

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20262487

论著·消毒与感控专题

过滤消毒与管路清洁对内镜终末漂洗水微生物的控制研究

徐友富¹, 张亚迪¹, 曹晋桂¹, 马文杰¹, 沈 炜²

(空军特色医学中心 1. 疾病预防控制科; 2. 医研部, 北京 100142)

[摘要] **目的** 某三级甲等医院新建纯化水系统, 为确保消化内镜中心终末漂洗水达到规范要求, 对总纯化水管路和内镜终末漂洗水进行微生物监测, 分析终末漂洗水微生物超标原因并提出解决方案, 为处置类似事件提供参考。**方法** 采集内镜自动清洗消毒机和清洗工作站水样, 分析其微生物污染状况。通过在内镜自动清洗消毒机和内镜清洗工作站终末漂洗槽前端加装滤膜、安装紫外线灯以及进行管路清洁等措施, 评估不同过滤消毒组合对纯化水中微生物的杀灭效果, 验证过滤消毒组合和管路消毒协同干预的可行性。**结果** 0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜 + 紫外线灯、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜 + 紫外线灯以及 0.1 μm 滤膜均可使进入内镜自动清洗消毒机和终末漂洗槽的纯化水中菌落总数 ≤ 10 CFU/100 mL。达标纯水进入内镜自动清洗消毒机和清洗工作站后, 终末漂洗水中菌落总数超标。对内镜自动清洗消毒机和清洗工作站进行自身管路消毒后, 终末漂洗水微生物合格率从 0 提升至 100%。**结论** 过滤消毒组合优化与管路深度清洁的协同策略可有效降低纯化水中微生物含量, 保障软式内镜诊疗用水安全。

[关键词] 软式内镜; 终末漂洗水; 过滤消毒组合; 管路清洁

[中图分类号] R187

Control of microbes in final rinse water of endoscopes by filtration disinfection and pipeline cleaning

XU Youfu¹, ZHANG Yadi¹, CAO Jingui¹, MA Wenjie¹, SHEN Wei² (1. Department of Disease Control and Prevention; 2. Department of Medical Research, Air Force Medical Center, PLA, Beijing 100142, China)

[Abstract] **Objective** A tertiary first-class hospital installed a new purified water system, in order to ensure that the final rinse water in the digestive endoscopy center met the regulatory requirements, microbial monitoring was conducted on the main purified water pipeline and endoscope final rinse water. The causes of limit-exceeding of microbes were analyzed, and solutions were proposed to provide reference for disposal of similar incidents. **Methods**

Water specimens from the automated endoscope reprocessor (AER) and cleaning workstation were collected, and microbial contamination level was analyzed. By implementing measures such as installing filter membranes, installing ultraviolet lamp (UV) lamps, and conducting pipeline cleaning at AER and the front end of final rinse tank in endoscope cleaning workstations, bactericidal effects of different combinations of filtration-disinfection on microbes in purified water were evaluated to verify the feasibility of synergistic intervention of filtration-disinfection combination and pipeline disinfection. **Results** 0.2 μm filter membrane + 0.45 μm filter membrane + UV lamp, 0.2 μm filter membrane + 0.2 μm filter membrane, 0.2 μm filter membrane + 0.2 μm filter membrane + UV lamp, and 0.1 μm filter membrane could all ensure the total number of bacteria in purified water entering AER and final rinsing tank ≤ 10 CFU/100 mL. After the qualified purified water reaching AER and endoscope cleaning workstation, the total bacterial count in the final rinse water exceeded the limit. After disinfection AER and the pipelines of endoscope cleaning workstation, the microbial qualified rate of the final rinse water increased from 0 to 100%. **Conclusion** The synergistic strategy of optimizing the filtration-disinfection combination and conducting thorough pipeline cleaning

[收稿日期] 2025-05-07

[作者简介] 徐友富(1981-), 男(汉族), 山东省潍坊市人, 主管技师, 主要从事医院感染预防与控制研究。

[通信作者] 沈炜 E-mail: 287396728@qq.com

ning can effectively reduce microbial content in purified water, ensuring the safety of water used for flexible endoscopy diagnosis and treatment.

[Key words] flexible endoscope; final rinse water; filtration-disinfection combination; pipeline cleaning

