DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20264730

·论著·

PDCA 循环与根因分析法在达芬奇手术臂清洗质量改进中的应用

付海鸿[1,2],封丽果[3],喻　晴[1,2],罗　琴[1],张　玲[1],刘　鹏[1,4]

(1. 中南大学湘雅医院临床护理教研室,湖南 长沙　410008;2. 中南大学湘雅医院消毒供应中心,湖南 长沙　410008;3. 湖南医药学院总医院心胸血管介入外科,湖南 怀化　418000;4. 中南大学湘雅医院心脏大血管外科重症监护室,湖南 长沙　410008)

[摘　要] **目的**　探讨 PDCA 循环与根因分析法联合应用对达芬奇机器人手术臂清洗质量的改进效果。**方法**　以湖南省某三级甲等医院消毒供应中心为研究场所,按预设时间窗连续纳入全部达芬奇机器人手术臂清洗批次。将 2024 年 5 月 1—31 日的 112 件/次作为改善前基线,2024 年 6 月 17 日—7 月 16 日的 123 件/次用于真因验证,2024 年 8 月 1 日—9 月 30 日的 232 件/次用于效果评价。以 PDCA 循环为总体改进框架,在计划阶段嵌入根因分析法,采用头脑风暴、鱼骨图及现场跟班、视频回放等方法识别并验证真因,针对流程、设备和人员 3 个维度实施改进。**结果**　清洗合格率由改善前的 82.14%(92/112)提升至改善后的 96.98%(225/232),两者比较差异有统计学意义($\chi^2=22.999$,$P<0.001$)。因流程不规范、无专用清洗设备和程序、工作经验不足导致的不合格件数分别由每月 9、9、6 件降至 2、0、1 件。专项小组 10 名成员的能力自评总体均分由(2.85±0.14)分提升至(4.61±0.17)分。**结论**　PDCA 循环与根因分析法联合应用可将根因识别与闭环改进相衔接,有效提升达芬奇机器人手术臂清洗质量;建议从流程标准化、专用设备配置及分层培训等方面持续巩固改进成效。

[关　键　词] 达芬奇机器人手术臂;清洗合格率;PDCA 循环;流程优化;根因分析法

[中图分类号] R197.323.4

Application of PDCA cycle and root cause analysis in improving the cleaning quality of da Vinci surgical arms

Fu Haihong[1,2], *Feng Liguo*[3], *Yu Qing*[1,2], *Luo Qin*[1], *Zhang Ling*[1], *Liu Peng*[1,4] (1. *Clinical Nursing Teaching and Research Department, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha* 410008, *China*; 2. *Central Sterile Supply Department, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha* 410008, *China*; 3. *Department of Cardiothoracic and Vascular Interventional Surgery, Hunan University of Medicine General Hospital, Huaihua* 418000, *China*; 4. *Intensive Care Unit, Department of Cardiovascular Surgery, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha* 410008, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To explore the effect of combined application of the PDCA cycle and root cause analysis (RCA) on improving the cleaning quality of da Vinci robotic surgical arms. **Methods**　The study was conducted at the central sterile supply department of a grade A tertiary hospital in Hunan Province. All batches of da Vinci robotic surgical arms cleaning within pre-defined time windows were consecutively included. A total of 112 instrument-cleaning instances from May 1 to 31, 2024, were included as the preintervention baseline; 123 instances from June 17 to July 16, 2024, were used for verification of the actual causes; and 232 instances from August 1 to September 30, 2024, were included for outcome evaluation. The PDCA cycle served as the overall improvement

[收稿日期]　2026－06－30

[基金项目]　湖南省自然科学基金项目(2026JJ60102)

