

流程优化管理对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响

刘红娜, 杨鹏翔, 刘梦梅, 朱莹

(中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院消毒供应室 河北 石家庄 050000)

摘要 **目的:** 探究流程优化管理对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响。**方法:** 分别将 2021 年 11 月—2022 年 11 月和 2022 年 12 月—2023 年 12 月中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院消毒供应室回收的达芬奇机器人手术器械作为常规清洗组(采用制造商推荐的清洗程序进行清洗)和优化管理组(采用器械清洗流程优化管理进行清洗)。通过目测、光源放大镜检测和三磷酸腺苷(ATP)生物荧光检测三种评价方法验证器械的清洗质量。**结果:** 通过目测, 优化管理组器械清洗的合格率为 96.88%, 常规清洗组的合格率为 93.75%, 两组间目测合格率差异无统计学意义($P>0.05$); 光源放大镜检测结果显示, 优化管理组器械清洗的合格率为 94.79%, 常规清洗组的合格率为 86.46%, 优化管理组显著高于常规清洗组($P<0.05$); ATP 生物荧光检测结果显示, 优化管理组器械清洗的合格率为 91.21%, 常规清洗组的合格率为 80.72%, 优化管理组显著高于常规清洗组($P<0.05$); 优化管理组清洗质量评分和消毒质量评分显著高于常规清洗组($P<0.05$)。**结论:** 器械清洗流程优化管理能有效提高达芬奇机器人手术器械清洗质量。

关键词 流程优化; 达芬奇机器人; 手术器械; 清洗质量

中图分类号 R608 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 03-0427-04

Effect of process optimization management on the cleaning quality of Da Vinci robotic surgical instruments

LIU Hongna, YANG Pengxuan, LIU Mengmei, ZHU Ying

(Sterilization and Supply Center, the 980th Hospital of PLA Joint Logistics Support Force, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract **Objective:** To explore the effect of instrument cleaning process optimization management on the cleaning quality of Da Vinci robotic surgical instruments. **Methods:** The Da Vinci robotic surgical instruments recovered from the Sterilization and Supply Center in the 980th Hospital of PLA Joint Logistics Support Force from November 2021 to November 2022 were assigned to the routine cleaning group (using cleaning program recommended by the manufacturer) and the instruments recovered from December 2022 to December 2023 were assigned to the optimization management group (using cleaning process optimization management for instrument cleaning). The cleaning quality of instruments was verified by three evaluation methods: visual inspection, lighted magnifier inspection, and adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence detection. **Results:** Through visual inspection, the pass rate of instrument cleaning was 96.88% in the optimization management group and 93.75% in the routine cleaning group, the difference was not statistically significant ($P>0.05$). The results of lighted magnifier inspection showed that the pass rate of instrument cleaning in the optimization management group was 94.79%, which was significantly higher than that of 86.46% in the routine cleaning group ($P<0.05$). ATP biofluorescence detection results showed the qualified rate of instrument cleaning in the optimization management group was 91.21%, which was significantly higher than that of 80.72% in the routine cleaning group ($P<0.05$). The scores of cleaning and disinfection quality in the optimization management group were significantly higher than those of the routine cleaning group ($P<0.05$). **Conclusion:** Optimized management of the instrument cleaning process can effectively improve the cleaning quality of Da Vinci robotic surgical instruments.

Key words Process Optimization; Da Vinci Surgical Robot; Surgical Instrument; Cleaning Quality

基金项目: 2023 年度河北省医学科学研究课题计划 (20231302)

Foundation Item: Medical Science Research Project Plan of Hebei Province in 2023 (20231302)

引用格式: 刘红娜, 杨鹏翔, 刘梦梅, 等. 流程优化管理对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (3): 427-430.

Citation: LIU H N, YANG P X, LIU M M, et al. Effect of process optimization management on the cleaning quality of Da Vinci robotic surgical instruments[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(3): 427-430.