软式内镜是一种直接进入人体腔道或无菌组织进行诊断和治疗的中高度危险性医疗器械,也是最易引起医院交叉感染的医疗器械之一。在软式内镜清洗和消毒过程中,终末漂洗作为最后环节,同时也是最易引起微生物污染的阶段。研究^[1-4]显示,内镜终末漂洗水标本中超过 60% 不合格,可分离出铜绿假单胞菌、军团菌及分枝杆菌等条件致病菌。这些病原微生物可引发呼吸道感染、手术部位感染乃至血流感染,给内镜再处理带来较大风险。国内学者调查^[5-7]发现,不同省市医院终末漂洗水普遍存在污染现象,整体合格率仅为 30%~70%。内镜的清洗消毒已成为医院感染防控的重点,保证合格的清洗用水水质是保障内镜清洗消毒质量的关键环节。《软式内镜清洗消毒技术规范》(WS 507—2016)^[8]规定终末漂洗水应为纯化水或无菌水,且细菌总数 ≤ 10 CFU/100 mL。然而,有研究^[9]指出,自来水经过纯水制备系统处理后,水中细菌含量反而可能升高,在新建内镜中心的管路中尤为常见。北京市某三级甲等医院虽已加装纯化水过滤装置,但终末漂洗水中微生物含量仍超标。因此,本研究通过分析该医院新建纯水系统案例,提出升级“过滤

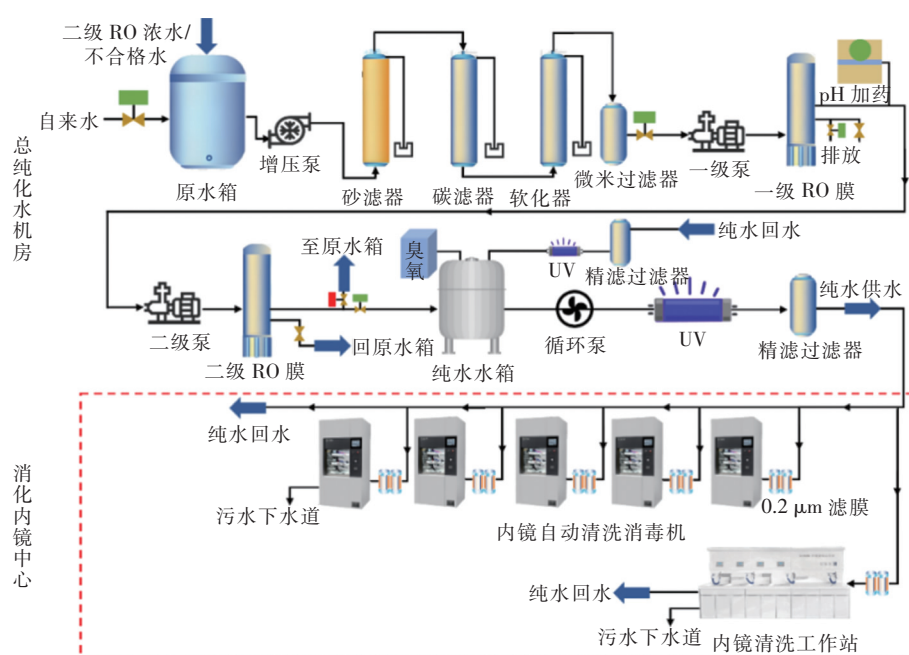
消毒-清洁”双干预策略,为控制终末漂洗水微生物含量提供借鉴依据。

1 资料与方法

1.1 门诊楼纯化水制备系统 门诊楼新建总纯化水机房,纯化水中微生物限值为菌落总数 ≤ 100 CFU/mL,作为消化内镜中心医疗用水水源。纯化水设备制水过程及消化内镜中心加装滤膜后纯化水流向情况见图 1。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 试验设计 对总纯水机房的供水管路、回水管路、内镜自动清洗消毒机和清洗工作站终末漂洗水进行微生物检测。选取 5 种过滤消毒组合(0.2 μ m 滤膜 + 0.45 μ m 滤膜、0.2 μ m 滤膜 + 0.45 μ m 滤膜 + 紫外灯、0.2 μ m 滤膜 + 0.2 μ m 滤膜 + 紫外灯、0.1 μ m 滤膜)加装于内镜自动清洗消毒机和清洗工作站终末漂洗槽前端,评价不同消毒模块的消毒效果。试验设计流程图见图 2。



注:RO 为反渗透,UV 为紫外线。

图 1 总纯水机房纯化水设备流程图

Figure 1 Flow chart of purified water equipment in central equipment room of purified water