[作者简介]　付海鸿(1991－),女(汉族),湖南省长沙市人,主管护师,主要从事护理管理相关研究。

[通信作者]　刘鹏　　E-mail:xyyyxwlp@csu.edu.cn

framework, with RCA embedded in the planning phase. Brainstorming, fishbone diagrams, onsite observation, and video replay were employed to identify and verify the actual causes. Improvements were implemented across three dimensions: procedures, equipment, and personnel. **Results** The cleaning pass rate increased from 82.14% (92/112) before improvement to 96.98% (225/232) after improvement, with a statistically significant difference (χ^2 = 22.999, $P<0.001$). The monthly number of unqualified items due to nonstandardized procedures, lack of dedicated cleaning equipment and programs, and insufficient work experience decreased from 9, 9, and 6, to 2, 0, and 1, respectively. The overall mean score for self-assessed abilities among the 10 members of the dedicated project team increased from (2.85 ± 0.14) to (4.61 ± 0.17) points. **Conclusion** The combined application of the PDCA cycle and RCA can link rootcause identification with closedloop improvement and effectively improve the cleaning quality of da Vinci robotic surgical arms. It is recommended to continuously consolidate the improvements through procedure standardization, provision of dedicated equipment, and tiered training.

[**Key words**] Da Vinci robotic surgical arm; cleaning pass rate; PDCA cycle; process optimization; root cause analysis

达芬奇机器人手术臂因具有多关节、狭长管腔和半盲端等复杂结构，污染物易滞留于难以直接观察和触及的部位，其清洗质量是确保器械安全复用的重要基础[1]。国内外学者已从清洗方式比较[2-4]、流程优化[5-6]及人员培训[7]等方面进行了探索，但多聚焦于单一技术或单项管理措施，较少在系统筛查潜在致因的基础上，进一步通过客观手段锁定核心原因(即“真因验证”)，并据此从流程、设备和人员三个维度实施协同干预。根因分析法(root cause analysis, RCA)是以系统和流程为导向追溯问题深层原因的管理工具[8]，PDCA 循环则通过“计划—执行—检查—处理”的闭环逻辑为质量改进提供过程管控框架[9]；将 RCA 嵌入 PDCA 的计划阶段，可在系统识别真因的基础上完成对策设计、实施、评价与持续追踪，两者的方法学衔接已在感染控制领域得到广泛应用[8, 10]。本研究以 PDCA 为总体框架，在计划阶段嵌入 RCA，系统验证清洗不合格真因，并从流程、设备和人员三个维度实施针对性干预，旨在提升达芬奇机器人手术臂清洗合格率，为精密器械的规范化清洗管理提供实践依据。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 本研究为单中心清洗质量改进项目，以“1 件手术臂完成 1 次清洗并接受 1 次质量检查”为 1 个观察单位。按预设时间窗连续纳入全部达芬奇机器人手术臂清洗批次，不作抽样。改善前基线阶段为 2024 年 5 月 1—31 日(112 件/次)，真因验证阶段为 2024 年 6 月 17 日—7 月 16 日(123 件/次)，效果确认阶段为 2024 年 8 月 1 日—9 月 30 日(232 件/次)。各阶段时间窗口依据实际手术量及常规工作周期设定：改善前 1 个月获取基线数据，真因验证期设定为 1 个月以保证时效性，效果确认期设定为 2 个月以评估稳定效果。同一物理器械在不同清洗批次中重复观察，以“件/次”为分析单位。本研究为器械清洗质量改进，不涉及患者隐私及临床干预，经医院伦理委员会审核批准豁免伦理审查。

1.2 *清洗合格判定标准* 清洗合格采用“目视/带光源放大镜检查 + 残留蛋白检测”联合判定，2 项均合格方判定为该件/次清洗合格。

1.2.1 *目视及带光源放大镜检查* 采用带光源 3～5 倍放大镜检查机械臂外表面、腔体、关节、齿槽处，无血迹、污渍、水垢、锈斑为合格。内壁检查采用干棉签旋转擦拭法，在可操作范围内对内壁进行擦拭后检查棉签无污渍为合格。对于棉签无法触及的狭长管腔和半盲端等部位，结合同批次标准化清洗过程质控记录(水温、时间、清洁剂浓度等参数)综合评价。检查前统一预设各型号器械的重点检查部位(包括工作端、关节连接处、管腔开口端等)，同型号器械每次均按相同部位、相同顺序和相同方法完成检查。所有参与质量监测的护士均经统一培训并考核合格。

