyre DW, Sheppard AE, Madder H, et al. A *Candida auris* outbreak and its control in an intensive care setting[J]. N Engl J Med, 2018, 379(14): 1322-1331.

[38] CDC. Infection control guidance: *Candida auris*[EB/OL]. (2025-07-18)[2025-08-05]. https://www.cdc.gov/candida-auris/hcp/infection-control/index.html.

[39] Lorenz A. *Candida auris*: methods and protocols[M]. New York, NY: Springer US, 2022.

[40] Gupta AK, Venkataraman M. Antifungal resistance in superficial mycoses[J]. J Dermatolog Treat, 2022, 33(4): 1888-1895.

[41] Cha H, Won D, Bahn YS. Signaling pathways governing the pathobiological features and antifungal drug resistance of *Candida auris*[J]. mBio, 2025, 16(5): e0247523.

[42] Lockhart SR, Etienne KA, Vallabhaneni S, et al. Simultaneous emergence of multidrug-resistant *Candida auris* on 3 continents confirmed by whole-genome sequencing and epidemiological analyses[J]. Clin Infect Dis, 2017, 64(2): 134-140.

[43] Dahiya S, Chhillar AK, Sharma N, et al. *Candida auris* and nosocomial infection[J]. Curr Drug Targets, 2020, 21(4): 365-373.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式:胡亚倩,李星,包彧雯,等. 儿童 ICU 耳念珠菌医院感染聚集调查及基于 HFMEA 的防控策略研究[J]. 中国感染控制杂志, 2026, 25(3): 385-393. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20267406.

Cite this article as: HU Yaqian, LI Xing, BAO Yuwen, et al. Cluster of *Candida auris* healthcare-associated infection in a pediatric intensive care unit as well as prevention and control strategies based on HFMEA[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(3): 385-393. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20267406.