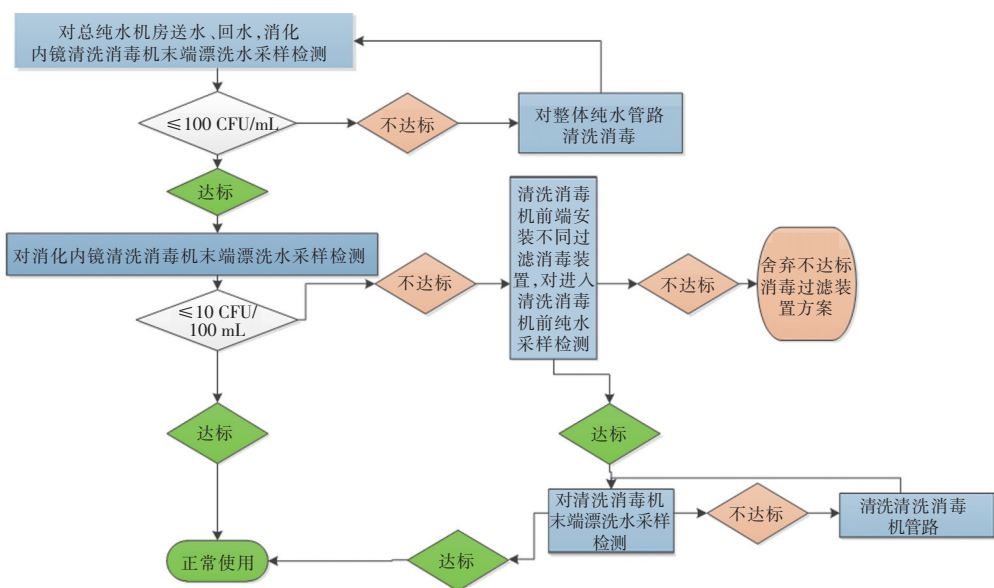


图 2 终末漂洗水过滤消毒试验设计流程图

Figure 2 Flowchart of experiment design for filtration disinfection for final rinse water

1.2.2 试验方法 本研究对经过滤消毒装置后进入内镜自动清洗消毒机和清洗工作站前的纯化水、

经过内镜自动清洗消毒机和清洗工作站后的终末漂洗水采样。具体采样点位见图 3。

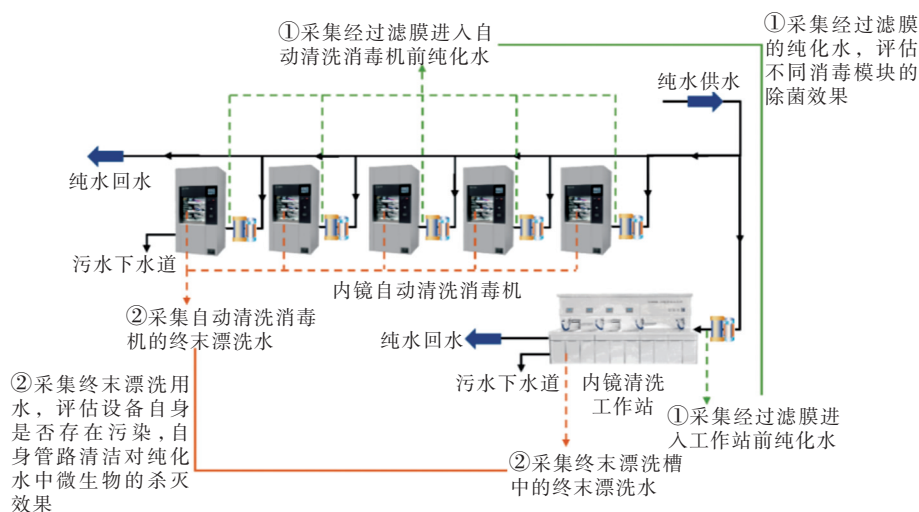


图 3 终末漂洗水过滤消毒试验的采样点位图

Figure 3 Sampling sites for the experiment on filtration disinfection for final rinse water

1.3 采样与检测方法

1.3.1 采样方法 参照《中华人民共和国药典 2020 版》^[10]、《医院消毒卫生标准》(GB 15982—2012)^[11]、《医疗机构消毒技术规范》(WS/T 367—2012)^[12]、《软式内镜清洗消毒技术规范》(WS 507—2016)^[8]中相关要求对纯化水进行采集。采集前用 75%乙醇的棉球对采样口内外部擦拭消毒, 打开管路放流 10 min, 用无菌采样瓶接取 100 mL 水标本, 2 h 内送至实验室进行微生物检测。

1.3.2 检测方法 微生物检测采用平板涂布法和薄膜过滤法, 将采集后的水样充分混匀, 分别取 1.0 mL 水样接种至两个营用琼脂培养基上, (36 ± 1) °C 培养 48 h。将剩余水样用 0.45 μm 孔径的滤膜过滤浓缩, 将滤膜接种在 R2A 培养基上, 于 30 °C 培养 5 d 后统计细菌数。同时取同批次的营养琼脂培养基和 R2A 培养基作为空白对照。

1.4 结果判定 按照《中华人民共和国药典 2020 版》^[10]和《软式内镜清洗消毒技术规范》(WS

507—2016)^[8]进行结果判定。总纯化水菌落总数≤100 CFU/mL,消化内镜终末漂洗水菌落总数≤10 CFU/100 mL,判定为合格。

1.5 统计分析 应用 SPSS 23.0 进行数据分析,采用卡方检验进行率的比较, $P\leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总纯化水检测结果 由总纯化水机房制造产生的纯化水作为门诊楼各科室医疗用水的水源,研

