

达芬奇机器人手术运营效率影响因素分析

宋晓波, 肖明朝, 易凤琼, 胡军, 喻琼, 宋涛, 律峰, 李高杰

(重庆医科大学附属第一医院麻醉科 重庆 400016)

摘要 **目的:** 分析某三级甲等医院达芬奇机器人手术运营效率的影响因素, 为提高机器人手术效率提供依据。**方法:** 采集某院 2018 年 1 月—2020 年 12 月开展的达芬奇机器人手术运行数据, 分析首台手术开始时间、接台时间、手术时间占进出手术室总时间的比例、机器人专用手术间利用率等指标。**结果:** 共采集到达芬奇机器人手术运营数据 1843 例, 首台手术平均开始时间为 09: 25, 准点率为 21.7%, 平均接台时间为 (71±21) min, 平均手术时间为 (175±77) min, 平均机器人手术时间为 (123±59) min, 机器人专用手术间日均手术 2.9 台/d, 临时停台率为 18.9%, 夜间手术占手术总量 21.9%。**结论:** 达芬奇机器人手术的运营效率受多因素影响, 提高首台手术准点开台率、缩短接台时间、降低临时停台率对提高机器人手术效率和专用手术间利用率至关重要。

关键词 机器人辅助手术; 运营效率; 影响因素

中图分类号 R608 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 01-0045-05

Analysis on factors affecting operational efficiency in Da Vinci robotic surgery

SONG Xiaobo, XIAO Mingzhao, YI Fengqiong, HU Jun, YU Qiong, SONG Tao, LYU Feng, LI Gaojie

(Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract **Objective:** To analyze the factors that affecting the operational efficiency of Da Vinci robotic surgery in a level A tertiary hospital, and to provide theoretical basis for improving the operational efficiency of robotic surgery. **Methods:** The data of Da Vinci robotic surgeries performed in this hospital from January 2018 to December 2020 were collected, and the indicators such as the start time of the first surgery, the turnaround time, the operative time, the percentage of operative time to the total operative time, and the utilization rate of the dedicated operating room for robotic surgery were analyzed. **Results:** 1843 cases of robotic surgery were collected, the average start time of the first case was 09: 25, with on-time rate of 21.7%. The average turnaround time was (71 ± 21) min, the average operative time was (175 ± 77) min, the average operative time of robotic surgery was (123 ± 59) min, 2.9 cases were completed per day in the special operating room for robotic surgery, 18.9% cases of robotic surgery were canceled, 21.9% cases of robotic surgery were completed at night. **Conclusion:** The operational efficiency of Da Vinci robotic surgery was affected by many factors. Improving the on-time opening rate of the first

收稿日期: 2022-03-08 录用日期: 2023-04-20

Received Date: 2022-03-08 Accepted Date: 2023-04-20

基金项目: 重庆市科卫联合医学科研项目 (2020FYX003)

Foundation Item: Chongqing Medical Scientific Research Project (Joint project of Chongqing Health Commission and Science and Technology Bureau) (2020FYX003)

通讯作者: 肖明朝, Email: xmz.2004@163.com

Corresponding Author: XIAO Mingzhao, Email: xmz.2004@163.com

引用格式: 宋晓波, 肖明朝, 易凤琼, 等. 达芬奇机器人手术运营效率影响因素分析 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(1): 45-49.

Citation: SONG X B, XIAO M Z, YI F Q, et al. Analysis on factors affecting operational efficiency in Da Vinci robotic surgery [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(1): 45-49.

surgery, shortening the turnaround time and reducing the temporary stop rate are essential to improve the efficiency of robotic surgery and the utilization rate of the special operating room.

Key words Robot-assisted Surgery; Operational Efficiency; Affecting Factor

达芬奇机器人手术系统是一种先进的微创技术,其拥有符合人体工程学的医生控制台、可放大 10~15 倍的高清三维术野、人手震颤过滤系统、灵活的仿真机械手腕,可以实现更精细、复杂的操作,从而使手术切口更小、出血更少、患者术后疼痛更轻、更快恢复日常功能^[1-3]。这些优势使达芬奇机器人成为当前世界上应用最广泛的手术机器人^[4],开拓了微创手术的新领域。截至 2020 年 9 月,中国大陆装机 190 台,完成各类手术约 19 万例^[5]。然而,和普通腹腔镜手术相比,机器人辅助手术时间更长^[5-6],单日手术量低,患者排队等待手术现象突出。运营效率是《三级公立医院绩效考核指标》的重要考核指标之一,手术延期会增加患者平均住院时间,影响考评结果。本研究通过分析某三级甲等医院达芬奇机器人手术系统运营效率的影响因素,为提高机器人手术效率提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 某院为三级甲等教学医院,共有手术间 34 间(其中达芬奇机器人手术专用手术间 1 间),具有达芬奇机器人手术配合资质的护士 60 人,目前开展达芬奇机器人手术的科室有妇科、泌尿外科、胸外科、胃肠外科,总手术量逾 3000 台。

