doi:10.11659/jjssx.08E025108

·临床研究·

消毒供应中心反渗透浓水在器械预处理中的应用研究

潘燕梅,黎 藜,曾善玉,刁 勇,周正阳 (四川大学华西临床医学院/四川大学附属成都市第二人民医院/成都市第二人民医院,四川 成都 610052)

[**摘 要**] **目的** 探讨消毒供应中心反渗透系统产生的浓水在复用医疗器械预处理中的应用效果。**方法** 采用前瞻性对照研究设计,将回收的1 998件污染器械分为试验组(*n*=1 010)与对照组(*n*=988),试验组采用反渗透浓水预处理,对照组采用传统碱水预处理。比较2组水质检测结果;比较2组器械的浸泡后再处理率、带光源放大镜目测合格率及腺苷三磷酸(ATP)生物荧光检测合格率。**结果** 反渗透浓水pH值为7~8,总硬度为0~1 mg/L,水质温和。2组器械浸泡后再处理率(13.96% *vs.* 13.56%)、目测合格率(均为100%)及ATP检测合格率(均为100%)比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。**结论** 反渗透浓水用于器械预处理的效果与传统碱水相当,同时具有节水环保、腐蚀性低等优势,具备良好的推广价值。

[**关键词**] 消毒;反渗透浓水;器械预处理;清洗质量

[**中图分类号**] R187 [**文献标志码**] A [**收稿日期**] 2025-08-27

Research on the application of reverse osmosis concentrated water in medical instrument pretreatment in central sterile supply department

PAN Yan-mei, LI Li, ZENG Shan-yu, DIAO Yong, ZHOU Zheng-yang (Central Sterile Supply Department, West China School of Medicine, Sichuan University/Sichuan University Affiliated Chengdu Second People's Hospital/Chengdu Second People's Hospital, Chengdu Sichuan 610052, China)

Abstract: Objective To explore the effect of reverse osmosis concentrated water produced by the reverse osmosis system in the central sterile supply department on the pretreatment of reusable medical instruments. **Methods** A prospective controlled study was conducted. A total of 1 998 contaminated instruments were divided into the experimental group (*n*=1 010) and the control group (*n*=988). The experimental group was pretreated with reverse osmosis concentrated water, while the control group was pretreated with traditional alkaline water. The water quality test results of the two groups were compared. The post-soaking reprocessing rate, the qualified rate of visual inspection under a magnifying lamp with an attached light source, and the qualified rate of adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence detection of the two groups were compared. **Results** The pH value of the reverse osmosis concentrated water was 7 to 8, the total hardness was 0 to 1 mg/L, indicating soft water quality. There were no statistically significant differences between the two groups in terms of the post-soaking reprocessing rate (13.96% *vs.* 13.56%), the visual inspection qualified rate (both 100%), or the ATP detection qualified rate (both 100%) (*P*>0.05). **Conclusion** Reverse osmosis concentrated water achieves an effect equivalent to traditional alkaline water in medical instrument pretreatment. Meanwhile, it features water saving, environmental friendliness and low corrosiveness, and has promising prospects for wide application.

Keywords: disinfection; reverse osmosis concentrated water; instrument pretreatment; cleaning quality

消毒供应中心作为医院内承担所有复用医疗器械清洗、消毒、灭菌及无菌物品供应任务的核心部门,其工作质量直接关系到医疗安全与医院感染控制水平[1-2]。器械清洗是灭菌的前提,而清洗用水的质量与类型是影响清洗效果的关键因素之一。根据《医院消毒供应中心第2部分:清洗消毒及灭菌技术操作规范》(WS 310.2—2016)[3]的要求,器械的冲洗、洗涤、漂洗应使用软水,终末漂洗需使用电导率≤15 μS/cm(25 ℃)的纯化水[4-6]。反渗透水处理系统在制备纯化水过程中,通常会产生40%~70%的浓水[7],这类反渗透浓水因含有较高浓度的无机盐、有机物及微粒,传统上多被视为"废水"直接排放,进而造成了水资源的严重浪费[8]。随着我国绿色医院建设标准与精细化管理要求持续提高,如何在保障清洗质量的前提下兼顾资源节约与生态环保,已成为消毒供应中心运营管理过程中亟待解决的问题。

