DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263070

·论著·

儿科超细软式支气管镜微生物监测超标事件调查与干预效果研究

张 翔[1],付 路[2],郭 艳[3],金 琳[4],许 珏[5],陈文森[1]
(1. 南京医科大学第一附属医院感染管理处,江苏 南京 210029; 2. 南通市妇幼保健院感染管理科,江苏 南通 226000; 3. 郑州市第一人民医院感染管理科,河南 郑州 450004; 4. 红河州第一人民医院感染管理科,云南 红河哈尼族彝族自治州 661100; 5. 无锡 904 医院感染管理科,江苏 无锡 214000)

[摘 要] **目的** 对某三级甲等妇幼保健院一起儿科超细软式支气管镜(以下简称软镜)微生物监测超标事件开展调查与干预,为提高软镜清洗与消毒质量、减少因软镜污染而导致的医院感染提供依据。**方法** 联系厂家召回微生物超标软镜,使用管道镜探查软镜管道内部,并进行测漏;现场对终末漂洗用水系统采样;通过现场调研了解工作人员软镜处置流程及使用情况;制定干预措施。**结果** 主要问题有:①软镜管腔表面有明显划伤及表皮翘起,测漏结果显示微漏;②终末漂洗用水微生物检测超标;③部分软镜处置人员上岗前未经规范培训与考核,软镜干燥时间不足,刷洗软镜动作粗暴。针对存在问题,厂家更换软镜外皮及漂洗用水发生器过滤装置,并在终末漂洗用水出水口加装过滤器,医院采取加强对软镜处置人员的培训、考核与监管等措施后,再次检测结果合格。**结论** 本次软镜微生物超标可能由软镜表皮损伤导致生物膜形成、终末漂洗用水污染、人员操作不规范等原因所致。为预防软镜相关医院感染发生,医疗机构应定期检查使用中的软式软镜管腔并测漏,对损伤较为严重的软镜及时维修。此外,还需关注漂洗用水质量、供水管路消毒、处置人员培训与考核等情况。

[关 键 词] 软式支气管镜;儿科;管道镜;生物膜;测漏;终末漂洗用水;医院感染
[中图分类号] R181.3+2

Investigation and intervention effectiveness in a standard-exceeding event of microbial monitoring of pediatric ultrathin flexible bronchoscopes

ZHANG Xiang[1], *FU Lu*[2], *GUO Yan*[3], *JIN Lin*[4], *XU Jue*[5], *CHEN Wensen*[1](1. *Department of Infection Management, The First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University, Nanjing* 210029, *China*; 2. *Department of Infection Management, Affiliated Maternity and Child Health Care Hospital of Nantong University, Nantong* 226000, *China*; 3. *Department of Infection Management, The First People's Hospital of Zhengzhou, Zhengzhou* 450004, *China*; 4. *Department of Infection Management, The First People's Hospital of Honghe State, Honghe Hani and Yi Autonomous Prefecture* 661100, *China*; 5. *Department of Infection Management, Wuxi* 904 *Hospital, Wuxi* 214000, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To investigate and intervene in a standard-exceeding event of microbial monitoring of pediatric ultrathin flexible bronchoscopes in a tertiary first-class maternity and child health care hospital, and to provide a basis for improving the cleaning and disinfection quality of flexible bronchoscopes and reducing healthcare-associated infection (HAI) caused by contamination of flexible bronchoscopes. **Methods** Flexible bronchoscopes with microbial contamination were recalled through contacting the manufacturer. The internal channels of the flexible bronchoscopes were examined using borescope, and leakage was tested. On-site sampling of the final rinse water system was conducted. The usage and disposal procedures of flexible bronchoscopes implemented by staff were investigated through on-site survey. Intervention measures were developed. **Results** The main problems were: ① There were visible scratches and epidermal lifting on the tube surface of flexible bronchoscopes, with leakage testing indicating minor leakage. ② Microbial detection of the final rinse water exceeded standards. ③ Some flexible bronchoscopes