通讯作者 (Corresponding Author): 刘红娜 (LIU Hongna), Email: 18931166618@163.com

达芬奇机器人手术系统是一种主从式控制的腔镜微创手术系统,能够扩展外科医生手部和眼部的功能,实现更加精确和微观操作,该系统已广泛应用于普通外科、妇科等不同专科手术中^[1-2]。其通过7个自由度的精密操纵,结合高度增强的3D视觉操纵技术,可以达到人眼-手部-器械之间的自然匹配^[3-5],其机械臂具备540°超灵活转动能力,在狭窄解剖区域手术中具有明显的优势,且具有较高的精密性^[6]。达芬奇手术机器人关键部件是机械臂,尽管可以多次使用,但其内部导管非常细长,容易积聚血液、组织液等有机污染物,并且残留的细菌膜易增加医院感染风险^[7-8]。因此,为保障机器人的正常运作及延长其使用寿命,清洁和灭菌变得至关重要,以确保清洗效果合格^[9]。目前,大多数达芬奇机器人手术器械清洁工作都是依靠生产厂家提供的清洗流程来完成。但是,单纯采用该清洁方式很难达到对器械内污染物的高效清除^[3]。器械清洗流程优化管理是在对现有工作流程进行梳理的基础上不断优化,使消毒供应管理工作更规范,进一步提升清洗工作质量。基于此,本研究探究流程优化管理对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 分别将2021年11月—2022年11月和2022年12月—2023年12月中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院消毒供应室回收的达芬奇机器人手术器械作为常规清洗组($n=96$ 件,采用制造商推荐的清洗程序进行清洗)和优化管理组($n=96$ 件,采用器械清洗流程优化管理进行清洗)。纳入标准:①器械可经高温高压蒸汽灭菌、耐湿;②机器人腔镜器械长度 >30 cm。排除标准:用于特殊感染患者术后的器械。

1.2 方法 常规清洗组清洗方法如下。①流动水冲洗:使用流动水冲洗器械,以去除污垢。②多酶溶液浸泡:根据厂家要求将器械倒入多酶溶液中浸泡。③高压水枪清洗:采用水枪清洗器械的管腔,对于可拆卸的部件,应尽量减少其数量,以防丢失或损坏。④超声波清洗:利用超声波进行清洗,持续时间为5~10 min。⑤手工刷洗:小心地使用毛刷清洗器械的轴节和管腔内部。

优化管理组清洗方法如下。①建立规范的器械管理制度。设立机器人器械管理团队,根据员工

的技能和考核情况明确分工,确保每个环节都有专人负责,包括器械回收和分发。建立器械管理的操作记录手册,并派遣质控员对清洗质量进行检测。

②组织员工培训。为了解机器人手术器械在手术过程中的应用情况,并提高护理小组对机器人手术器械的操作熟练度,需要组织小组人员参观手术室,深入了解器械的安装与拆卸方法以及使用性能等。根据器械使用说明书、国内外文献资料,综合了解器械的清洗、消毒和灭菌流程,制定相应操作规程。所有成员都要进行操作考核,考试合格的人才能独立操作达芬奇机器人,未通过考试的人需要重新接受培训,并参加补考。③明确人员责任。当手术器械移交时,消毒供应中心及手术室员工需经过一系列确认程序。检查器械各组成部分的完整性和运行情况,对所用器械的名称、型号、规格等进行检查,以保证准确无误。将手术器材交还消毒供应中心时,所有的操作程序必须由2名工作人员共同确认,经核实后,双方签署交接单。④全程质量管理。a.清点与检查:清洗前后,根据交接单清点器械,检查器械的性能,对于带有机臂的器械,检查机械臂的工作情况,记录器械的使用次数。b.灌注和浸泡:保证每一个灌注点不低于15 mL,选用合适的浸液浸泡,机器臂浸泡时间为30 min,内窥镜浸泡时间不少于15 min。c.擦洗:将内窥镜端头及线缆放置在浸液中擦洗。d.洗刷和冲洗:为了避免碰撞,操作人员需将器械手腕朝下,利用流水及清洁的尼龙刷子对器械的表面进行清洁,在清洁关节齿时,间歇移动器械的腕部,直到器械末端无明显残留污物,器械流出的水彻底干净,重复上述工序,清洗其余的冲洗口及器械端头。e.超声清洁:严格依照生产厂家的使用说明调配中性到弱碱性的酵素清洗器械,把整个器械浸没在超声波清洗机里,溶液温度控制在45℃以下。用注射器向主冲孔内最少注射15 mL的酶清洗剂将其充满,然后迅速将器械浸入清洁剂。超声波清洗的时间要视被污染情况而定,一般不能超过15 min,以免对器械造成损伤。f.漂洗:对器械的转轴与外壳的接合处进行彻底漂洗,以除去灰尘及残余清洁剂。尤其注意关键部位的清洁,保证不留一点污垢。g.总清洗时间:机械手清洗时间不少于60 min,内镜冲洗时间不少于30 min。此外,达芬奇手术机器人中的内视镜零件体积大,结构复杂,尤其是头部及外壳上摄像机显示器、激光显示