在器械预处理环节,传统方式多采用碱水浸泡,利用其较强的去污和蛋白分解能力,快速松解血渍、组织残留等污染物[9]。然而,碱水pH值偏高(通常为9~10),长期使用可能对部分精密器械造成腐蚀,且碱水的购置与处置成本亦不容忽视。反渗透浓水具有

[**通信作者**] 周正阳,E-mail:960188521@qq.com

水质温和(pH 7~8、硬度极低)、来源稳定、几乎零成本等特点,若能在预处理中有效替代碱水,不仅可实现废水资源化利用,还能减少器械损耗与化学制剂的使用,具备显著的环保与经济效益[10]。尽管已有部分研究关注反渗透浓水的回收潜力,但其在器械预处理这一具体环节的应用效果、与传统碱水处理的对比数据以及在实际操作中的可行性,仍缺乏系统的前瞻性临床研究证据[11]。

因此,本研究通过前瞻性对照试验,旨在系统评估反渗透浓水在复用医疗器械预处理中的应用效果,并与目前广泛使用的传统碱性清洗液进行对比,明确其在浸泡后再处理率、目测合格率及腺苷三磷酸(adenosine triphosphate,ATP)生物荧光检测合格率等关键指标上是否具备非劣效性,从而为消毒供应中心水资源循环利用提供科学依据,推动绿色、安全、高效的器械处理流程的构建与实施。

1 材料与方法

1.1 试验材料

反渗透浓水为本院消毒供应中心纯水机反渗透工艺制水过程中产生的浓缩废水;碱水是将经过软化的水与低浓度的氯化钠溶液通入电解槽中,在电场作用下发生电解反应生成的碱性还原电位水。预处理器械选自临床回收的含干涸血渍、污渍、残留组织等的复用诊疗器械,包括剪刀、镊子、止血钳、持针器、活检钳等,将回收的1 998件污染器械分为试验组(n=1 010)与对照组(n=988),确保2组试验器械的种类、数量及污染程度比例一致。

主要设备与试剂:反渗透水机(康捷KJ-ROG4000)、全自动清洗机(新华Rapid-A-520)、带光源放大镜(3M,美国)、ATP生物荧光检测仪及配套ATP采样棒(3M,美国)、软毛刷、蒸汽喷枪、pH试纸、水质硬度检测试剂。

1.2 试验方法

在水处理机房浓水排水口布设专用管路与控制阀,于预处理工序前对浓水进行定量采集,并采用储液容器收集储存,以备后续使用。采用前瞻性对照设计,试验周期为2025年6月24日至7月31日。试验组采用反渗透浓水进行预处理浸泡,对照组采用传统碱水(pH值为9~10)进行预处理浸泡,2组浸泡时间均为3~5 min。将污染器械完全浸没于对应预处理液中,观察污染物松动情况。预处理后,对仍残留污物的器械使用软毛刷或蒸汽喷枪进行辅助处理。所有器械预处理合格后,统一进入全自动清洗机完成后续清洗(包括软水洗涤、纯化水终末漂洗等标准流程)。

1.3 效果评估指标

水质检测:由于仅用于器械清洗预处理环节,主要目的是清除器械表面明显的血渍、污渍和组织[12],后续清洗流程环节均采用软水和纯化水,因此参照《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750—2023),仅对浓水及对照碱水进行异味、杂质、色泽、pH值及总硬度(以$CaCO_3$计算)检测[4]。