1.2.2 *残留蛋白检测* 采用 Terragene MiniPro 蛋白残留培养阅读器及配套测试棒进行检测。操作步骤如下：启动仪器，待培养槽温度稳定至 60 ℃；取出测试棒内专用拭子，在拭子头部滴加 2 滴润湿液，在预设的重点易污染部位充分擦拭取样；将拭子放回测试棒并按压以激活反应液，提拉并摇匀至反应液呈绿色；再次按下拭子使其与反应液接触并摇晃 15 s，随后提起拭子使其与反应液分离；按对应 PRO 键 1 s 激活培养槽，将测试棒插入并再次按

PRO 键启动检测，培养结束后由仪器自动读取并打印结果。残留蛋白＜5.0 μg 判定为合格，结果由仪器自动判读，避免人工偏倚。

1.3　基于 RCA 的 PDCA 循环质量改进

1.3.1　发现问题（P 阶段）　2024 年 5 月 1—31 日，由经标准化培训的专职监测护士（白班）及达芬奇组护士（夜班）对 112 件/次清洗后的手术臂按 1.2 节标准进行质量查检，记录不合格项目及分布。

1.3.2　成立专项小组　2024 年 6 月初，科室成立达芬奇机器人手术臂清洗质量持续改进专项小组，由护士长担任组长，组员包括消毒供应中心主管护师 3 名，达芬奇组护士 3 名，工勤人员 2 名及设备工程师 1 名，共 10 人。小组成员均经统一培训并考核合格。

1.3.3　根因分析与真因验证　RCA 的标准流程通常包括 4 个阶段：问题界定、原因筛选、真因验证、对策拟定。本研究在 PDCA 循环的计划阶段嵌入 RCA，以头脑风暴和鱼骨图作为原因筛选工具，以现场跟班、视频回放和一对一访谈作为真因验证手段，最后基于验证结果拟定针对性改进对策。

2024 年 6 月上旬，专项小组采用头脑风暴法，从人员、设备、流程、环境、制度、督查、团队 7 个维度进行系统分析，绘制鱼骨图（图 1），梳理潜在原因。6 月 17 日—7 月 16 日，通过现场跟班、视频回放及一对一访谈等方式，对各类潜在原因进行逐一核实与排除（即“真因验证”），将实际不合格事件与潜在原因进行关联分析，分类统计各原因的实际发生频次，最终将累计占比达 80％的前 3 位原因确定为核心干预靶点。经后续真因验证，累计构成比达 80％以上的“制定/执行流程不规范”“无专用清洗设备和程序”“工作经验不足”确认为本研究的核心根本原因。