究采集了总供水管路和总回水管路中的水标本,结果显示菌落总数均≤100 CFU/mL。

2.2 不同消毒模块对纯化水中微生物的去除效果
2.2.1 不同消毒模块终末漂洗用水中菌落总数比较 结果显示除 0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜外,其余模块组合均可使进入内镜自动清洗消毒机和清洗工作站之前的纯化水菌落总数≤10 CFU/100 mL。但进入内镜自动清洗消毒机和清洗工作站后,终末漂洗水中微生物含量均>10 CFU/100 mL,0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜模块组合终末漂洗水中微生物含量不可计数。见表 1。

表 1 安装不同消毒模块后进机前纯化水和进机后终末漂洗水菌落检出情况 (CFU/100 mL)
Table 1 Detection of bacterial colonies in purified water before entering AER and final rinse water after entering AER after installation of different disinfection modules (CFU/100 mL)

滤膜组合	内镜自动清洗消毒机采样点							内镜清洗工作站采样点	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2
0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜									
进机前纯化水	76	65	77	68	54	66	47	89	85
进机后终末漂洗水	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜 + 紫外灯									
进机前纯化水	0	0	0	0	0	0	0	0	0
进机后终末漂洗水	20	24	48	28	30	38	44	50	57
0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜									
进机前纯化水	1	0	0	0	0	0	0	0	0
进机后终末漂洗水	16	28	54	32	29	40	44	56	58
0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜 + 紫外灯									
进机前纯化水	0	0	0	0	0	0	0	0	0
进机后终末漂洗水	15	20	35	25	24	30	38	48	49
0.1 μm 滤膜									
进机前纯化水	0	0	0	0	0	0	0	0	0
进机后终末漂洗水	22	30	44	31	18	25	36	58	56

注:所有消毒模块下进机后终末漂洗水检测结果均为不合格;0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜进机前纯化水检测均不合格。

2.2.2 不同滤膜组合过滤消毒效果的比较 纯水经 0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜后,合格率为 0。经 0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜 + 紫外灯、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜 + 紫外灯、0.1 μm 滤膜后,合格率为 100%。0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜组合与其余 4 种滤膜组合的过滤除菌合格率比较,差异具有统计学意义($P<0.001$)。

2.3 管路清洁后终末漂洗用水菌落计数 0.2 μm 滤膜 + 0.45 μm 滤膜 + 紫外灯、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜、0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜 + 紫外灯以及 0.1 μm 滤膜这四种消毒模块组合均可有效去

除纯化水中微生物。达标纯化水进入内镜自动清洗消毒机和清洗工作站后,取末端终末漂洗水进行检测发现菌落总数超标。设备厂家对内镜自动清洗消毒机和清洗工作站内部管路进行消毒后,末端的终末漂洗水微生物含量符合国家标准限值。

3 讨论

3.1 新建纯化水系统 终末漂洗用水的质量直接影响软式内镜清洗消毒效果,不合格的终末漂洗用水会导致内镜二次污染,从而威胁患者诊疗安全^[13-14]。因

此,保障终末漂洗用水质量是控制内镜相关医院感染的重点环节。某三级甲等医院新建总纯化水系统作为内镜清洗用水水源,采集内镜自动清洗消毒机和清洗工作站的终末漂洗水进行检测,结果显示终末漂洗水中微生物菌落总数严重超标。为查明原因,本研究采取分段采样方式,监测不同管路微生物污染状况。总纯水机房供水管路中微生物含量应 ≤ 100 CFU/mL,未达到内镜终末漂洗水的微生物限值要求。这说明需在内镜自动清洗消毒机和清洗工作站前端加装消毒装置,进一步对纯化水过滤除菌。因此,本研究设计 5 种不同消毒模块组合,主要探讨其在提升终末漂洗水质量方面的应用效果,以及及设备管路自清洁相协同的实际应用价值,旨在为其他医疗机构遇到类似问题时提供参考。

3.2 消毒过滤膜组合对纯化水的除菌效果 本研究显示,除 $0.2\ \mu\text{m}$ 滤膜 + $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜外,其他消毒模块均可使进入内镜自动清洗消毒机和终末漂洗槽的纯化水中菌落总数 ≤ 10 CFU/100 mL。 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜主要用于截留较大的颗粒物和部分细菌,常作为预过滤或澄清过滤使用,其截留效果低于 $0.2\ \mu\text{m}$ 和 $0.1\ \mu\text{m}$ 的滤膜^[15-16]。紫外线可在水流动过程中即时杀菌,无需依赖物理截留,能避免微生物在储存期间增殖,并可灭活滤膜表面吸附的微生物,降低滤膜维护不当带来的污染风险^[17-18]。 $0.2\ \mu\text{m}$ 滤膜作为除菌级滤膜,可截留绝大多数细菌和支原体^[19]。 $0.1\ \mu\text{m}$ 滤膜则可用于去除支原体及更小的微生物,虽过滤效率高但通量低,成本较高且可能因孔径过小导致过滤速度下降,无法满足内镜中心的高用水量需求^[20-21]。综合研究结果和成本因素,本研究选择 $0.2\ \mu\text{m}$ 滤膜 + $0.2\ \mu\text{m}$ 滤膜组合作为终末漂洗水制备过程中除菌的措施之一。32% 的医疗机构滤膜更换周期在 3 个月以上,部分机构甚至 6 个月更换一次或长期不更换^[22]。研究^[23]显示,滤膜更换的频次直接影响终末漂洗水质量,每 1~3 个月更换一次滤膜可以有效避免膜孔堵塞,减少微生物污染。因此,选择合适的过滤膜组合并定期更换滤膜,是有效降低终末漂洗水中微生物含量,提升水质和内镜清洗质量的关键措施之一。