1.2 方法 从手术麻醉系统调取该院 2018 年 1 月—2020 年 12 月所有达芬奇机器人手术记录,共计 1843 台,其中妇科 808 台,泌尿外科 719 台,胃肠外科 138 台,胸外科 178 台。收集的主要信息有:①患者基本信息;②手术运行时间,包括患者入室及出室时间、手术开始及结束时间、机器人手术开始及结束时间、接台时间;③机器人专用手术间利用率,包括日均手术量、夜间手术量、临时停台率。排除标准:运行时间数据不全的手术。

1.3 观察指标

1.3.1 首台手术准点开台率 手术开台时间采用外科医师切皮时间,该院规定首台手术准点开皮时间为上午 09:10。首台手术准点开台率为达芬奇机器人手术首台手术准时开台的台数之和占首台手术台数总和的比率。

1.3.2 接台时间 接台时间为前一台手术结束至下一台手术开始的时间。

1.3.3 手术时间占患者进出手术室总时间的比例 手术时间为手术开始(切皮)至手术结束的时间。手术开始后,手术团队首先为机器人手术做准备工作,包括建立气腹、体位准备、Docking(机器人对接)等,机器人手术时间为主刀医师操控机器人开始手术至操控结束的时间,因此手术时间包含机器人手术时间。手术时间除以患者进出手术室总时间即手术时间占患者进出手术室总时间的比例。

1.3.4 机器人手术专用手术间利用率 日均手术量:为机器人手术总量/开展机器人手术的天数;夜间手术量:指 18:00 至次日 08:00 期间新接机器人手术的台数;临时停台率:手术临时停台是指手术未能按原计划执行^[7],机器人手术临时停台率为机器人手术临时停台数与原计划机器人手术台数的比率。

1.4 统计学方法 运用 SPSS 20.0 软件对达芬奇机器人手术量、手术运行时间关键时间节点进行归类和描述性分析,计量资料使用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料用百分率表示。

2 结果

2.1 首台手术准点开台率 首台达芬奇机器人手术患者平均 08:02 入室,手术平均开始时间为 09:25,切皮准点率为 21.7%。切皮时间最早的是妇科,为 09:20;准点率最高的是泌尿外科(31.2%),见表 1。

2.2 接台时间 接台时间涵盖了上一台手术结束后收拾整理用物、搬运患者、清洁卫生及下一台手术患者入室后的准备时间。平均接台时间为 (71 ± 21) min, 最长的是胸外科, 为 (94 ± 20) min, 最短的是妇科, 为 (64 ± 18) min, 见表 2。

2.3 手术时间占患者进出手术室总时间的比例 患者平均进出手术间总时间为 (267 ± 87) min; 平均手术时间为 (175 ± 77) min, 占总时间 65.54%; 平均机器人手术时间为 (123 ± 59) min, 占总时间 46.07%; 机器人手术时间占手术时间的 70.29%, 见表 3。

2.4 机器人专用手术间利用率 2018 年 1 月—2020 年 12 月机器人专用手术间日均手术 2.9 台/d; 夜间手术量大, 18:00 以后新接手术达 434 台,

占手术总量的 21.9%; 临时停台手术 349 台, 停台率 18.9%。

3 讨论

3.1 影响首台手术开台准点率的因素 手术室首台手术开台时间能够反映整个手术室的运营效率, 是考察手术室管理水平的重要指标^[8]。开台延迟会延误接台手术的进程, 使接台手术被迫延后, 不仅增加医院的运营成本, 也容易造成医患之间的矛盾, 降低医患满意度。本研究中达芬奇机器人首台手术从入室到切皮平均耗时 83 min, 切皮准点率仅为 21.7%, 其原因如下:

①达芬奇机器人手术系统由医师控制台、成像系统和床旁机械臂 3 部分组成^[9], 相较于开放手

表 1 各科首台手术开台时间比较

Table 1 Comparison of start time of the first surgery in each department

科室	例数 (n)	平均入室时间	平均手术开始时间	准点率 (%)
妇科	252	08:01	09:20	24.2
泌尿外科	186	08:01	09:22	31.2
胃肠外科	82	08:03	09:33	7.3
胸外科	56	08:05	09:44	0
总计	576	08:02	09:25	21.7

表 2 各科接台时间和接台延迟率比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of the turnaround time and delay rate in different departments ($\bar{x} \pm s$)

科室	例数 (n)	接台时间 (min)	接台延迟率 (%)
妇科	567	64 ± 18	50.1
泌尿外科	495	74 ± 20	70.5
胃肠外科	52	86 ± 21	88.5
胸外科	109	94 ± 20	94.5
总计	1223	71 ± 21	73.9