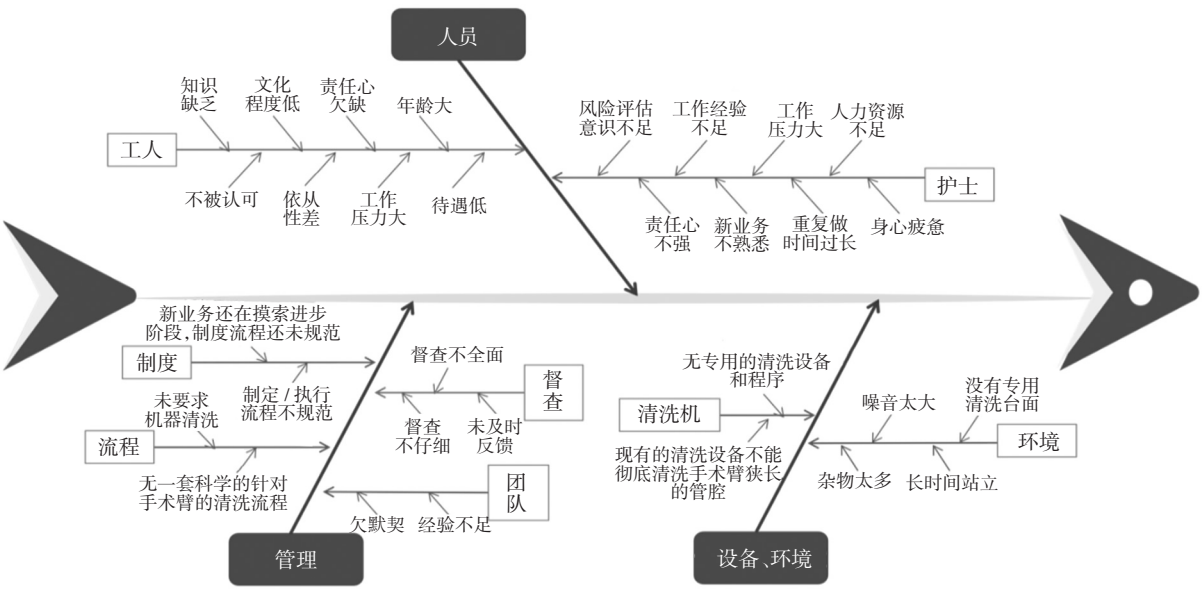


图 1　消毒供应中心达芬奇机器人手术臂清洗不合格原因鱼骨图

Figure 1　Fishbone diagram of the causes of unsatisfactory cleaning of da Vinci robotic surgical arms in the central sterile supply department

1.3.4　制订改进方案并实施（D 阶段）　2024 年 7 月，专项小组针对 3 项核心真因逐一制订改进对策。对策方案基于以下路径形成：（1）文献循证。系统检索国内外关于达芬奇机器人手术器械清洗的相关研究及厂家再处理指南，提取可供参考的改进策略。（2）专家论证。邀请院内消毒供应管理专家、感染控制专家及手术室护理专家共 3 名，对备选对策的必要性、可行性和预期效果进行讨论与评分，确定核心对策框架。（3）利益相关者访谈。征求一线清洗操作人员对现行流程痛点的反馈及改进建议，确保对策的可操作性。综合三方意见后形成最终改进方案，并于 2024 年 8 月 1 日—9 月 30 日进入实施阶段。

具体对策如下。（1）针对“流程不规范”的对策。①流程标准化：制订《达芬奇机器人手术臂清洗操作流程图》，统一预处理、酶液灌注浸泡、超声清洗、机械清洗和干燥等关键步骤。术后及时流动水预处理；采用 pH 7～11、浓度≤1％的中性至弱碱性酶清洁剂经 Luer 接口灌注浸泡 30 min；超声清洗 15 min（频率≥32 kHz）；机械清洗使用专用 DVX

清洗架及“机器人手术臂专用程序”。②制度保障：建立清洗质量考核制度，将清洗合格率纳入绩效考评。③过程监督：由 3 名主管护师组成督查小组，每日随机抽查各环节操作不少于 3 批次，每周汇总反馈，检查结果以周报形式在科室公示。(2)针对“无专用清洗设备和程序”的对策。①设备升级：配置达芬奇机器人专用清洗架，配合 Luer 接头实现高压脉冲灌注。②程序定制：与设备厂商联合开发“机器人手术臂专用清洗程序”，根据设备运行参数记录，该程序依次包括预冲洗(冷水 4 min)、清洗(纯水 50 ℃、10 min、清洁剂 3 mL/L)、漂洗(冷水 2 min→纯水 2 min)、热消毒(纯水 93 ℃，以 A_0 值达 3 000 为消毒效力终点)、干燥(120 ℃空气 8 min)、冷却(50 ℃空气 1 min)。③操作规范：制定《专用设备操作手册》，操作人员上岗前须经专项培训，每次使用后记录运行参数，定期校准维护。(3)针对“工作经验不足”的对策。①分层培训：新进人员入职 2 周内完成基础培训；进修护士进行 4 学时专项培训；达芬奇组护士每月开展案例讨论，邀请厂家工程师现场指导。②培训方式：PPT 理论授课与视频演示相结合，辅以一对一现场带教。③考核评价：每月进行理论闭卷考试(100 分制，≥90 分为合格)和操作现场考核(100 分制，≥95 分为合格)，成绩纳入个人绩效档案。

1.3.5 效果评价(C 阶段) 2024 年 10 月，专项小组对改进效果进行评价。比较改善前后清洗合格率及不合格项目分布的变化；追踪 3 类核心真因对应不合格件数的变化；比较培训考核成绩在改善前后的变化。