3.3 管路清洁对终末漂洗水微生物含量的干预作用 内镜自动清洗消毒机因其操作便捷、清洗消毒效果好且可提高内镜使用率,受到临床科室的广泛认可^[24-25]。但因其精密性和复杂性,设备易产生死腔,成为微生物良好的栖息和繁殖场所。本研究发现,过滤模块组合虽可有效去除纯化水中微生物,但当合格的纯化水进入内镜自动清洗消毒机和清洗工

作站后,末端的终末漂洗水微生物菌落总数仍超标,表明纯化水在流经设备的过程中受到了污染。采用化学和物理消毒相结合的方法对内部管路进行消毒后,终末漂洗水菌落总数为 0 CFU/100 mL。具体消毒方式为:在动力泵的作用下, $1\ 500\sim 2\ 000\ \text{mg/L}$ 的过氧乙酸或 93°C 的热水在封闭的管路中循环消毒,消毒时间分别为 15、20 min。两次消毒均在空载情况下进行,不会对内镜造成不良影响。研究发现,采用 $3\ 500\ \text{mg/L}$ 过氧乙酸浸泡 72 h,对不锈钢具有中度腐蚀性^[26]。而 $1\ 000\sim 2\ 500\ \text{mg/L}$ 的过氧乙酸浸泡不锈钢 72 h 后,未发现其具有腐蚀性^[27-29],这说明过氧乙酸对不锈钢的腐蚀性与浓度相关。本研究使用的过氧乙酸为低浓度,对不锈钢材质的管路基本无腐蚀性,且消毒频次为每月一次,因此不会对管道造成损伤。研究^[30-31]显示,未消毒的管路会使内镜自动清洗消毒机内部形成污染循环,使用被污染的终末漂洗水漂洗内镜,不仅达不到消毒效果,还可能增加患者感染风险。因此,新启用的内镜自动清洗消毒机需进行自身消毒并经微生物检测合格后方可使用。此外,大多数细菌生活在水路的生物膜中,并随着水流到处播散,易造成膜孔堵塞,且生物膜一旦形成,则难以根除^[32-33]。因此,定期对设备自身管路消毒不仅可以降低终末漂洗水中微生物含量,也是预防生物膜形成的重要措施之一。

研究^[34]表明,过氧乙酸适合于处理细菌生物膜并抑制其再生。过氧乙酸的高渗透能力可在短期内使细菌的内部压力骤降,破坏细胞壁,同时释放的羟基会攻击生物膜的关键基质成分,从而对其进行杀灭^[35]。 0.2% 浓度的过氧乙酸相较于 0.1% 浓度在短时间内可更好地杀灭规范要求对数值的菌落且形成时间 $>8\ \text{d}$ 的铜绿假单胞菌生物膜^[36]。过氧乙酸具有清除生物膜的功能^[35, 37-41],并以其作用时间短、低毒性、环保性、杀菌效率高和无蛋白质凝结等优势,成为主要的内镜消毒剂之一。但消毒剂广泛使用会促进细菌产生对消毒剂适应性的耐受或耐药性,导致消毒效果下降。目前研究者通过为消毒剂添加辅助剂或联合用药来提高消毒效率,减少生物膜的生成,包括消毒剂与酶^[42]、天然植物分子^[43]、纳米材料^[44]及与其他消毒剂^[45]的联合使用等。该院内镜中心虽使用单一的过氧乙酸对内镜进行消毒,但定期会采用管腔器械可视系统对内镜内部管路进行检查,以防生物膜的形成。

3.4 临床应用的推广价值 我国《软式内镜清洗消毒技术规范》(WS 507—2016)未对终末漂洗水的生产方式、设备及源头管理方法、管路的消毒方式与频

次、滤膜更换周期等方面作出具体的要求,致使实际操作缺乏执行依据,存在较大的盲目性和一定的安全隐患。美国 Alfa 等^[46]学者建议应对内镜等有关的清洗供水管道系统每月进行一次消毒处理,从而确保用水质量。欧洲的再处理指南^[47]提出终末漂洗水的监测频次为每季度或每年。然而国内的研究与指南对终末漂洗水水质细节方面问题上尚未提供明确指导。为改善终末漂洗水质量以及制定干预策略,本研究依据国家标准制定符合该院内镜终末漂洗水消毒规范。总纯化水系统作为源头水,每月对储水罐和整体管路进行消毒,每季度监测其微生物含量。综合考虑除菌效果及成本问题,该院采取 0.2 μm 滤膜 + 0.2 μm 滤膜组合对纯化水进行除菌并每月对滤膜进行消毒,每季度更换一次。根据厂家建议和实际用水量,每月对内镜自动清洗消毒机和清洗工作站的内部管路进行化学和物理消毒,确保设备不成为污染源。同时,每月监测内镜清洗消毒效果和终末漂洗水中微生物含量。