[收稿日期] 2025－10－30
[基金项目] 江苏省医院协会医院管理创新研究课题(JSYGY－3－2025－683)
[作者简介] 张翔(1982－),男(汉族),安徽省淮南市人,副研究员,主要从事医院感染管理研究。
[通信作者] 陈文森 E-mail:wensenchen@njmu.edu.cn

handling personnel lacked standardized pre-service training and assessment, leading to inadequate drying time and rough brushing of the bronchoscopes. In response to the existing problems, the manufacturer replaced the flexible bronchoscopes outer sheath and the filter for the rinse water generator, and installed a filter at the outlet of the final rinse water. After the hospital strengthened training, assessment, and supervision of the personnel handling flexible bronchoscopes, the re-inspection results were qualified. **Conclusion** The microbial count exceeding the standard for flexible bronchoscopes may be attributed to biofilm formation resulting from surface damage, contamination of final rinse water, and improper personnel handling. To prevent HAI related to flexible bronchoscopes, medical institutions should regularly inspect the lumens of in-use flexible bronchoscopes and test leakage, promptly repair those with significant damage. In addition, it is necessary to pay attention to the quality of rinse water, disinfection of water supply lines, as well as training and assessment of disposal personnel.

[**Key words**] flexible bronchoscope; pediatrics; borescope; biofilm; leakage testing; final rinse water; healthcare-associated infection

随着医疗水平的提高，软式支气管镜（简称软镜）被广泛用于肺部疾病的检查、诊断和治疗[1]。儿童，尤其是婴幼儿的呼吸系统较为脆弱，呼吸系统疾病常见，诊疗时常需要使用软镜[2]。儿科软镜使用频率较高，一旦消毒效果达不到要求，存在医院感染甚至感染暴发的风险[1,3-7]，严重危害就诊患儿身心健康。美国疾病预防控制中心（CDC）发布的指南[4]指出，内镜相关卫生保健感染暴发事件多于其他医疗设备相关感染暴发事件。2023 年 11 月，江苏省某三级甲等妇幼保健院感染管理部门对消毒后的儿科软镜开展常规微生物监测，发现其中 1 件超细软镜微生物超标，随即开展调查，采取针对性干预措施后，检测合格。现将本次事件处置过程报告如下。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 收集江苏省某三级甲等妇幼保健院儿科气管镜室使用中的 3 件软镜（分别编为 1、2、3 号），以及配套漂洗用水系统、软镜处置流程及清洗消毒人员配置情况等信息。1 号软镜在常规监测中连续 2 次菌落数均超标：首次检测菌落数为 153 CFU/件，复查菌落数为 91 CFU/件。2 号和 3 号软镜、软镜消毒剂（主要成分为过氧乙酸）、工作人员手及软镜清洗消毒工作站表面在初次常规监测中微生物检测结果均合格，其中 2、3 号软镜检测菌落数分别为 4、1 CFU/件。3 件软镜均为奥林巴斯公司生产，1 号软镜管径最细（内径为 1.13 mm），使用对象主要为婴幼儿及低龄儿童；2、3 号软镜内径分别为 2.00、1.70 mm，使用对象主要为较大龄儿童。纯水发生器品牌及型号为锐思捷 Spring-S80，启用时间为 2023 年 4 月 4 日，过滤器孔径为 0.2 μm，厂家建议过滤器使用时长不超过 6 个月。

1.2 *研究方法*

1.2.1 *微生物采样与检测* 对 3 件软镜、纯化水发生器出水端出水、终末漂洗龙头出水、软镜清洗刷、压力气枪压缩空气进行微生物采样，并鉴定检出微生物，必要时进行药敏试验。根据《软式内镜清洗消毒技术规范 WS 507—2016》《医院消毒卫生标准 GB 15982—2012》及《医疗机构消毒技术规范 WS/T 367—2012》[8-10]，进行采样、检测及结果判定。

