

达芬奇机器人手术器械清洗应用的研究进展

于冰

大庆油田总医院麻醉手术科，黑龙江大庆，163000；

摘要：现阶段达芬奇机器人手术系统因其显著优势获得广泛应用。然而，该系统的器械结构精细复杂，清洗灭菌难度较大，直接关乎手术安全与医疗成本控制，且其器械清洗、监测及灭菌面临挑战和标准的缺失。本文综述了达芬奇机器人手术器械清洗方式及清洗效果评价方法，旨在为提高达芬奇机器人手术器械在消毒供应中心的再处理质量提供参考依据。展望未来，人工智能技术在实现智能化清洗监测与灭菌参数优化方面具备广阔应用前景。

关键词：达芬奇机器人；手术器械；清洗；监测；灭菌

DOI：10.69979/3029-2808.26.02.077

引言

达芬奇机器人手术器械的构造精密，与普通管腔器械相比，达芬奇机器人配套的管腔器械更长、器械数量更多，并且手臂作为该系统的核心部件，内管腔狭窄而细长，存在多个可活动关节，操作手柄不能拆卸、内部零件精密、结构复杂，在手术过程中，容易沾染血液、组织液等有机污染物^[1]。相比于普通的微创器械，达芬奇机器人手术器械内部有着十分复杂的结构、所使用的材质也比较特殊、有着较多的活动关节等特点，在实际开展手术过程中，血液和组织液等物质非常容易在器械累积。如果采取了不规范的清洗、监测，不仅会严重影响到设备的使用寿命，而且医院还容易发生感染^[2-3]。本研究从达芬奇机器人清洗进行综述。

1 达芬奇机器人手术器械分类

通过消毒供应中心进行处理后的器械可以分成3个部分，机械手臂、3D内镜和附件。上述设备中机械手臂（Endowrist）是最复杂的，这个设备主要是由释放杆、器械轴等相关部分所构成。在其中还设置了非常多的钢丝，利用钢丝来实现对器械头端进行科学的控制，有4个按钮存在于壳体中作用是更为全面的控制内部钢丝达到连接的效果，但内部的管腔结构却不能够进行拆卸，器械壳体主要包括了主冲和次冲两种洗孔方式，主要目的是对齿轮盒进行冲洗。由于机械手臂的种类十分的复杂，根据其自身的功能分成了抓持器、持针钳等。在这些部件中3D内镜是价值最高的，因此在维保合同没有提及该设备^[4]。4代内镜主要是由壳体、杆身、端头三部分所组成。3代内镜与普通镜头比较相似，内镜常用的镜头主要有0°和30°两种，附件器械大部分都是管腔结构。

2 清洗方法

随着医疗领域不断地发展，机械化程度也随之不断地提升，在全球范围内，达芬奇机械清洗的应用更加的广泛，其有着较为明显的优势。

2.1 超声喷淋清洗方法

超声喷淋清洗器能够实现一站式压力灌注和漂洗功能，能够进一步提升工作效率。张华丽^[5]对联合清洗达芬奇机器人床旁机械臂系统的效果展开了系统的分析，结果显示，清洗效果明显要优于手工联合超声清洗方法，使清洗质量得到进一步的提升。姚晓霞等^[6]分析相较于传统清洗方法，超声清洗技术可提升清洗合格率，降低返洗率，保证功能完好，提高整体清洁质量，且能保证医务人员满意度。卢娟等研究人员^[7]对2种清洗程序的效果进行了对比，探索替代专用清洗程序的可能。将术后需要完成器械手臂清洗的设备随机分为2组，试验组主要采用的是手工+超声机+程序清洗方式，对照组则加入了达芬奇器械专用清洗程序。通过目测法、Wash-Checks清洗检测卡等方式对两组设备清洗效果进行检测。结果表明这两种方式都能够达到相关的清洗标准要求。

2.2 压力蒸汽枪清洗法

压力蒸汽枪主要利用了物理原理对杂物进行清洁，该方式的优势在于对器械造成的损伤比较小，该设备在清洁过程中会形成8 MPa的蒸汽压力，由此可以将凝固的血液和杂物等清洁干净。刘霞等研究人员^[8]研究表明，手工联合蒸汽方式进行清洗能够有效的降低返洗率和损坏率，使清洗质量得到进一步提升。黎云霞等研究人员^[9]研究表明，蒸汽清洗相比于手工清洗消毒的效果来说更加的明显，不仅使稀有医疗资源得到科学的利用，而且还节省了清洗时所耗费的大量消毒时间。