器等极易损坏，清洗时注意保护易损部位。

1.3 观察指标 ①通过目测、光源放大镜检查、三磷酸腺苷（Adenosine Triphosphate, ATP）生物荧光检测三种评价方法来验证器械的清洗质量。目测法：使用肉眼在自然光条件下对器械进行观测，评判标准：器械表面无任何可见的污渍、水垢、锈斑、血渍等，认为目测合格。光源放大镜检查：用放大镜对着光源对器械进行观测，评判标准：在放大镜下确认器械各部位无污渍、水垢、锈斑、血渍等，判断为光源放大镜检查合格。ATP生物荧光法：对经目测、光源放大镜检查合格的器械，采用ATP生物荧光检测，将取样棒涂于器械表面，尤其是间隙、轴节及关节处，采样完成后将取样棒放入试管振荡均匀后放置ATP荧光检测仪测试，评判标准：10 s后，仪器会显示相对发光单位（Relative Light Unit, RLU），若 $RLU < 150$ ，判断为ATP生物荧光检测合格。②清洗和消毒质量评分。由手术室医生评估清洗和消毒质量，各项得分为0~10分，分数越高，表示清洗和消毒质量越理想^[10]。

1.4 统计学方法 所有数据使用SPSS 24.0软件进行统计分析，计数资料以例数（百分比） $[n(\%)]$ 表示，采用连续校正 χ^2 检验或Fisher精准概率检验；计量资料以均数 $\pm$ 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，采用独立样本 t 检验；以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

表1 两组器械清洗合格率比较 $[n(\%)]$

Table 1 Comparison of the pass rate of instrument cleaning between the two groups $[n(\%)]$

组别	件数	目测		光源放大镜检查	
		合格	不合格	合格	不合格
优化管理组	96	93 (96.88)	3 (3.12)	91 (94.79)	5 (5.21)
常规清洗组	96	90 (93.75)	6 (6.25)	83 (86.46)	13 (13.54)
χ^2 值		1.049		3.923	
P 值		0.306		0.048	

表2 两组器械清洗与消毒质量评分比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

Table 2 Comparison of instrument cleaning and disinfection quality scores between the two groups（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	件数	清洗质量评分	消毒质量评分
优化管理组	96	9.10 $\pm$ 0.44	9.04 $\pm$ 0.36
常规清洗组	96	7.99 $\pm$ 0.31	8.17 $\pm$ 0.42
t 值		20.206	15.410
P 值		<0.001	<0.001

2 结果

2.1 器械清洗合格率 优化管理组目测器械清洗合格率与常规清洗组比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。光源放大镜检查结果显示，优化管理组器械清洗合格率显著高于常规清洗组（ $P < 0.05$ ），见表1。对两组经目测和光源放大镜检查合格的器械进行ATP生物荧光检测，其中优化管理组为91件，ATP生物荧光检测合格率为91.21%，常规清洗组为83件，APT生物荧光检测合格率为80.72%，两组差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。

2.2 清洗与消毒质量 优化管理组清洗质量评分和消毒质量评分均显著高于常规清洗组（ $P < 0.05$ ），见表2。

3 讨论

由于达芬奇手术机器人高昂的价格和医院配备数量有限，手术器械在各级医院的供应相对较少，为了保证手术器械的及时供应，工作人员只对其进行简单的清洗^[11-12]。但由于手术器械的复杂性及使用寿命有限，以致对其清洗、消毒的要求更高，若处理不当可能导致清洗质量不合格，进而影响手术的开展^[13-15]。故针对达芬奇机器人手术器械清洗应注重操作流程的精细化管理，而非仅强调处理步骤^[16-18]。只有如此才能确保达芬奇机器人手术器械的处理质量^[18-19]。根据陈爱琴等人对全国50家医院的调查结果显示，达芬奇机器人在监控手段、管理规范、人员配备和清洗质量方面存在一些不足之处，这说明目前国内大部分医院在达芬奇机器人手术器械的清洗质量和管理方面仍有待改进^[7, 20]。