1.2.1.1 *软镜检测方法与判定标准* 检测方法参照《软式内镜清洗消毒技术规范 WS 507—2016》[8]中“内镜消毒质量监测”章节进行，菌落总数≤20 CFU/件为合格。

1.2.1.2 *终末漂洗用水检测方法* 检测方法参照《生活饮用水卫生标准 GB 5749—2022》[11]。终末漂洗用水参照纯化水标准[8]，菌落总数≤10 CFU/100 mL 为合格。

1.2.1.3 *软镜清洗刷检测方法* 使用无菌采样棒蘸取含有中和剂的洗脱液，对清洗消毒后的软镜清洗刷（非一次性使用）进行采样后培养。采样及检测方法参照《医疗机构消毒技术规范 WS/T 367—2012》[10]。

1.2.1.4 *压力气枪压缩空气检测方法* 参考《压缩气体 第 7 部分：活性微生物含量测量方法 GB/T 13277.7—2021》[12]，采用定性检测方法：打开营养琼脂培养皿，为防止损坏琼脂，将压力气枪放置在距离培养皿约 50 cm 处，打开气枪阀门对准培养皿吹气 5 s 后送检。

1.2.1.5 *细菌鉴定与药敏试验* 挑取培养皿典型菌落进行细菌鉴定。细菌鉴定采用 VITEK MS 全自动快速微生物质谱检测仪（法国生物梅里埃公司）。药敏试验采用 VITEK 2 Compact 全自动药敏分析系统（法国生物梅里埃公司）或 K-B 琼脂扩散法药敏纸片（英国 Oxoid 公司），药敏结果参照 2023 年版美国临床实验室标准化协会（Clinical and Laboratory Standards Institute，CLSI）标准进行判读。

1.2.2 *软镜管道检测* 使用管道探查镜对软镜管

道内部进行可视化探查，查看软镜内部损坏情况。

1.2.3 现场调研 感染管理人员现场查看工作人员处置软镜情况与相关记录，并访谈相关人员。

1.2.4 制定并实施干预措施 由感染管理部门组织，召集相关科室管理人员、参与清洗消毒软镜人员、临床工程处人员、软镜厂家技术人员、纯化水发生器厂家技术人员、消毒剂厂家技术人员、消毒供应中心人员等，共同探讨、制定干预措施，并实施干预。制定干预措施包括：(1)更换 1 号软镜表皮部分；(2)对终末漂洗用水管路进行清洁消毒；(3)更换终末漂洗用纯化水发生器预处理过滤器，并在漂洗用水出水口加装一组过滤器(美国 Pall Kleenpak，滤径为 0.2 μm，见图 1)；(4)对所有参与软镜处置人员重新进行全流程规范化培训与考核；(5)感染管理部门及科室医院感染管理小组加强监管。干预措施实施过程中，除措施(2)由于特殊原因未能及时实施外，其余措施均迅速执行到位。

2 结果

2.1 微生物检测结果 1 号软镜首次检测菌落数为 153 CFU/件，复查结果为 91 CFU/件，检出 3 种菌，分别为嗜麦芽窄食单胞菌、脑膜脓毒性伊丽莎白金菌和产吲哚金黄杆菌；终末漂洗龙头出水检测菌落数为 80 CFU/100 mL，检出 3 种菌分别为嗜麦芽窄食单胞菌、栖稻黄色单胞菌和皮氏罗尔斯顿菌；纯水发生器出水检测菌落数为 8 CFU/100 mL，虽然合格，但已接近标准上限(10 CFU/100 mL)，检出 1 种菌为皮氏罗尔斯顿菌；软镜清洗刷和压力气枪压缩空气未检出细菌。1 号软镜与终末漂洗龙头出水检出的嗜麦芽窄食单胞菌对米诺环素、左氧氟沙星、复方磺胺甲噁唑药敏结果一致，终末漂洗龙头出水与纯水发生器出水检出的皮氏罗尔斯顿菌药敏谱基本一致。检出菌药敏结果见表 1。