综上所述,本研究提出的“过滤-清洁”协同策略较单一技术(如仅依赖高精度滤芯或紫外线)更具普适性。软式内镜终末漂洗水的微生物控制需结合滤膜组合与系统性管路清洁。建议在临床上推广应用模块化清洁技术,并定期监测滤膜性能与管路卫生状况,以确保内镜诊疗安全。

贡献声明:徐友富负责研究设计、论文初稿撰写及修订;张亚迪负责试验实施及文献调研;曹晋桂参与研究可行性讨论及论文语言校对;马文杰完成数据整理和统计分析;沈炜负责提出研究思路、指导试验设计及论文整体框架修改与最终审校。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 王萍, 鲍容, 史庆丰, 等. 某综合医院消化内镜生物膜形成现状 & 影响因素分析[J]. 华西医学, 2021, 36(3): 348-352.
Wang P, Bao R, Shi QF, et al. Analysis of current situation and influencing factors of biofilm formation of digestive endoscopy in a general hospital[J]. West China Medical Journal, 2021, 36(3): 348-352.
- [2] Marek A, Smith A, Peat M, et al. Endoscopy supply water and final rinse testing: five years of experience[J]. J Hosp Infect, 2014, 88(4): 207-212.
- [3] Neves MS, da Silva MG, Ventura GM, et al. Effectiveness of current disinfection procedures against biofilm on contaminated GI endoscopes[J]. Gastrointest Endosc, 2016, 83(5): 944-953.
- [4] Ofstead CL, Heymann OL, Quick MR, et al. Residual moisture and waterborne pathogens inside flexible endoscopes: evidence from a multisite study of endoscope drying effectiveness[J]. Am J Infect Control, 2018, 46(6): 689-696.
- [5] 蒋辉权, 吕凯, 汪志强, 等. 2018—2019 年杭州市 63 家医疗机构治疗用水细菌菌落总数现况调查[J]. 中国消毒学杂志, 2021, 38(6): 422-424.
Jiang HQ, Lv K, Wang ZQ, et al. Survey on total bacterial colony count of treatment water in 63 medical institutions in Hangzhou in 2018-2019[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2021, 38(6): 422-424.
- [6] 王伟民, 马久红. 67 所医疗机构内镜终末漂洗水使用调查及相关因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(10): 1587-1590.
Wang WM, Ma JH. Current status of use of final rinse water in endoscopes in 67 medical institutions and analysis of related factors[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(10): 1587-1590.
- [7] 张娜, 齐敏克, 史庆丰, 等. 上海市 94 所医疗机构内镜终末漂洗水管理现场调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(16): 2551-2555.
Zhang N, Qi MK, Shi QF, et al. On-site investigation of endoscope final rinsing water management in 94 medical institutions in Shanghai[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(16): 2551-2555.
- [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, 2016.
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, 2016.
- [9] 王晓蕾, 范晶晶, 沈益鸣, 等. 某医院集中式纯水供应系统微生物污染情况和消毒效果调查[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(12): 913-915.
Wang XL, Fan JJ, Shen YM, et al. Investigation on microbial contamination and disinfection effect of centralized pure water supply system in a hospital[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(12): 913-915.
- [10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 2020 版. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China[M]. 2020 Edition. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [11] 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.
- [12] 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.