目前，国内外尚无统一的达芬奇外科手术器械清洁度评估的规范，根据医疗卫生行业标准，日常检验主要采用目视和放大镜检查，方法简单、经济，但容易受检验人员的主观判断影响^[21-23]。为减少测量结果主观偏差，提高测量结果准确性，有必要制定统一的测量方法。ATP生物荧光检测是一种通过测定胞内ATP与荧光素酶作用产生的光度值，实现对医疗器械清洁过程中的微生物和有机污染物的检测，以及实现对医疗器械清洁质量的数字化、高精度、高灵敏度检测^[24-26]。本研究将器械清洗流程优化管理应用于达芬奇机器人手术器械清洗中，结果显示，优化管理组目测、光源放大镜检查及ATP生物荧光

检测合格率分别为 96.88%、94.79%、91.21%，常规清洗组分别为 93.75%、86.46%、80.72%，提示通过光源放大镜检查或 ATP 生物荧光检测达芬奇机器人手术器械清洗质量较目测更准确。CHEN A Q 等人^[27]的报道也证实了这一观点。此外，优化管理组光源放大镜检查、ATP 生物荧光检测器械清洗合格率均显著高于常规清洗组，表明流程优化管理能够明显提高达芬奇机器人手术器械清洗合格率。这与优化管理组对器械清洗流程进行优化，实施全程质量管理，以及采取超声清洁等措施有关。张东芳等人^[28]指出，通过全自动超声清洗达芬奇机器人手术器械能够显著提高清洗效率和清洗质量。

既往报道发现，加强质量管理以及实施全程质量管理，有助于提高达芬奇机器人手术器械的清洗质量^[29-30]。本研究结果显示，优化管理组清洗质量评分和消毒质量评分显著高于常规清洗组，提示采用流程优化管理进行清洗后的器械清洗质量和消毒效果显著提高。除了注重器械末端清洁质量，流程优化管理尤其强调清洁质量的过程控制，为了优化清洁工作，管理团队对手术间交接程序进行了改进，并按照厂家说明书制订了标准化的清洗工作程序，加强了对清洗员工的培训，注重细化加工过程中的各个环节。为了确保达芬奇机器人回收器械的回收质量和清洁质量，对作业流程清点与检查、灌注和浸泡、洗刷、冲洗、超声清洁和漂洗等多个环节进行规范操作，并确保每个环节的操作流程人人都能熟练掌握，以减少由于不合理清洗或人为原因引起的经济损失，减少器械损伤，确保手术安全。

综上所述，流程优化管理能有效提高达芬奇机器人手术器械清洗质量，值得临床借鉴应用。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：刘红娜负责创造设计、撰写论文；杨鹏翔、刘梦梅负责操作实施；朱莹负责收集资料。

