

## 【论著】

## 不同 pH 值碱性电解水对手术器械清洗效果研究

王海<sup>1</sup>, 薛英<sup>2</sup>, 郁叶萍<sup>1</sup>, 盛怡<sup>1</sup>, 方芳<sup>1</sup>

(1 上海市第一人民医院, 上海 201620; 2 上海市松江区中心医院)

**摘要** **目的** 比较不同pH值的强碱性电解水对手术器械的清洁效果及腐蚀性能。**方法** 对器械进行模拟污染, 比较强碱性电解水浸泡、浸泡+超声波等方式对特定手术器械的清洗效果, 比较不同pH值强碱性电解水对不同类型手术器械的清洗效果, 称重法比较强碱性电解水对马氏体不锈钢、奥氏体不锈钢等常用金属的腐蚀性。**结果** pH值越高, 强碱性电解水清洁能力越强, pH值达到13.0时, 常温下浸泡即可达到45℃多酶清洗剂与超声波协同处理的效果; 该处理可使有齿有关节类器械、有齿无关节类器械、无齿有关节类器械和管腔类器械上ATP的去除率分别达到98.81%、99.35%、98.30%和99.22%, 与多酶组清洁能力差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 强碱性电解水对马氏体不锈钢、奥氏体不锈钢腐蚀速率均 $<0.010\ 0\ \text{mm/a}$ 。**结论** pH值为13.0的强碱性电解水对手术器械具有良好清洗效果, 对器械的腐蚀作用小。

**关键词** 强碱性电解水; 手术器械; pH值; 清洗效果; 金属腐蚀性

中图分类号: R187

文献标识码: A

文章编号: 1001-7658 (2025) 02 -0125-04

DOI: 10.11726/j.issn.1001-7658.2025.02.013

## Cleaning effects of alkaline electrolyzed water with different pH values on surgical instruments

WANG Hai<sup>1</sup>, XUE Ying<sup>2</sup>, YU Ye-ping<sup>1</sup>, SHENG Yi<sup>1</sup>, FANG Fang<sup>1</sup>

(1 Shanghai General Hospital, Shanghai 201620, China; 2 Songjiang District Central Hospital)

**Abstract** **Objective** To compare the cleaning effectiveness and corrosion properties of strong alkaline electrolyzed water at different pH values on surgical instruments. **Methods** The cleaning effect of strong alkaline electrolyzed water immersion, immersion + ultrasound on specific surgical instruments was compared, and the cleaning effect of strong alkaline electrolyzed water with different pH values on different types of surgical instruments was compared. The corrosive properties of alkaline electrolyzed water on martensitic stainless steel, austenitic stainless steel and other commonly used metals were compared by weighing method. **Results** The higher the pH value, the stronger the cleaning ability of the strong alkaline electrolyzed water was. When the pH value reached 13.0, the effect by immersion at room temperature could reach that of multi-enzyme cleaning agent and ultrasonic co-treatment at 45℃. The removal of ATP from toothed articulated devices, toothless articular devices, toothless articulated devices and lumen devices reached 98.81%, 99.35%, 98.30% and 99.22% respectively. There was no significant difference in cleaning ability with the multi-enzyme group ( $P>0.05$ ). The corrosion rate of strong alkaline electrolyzed water on martensitic stainless steel and austenitic stainless steel were lower than 0.0100 mm/a. **Conclusion** Strong alkaline electrolyzed water with pH 13.0 has a good cleaning effect on surgical instruments and has little corrosive effect on instruments.

**Keywords** strongly alkaline electrolyzed water; surgical instruments; pH value; cleaning effect; corrosion of metals

术后的手术器械上残留的血渍、脓痰、体液、分泌物、蛋白质、脂肪等有机物必须及时进行预处理和彻底清洗, 否则将会影响灭菌效果<sup>[1]</sup>。为了保证手术器械的清洗质量, 寻找更有效、更环保的清洗剂—

直都是医疗器械再处理行业亟待解决的问题<sup>[2]</sup>。目前各种各样的电解水在医疗卫生各行业得到广泛应用<sup>[3]</sup>, 唯有碱性电解水具有去污能力, 因此逐渐被用于医疗器械清洗环节<sup>[4]</sup>。采用新型隔膜式电解槽通过循环电解碳酸盐溶液, 即可在阴极持续生成所需的强碱性电解水, 其pH值最高可达13以上<sup>[5]</sup>。本研究采用新型隔膜式循环电解技术, 以不同手术器