图 1 漂洗用水出水口加装的 Pall Kleenpak 过滤器图片

Figure 1 Pall Kleenpak filter installed at the rinse water outlet

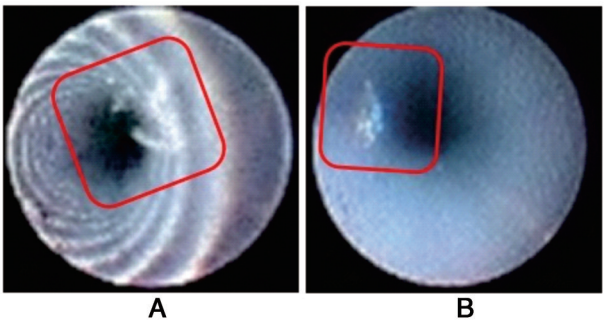
表 1 1 号软镜与终末漂洗龙头及纯水发生器出水检出菌药敏结果

Table 1 Antimicrobial susceptibility testing results of bacteria detected from the No. 1 flexible bronchoscope, terminal rinsing faucet, and purified water generator

抗菌药物	1 号软镜			终末漂洗龙头出水		纯水发生器出水
	脑膜脓毒性伊丽莎白金菌	产吲哚金黄杆菌	嗜麦芽窄食单胞菌	嗜麦芽窄食单胞菌	皮氏罗尔斯顿菌	皮氏罗尔斯顿菌
替卡西林/克拉维酸	R	R	-	-	R	R
哌拉西林/他唑巴坦	-	R	-	-	R	R
头孢他啶	R	R	-	-	R	I
头孢吡肟	R	R	-	-	I	I
头孢哌酮/舒巴坦	I	R	-	-	S	S
氨曲南	R	R	-	-	R	R
亚胺培南	R	R	-	-	R	R
美罗培南	R	R	-	-	R	R
阿米卡星	R	R	-	-	R	R
妥布霉素	R	R	-	-	R	R
多西环素	-	S	-	-	S	S
替加环素	-	R	-	-	S	S
米诺环素	-	S	S	S	S	S
环丙沙星	R	R	-	-	S	S
左氧氟沙星	R	R	S	S	S	S
复方磺胺甲噁唑	-	S	S	S	S	S
黏菌素	-	R	-	-	R	R

注：R 表示耐药，I 表示中介，S 表示敏感；- 表示未进行药敏试验；终末漂洗龙头出水检出的栖稻黄色单胞菌由于与 1 号软镜及纯水发生器出水检出菌不同，因此没有进行药敏试验。

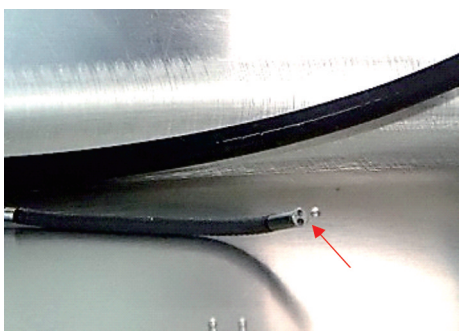
2.2　软镜内部检查　奥林巴斯软镜厂家检修报告显示，被检软镜内部有多处明显划痕、表皮翘起，见图 2；测漏发现钳子管微漏，见图 3。



注：图 A 展示从先端钳子口探查，距先端约 10～200 mm 范围内多处划伤、表皮翘起现象中的一处典型照片。图 B 展示从把手侧钳子口探查，距钳子口约 80～115 mm 范围内划伤、表皮翘起现象中的一处典型照片。

图 2　软镜管道探查镜拍摄软镜内部划痕及表皮翘起示例

Figure 2　Example of internal scratches and skin lifting of flexible bronchoscope captured by borescope