2.3 蒸汽清洗法

在清洗时引入蒸汽清洗，所形成的 5.5 bar 蒸汽压力和湿热温度，不仅能够有效湿润难以去除的血渍、血污，还能够对器械齿缝、凹面等部位隐藏的污垢进行清除。在手工清洗的基础上加入蒸汽清洗流程，能够进一步提高清洗的质量，有效降低返洗率、损坏率^[10-11]。但在实际操作时，会形成气溶胶、高温等情况，因此必须要将自身防护工作做好，防止出现烫伤情况。

2.4 机械减压沸腾清洗机清洗法

利用减压沸腾技术能够使工作效率得到有效提升。史玲玲等^[12]采用目测法和 ATP 生物荧光检测法，比较用减压沸腾机和全自动清洗消毒器对达芬奇手臂的清洗效果及其清洗装载所需的时间。减压沸腾清洗技术可显著提高工作人员的工作效率。刘芳等研究人员^[13]研究表明，采用减压沸腾清洗技术能够较好的清洁细长管腔，通过实验 1 组和 2 组使用的保护装置，磨损率方面表现的要更好。

2.5 新型清洗辅助装置

研究表明新型清洗辅助装置的应用不仅能明显缩短达芬奇机器人内镜的清洗时间，还能显著提高清洗质量和工作效率^[14]。此外，反复利用注射器进行抽吸，会使清洗人员的手部出现严重的疲劳、酸痛，而且在进行推注时，还可能会出现喷溅情况，引起职业危害的暴露。研究表明蒸汽清洗机清洗消毒达芬奇机器人手术臂效果比手工刷洗清洗消毒效果更为理想，可节约大量清洗消毒时间，有效节约稀有医疗资源^[15]。

3 清洗效果

3.1 蛋白残留法

该方法主要以蛋白质的化学性质作为基础，利用特定试剂反映对设备的清洗效果，这样有助于更科学的选择清洗方法。江丽等研究人员^[16]在研究中通过蛋白残留法来实现对不同清洗方法展开准确的测试，结果发现，手工联合机器清洗效果相比于单独方法来说清洗效果更优。

3.2 ATP 生物荧光法

生物体内细胞能量主要来源就是 ATP，ATP 作为水溶性调节剂可能在不同生命形式中发挥防止蛋白质聚集的重要功能。细胞内 ATP 浓度数据表明，跨分类域和界别的高毫摩尔浓度 ATP 是活细胞的基本特征^[17]。耿军辉等研究人员^[18]围绕着 ATP 生物荧光检测法在灵敏度与重复性的优势展开了探究，对清洗效果以及清洗质量进行了评价，从而有效预防医院发生相关的感染。

3.3 邻苯二甲醛法

其优势在于有着非常高的灵敏度，反应速度也比较快，其作为补充检测的方式，能够更加科学的为清洁医疗器械提供清洁评估。孙雪莹等研究人员^[19]采用该方法全面的评估轴部和端部残留的蛋白，通过提取器械内的残存物展开相关的检测，使检测存在的结果误差得到有效解决。周洁等研究人员^[20]研究表明，如果使用手工清洗，那么采用新型过氧乙酸的消毒效果要更好、更耐用。

3.4 其他方法

除上面介绍的监测方法外，还有白纱布法^[21]、破坏性和非破坏性法^[22]、Wash-Checks 清洗效果检测卡等。由于采用的监测方法不同，其具有的优势也各不相同，同时每一种方法也有一定的局限性，临床主要结合多种方法来实现检测，通过不断地对多种检测方法进行科学的实践，探究出节约时间，检测效率高效的方法。

4 灭菌方法

4.1 压力蒸汽灭菌

按照权威标准、厂商的推荐，应当首选压力蒸汽灭菌方式来针对耐热、耐湿的器械。达芬奇机器人器械臂的灭菌主要采用该方式来实现高温灭菌，对于过氧化氢等离子低温灭菌方式进行灭菌^[23]。但由于达芬奇机器人所使用的器械非常的精密，而且自身的价格也非常昂贵，当采用压力蒸汽灭菌时要时刻关注摆放器械物品间距，防止出现碰撞，使整个消毒过程更加的安全。