- [13] Meeker DG, Jenkins SV, Miller EK, et al. Synergistic photo-thermal and antibiotic killing of biofilm-associated *Staphylococcus aureus* using targeted antibiotic-loaded gold nanoconstructs[J]. ACS Infect Dis, 2016, 2(4): 241–250.
- [14] Noronha AM, Brozak S. A 21st century nosocomial issue with endoscopes[J]. BMJ, 2014, 348: g2047.
- [15] 侯玉柱, 田雨, 柯润辉, 等. ATP 荧光微生物快检法中不同材质及孔径微孔滤膜细菌截留效果的评价[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 215–218.
Hou YZ, Tian Y, Ke RH, et al. Evaluation on microporous membrane with different material and aperture through ATP fluorescent rapid detection[J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(3): 215–218.
- [16] 吴慧清, 李程思, 张菊梅, 等. ATP 生物发光法饮用水中细菌总数快速测定方法研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(9): 1975–1978.
Wu HQ, Li CS, Zhang JM, et al. Rapid detection of total bacterial amount in drinking water by ATP bioluminescent method[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2009, 19(9): 1975–1978.
- [17] 杨辉, 苟德菲, 严梦姣. 饮用水紫外线消毒及细菌暗复活研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2019, 35(5): 945–952.
Yang H, Gou DF, Yan MJ. Study on ultraviolet disinfection of drinking water and its bacterial dark resurrection[J]. Journal of Shenyang Jianzhu University(Natural Science), 2019, 35(5): 945–952.
- [18] 张征, 肖峰. 紫外 + 超滤组合工艺在袋装水消毒上的应用[J]. 供水技术, 2021, 15(5): 13–16.
Zhang Z, Xiao F. Application of ultraviolet + ultrafiltration combined process in disinfection of bagged water[J]. Water Technology, 2021, 15(5): 13–16.
- [19] Khalsa K, Smith A, Morrison P, et al. Contamination of a purified water system by *Aspergillus fumigatus* in a new endoscopy reprocessing unit[J]. Am J Infect Control, 2014, 42(12): 1337–1339.
- [20] 艾提亚古丽·买热甫, 热合满·艾拉, 张敬. 不同孔径陶瓷微滤膜对石榴汁除菌效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(3): 24–28.
Aitiyaguli MRF, Reheman AL, Zhang J. Effect of different pore sizes of ceramic microfiltration membrane on the removing rate of bacteria of pomegranate juice[J]. Storage and Process, 2012, 12(3): 24–28.
- [21] 朱海华, 周莉, 张立攀, 等. 一种提高液态食品中金黄色葡萄球菌检出限的方法[J]. 食品科技, 2019, 44(7): 367–372.
Zhu HH, Zhou L, Zhang LP, et al. A method for improving the detection limit of *Staphylococcus aureus* in liquid food[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(7): 367–372.
- [22] 史庆丰, 胡必杰, 崔扬文, 等. 上海市 30 所三级医疗机构软式内镜终末漂洗水现状调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(6): 923–926.
Shi QF, Hu BJ, Cui YW, et al. Current status of final rinse water for flexible endoscopes in 30 tertiary medical institutions of Shanghai[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2020, 30(6): 923–926.
- [23] 庄宜锦. 长春市内镜诊疗机构软式内镜终末漂洗水现状调查及影响因素研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
Zhuang YJ. Current status of final rinse water for flexible endoscopes in endoscopic diagnosis and treatment institutions in Changchun and analysis of influencing factors[D]. Changchun: Jilin University, 2021.
- [24] 马久红, 李贤煌, 张云, 等. 不同通风方式对消化内镜清洗消毒室气溶胶净化效果的研究[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(7): 623–630.
Ma JH, Li XH, Zhang Y, et al. Effect of different ventilation methods on aerosol purification of digestive endoscope cleaning and disinfection room[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(7): 623–630.
- [25] Chang WK, Peng CL, Chen YW, et al. Recommendations and guidelines for endoscope reprocessing: current position statement of digestive endoscopic society of Taiwan[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2024, 57(2): 211–224.
- [26] 唐娜, 陈玲, 罗丹, 等. 一种新型内镜专用过氧乙酸消毒剂的消毒效果及对金属腐蚀性的观察[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(2): 96–98.
Tang N, Chen L, Luo D, et al. Observation on disinfection effects and metal corrosion of a new endoscopy peracetic acid disinfectant[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(2): 96–98.
- [27] 朱亭亭, 李涛, 张流波, 等. 一种过氧乙酸消毒剂对内镜的消毒与灭菌效果及其腐蚀性研究[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(11): 805–808.
Zhu TT, Li T, Zhang LB, et al. Study on the effect of peracetic acid disinfectant on disinfection and sterilization of endoscopes and its corrosiveness[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2020, 37(11): 805–808.
- [28] 陈宝宝, 孙亮, 孟昭伟, 等. 常用浓度过氧化物类消毒剂对金属的腐蚀性研究[J]. 中国消毒学杂志, 2024, 41(2): 107–109.
Chen BB, Sun L, Meng ZW, et al. Study on the corrosiveness of peroxide disinfectants to metals at commonly used concentration[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2024, 41(2): 107–109.
- [29] 王玲, 张伟, 范晶晶, 等. 两种清洗消毒方式对消化内镜消毒的效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(19): 3029–3032.
Wang L, Zhang W, Fan JJ, et al. Effects of two kinds of cleaning and disinfection methods on digestive endoscope disinfection[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2018, 28(19): 3029–3032.
- [30] 李占结, 李松琴, 李琳, 等. 新内镜中心验收过程发现的问题及对策[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(1): 69–73.
Li ZJ, Li SQ, Li L, et al. Problems and countermeasures in the acceptance process of new endoscopy center[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(1): 69–73.
- [31] Jin B, Wang MF, Huang L, et al. Investigation of failure of flexible GI endoscope disinfection because of *Burkholderia cepacia* contamination in irrigation tubing[J]. Gastrointest Endosc, 2024, 100(5): 930–934.
- [32] Schelenz S, French G. An outbreak of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection associated with contamination of bronchoscopes and an endoscope washer-disinfector[J].