1.3.6 持续改进(A 阶段) 将《达芬奇机器人手术臂清洗操作流程图》《专用设备操作手册》及专用程序运行参数纳入科室标准化作业文件，将分层培训方案纳入年度培训计划以持续运行。后续检查中发现的新问题纳入下一轮 PDCA 循环。

1.4 统计学方法 应用 Excel 2019 进行数据整理，应用 SPSS 26.0 进行统计分析。计数资料以例数和百分率(%)表示。改善前后总体清洗合格率比较采用 *Pearson* χ^2 检验；残留蛋白超标比较采用 *Fisher* 确切概率法(理论频数<1 时)；以 $P \leqslant 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 清洗质量改善 改善前查检 112 件/次，合格 92 件(82.14%)；改善后查检 232 件/次，合格 225 件(96.98%)。改善后清洗合格率较改善前提高 14.84 个百分点，差异有统计学意义($\chi^2 = 22.999$，$P < 0.001$)。

2.2 清洗不合格项目变化 改善前不合格 20 件，以血迹(35.00%)和残留蛋白超标(30.00%)为主，累计占 65.00%；改善后不合格 7 件。其中残留蛋白超标导致的不合格率由改善前的 5.36%(6/112)降至改善后的 0(0/232)，差异有统计学意义(采用 *Fisher* 确切概率法，$P = 0.001$)。因改善后血迹、锈斑、污渍等其他缺陷的分类明细未完整保留，故将上述项目合并为“其他缺陷”进行描述性比较，其他缺陷导致的不合格率改善前为 12.50%(14/112)，改善后为 3.02%(7/232)。

2.3 3 类核心真因对应不合格件数变化 针对 3 项核心真因进行过程指标追踪。流程不规范导致的不合格件数由每月 9 件降至 2 件；无专用清洗设备/程序导致的不合格件数由每月 9 件降至 0 件；工作经验不足导致的不合格件数由每月 6 件降至 1 件。培训考核方面，理论平均成绩由(82.00 ± 2.58)分提升至(94.00 ± 1.89)分，操作平均成绩由(85.00 ± 1.89)分提升至(97.00 ± 1.05)分。

2.4 团队能力自评 专项小组 10 名成员从解决问题能力、个人素质修养、沟通协调能力、责任心、自信心、团队合作能力、PDCA 手法掌握程度、积极性 8 个维度进行自评(Likert 5 级评分，1 = 很低，5 = 很高)，改善后各维度均分均高于改善前，总体均分由(2.85 ± 0.14)分提升至(4.61 ± 0.17)分。见表 1。

表 1 项目成员能力自评各维度均分及变化($\bar{x} \pm s$，分)

Table 1 Mean scores and changes in each dimension of ability self-assessment among project team members ($\bar{x} \pm s$, points)

维度	改善后	改善前	均值差
解决问题能力	4.60 ± 0.52	2.80 ± 0.42	1.80
个人素质修养	5.00 ± 0.00	3.20 ± 0.42	1.80
沟通协调能力	4.60 ± 0.52	2.60 ± 0.52	2.00
责任心	4.80 ± 0.42	3.00 ± 0.00	1.80
自信心	4.80 ± 0.42	2.80 ± 0.42	2.00
团队合作能力	4.20 ± 0.42	2.60 ± 0.52	1.60
PDCA 手法掌握程度	4.50 ± 0.53	3.00 ± 0.00	1.50
积极性	4.40 ± 0.52	2.80 ± 0.42	1.60
总体(均值)	4.61 ± 0.17	2.85 ± 0.14	1.76

3　讨论

本研究以 PDCA 为总体改进框架，在计划阶段嵌入 RCA，通过流程标准化、专用设备配置和分层培训三项策略的协同干预，使达芬奇机器人手术臂清洗质量得到显著提升，不合格项得到有效控制。本研究的核心贡献在于构建了“真因识别→三维干预→效果评价→标准固化”的闭环改进路径，为消毒供应中心精密器械的系统化管理提供了可操作的方法学参考。