注：红色箭头指示微漏位置。

图 3　软镜测漏检测结果显示钳子管微漏

Figure 3　Slight leakage of the forceps tube detected by flexible bronchoscope leakage testing

2.3　现场调研　现场调研发现存在以下问题及隐患：(1)测漏和清洗过程中，因液体量不足，软镜未完全浸没于液体，操作部分外露。(2)终末漂洗用纯化水发生器预处理过滤器未及时更换。厂家建议预处理过滤器最长使用时间不超过 6 个月，但监测采样时预处理过滤器已超过最长使用时限 1 个月。(3)软镜工作站无自身消毒功能。既往根据科室需要请第三方公司采用化学消毒剂消毒(1～2 次/年)，查阅记录最近一次消毒为 9 个月前。(4)入秋后，呼吸道疾病患儿数量骤增，导致儿科软镜使用频率增加。儿科先后从病区抽调 4 名护士参与软镜处置工作，但上岗前均未经过全流程规范化培训与考核，个别人员处置软镜时存在干燥时间不够、刷洗动作粗暴等问题。

2.4　干预结果　干预后连续 2 次(间隔 1 周)对 1 号软镜及终末漂洗用水进行微生物检测，软镜检测结果分别为 1、3 CFU/件，终末漂洗用水检测结果分别为 5、6 CFU/100 mL，均符合规范要求，提示干预措施有效。

3　讨论

本次事件中暴露出的问题及对策如下。

(1)软镜内部表面损坏。软镜管道探查镜检查发现，1 号软镜内部通道表面有多处明显划伤及表皮翘起，可能促进有机物残留及生物膜形成，引起软镜污染并难以通过常规手段去除，与研究[3-4,13-17]结论一致。其余 2 件软镜微生物检测结果均未超标，故推测该原因为 1 号软镜清洗消毒不合格的主要原因，且后期干预效果也提供了佐证。1 号软镜管径极细，短时间内高频次使用与清洗消毒可能加速其内部表面损坏，其检出的脑膜脓毒性伊丽莎白金菌与产吲哚金黄杆菌可能来自人体或被污染的终末漂洗用水，且均为多重耐药菌，需加强监测。1 号软镜与终末漂洗龙头出水检出的嗜麦芽窄食单胞菌药敏谱一致，终末漂洗龙头出水与纯水发生器出水检出的皮氏罗尔斯顿菌药敏谱基本一致，推测污染可能存在一定关联。

对策：定期对软镜损坏情况进行检查。常规方法包括微生物培养和检测蛋白质、血红蛋白及三磷酸腺苷(ATP)[3,18-19]。本研究中，软镜厂家使用管道镜检查软镜工作通道，该直观检查方法已有报道[15,17,20-21]。1 号软镜存在持续生物污染，推测管路中存在生物膜。扫描电子显微镜法(scanning electron microscopy，SEM)是检测内镜管路生物膜的“金标准”，但需要破坏内镜管路结构[22]，实施代价与难度较大。采用管道镜可视系统检测属于比较新型的方法，可检查内镜管路中的划痕、破损、起皮、水分、残留物等，间接推断生物膜的存在[15,17,20-21]。建议必要时请专业机构(如内镜厂家)通过管道镜检查使用中的软镜，及时修复较为明显的划痕、破损、起皮等情况[3]。也有学者建议采用光学放大镜和管道镜相结合的方法定期检查软式内镜[3,16]。此外，人工智能(如深度卷积神经网络学习技术)可用于评估软式内镜管道的损伤和残留，总体灵敏度为

91.4%[15]，有望成为未来软式内镜管道检查方法的发展方向。

(2)软镜测漏不过关。推测钳子管微漏与软镜表面损坏有关。一旦软镜密闭腔体破损，诊疗和清洗时的体液、分泌物、漂洗用水等会进入镜体内部，不仅影响软镜使用寿命，还会增加污染风险并影响清洗消毒质量[4,23]。