浸泡后再处理率:统计预处理后仍需人工辅助处理的器械比例。

带光源放大镜目测合格率:由2名经过培训的消毒供应中心工作人员采用8倍带光源放大镜检查器械表面、齿牙、关节等处,无任何污渍、血渍或组织残留视为合格。

ATP生物荧光检测合格率:随机抽取2组器械各20件,于器械齿牙、关节、腔隙等难清洗部位采样。严格参照说明书规范操作,取出保存于2~8 ℃冷藏条件下的ATP采样棒,于室温条件下平衡10 min,以ATP检测相对光单位(relative light unit,RLU)≤150作为合格判定标准。

1.4 统计学方法

采用SPSS 27.0.1软件进行数据分析。计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验;ATP的RLU值为非正态分布,采用*Mann-Whitney U*检验。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组水质检测结果比较

反渗透浓水与碱水均无异味、杂质,色泽均为透明。反渗透浓水pH值为7~8,总硬度为0~1 mg/L;碱水pH值为9~10,总硬度为1 mg/L。反渗透浓水水质更温和,对器械潜在腐蚀性更低。

2.2 2组器械浸泡后再处理率比较

试验组器械1 010件,预处理后需再处理141件(13.96%);对照组器械988件,需再处理134件(13.56%)。2组器械浸泡后再处理率比较,差异无统计学意义(P=0.749)。

2.3 2组带光源放大镜目测清洗合格率比较

2组器械经全自动清洗机清洗后,目测检查合格率均为100%,组间比较差异无统计学意义(P>0.05)。

2.4 2组ATP生物荧光检测合格率比较

随机抽样检测显示,2组器械所有样本RLU值均≤150,ATP检测合格率均为100%,2组ATP生物荧光检测合格率比较,差异无统计学意义(P=0.243),见表1。

表1 2组ATP生物荧光检测RLU值分布比较[件(%)]

组别	0~10	11~20	>20
试验组	6(30)	12(60)	2(10)
对照组	10(50)	9(45)	1(5)
U		1.168	
P		0.243	

3 讨论

本研究通过前瞻性对照试验系统评估了反渗透浓水在医疗器械预处理环节的应用效果。结果显示，采用反渗透浓水预处理的试验组器械在浸泡后再处理率、目测合格率及ATP生物荧光检测合格率等关键指标上均与采用传统碱水预处理的对照组无统计学差异，证实了反渗透浓水用于器械预处理的有效性。尤为重要的是，反渗透浓水pH值为7~8，呈弱碱性，总硬度极低(0~1 mg/L)，其温和的水质特性有助于降低对精密器械的潜在腐蚀风险，这对于延长器械使用寿命、控制医院运营成本具有积极意义[12]。

反渗透浓水能够在预处理中发挥良好作用，其机制可能涉及多个方面。首先，反渗透浓水中较高浓度的Na^+可通过离子交换作用，有效置换器械表面残留的Ca^{2+}、Mg^{2+}等硬度离子，从而减少水垢的形成与附着[13]。其次，反渗透浓水呈弱碱性，有助于分解蛋白质类有机污染物，促进血渍、组织液的松解。此外，有研究表明，反渗透浓水中含有的微量氧化性物质可能对有机物具有一定的辅助分解效果[14]。本研究的创新点在于，首次将反渗透浓水的应用场景精准定位于器械预处理环节，并采用多指标综合评估，证实了其在特定场景下的适用性，这为消毒供应中心的水资源精细化管理和循环利用提供了新的思路与实践依据。

本研究结论与国内外相关研究成果相互印证。魏静蓉等[15]的研究指出，反渗透浓水回收利用是消毒供应中心节水减排的重要方向；王岳娜等[16]的实践也证实了反渗透浓水用于器械清洗的可行性。近年来，随着绿色医院建设的推进，反渗透浓水资源化利用愈发受到关注[17]。国际上的相关实践均表明反渗透浓水回收利用是行业发展趋势，如德国部分医院将反渗透浓水用于器械初洗并配套在线水质监测系统，美国AAMI ST79:2022标准在严格监控下允许反渗透浓水用于非关键器械的预处理[18]。本研究在此基础上，进一步明确了反渗透浓水在预处理这一特定环节的应用价值，并提供了来自国内三甲医院的临床数据支持，丰富了该领域的本土化证据。