达芬奇机器人手术臂因管腔狭长、关节缝隙多、材质精密，对清洗操作的规范性和一致性要求远高于普通手术器械[2]。本研究在改善前流程不规范是清洗不合格的主要真因之一，与田红等[11]报道的国内尚缺乏统一的机器人手术臂清洗标准的结论一致。Chen 等[1]的全国横断面调查显示，62.00%的医疗机构完全依赖手工清洗达芬奇手术器械，仅 16.00%～32.00%定期使用客观检测方法评估清洗效果；本研究在借鉴上述成果的基础上，既制定了标准化操作流程图，又同步建立了质量考核制度。改善后因流程不规范导致的不合格件数由每月 9 件降至 2 件，提示流程文本化与制度约束的有机结合是确保执行落地的必要保障。

达芬奇手术臂的管腔内壁蛋白残留是最难清除的污染物类型[2]。本研究改善前残留蛋白超标占不合格项目的 30.00%，是主要缺陷之一。张东芳等[3]对比了三种清洗方式，证实脉冲式管腔清洗联合超声预洗效果最佳；Dolci 等[4]亦发现 ATP 检测显示手工联合自动化清洗可有效降低机器人器械的生物负荷，但该研究仍依赖现有常规设备平台。罗芳萍等[5]探讨了不同清洗流程对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响。本研究在此基础上引进专用清洗架并定制专用清洗程序，通过 Luer 接头实现高压脉冲灌注，配合 93 ℃、A_0 值达 3 000 的热消毒阶段。改善后因设备原因导致的不合格件数由每月 9 件降至 0 件，残留蛋白超标问题得到有效控制。这一结果提示，对于结构高度复杂的精密器械，实现设备与器械的结构性匹配是突破清洗质量瓶颈的关键路径。

消毒供应中心人员涵盖护士、工勤人员及进修人员等多个群体，其专业背景和学习能力差异显著[12]。本研究改善前因工作经验不足导致的不合格占 30.00%，人员考核平均成绩偏低。为此，本研究根据新进人员、进修护士及达芬奇组护士各自的岗位职责和技能缺口，设置差异化的培训内容与考核标准。改善后因经验不足导致的不合格件数由每月 6 件降至 1 件，改善后理论及操作考核成绩均显著提高。这一结果提示，将培训资源精准投放至不同岗位的技能缺口，是提升多层级人员操作能力的有效策略。

既往研究多聚焦于单一技术或单项管理措施的改进[3]，缺乏对清洗不合格真因的系统性验证。RCA 的优势在于从系统和流程层面追溯问题的深层原因，但其价值取决于改进建议能否被有效实施和追踪[8, 13]；PDCA 则提供“计划—执行—检查—处理”的闭环框架。本研究将 RCA 嵌入 PDCA 的 P 阶段用于“识因”，由 D、C、A 阶段完成“实施—评价—固化”，使问题识别从经验推测走向数据验证[9]。该方法学路径与 Omar 等[10]将 RCA 嵌入 FOCUS-PDCA 用于感染控制的质量改进思路一致，但在达芬奇机器人手术臂清洗管理中的应用尚属探索。

综上所述，本研究以 PDCA 为持续改进框架并在计划阶段嵌入 RCA，围绕流程、设备和人员实施针对性干预，有效降低了达芬奇机器人手术臂清洗不合格率，清洗质量得到显著提升。标准化流程、专用设备配置及分层培训三项策略的协同应用，为精密器械的规范化清洗管理提供了可借鉴的实践路径。未来研究宜采用多中心、前瞻性设计，并纳入卫生经济学评价指标，以更严谨地验证该管理模式的推广价值。

作者贡献声明：付海鸿负责研究选题、实验设计、实验实施及论文初稿撰写；封丽果、喻晴负责实验数据收集、清洗设备与程序验证、清洗质量查检与整理；罗琴、张玲负责数据审核、统计学分析；刘鹏负责研究过程监督、论文润色修订、课题整体论证与定稿。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Chen Aiqin, Yuan Ze, Chen Hanyan, 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.