〔作者简介〕 王海 (1974-), 女, 上海人, 本科, 主管护师, 从事消毒学研究工作。

〔通信作者〕 郁叶萍, E-mail: 183500824@qq.com

械为试验对象,比较了不同 pH 值强碱性电解水的清洁效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用电解机为新型隔膜式电解槽,循环电解碳酸钾溶液生成不同 pH 值的强碱性电解水,国内产品。其他仪器有 TQX 小型台式超声波清洗机、手持式 ATP 荧光检测仪及配套 ATP 表面采样棒和 SX-610 型笔式 pH 计。

选择 4 种不同类型手术器械作为试验对象,包括有齿类关节类器械、海绵钳、无关节类器械和手术镊;无齿类有关节类器械、毛巾钳、管腔类器械和扩阴器;马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢,均为国内产品。

### 1.2 试验方法

1.2.1 污染样品制备 将同一批手术器械完全浸没于血液污水中浸泡 30 min,将器械捞出,沥干表面水渍后装入器械转移袋,常温静置 2 h,确保污染物附着在手术器械表面。

1.2.2 不同清洗方式对清洗效果的影响 选取有齿海绵钳作研究对象,采用不同 pH 值的强碱性电解水和人工清洗。将所选用器械随机分为 9 组,每组 10 把器械,以多酶清洗剂清洗作为阳性对照,未处理组作为阴性对照,详见表 1。

表 1 强碱性电解水对有齿有关节类器械处理条件

序号	处理条件
1	pH 11.0 电解水浸泡 5 min
2	pH 11.0 电解水浸泡 5 min + 超声 5 min
3	pH 12.0 电解水浸泡 5 min
4	pH 12.0 电解水浸泡 5 min + 超声 5 min
5	pH 13.0 电解水浸泡 5 min
6	pH 13.0 电解水浸泡 5 min + 超声 5 min
7	多酶清洗剂浸泡 5 min
8	多酶清洗剂浸泡 5 min + 超声 5 min
9	未处理

浸泡清洗步骤:(1)45℃热水冲洗去除表面部分污垢;(2)采用 45℃多酶浸泡清洗 5 min,或用等体积常温强碱性电解水浸泡清洗 5 min;(3)纯水冲洗器械表面残留污垢和清洗液。

浸泡 + 超声波清洗步骤:(1)45℃热水冲洗去除表面部分污垢;(2)采用 45℃多酶浸泡清洗 5 min,或用等体积常温强碱性电解水浸泡清洗 5 min;(3)纯水冲洗器械表面残留污垢;(4)超声波清洗机清洗 5 min,或用等体积常温强碱性电解水;(5)纯水冲洗器械表面残留污垢和清洗液。

1.2.3 强碱性电解水清洗效果 选取有齿海绵钳、

有齿镊、毛巾钳和扩阴器分别作为有齿有关节类器械、有齿无关节类器械、无齿有关节类器械和管腔类器械的典型代表,分别采用 pH 值为 11.0、12.0 和 13.0 的强碱性电解水进行浸泡清洗,以多酶清洗剂清洗处理为对照组。清洗流程按 1.2.2 中浸泡清洗步骤执行。

1.2.4 采样与检测方法 将清洗后的器械取出,用 ATP 生物荧光拭子擦拭器械齿槽及关节处等较难清洗的部位,往返各 8 次,取样后将拭子放回生物荧光测试管中。折断 ATP 拭子顶部阀门,快速挤下裂解液和荧光素酶,摇晃 5 s 后,立即用 ATP 荧光检测仪测定相对光单位值(RLU),并记录结果。

清洗效果以 RLU 值进行计算:去除率 = (未处理组 RLU - 处理组 RLU) / 未处理组 RLU × 100%。

1.2.5 强碱性电解水对金属的腐蚀性评价 选取马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢为研究对象,分别采用 pH 值为 11.0、12.0 和 13.0 的强碱性电解水进行浸泡,按 2002 年版《消毒技术规范》对 2 类不锈钢的金属腐蚀性进行评估,以纯水处理作为对照组<sup>[6]</sup>。

### 1.3 统计学方法

利用 SPSS 18.0 软件进行统计分析,计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用单因素方差分析,方差齐性时以 One-Way ANOVA 检验结果为 *P* 值,两两比较采用 Bonferroni(B) 法;方差不齐性时以 Welch 检验结果为 *P* 值,两两比较采用 Tamhane's T2 法。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同清洗条件对有齿海绵钳的清洗效果