- J Hosp Infect, 2000, 46(1): 23–30.
- [33] Gillespie TG, Hogg L, Budge E, et al. *Mycobacterium chelonae* isolated from rinse water within an endoscope washer-disinfector[J]. J Hosp Infect, 2000, 45(4): 332–334.
- [34] Zhang CQ, Brown PJB, Miles RJ, et al. Inhibition of regrowth of planktonic and biofilm bacteria after peracetic acid disinfection[J]. Water Res, 2019, 149: 640–649.
- [35] 王萍, 卓嘎, 潘玥玮, 等. 软式内镜过氧乙酸清洗消毒方法及应用研究进展[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(20): 3190–3195.
- Wang P, Zhuo G, Pan YW, et al. Progress of study on application of peracetic acid in cleaning and disinfection of flexible endoscopes[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(20): 3190–3195.
- [36] Akinbobola AB, Sherry L, McKay WG, et al. Tolerance of *Pseudomonas aeruginosa* in *in-vitro* biofilms to high-level peracetic acid disinfection[J]. J Hosp Infect, 2017, 97(2): 162–168.
- [37] 李秀梅, 潘丽云, 邓金川, 等. 内镜专用过氧乙酸消毒剂对生物膜去除效果研究[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(2): 89–91.
- Li XM, Pan LY, Deng JC, et al. Study on removing effect of endoscopes biofilm by peracetic acid[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(2): 89–91.
- [38] 张波, 单秋实, 刘佳妮, 等. 一元过氧乙酸清除消化内镜生物膜的效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(4): 607–610.
- Zhang B, Shan QS, Liu JN, et al. Effect of mono-peroxide acid on the removal of digestive endoscopic biofilm[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(4): 607–610.
- [39] 崔润博, 陈渺渺, 洪守强, 等. 消毒剂促进细菌抗菌药物耐受性/耐药性产生和传播机制研究进展[J]. 中国抗生素杂志, 2025, 50(2): 160–170.
- Cui RB, Chen MM, Hong SQ, et al. Advancements on mechanisms of bacterial antibiotic tolerance/resistance promoted by disinfectants[J]. Chinese Journal of Antibiotics, 2025, 50(2): 160–170.
- [40] 陈志娜, 李映花, 曾海燕, 等. 生物膜对消毒剂抗性研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2024, 41(8): 618–621.
- Chen ZN, Li YH, Zeng HY, et al. Advances in the study of biofilm resistance to disinfectants[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2024, 41(8): 618–621.
- [41] 李文涛, 孙志红. 过氧乙酸类消毒剂对生物膜消毒清除效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(4): 602–606.
- Li WT, Sun ZH. Disinfection and removal effect of peracetic acid disinfectant on biofilm[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(4): 602–606.
- [42] Rodríguez-López P, Carballo-Justo A, Draper LA, et al. Removal of *Listeria monocytogenes* dual-species biofilms using combined enzyme-benzalkonium chloride treatments[J]. Biofouling, 2017, 33(1): 45–58.
- [43] Mishra R, Panda AK, De Mandal S, et al. Natural anti-biofilm agents: strategies to control biofilm-forming pathogens[J]. Front Microbiol, 2020, 11: 566325.
- [44] Vieira APM, Arias LS, de Souza Neto FN, et al. Antibiofilm effect of chlorhexidine-carrier nanosystem based on iron oxide magnetic nanoparticles and chitosan[J]. Colloids Surf B Biointerfaces, 2019, 174: 224–231.
- [45] Sivarajani M, Liu FN, White AP. Synergistic activity of tetrasodium EDTA, ethanol and chlorhexidine hydrochloride against planktonic and biofilm cells of clinically relevant pathogens[J]. J Glob Antimicrob Resist, 2021, 24: 148–157.
- [46] Alfa MJ, Sepehri S, Olson N, et al. Establishing a clinically relevant bioburden benchmark: a quality indicator for adequate reprocessing and storage of flexible gastrointestinal endoscopes[J]. Am J Infect Control, 2012, 40(3): 233–236.
- [47] Speth J. Guidelines in practice: processing flexible endoscopes[J]. AORN J, 2023, 118(3): 169–178.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:徐友富, 张亚迪, 曹晋桂, 等. 过滤消毒与管路清洁对内镜终末漂洗水微生物的控制研究[J]. 中国感染控制杂志, 2026, 25(1): 108–115. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20262487.

Cite this article as: XU Youfu, ZHANG Yadi, CAO Jingui, et al. Control of microbes in final rinse water of endoscopes by filtration disinfection and pipeline cleaning[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(1): 108–115. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20262487.