[2] 赵昕，乔赛男，马宁，等. 预处理保湿对达芬奇手术机械臂清

洗效果的影响研究[J]. 中国消毒学杂志，2026，43(2)：139－142.
Zhao Xin，Qiao Sainan，Ma Ning，et al. Effect of pre-moistening treatment on the cleaning efficacy of da Vinci robotic arms[J]. Chinese Journal of Disinfection，2026，43(2)：139－142.

[3] 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.
Zhang Dongfang，De Ruiqing，Guo Hongyuan，et al. Research on the influence of different cleaning methods on the cleaning quality of da Vinci robotic surgical instruments[J]. Journal of Nurses Training，2022，37(7)：650－653.

[4] Dolci M E，Lobo R D，Nunes J A，et al. Evaluation of cleaning process efficacy of instruments for robotic surgery using the adenosine triphosphate test[J]. Surgery，2023，174(2)：296－300.

[5] 罗芳萍，黄滨，李久福，等. 不同清洗流程对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响研究[J]. 中国医疗器械信息，2025，31(2)：168－170.
Luo Fangping，Huang Bin，Li Jiufu，et al. Research on the influence of different cleaning processes on the cleaning quality of da Vinci robot surgical instruments[J]. China Medical Device Information，2025，31(2)：168－170.

[6] 刘红娜，杨鹏翾，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.
Liu Hongna，Yang Pengxuan，Liu Mengmei，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.

[7] 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信行的影响[J]. 中国消毒学杂志，2023，40(5)：395－398.
Wan Wei，Rao Dongxia，Zhou Qiong，et al. Effect of instrument-structure training on knowledge，attitude and practice of staff in the cleaning process of da Vinci Xi surgical instruments[J]. Chinese Journal of Disinfection，2023，40(5)：395－398.

[8] 谢素霞，姜克文，黄欣欣，等. RCA法联合戴明循环管理模式对住院患者抗菌药物治疗前病原学送检率的影响[J]. 中华医院感染学杂志，2024，34(2)：272－276.
Xie Suxia，Jiang Kewen，Huang Xinxin，et al. Impact of the RCA method combined with the PDCA cycle management model on the rate of pathogenic delivery before antimicrobials treatment in hospitalized patients[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2024，34(2)：272－276.

[9] 王练，汪红英，万莉，等. 持续质量改进循环管理模式在消毒供应中心医院感染管理中的应用与评价[J]. 中国消毒学杂志，2024，41(1)：65－67.
Wang Lian，Wang Hongying，Wan Li，et al. Application and evaluation of FOCUS-PDCA cycle management model in healthcare-associated infection management in central sterile supply department[J]. Chinese Journal of Disinfection，2024，41(1)：65－67.

[10] Omar I，Shirazy M，Omar M，et al. Controlling nosocomial infection in adult intensive treatment unit：a quality improvement project[J]. Int J Risk Saf Med，2020，31(4)：267－273.

[11] 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.
Tian Hong，Yang Zihan，Li Ying，et al. Research status and prospects of cleaning，disinfection and sterilization of da Vinci surgical robot system[J]. Chinese Journal of Infection Control，2023，22(4)：484－488.

[12] 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.
Meng Shanshan，Yao Zhuoya，Geng Junhui，et al. Research progress on cleaning quality control of da Vinci surgical robot system[J]. Chinese Journal of Nursing，2024，59(10)：1241－1247.

[13] 付海鸿，喻晴，蒋丽娟，等. 根因分析法在消毒供应中心职业暴露中的应用[J]. 中国感染控制杂志，2020，19(6)：569－572.
Fu Haihong，Yu Qing，Jiang Lijuan，et al. Application of root cause analysis in occupational exposure of central sterile supply department[J]. Chinese Journal of Infection Control，2020，19(6)：569－572.

（本文编辑：陈玉华）

本文引用格式：付海鸿，封丽果，喻晴，等. PDCA循环与根因分析法在达芬奇手术臂清洗质量改进中的应用[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(11)：1659－1664. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20264730.

Cite this article as：Fu Haihong，Feng Liguo，Yu Qing，et al. Application of PDCA cycle and root cause analysis in improving the cleaning quality of da Vinci surgical arms[J]. Chin J Infect Control，2026，25(11)：1659－1664. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20264730.