结果表明, pH13.0 的强碱性电解水清洗后,有齿海绵钳表面 ATP 去除率可达 98.81%,清洗效果接近多酶清洁剂。强碱性电解水与超声波清洗技术联合使用,可有效增强清洗效果。采用 pH12.0 的碱性电解水联合超声波技术对有齿海绵钳清洗后,器械表面 ATP 去除率从 95.79% 提升到 99.00%,见表 2。

表 2 不同清洗条件对有齿海绵钳的清洗效果

处理条件	件数	不同溶液浸泡器械 ATP 去除率(%)	
		电解水	多酶清洗剂
pH 11.0 溶液浸泡	10	94.23	99.16
pH 11.0 溶液浸泡 + 超声	10	96.14	99.49
pH 12.0 溶液浸泡	10	95.79	99.16
pH 12.0 溶液浸泡 + 超声	10	99.00	99.49
pH 13.0 溶液浸泡	10	98.81	99.16
pH 13.0 溶液浸泡 + 超声	10	99.44	99.49

### 2.2 强碱性电解水的清洗效果

结果表明,强碱性电解水的清洗效果随 pH 值

升高而增强, pH 值达到 13.0 时对 4 类手术器械的清洗效果与多酶清洗剂相当, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。由于不同类型器械的结构差异, 强碱性电解水的清洗能力也略有不同, pH 值为 12.0 时即可对有齿镊和扩阴器有良好的清洗效果, 而对于有齿海绵钳和毛巾钳, pH 值需达到 13.0 才可取得理想的清洗效果, 见表 3。

表 3 强碱性电解水对不同器械的清洗效果

器械	不同 pH 值电解水 ATP 去除率 (%)			多酶清洗剂 ATP 去除率 (%)
	11.0	12.0	13.0	
有齿海绵钳	94.23	95.79	98.81	99.16
有齿镊	90.52	99.18	99.35	99.39
毛巾钳	97.18	97.45	98.30	99.51
扩阴器	98.36	99.28	99.22	98.19

### 2.3 强碱性电解水对金属的腐蚀性评价结果

结果表明, 强碱性电解水对马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢均无腐蚀性, 浸泡 72 h 后, 腐蚀速率均  $<0.010\ 0\ \text{mm/a}$ , 且在金属表面均未观察到有腐蚀痕迹。

### 3 讨论

手术器械清洗是有效控制院内感染的关键环节。研究表明血液传播是医源性感染的主要途径, 极微量的含病毒血液即具有传染性<sup>[7]</sup>。当前医院普遍使用的清洁剂以多酶为主, 由于含有大量表面活性剂, 能有效去除手术器械上蛋白质、多糖、油脂等物质, 使用效果良好。然而, 由于多酶在与水接触 2~3 h 后活性会降低, 清洁效果明显减弱, 且多酶对水温的敏感性较高, 一旦水温超过 45℃ 酶活性就开始降低<sup>[8-9]</sup>。因此, 本研究将强碱性电解水和多酶清洁剂进行比较。

研究中发现钳类器械在清洗时, 可能由于器械轴节缝隙齿槽暴露不充分, 导致器械清洗质量难以得到保障。胡梅凤等<sup>[10]</sup>研究表明, 轴节是器械的铰合点, 也是器械最难清洁的地方, 极易积聚碎屑和污垢, 因此钳类器械在清洗时, 应尽可能将轴节完全撑开, 保证清洗剂与每个面都充分接触, 提高器械清洗质量。

本研究发现, 采用新型隔膜式循环电解碳酸钾制备的强碱性电解水, 在 pH13.0 时, 无需超声波辅助即可达到理想的清洗效果; 清洗过程中无需专门进行温度控制, 且处理后对马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢等手术器械均无腐蚀作用。由此表明, 强碱性电解水常温处理手术器械时清洗效果和金属腐蚀性方面均有优势, 与已有相关研究结果<sup>[11-12]</sup>一致。此类强碱性电解水的主要成分为低浓度氢氧化钾,

可与油脂、蛋白质等有机物反应, 生成可溶性的脂肪酸和醇, 清洁能力随 pH 值的升高而增强<sup>[13-14]</sup>。同时, 强碱性电解水内含大量活性氢, 具有较强渗透力、乳化力和溶解力, 更容易使器械上的污物被剥离、溶解, 且该过程绿色环保<sup>[15-16]</sup>。此外, 强碱性电解水具有氢氧根含量高、氧化还原电位低且溶解氧少等特性, 有助于维持不锈钢表面钝化膜的完整性, 防止应力腐蚀破裂的发生, 进而降低腐蚀的风险<sup>[17]</sup>。此类强碱性电解水 pH 值较高, 能够水解病原体的蛋白质与核酸, 破坏细菌正常代谢机能, 对细菌和病毒产生杀灭作用, 后期计划对其消毒能力进行深入探讨。