参考文献

- [1] 田红, 杨梓含, 李颖, 等. 达芬奇机器人手术器械清洗消毒灭菌研究现状及展望 [J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(4): 484-488.
- [2] 孙雪莹, 史安云, 甘志连, 等. 传统清洗与机械清洗对达芬奇机器人手臂清洗效果比较 [J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(22): 3500-3503.
- [3] 万微, 饶冬霞, 周琼, 等. 器械结构培训对工作人员在达芬奇 Xi 手术器械清洗流程中知行行的影响 [J]. 中国消毒学杂志, 2023, 40(5): 395-398.
- [4] 莫军军, 黄芳, 沈红梅, 等. ATP 生物荧光法在达芬奇机械臂清洗效果检测中的应用 [J]. 护理与康复, 2020, 19(9): 71-73.
- [5] REN G Q, WANG J, GUO X Z, et al. Evaluating of the clinical effect of the robocare nursing model in Da Vinci robot-assisted radical cancer surgery[J]. Asian J Surg, 2023, 46(8): 3220-3221.
- [6] 张璇, 曾昭宇, 程弓, 等. 达芬奇手术机器人从引进到使用过程中的科学管理 [J]. 北京生物医学工程, 2021, 40(1): 101-104.
- [7] 刘霞, 刘慰, 周芳芳, 等. 联合蒸汽清洗用于达芬奇机器人手术机械臂的效果对照及损坏研究 [J]. 护理学报, 2023, 30(24): 57-60.
- [8] 黎云霞, 孙美花, 楼丽琼, 等. 两种方法清洗消毒达芬奇机器人手术臂的效果比较 [J]. 中国当代医药, 2024, 31(4): 46-49, 53.
- [9] 霍连苹, 武伟, 曹巍, 等. 强化质量控制与持续方法改进在达芬奇机器人手术器械清洗消毒中的应用研究 [J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(24): 5719-5722.
- [10] 余娉婷, 李久福, 罗芳萍, 等. 持续质量改进在消毒供应中心达芬奇机器人手术器械清洗消毒中的应用效果分析 [J]. 中国医疗器械信息, 2024, 30(1): 69-71.
- [11] 黄凤玉, 洪丽霞, 吴立香, 等. 风险管理在第四代达芬奇机器人手术器械再生处理中的应用 [J]. 岭南急诊医学杂志, 2024, 29(2): 200-202.
- [12] 姚艳华, 汪红英, 胡国凤, 等. 达芬奇机器人手术器械的清洗消毒方法进展 [J]. 中国消毒学杂志, 2024, 41(4): 290-294.
- [13] 李乐, 谢多双, 吕宜灵, 等. 达芬奇机器人手术系统相关医院感染研究进展 [J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(21): 3357-3360.
- [14] LUO G Y, LIAO D, LIN W J, et al. Cost analysis of supply chain management of Da Vinci surgical instruments: A retrospective study[J]. Technol Health Care, 2022, 30(5): 1233-1241.
- [15] CHEN A Q, YUAN Z, CHEN H Y, et al. Investigation into the current status of cleaning, disinfection, and sterilization of da Vinci surgical instruments-a cross-sectional survey[J]. Gland Surg, 2023, 12(4): 487-491.
- [16] 孟闪闪, 姚卓娅, 耿军辉, 等. 达芬奇机器人手术器械清洗质量控制的研究进展 [J]. 中华护理杂志, 2024, 59(10): 1241-1247.
- [17] 莫超茸. 消毒供应室达芬奇机器人手术器械清洗消毒中质量控制持续改进方法探讨 [J]. 医学理论与实践, 2022, 35(1): 172-174.
- [18] 孟禅. 清洗机清洗后达芬奇手臂器械干燥方法的研究 [J]. 中国消毒学杂志, 2023, 40(10): 796-797.
- [19] 季现亮, 郝桂娥. 持续质量改进循环管理模式对达芬奇机器人机械手臂清洗质量的影响 [J]. 天津护理, 2024, 32(3): 338-341.
- [20] 陈爱琴, 王雪晖, 陈寒艳. 达芬奇手术器械清洗消毒灭菌现状问题调查研究 [C]// 中国医学装备大会暨 2021 医学装备展览会论文集. 教育部华中师范大学, 2018.
- [21] 史玲玲, 白芳, 王锋玲, 等. 减压沸腾清洗技术在达芬奇手臂清洗中的应用效果分析 [J]. 中国消毒学杂志, 2021, 38(11): 870-872.
- [22] 张萍, 陈慧. 集束化管理对第四代达芬奇机器人手术器械再处理的应用 [J]. 中国消毒学杂志, 2024, 41(8): 607-609, 614.
- [23] 洪丽雅, 陈雅苹. 完善信息化追溯系统风险预警及干预对策对达芬奇手术器械处理流程的影响 [J]. 医疗装备, 2024, 37(7): 53-56.
- [24] 余文静, 肖瑶, 吕锡蓉, 等. 荧光检测技术用于机器人电外科手术器械清洗效果的研究 [J]. 中国实用护理杂志, 2020, 36(22): 1746-1749.
- [25] 吴小林, 陈翠敏. 标准操作程序在达芬奇机器人手术器械清洗流程中的应用 [J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(9): 906-908.
- [26] 卢娟, 沈倩婧, 董韵韵, 等. 2 种清洗程序对达芬奇器械手臂清洗效果比较 [J]. 中国消毒学杂志, 2024, 41(6): 463-465.
- [27] CHEN A Q, ZOU X M, TAN Y H, et al. Multicenter comparative study of three "non-destructive" methods of detecting the cleanliness of the da Vinci surgical robotic instrument[J]. Gland Surg, 2021, 10(12): 3305-3313.
- [28] 张东芳, 底瑞青, 郭宏园, 等. 不同清洗方式对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响研究 [J]. 护士进修杂志, 2022, 37(7): 650-653.
- [29] 周菊梅, 于海燕. 达芬奇机器人手术器械清洗质量改进的探讨 [J]. 中国医疗管理科学, 2021, 11(6): 90-92.
- [30] 赵小丽, 靳寸朵, 麻雷, 等. 全程质量管理在达芬奇机器人器械清洗中的应用 [J]. 中华现代护理杂志, 2017, 23(31): 3988-3989.

收稿日期: 2024-10-12

编辑: 崔明瑶