表 3 手术时间占患者进出手术室总时间的比例 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Percentage of operative time to the total time ($\bar{x} \pm s$)

科室	进出手术间总时间 (min)	机器人手术时间 (min)	手术时间 (min)
妇科	239 ± 63	118 ± 52	153 ± 53
泌尿外科	274 ± 68	121 ± 63	180 ± 78
胃肠外科	328 ± 72	156 ± 55	230 ± 65
胸外科	319 ± 122	125 ± 71	218 ± 117
总计	267 ± 87	123 ± 59	175 ± 77

术和普通腹腔镜手术更为复杂,开机前成像系统和床旁机械臂的摆位、各种辅助设备和机器人系统的连接、机器人开机自检等环节增加了准备时间。②特殊的准备工作增加了准备时间,如为机械臂和摄像头安装无菌保护套、摄像头调节白平衡和 3D 校准。③手术体位的安置增加了流程和耗时,如盆腔和下腹部的机器人手术需要安置深度头低脚高位,倾斜角度达到 30° ^[10],且需要安置肩托以防患者坠床。同时,由于压力、剪切力的增加,需要采取压疮预防措施。④外科医师入室时间晚。外科医师由于晨交班、查房、开会、会诊等原因无法在规定时间内入室,导致三方核查无法进行,手术开台延迟。⑤麻醉医师和手术室护士晨交班、学习时间长,麻醉科和手术室均把业务学习、三基培训等任务安排在早晨,造成麻醉医师和手术室护士入室时间晚,术前准备时间延长。⑥外科医师、麻醉医师和手术室护士三方沟通不畅,存在互相等待的现象。胸外科开台准点率为 0,这与胸外科手术体位安置时间长、麻醉双腔气管插管耗时有关,主管部门考核时应酌情考虑术前准备的难度、困难气道双腔插管等因素对开台时间的影响,制定针对性的考核目标,不应“一刀切”,否则会挫伤手术团队的积极性。

3.2 影响接台时间的因素 接台时间能综合反映接台手术中各方的工作效率,接台延迟在医学院校附属医院频繁发生^[11]。国内外都有研究将接台时间 >60 min 定义为接台延迟^[12-13],按此标准计算,本研究中总体接台延迟率高达 73.9%,这或许与达芬奇机器人手术系统结构复杂、手术耗材多、准备时间长有关。不同科室的接台时间有明显差异,妇科比胸外科平均快 30 min,这可能与手术类型和外科医师离开时间有关。妇科手术区域集中在盆腔,体位单一,机器人位置固定,准备时间短;胸外科手术类型多,体位安置复杂,术中还需变动机器人位置,准备时间长,如食管癌手术需要先安置侧卧位做胸段手术,再安置平卧位做

腹段手术,流程更烦琐,所需仪器设备更多,床旁机械臂的位置也需要变动。另外,妇科主刀医师离开晚,一助医师直到搬运完患者才离开,手术流程紧凑;胸外科主刀和一助医师离开早,只留下二助医师甚至研究生缝合切口、搬运患者,大大延长了接台时间。

3.3 影响手术时间占患者进出手术室总时间比例的因素 数据表明(见表 3),本研究中的非手术时间占患者进出手术间总时间的比例较高,约 35% 的时间被用于患者的手术准备和术后整理工作,如果缩短这部分时间,将大大提高接台手术的效率。另外,在手术时间分配中,又有约 30% 的时间用于机器人手术的准备工作。这和机器人手术的特性和流程有关,如机器人 Docking 时,整个手术团队都要暂停操作,直到 Docking 结束才能进行下一步操作;也与助手医师的操作熟练度有关,本研究中妇科的助手医师相较其他外科室更固定,所以妇科的机器人准备时间最短,机器人手术时间占患者进出手术间总时间的比例最高。同时还要考虑到机器人手术作为一种新的手术方式,手术流程、物资供应、应急处置、人员培训、团队协作都有别于传统手术,在实际运行中消毒供应不及时、机器人故障处理不及时、团队成员不熟练、培训考核机制不健全、缺乏奖惩机制等原因都会严重影响手术效率。

3.4 影响机器人专用手术间利用率的因素 本研究中机器人专用手术间日均手术量不大,但夜间手术的比例却很高,这和首台手术开台时间晚、接台时间长、单台手术时间长和单日手术安排分配不均有关。首台手术是否准时开台是影响手术间利用率的重要因素,也是影响当天手术室各项工作能否按计划进行的关键性因素,同时也是外科部门运转的重要环节,其工作效率直接影响手术患者的住院时间^[14]。本研究中单日手术量 ≥ 5 台的有 52 d,单日手术量 ≤ 2 台有 273 d,手术量分布不均,导致机器人专用手术间在手术高峰日通宵达旦运行,出现下半夜甚至次日早晨还在接前一天择期手术的极端情况,也导致当日消化