对策：严格实施测漏。根据《软式内镜清洗消毒技术规范 WS 507—2016》[8]要求，应在每次清洗软镜前进行测漏。条件不允许时，应至少每天测漏 1 次。测漏时应将软镜完全浸没于水中，如发现渗漏，应及时送修。

(3)终末漂洗用水微生物超标。终末漂洗用水微生物超标是导致软镜清洗消毒失败的重要原因，可能引发医院感染甚至暴发[7]。本次事件中，虽然纯水发生器出水检测合格，但其过滤器未按厂家建议及时更换；而终末漂洗龙头出水微生物超标，提示管路可能存在污染。纯水发生器出水及终末漂洗用水出水均检测到多重耐药的皮氏罗尔斯顿菌，药敏谱基本一致。造成超标的主要原因可能有：过滤器更换不及时，管路缺乏定期消毒，以及软镜工作站无自身消毒装置，清洁消毒周期过长且较随意[1,24]。研究[24]显示，仅更换过滤器不能彻底解决问题，需同时处理管路污染。由于事发时《内镜清洗工作站 YY/T 0992—2023》[25]尚未正式执行，且未及时对管路进行消毒，故在出水口加装过滤器。干预后复查终末漂洗用水合格，说明该措施至少在短时间内有效，但仍不能忽略对用水管路消毒的管理。

对策：①定期(如每季度)对终末漂洗用水进行微生物监测，推荐使用滤膜法以提高检出率[8]。若终末漂洗用水检测不合格，应及时查找原因。②严格按照厂家使用说明或根据使用情况更换过滤器，以确保纯水发生器出水端水质，且有关部门应做好登记与监管。③选购具有自身消毒程序的软镜工作站，或加装外置消毒装置，定期对软镜工作站用水管路系统进行消毒，确保用水质量。

(4)部分软镜处理人员操作不规范。部分人员上岗前未接受系统培训与考核，存在干燥时间不足、刷洗动作粗暴等问题。内镜通道干燥不充分是残留病原体在储存期间存活的可能原因，残留水分可能促进细菌增殖和生物膜形成[4,26-28]。刷洗粗暴可能损伤软镜管腔，造成划痕或碎裂，加速细菌增殖和生物膜形成[13]。

对策：①软镜处置人员上岗前必须接受培训及考核，清楚软镜处置流程及职责，并对自己行为负责，以确保软镜清洗消毒质量[4,15,20-21,24,29-33]。②确保干燥时间，应使用动力泵或压力气枪向软镜各管道充气至少 30 s，以确保软镜内部干燥[8]。刷洗软镜时应控制力度，不可过于粗暴。条件允许时，可使用全自动清洗－消毒－干燥一体化装置替代人工处置，以减少人为因素带来的不利影响[1,4,29,31,34]。

本研究存在一定局限性：(1)未直接通过电镜检查软镜内部划伤处及表皮翘起处的生物膜情况，也未对损伤部位取样培养，只能间接推断生物膜存在并导致软镜清洗消毒不合格。(2)未对检出菌进行同源鉴定以证实其相关性。因 2、3 号软镜检出菌落数极少，未对其开展微生物鉴定及药敏试验，故无法佐证 3 支软镜污染可能存在的关联。(3)未能及时对终末漂洗用水管路进行彻底消毒。(4)未对患者开展追踪随访，以了解软镜污染是否导致医院感染发生。

综上所述，本次软镜微生物超标事件可能由多种因素共同作用所致，应严格按照要求做好各项措施，避免因微生物污染导致医院感染。以上措施同样适用于对其他类型软镜的处置。

作者贡献声明：张翔负责研究总体设计、调查方案制定、数据分析及论文初稿撰写。付路参与现场流行病学调查、干预措施实施及数据采集。郭艳负责微生物采样、实验室检测。金琳协助干预效果评估、数据整理与统计分析。许珏参与文献检索、质量管理工具应用及流程改进记录。陈文森负责研究全程指导、干预策略审核、定稿。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Zhang YJ, Zhou HJ, Jiang QQ, et al. Bronchoscope-related *Pseudomonas aeruginosa* pseudo-outbreak attributed to contaminated rinse water[J]. Am J Infect Control, 2020, 48(1): 26－32.