### 参 考 文 献

- [1] 刘玉村, 梁铭会. 医院消毒供应中心岗位培训教程 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2013.
- [2] 赵巧云, 虎风丽. 两种不同清洗剂对手术器械清洗效果的研究 [J]. 中国卫生产业, 2018, 15(36): 154-155.
- [3] Yan P, Daliri BM, Oh DH. New clinical applications of electrolyzed water: a review [J]. Microorganisms, 2021, 9(1):136-152.
- [4] Song X, Zhao H, Fang K, *et al.* Effect of platinum electrode materials and electrolysis processes on the preparation of acidic electrolyzed oxidizing water and slightly acidic electrolyzed water [J]. RSC Advances, 2019, 9(6):3113-3119.
- [5] Sheldeshov NV, Zabolotsky V, Kovalev NV, *et al.* Electrochemical characteristics of heterogeneous bipolar membranes and electromembrane process of recovery of nitric acid and sodium hydroxide from sodium nitrate solution [J]. Sep Purif Technol, 2020, 241(1): 1-11.
- [6] 中华人民共和国卫生部. 消毒技术规范 [S]. 2002.
- [7] 周薇, 冯秀兰, 张静. 血液污染平板类器械放置时间对清洗效果的影响 [J]. 实用医学杂志, 2012, 28(15):2630-2631.
- [8] 周淑英, 罗珍, 周佩如. 三种浓度多酶清洗剂对手术器械清洗的效果对比 [J]. 实用医学杂志, 2013, 29(12):1982-1983.
- [9] 谭家琼, 林琼, 曾庆菊, 等. 碱性还原电位水在金属器械清洗中的应用 [J]. 中国消毒学杂志, 2015, 32(12): 1283-1284.
- [10] 胡梅凤, 胡国风. 清洗串钳对轴节类器械清洗质量的影响 [J]. 护理实践与研究, 2016, 13(16): 136-137.
- [11] 郑木珍, 李国燕, 李光雪. 碱性清洗剂对消毒供应室护理清洗质量的影响 [J]. 实用临床护理学电子杂志, 2020, 5(17): 141-145.
- [12] 周锡明, 王禹鑫, 张弛, 等. 常用医用清洗剂对金属腐蚀性的测试 [J]. 中国医学装备, 2020, 17(1): 176-178.
- [13] 刘建昭. 多酶清洗剂及碱性清洗剂清洗用于消毒供应室医疗器械清洗质量管理中的效果 [J]. 国际医学与数据杂志, 2023, 7(1): 89-92.
- [14] Kyaw TT, Hanawa T, Kasugai S. Investigation of different electrochemical cleaning methods on contaminated healing abutments: an approach for metal surface decontamination [J]. Int J Implant Dent, 2020, 6(1): 44-53.
- [15] 孝枝, 申瑶. 应用氧化电位水对物品消毒处理的研究 [J]. 中华护理教育, 2010, 7(7): 318-319.

(下转第 130 页)



低于对照组( $\chi^2=13.330$ ,  $P<0.05$ ), 分别为 89.5% 和 80.3%。科室使用过程中观察组镜头无清晰度不合格情况, 见表 3。

表 3 镜头清晰度检测情况

组别	检测件数	合格件数	合格率(%)	科室反馈不合格(次)
观察组	400	321	80.3	0
对照组	400	358	89.5	3

### 3 讨论

消毒供应科去污区存在诸多感染风险点, 感染控制风险点贯穿去污区所有操作的每个细小环节<sup>[4]</sup>。《医院消毒供应中心第 1 部分: 管理规范》中指出, 污染物品回收操作过程中人员需做好职业防护<sup>[5]</sup>。操作人员佩戴防护面罩检查镜头时清晰度受影响, 手术中有血液和黏液附着在镜头表面<sup>[6]</sup>, 检查难度加大, 如不戴防护面罩进行操作, 污染的镜头会触碰到操作者眼睛周围皮肤或者佩戴的眼镜上; 如果佩戴防护面罩, 为了能看清镜头清晰度, 镜头紧挨着防护面罩的面屏, 容易造成人-物交叉污染的发生。内窥镜镜头清晰度检查辅助装置通过手机成像系统检查, 可以大大减少人-物交叉污染发生率。