将反渗透浓水回收用于器械预处理，不仅能取得与传统碱水相当的预处理清洗效果，更兼具显著的环保与经济效益。据统计，一家开放床位1 000张以上的三级甲等医院，其水处理系统每年产生的反渗透浓水量在8 000吨以上[16]。若能将这部分“废水”有效回收并应用于预处理环节，可显著减少自来水消耗与碱水用量，符合医院节能降耗、控制运营成本的现实需求。同时，该实践也是消毒供应中心践行绿色医院理念，实现资源循环利用的具体体现，对推动医疗卫生行业可持续发展具有积极意义[19]。

需要指出的是，本研究仍存在一定局限性。首先，实验在单一医疗机构开展，样本来源相对集中；其次，所涉器械主要为常规外科器械，对于结构更为复杂的腔镜器械、机器人手术器械等特殊类型器械的适用性，尚需进一步验证；此外，缺乏对器械长期使用影响的追踪数据。未来研究可向多机构协作、扩大器械种类以及开展长期安全性随访等方向深入，以期更全面、客观地评估反渗透浓水预处理技术的普适性与长期效应，为其规范化应用与推广提供更高级别的循证依据。

[参考文献]

[1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医院消毒供应中心第1部分：管理规范：WS 310.1—2016[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[2] Li Y，Lu Y，Cai R，et al. Monitoring the cleanliness of reusable surgical instrumentsin central sterile supplyi department by adenosine triphosphate method[J]. JAOAC Int，2021，13(4)：12-15.

[3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医院消毒供应中心第2部分：清洗消毒及灭菌技术操作规范：WS 310.2—2016[S]. 北京：中国标准出版社，2016.

[4] 刘华良.《生活饮用水标准检验方法》(GB/T 5750—2023)标准解读[J]. 江苏预防医学，2023，34(5)：513-516. doi：10.13668/j.issn.1006-9070.2023.05.001.

[5] 霍 旭，沈 丹，岳 彤，等. FOCUS-PDCA管理在提高眼科精密器械清洗质量中的应用效果[J]. 天津护理，2025，33(4)：466-468. doi：10.3969/j.issn.1006-9143.2025.04.019.

[6] 王 云，黄 琼，张 洁，等. 集束化管理模式在消毒供应中心的应用效果观察[J]. 中国消毒学杂志，2025，42(8)：613-616. doi：10.11726/j.issn.1001-7658.2025.08.013.

[7] 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. 反渗透水处理设备：GB/T 19249—2017[S]. 北京：中国标准出版社，2017.

[8] 韦 涛，滕大鹏，哈力米拉·艾尔克，等. 反渗透膜的压实效应及耐压性研究进展[J]. 水处理技术，2025，51(2)：8-13. doi：10.16796/j.cnki.1000-3770.2025.02.002.

[9] 张宇轩. 酸碱水溶液中微晶玻璃结构对其腐蚀行为影响的研究[D]. 呼和浩特：内蒙古科技大学，2024. doi：10.27724/d.cnki.gnmgk.2024.000005.

[10] 郭冠军，韩梦龙，莫冰玉，等. 反渗透水处理技术及其应用趋势研究[J]. 价值工程，2020，39(3)：201-202. doi：10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2020.03.080.

[11] 姬艳博，胡秀丽，亓卫东，等. 3种常用预处理方法对双极电凝钳的清洗效果比较[J]. 中国消毒学杂志，2024，41(12)：945-947. doi：10.11726/j.issn.1001-7658.2024.12.018.