[2] Ho E, Wagh A, Hogarth K, et al. Single-use and reusable flexible bronchoscopes in pulmonary and critical care medicine [J]. Diagnostics (Basel), 2022, 12(1): 174.

[3] Ofstead CL, Quick MR, Wetzler HP, et al. Effectiveness of reprocessing for flexible bronchoscopes and endobronchial ultrasound bronchoscopes[J]. Chest, 2018, 154(5): 1024－1034.

[4] Rutala WA, Weber DJ, the Healthcare Infection Control Prac-

tices Advisory Committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities, 2008[EB/OL]. [2025 - 09 - 13]. https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Disinfection-H.pdf.

[5] Guy M, Vanhems P, Dananché C, et al. Outbreak of pulmonary *Pseudomonas aeruginosa* and *Stenotrophomonas maltophilia* infections related to contaminated bronchoscope suction valves, Lyon, France, 2014[J]. Euro Surveill, 2016, 21(28): P1 - P9.

[6] Alipour N, Karagoz A, Taner A, et al. Outbreak of hospital infection from biofilm-embedded pandrug-resistant *Pseudomonas aeroginosa*, due to a contaminated bronchoscope[J]. J Prev Med (Wilmington), 2017, 2(2): 1.

[7] Mehta AC, Muscarella LF. Bronchoscope-related "superbug" infections[J]. Chest, 2020, 157(2): 454 - 469.

[8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 软式内镜清洗消毒技术规范: WS 507—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Regulation for cleaning and disinfection technique of flexible endoscope: WS 507 - 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[9] 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.

[10] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范: WS/T 367—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Regulation of disinfection technique in healthcare settings: WS/T 367 - 2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[11] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 生活饮用水卫生标准: GB 5749—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Standards for drinking water quality: GB 5749 - 2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.

[12] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 压缩空气 第 7 部分: 活性微生物含量测量方法: GB/T 13277.7—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Compressed air—part 7: test method for viable microbiological contaminant content: GB/T 13277.7 - 2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.

[13] Chung KH, Chae JD, Choe W, et al. Efficacy of a novel channel-cleaning ball brush for endoscope reprocessing: a randomized controlled trial[J]. Clin Endosc, 2022, 55(5): 674 - 682.

[14] Yassin MH, Hariri R, Hamad Y, et al. Disposable bronchoscope model for simulating endoscopic reprocessing and surveillance cultures[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2017, 38(2): 136 - 142.

[15] Barakat MT, Girotra M, Banerjee S. Initial application of deep learning to borescope detection of endoscope working channel damage and residue[J]. Endosc Int Open, 2022, 10(1): E112 - E118.

[16] Ofstead CL, Smart AG, Hopkins KM, et al. The utility of lighted magnification and borescopes for visual inspection of flexible endoscopes[J]. Am J Infect Control, 2023, 51(1): 2 - 10.

[17] Barakat MT, Girotra M, Huang RJ, et al. Scoping the scope: endoscopic evaluation of endoscope working channels with a new high-resolution inspection endoscope (with video)[J]. Gastrointest Endosc, 2018, 88(4): 601 - 611.e1.

[18] Ofstead CL, Wetzler HP, Heymann OL, et al. Longitudinal assessment of reprocessing effectiveness for colonoscopes and gastroscopes: results of visual inspections, biochemical markers, and microbial cultures[J]. Am J Infect Control, 2017, 45(2): e26 - e33.

[19] Washburn RE, Pietsch JJ. Assessment of test methods for evaluating effectiveness of cleaning flexible endoscopes[J]. Am J Infect Control, 2018, 46(6): 685 - 688.