镜头清晰度检查对操作人员视力要求比较高, 由于个体视力的差异, 出现问题不明显时需要反复查看才能确认结果, 导致耗时降低工作效率。内窥镜镜头清晰度检查辅助装置可以将图像放大, 查看更清楚, 同时还可以将发现的问题通过图片或者视频保存, 作为原始证据发给使用科室, 减少矛盾的发生。

由于镜头结构的特殊性, 手术过程中对其清晰度要求高, 消毒供应室操作人员由于个人裸体视力的差异性, 对于细小的黑点或者裂缝在处理过程中不易发现, 而临床科室的操作人员在使用中将镜头连接光源线后, 内窥镜上的黑点或者小裂缝在设备的显示屏上清晰显现出来。如果内窥镜上有黑点或者裂缝, 影响临床科室手术医生的使用或内窥镜损坏需要更换, 或者接收中细小的裂缝或破损未及时发现, 在进行清洗、消毒及灭菌时, 加重镜头的损坏甚至报废, 目前各个科室都在进行成本核算<sup>[7]</sup>, 使用

科室发现此类情况必然会反馈到消毒供应科。内窥镜镜头清晰度检查辅助装置可通过图像放大发现很小的裂缝、划痕及黑点, 可以减少经济损失及临床科室的反馈。

手术器械性能良好是保障手术正常开展的前提条件, 对手术器械性能检查是极其重要。消毒供应中心工作人员对器械维护认知能力和维护保养情况直接影响器械的使用寿命<sup>[8]</sup>。使用镜头辅助装置检查镜头清晰度, 能及时发现不合格镜头, 提前采取应对措施, 保证手术顺利开展。

随着医疗技术水平的不断发展, 大量精密手术器械被应用, 内窥镜镜头属于精密、价格昂贵的医疗器械<sup>[9]</sup>, 在镜头接收时对其清晰度的检查是不可忽视的关键环节, 镜头清晰度合格也是保证各类微创手术顺利开展的前提条件。使用镜头辅助装置检查镜头清晰度可以减少肉眼检查法一些弊端的发生, 操作简单便捷, 制作成本低, 值得广泛应用和推广。

### 参 考 文 献

- [1] 胡银清, 刘晓利, 李娜, 等. 不同清洗剂对软式内镜铜绿假单胞菌生物膜去除效果的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(12):885-886.
- [2] 郭美云, 蔡云霞, 谢美英. 自制精密器械图谱在手术室、供应室器械交接中的应用[J]. 赣南医学院学报, 2014, 34(4):626-627.
- [3] 贺佟秀, 薛永姣, 唐纯娜. 自制彩色腔镜器械图卡在手术室、供应室器械交接中的应用[J]. 全科护理, 2017, 15(8):983-984.
- [4] 甄兰英, 贾慧. 消毒供应中心去污区感染控制风险点及对策的探讨[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(4):943-944.
- [5] 国家卫生和计划生育委员会. 中华人民共和国卫生行业标准医院消毒供应中心第 1 部分: 管理规范: WS 310.2—2016 [S]. 2016.
- [6] 李焕平, 张莉, 蔡婉嫦. 硬式内镜清洗架在硬式内镜及器械清洗中的应用研究[J]. 实用临床医药杂志, 2017, 21(6):180-181.
- [7] 刘竹英, 钟佳, 谭丽平, 等. 区域性消毒供应中心成本管理的效果评价[J]. 护理管理杂志, 2013;13(2):117-118.
- [8] 黄浩, 张青. 医院消毒供应中心对精密手术器械管理的调查研究[J]. 中华护理学杂志, 2017, 52(10):1239-1240.
- [9] 江双珠, 黄淑清, 傅淑英. 不同清洗方法对硬式内窥镜器械清洗效果的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(7):546-547.

(收稿日期:2024-05-27)

(上接第 127 页)

- [16] Suzuki Y, Hishiki T, Emi A, *et al.* Strong alkaline electrolyzed water efficiently inactivates SARS-CoV-2, other viruses, and Gram-negative bacteria [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2021, 575(20): 36-41.

- [17] Xavier CCF, Braga JO, Pessoa MO, *et al.* Corrosion resistance of stainless-steel surgical tools in enzymatic and alkaline detergent [J]. *Mater Today Commun*, 2022, 33(10): 44-53.

(收稿日期:2023-07-17)