不了的机器人手术被迫暂停或更改为普通腹腔镜手术。另外，外科医师术前评估或准备不充分、患者临时改变主意拒绝机器人手术、机器人手术系统故障等因素也是造成临时停台率居高不下的因素。手术室是医院系统的关键财务中心，手术护理约占所有卫生保健支出的 1/3，但并非所有的成本都是适当或必要的，因为有时在手术室利用方面存在着显著的低效^[14]。达芬奇机器人手术成本更高，根据版本不同，在美国购买达芬奇机器人手术系统的单台价格为 50~250 万美元，每台系统每年的维护费用为 8~17 万美元^[15]。一项基于 14 家美国医院约 6000 例达芬奇机器人手术的成本核算指出，单例手术的平均固定成本（折旧费、维护费等）为 984 美元^[16]。提高机器人专用手术间利用率，增加单位时间内机器人手术例数（如提高年手术量），将对降低成本产生直接影响。

4 结论

达芬奇机器人手术系统因其在微创、精准等方面的优势受到外科医生和患者的青睐，排队等待手术现象突出，不利于缩短平均住院日。通过对某三甲医院达芬奇机器人手术系统运营效率影响因素的讨论，可以发现达芬奇机器人手术系统的运营效率受多因素影响，而提高首台手术准点开台率、缩短接台时间、降低临时停台率对提高机器人手术效率和专用手术间利用率至关重要。

利益冲突声明： 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明： ①宋晓波负责设计论文框架，起草论文；②胡军、喻琼负责人员协调，研究过程的实施；③宋晓波、宋涛、李高杰负责数据收集，统计学分析、绘制图表；④律峰负责论文修改；⑤肖明朝、易凤琼负责拟定写作思路，指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] Wasielewski A. Guideline implementation: minimally invasive surgery, Part 1[J]. AORN Journal, 2017, 106(1): 50-59.
- [2] Corcione A, Angelini P, Bencini L, et al. Joint consensus on abdominal robotic surgery and anesthesia

from a task force of the SIAARTI and SIC[J]. *Minerva Anestesiologica*, 2018, 84(10): 1189-1208.

- [3] Truong M, Kim J H, Scheib S, et al. Advantages of robotics in benign gynecologic surgery[J]. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 2016, 28(4): 304-310.
- [4] 尹军, 刘相花, 唐海英, 等. 手术机器人的研究进展及其在临床中的应用[J]. *医疗卫生装备*, 2017, 38(11): 97-100.
- [5] 靳川伟, 马云涛, 杨婧. 达芬奇机器人手术系统“3+X”模式在胃癌根治术中的应用现状[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2021, 2(6): 492-499.
- [6] Roh C K, Choi S, Seo W J, et al. Comparison of surgical outcomes between integrated robotic and conventional laparoscopic surgery for distal gastrectomy: a propensity score matching analysis[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 485.
- [7] 谢金亮, 付敬, 罗婷婷, 等. 医院手术室运营效率分析及改进策略探讨[J]. *中国医院管理*, 2014, 34(4): 39-40.
- [8] 陈汝雪, 欧阳晶, 谢倩, 等. 综合干预对首台手术开台时间管理成效分析[J]. *中国医院管理*, 2015, 35(5): 33-34.
- [9] 余佩武, 陈凛, 郝迎学, 等. 机器人胃癌手术专家共识(2015版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2016, 15(1): 7-11.
- [10] 党笑, 柏蒙, 张泽昊, 等. 降低腔镜手术患者接台延迟率[J]. *中国卫生质量管理*, 2020, 27(6): 103-106.
- [11] Scalea T M, Carco D, Reece M, et al. Effect of a novel financial incentive program on operating room efficiency[J]. *JAMA Surg*, 2014, 149(9): 920-924.
- [12] 李娜, 于秀荣, 李秀丽, 等. 达芬奇机器人辅助下妇科手术体位的安全管理[J]. *中华腔镜外科杂志(电子版)*, 2016, 9(3): 190-192.
- [13] Giedelman C, Moschovas M C, Bhat S, et al. Establishing a successful robotic surgery program and improving operating room efficiency: literature review and our experience report[J]. *J Robot Surg*, 2021, 15(3): 435-442.
- [14] Lee D J, Ding J, Guzzo T J. Improving operating room efficiency [J]. *Curr Urol Rep*, 2019, 20(6): 28.
- [15] Investor Presentation Q3 2019 [EB/OL]. [2019-10-20]. <https://isrg.intuitive.com/static-files/880bf027-e866-4c32-b910-5332467cd8dc>.
- [16] Feldstein J, Schwander B, Roberts M, et al. Cost of ownership assessment for a Da Vinci robot based on US real-world data[J]. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 2019, 15(5): e2023.

编辑：刘静凯