[20] Thaker AM, Kim S, Sedarat A, et al. Inspection of endoscope instrument channels after reprocessing using a prototype borescope[J]. Gastrointest Endosc, 2018, 88(4): 612 - 619.

[21] Wallace MM, Keck T, Dixon H, et al. Borescope examination and microbial culture results of endoscopes in a tertiary care hospital led to changes in storage protocols to improve patient safety[J]. Am J Infect Control, 2023, 51(4): 361 - 366.

[22] 李晔, 胡国庆. 临床使用软式内镜生物膜污染研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2021, 38(7): 542 - 545.
Li Y, Hu GQ. Research progress on biofilm contamination of flexible endoscopes in clinical use[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2021, 38(7): 542 - 545.

[23] 耿向南, 彭澎, 许翔, 等. 全自动电子内窥镜测漏器的设计[J]. 中国医疗设备, 2018, 33(11): 86 - 88.
Geng XN, Peng P, Xu X, et al. Design of automatic leak detector for electronic endoscope[J]. China Medical Devices, 2018, 33(11): 86 - 88.

[24] Walker JT, Bak A, Marsden G, et al. Final rinse water quality for flexible endoscopy to minimize the risk of post-endoscopic infection. Report from Healthcare Infection Society Working Party[J]. J Hosp Infect, 2022, 124: 79 - 96.

[25] 国家药品监督管理局. 内镜清洗工作站: YY/T 0992—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
National Medical Products Administration. Endoscopic washing station: YY/T 0992 - 2023[S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.

[26] Tian HF, Sun J, Guo SN, et al. The effectiveness of drying on residual droplets, microorganisms, and biofilms in gastro-

intestinal endoscope reprocessing: a systematic review[J]. Gastroenterol Res Pract, 2021, 2021: 6615357.

[27] Kovaleva J. Endoscope drying and its pitfalls[J]. J Hosp Infect, 2017, 97(4): 319-328.

[28] Beilenhoff U. Endoscope reprocessing: how to perform an adequate air drying? [J]. Endosc Int Open, 2023, 11(4): E440-E442.

[29] Kenters N, Huijskens EGW, Meier C, et al. Infectious diseases linked to cross-contamination of flexible endoscopes[J]. Endosc Int Open, 2015, 3(4): E259-E265.

[30] Kakoullis L, Economidou S, Mehrotra P, et al. Bronchoscopy-related outbreaks and pseudo-outbreaks: a systematic review[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2024, 45(4): 509-519.

[31] Solanky D, Bardossy AC, Novosad S, et al. Microbiological characteristics, transmission routes, and mitigation measures in bronchoscope-associated investigations: Summary of Centers for Disease Control and Prevention (CDC) consultations, 2014-2022[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44(12): 2052-2055.

[32] Kenters N, Tartari E, Hopman J, et al. Worldwide practices on flexible endoscope reprocessing[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2018, 7: 153.

[33] Saliou P, Calmettes L, Le Bars H, et al. Both microbiological surveillance and audit of procedures improve reprocessing of flexible bronchoscopes and patient safety[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2022, 43(10): 1466-1472.

[34] Barakat MT, Huang RJ, Banerjee S. Comparison of automated and manual drying in the elimination of residual endoscope working channel fluid after reprocessing (with video)[J]. Gastrointest Endosc, 2019, 89(1): 124-132. e2.

(本文编辑:翟若南)

本文引用格式:张翔,付路,郭艳,等. 儿科超细软式支气管镜微生物监测超标事件调查与干预效果研究[J]. 中国感染控制杂志, 2026,25(7):1042-1048. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20263070.

Cite this article as: ZHANG Xiang, FU Lu, GUO Yan, et al. Investigation and intervention effectiveness in a standard-exceeding event of microbial monitoring of pediatric ultrathin flexible bronchoscopes [J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(7): 1042-1048. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20263070.