4.2 低温灭菌

低温灭菌能够有效防止高温损伤精密器械，不仅能够大幅度地缩短灭菌耗费的时间，而且整个灭菌过程无残留，具有较高的安全性，因此在临床灭菌中得到了广泛的应用。黄甜滋等研究人员^[24]研究表明，以 CDIO 模式作为基础对清洗技术进行了改良，不仅大幅度地提升了清洗的合格率，而且也提升了对器械清洁度的满意度，在临床中值得大范围的推广应用。周菊梅等研究人员^[25]围绕着提高手术器械清洗质量内容展开探讨，在保证了清洗质量的同时还要最大限度的减少对器械的损耗，这样才能够实现医院开源节流。

5 结论

综上可知，按照规范的清洗步骤、检测方法，能够使医院发生感染的概率得到有效降低，使器械的使用寿命得到进一步的延长。目前，我国在实际中采用的清洗步骤主要依照的是器械的说明书、指导手册来进行，但这些指导性的资料还是无法有效的保证清洗效果。另外，

利用AI技术来科学的识别清洗器械阶段残留的污染物,对清洗参数进行智能的优化。在监测器械阶段,能够对清洗质量进行自动化评估,而且使检测功能进一步完整性。

参考文献

- [1]邱霜,衷存智,曾爱荣,等.不同现场预处理方式对提高达芬奇机器人手术器械清洗质量的效果观察[J].医疗装备,2025,38(09):34-37.
- [2]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.
- [3]Chen A, Zou X, Tan YH, et al. Multicenter comparative study of three "non-destructive" methods of detecting the cleanliness of the da Vinci surgical robotic instrument[J]. Gland Surgery, 2021, 10(12): 3305-3313.
- [4]龚琬玲,凌文嘉,赵永勇,等.达芬奇手术机器人的常见故障应对及日常维护管理[J].医疗装备,2021,34(23):138-139.
- [5]张华丽.不同方法清洗达芬奇机器人床旁机械臂系统效果比较[J].中国乡村医药,2023,30(24):22-23.
- [6]姚晓霞,林坚,苏香花.超声清洗技术与传统清洗方法在消毒供应中心器械清洗中的对比研究[J].中国医疗器械信息,2025,31(19):173-175.
- [7]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(06):463-465.
- [8]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.
- [9]黎云霞,楼丽琼.蒸汽清洗机清洗消毒达芬奇机器人手术臂的效果观察[J].中国当代医药,2022,29(18):145-148.
- [10]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.
- [11]周晶晶,陈晓玲,季春艳,等.蒸汽清洗消毒与手工操作流程对机器人机械臂系统清洗消毒与灭菌的效果对比[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(3):431-434.
- [12]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.
- [13]刘芳,滕智英,吕梦欣,等.机器人管腔器械不同清洗方法的质量对比研究[J].中国医学装备,2025,22(08):177-181.
- [14]刘慰,周春燕.新型清洗辅助装置在达芬奇机器人内镜清洗中的效果观察[J].中国消毒学杂志,2024,41(6):426-428,432.
- [15]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.
- [16]江丽,彭佳欣,宋芳,等.基于蛋白残留测试评估不同清洗方式对机器人机械臂器械的清洗效果[J].中国当代医药,2024,31(31):118-121.
- [17]Greiner JV, Glonek T. Intracellular ATP Concentration and Implication for Cellular Evolution [J]. Biology (Basel), 2021, 10(11): 1166.
- [18]耿军辉,詹朦,姚卓娅,等.ATP生物荧光法检测手术器械清洗质量效果评价[J].河南预防医学杂志,2021,32(10):789-791+801.
- [19]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.
- [20]周洁,祁琪,曹剑梅,等.新型过氧乙酸与邻苯二甲醛对内镜的消毒效果比较[J].中国消毒学杂志,2022,39(08):567-569+573.
- [21]江国芳,何东平,保健芳,等.精细化管理对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响[J].现代养生,2022,22(13):1081-1084.
- [22]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.
- [23]胡桑,贺佟秀,田恬,等.达芬奇机器人手术器械规范化管理研究[J].当代护士(下旬刊),2021,28(12):164-165.
- [24]黄甜滋,曾凤,何莲英,等.基于CDIO模式下的改良软式内镜清洗对达芬奇机器人手术器械清洗质量的影响[J].医学信息,2025,38(06):82-85.
- [25]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(06):90-92.