

达芬奇机器人 SP 系统在泌尿外科的应用与发展

魏勇, 沈露明, 刘威, 孟旭辉, 胡海斌, 沈百欣, 杨昕, 朱清毅

(南京医科大学第二附属医院泌尿外科 江苏 南京 210011)

摘要 达芬奇机器人 SP 系统是一种智能化微创手术系统, 其立体化、精准化的优势将有助于完成高难度、复杂手术。达芬奇机器人 SP 系统是单孔领域的一大助力, 并已广泛应用于泌尿外科。与传统开腹手术相比, 微创手术具有缩短住院时间和加速患者术后恢复等优势。为了减少手术切口, 并在一定程度上满足现代美学要求, 单孔腹腔镜手术 (LESS) 在临床应用甚广, 但 LESS 在一定程度上存在器械间相互干扰, 影响手术操作, 进而限制了 LESS 在临床的进一步应用, 这就要求符合美学概念和对器械三维关系影响小的新器械出现。因此更符合人体构造学及更具三维立体感的达芬奇机器人 SP 系统应运而生。达芬奇机器人 SP 系统规避了 LESS 的一些风险, 并结合了达芬奇机器人系统与单切口的优势, 近年来被广泛用于泌尿外科领域, 本文就达芬奇机器人 SP 系统在泌尿外科领域的应用和发展进行综述。

关键词 机器人辅助手术; 单孔机器人; 泌尿外科; 单孔腹腔镜手术

中图分类号 R699 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 03-0307-05

Application and development of Da Vinci SP surgical system in urology

WEI Yong, SHEN Luming, LIU Wei, MENG Xuhui, HU Haibin, SHEN Baixin, YANG Xin, ZHU Qingyi

(Department of Urology, the Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, China)

Abstract Da Vinci single-port (SP) surgical system is an intelligent and minimally invasive surgical system with three-dimensional and precise characteristics, which will facilitate the completion of more difficult and complex surgery. Da Vinci SP surgical system is a great addition to the field of single-port technology and widely used in urology. Compared with the traditional open surgery, minimally invasive surgery has the advantages of shortening hospital stay and accelerating postoperative recovery. To meet the modern aesthetic requirements and reduce surgical incisions to a certain extent, laparoendoscopic single-site surgery (LESS) is widely used in clinical practice, however, the application of LESS could lead to interference between the surgical instruments, thus limiting its further application in clinical practice, which requires new instruments that conform to aesthetic concepts and have little impact on the three-dimensional relationship of instruments. Therefore, more in line with human anatomy and more three-dimensional sense of Da Vinci SP surgical system came into being. Da Vinci SP surgical system avoids some risks of LESS, by combining the advantages of Da Vinci robotic surgical system with single incision, it has been widely used in urological surgery in recent years. The application and development of Da Vinci SP surgical system in urology was reviewed in this paper.

Key words Robot-assisted Surgery; Single-port Robot; Urology; Laparoendoscopic Single-site Surgery

收稿日期: 2022-07-12 录用日期: 2023-05-25

Received Date: 2022-07-12 Accepted Date: 2023-05-25

基金项目: 江苏省卫生健康委科研项目 (ZD2021028)

Foundation Item: Scientific Research Project of Jiangsu Provincial Health Commission (ZD2021028)

通讯作者: 朱清毅, Email: drzhuqingyi@126.com

Corresponding Author: ZHU Qingyi, Email: drzhuqingyi@126.com

引用格式: 魏勇, 沈露明, 刘威, 等. 达芬奇机器人 SP 系统在泌尿外科的应用与发展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (3): 307-311.

Citation: WEI Y, SHEN L M, LIU W, et al. Application and development of Da Vinci SP surgical system in urology [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(3): 307-311.

腹腔镜技术成熟于 20 世纪八九十年代。20 世纪 80 年代中期, 神经外科首次采用机器人手术系统辅助术中操作, 20 世纪 90 年代美国开始应用伊索 (AESOP) 系统, 此后陆续研发了宙斯 (Zeus) 系统、达芬奇机器人手术系统。科技的不断进步为泌尿外科手术创造了多种微创条件, 在不影响手术疗效的前提下, “少创伤、无瘢痕” 是医患的共同期许, 而达芬奇机器人手术系统则在此基础上进一步拓宽了微创手术范畴, 并在高新技术引领下将微创外科引入机器人时代。

1 达芬奇机器人手术系统在泌尿外科的发展及优势

2000 年, 达芬奇机器人手术系统开始被批准应用于泌尿外科手术领域。2001 年, 有研究报道了 10 例应用第 1 代达芬奇机器人手术系统辅助完成腹腔镜下前列腺癌根治术^[1], 从此开启了机器人辅助外科手术的时代。随着时代的不断发展, 机器人技术的不断革新, 达芬奇机器人手术系统已成为现阶段较成熟, 且临床应用十分广泛的机器人手术系统。目前达芬奇机器人 SP 手术系统被广泛应用于辅助治疗多种泌尿外科疾病, 其覆盖范围包括前列腺、肾上腺、肾脏及膀胱等。

达芬奇机器人手术系统的优势主要体现在以下 2 个方面。①视野优势。其具有 3D 高清视觉系统, 传统腹腔镜手术视野为平面视野, 而达芬奇机器人手术系统使用的双镜头腹腔镜可实时采集手术画面, 并将 2 个画面同步于控制台, 同时采用裸眼三维效果的摄像系统, 使得局部术野更为清晰; 手术主刀还可对腹腔镜镜头进行操控, 有效地保证主刀医生术野, 同时降低助手劳累程度。②手术操控系统优势。操控器械有 7 个自由度, 且能实现 540° 腕关节旋转, 使得机器人辅助手术操控灵活度远高于传统腹腔镜技术; 机器人手术系统还能有效过滤主刀手部颤抖等, 使得手术操作更为精准, 同时机械三臂还能有效地贯彻主刀意识, 发挥强于人

手的操控能力和范围, 且无操作疲劳感。与目前使用的腹腔镜手术相比, 达芬奇机器人手术系统优势突出, 主要包括: 在腹膜外等狭小空间内完成与重建相关的手术; 在一定纵深范围内完成复杂操作手术; 完成多维度、多角度缝合手术; 在限定时间范围内完成复杂肾脏手术和腔静脉癌栓类手术; 可顺利实施巨大腹膜后肿瘤分离术, 同时还能完成腹膜后淋巴清扫以及解剖重要血管的精细手术。

2 达芬奇机器人 SP 系统的发展及优势

随着现代医学技术的不断发展, 人们对于医疗效果的追求不单单是完成常规治疗, 同时还需兼具美容效果, 进而衍生出切口数量较少的单孔腹腔镜技术, 但该技术受机械间“三角”关系丢失和深度感知缺失等因素影响, 其发展空间受到一定限制。达芬奇机器人手术系统具有更符合人体工程学的操作仪器和三维立体成像技术, 将其与单孔腹腔镜手术结合的技术现已被逐步应用于临床泌尿外科疾病的治疗之中。2019 年 Steinberg R L 等人^[2]报道应用达芬奇单孔机器人手术系统完成 15 例前列腺切除术, 结果显示达芬奇机器人 SP 手术系统联合单个 Levita 磁力牵开器治疗前列腺癌在手术时间、患者术中出血量、手术后遗症等方面不差于传统多孔机器人辅助手术。2020 年 Kaouk J 等人^[3]通过研究发现应用达芬奇机器人 SP 手术系统进行经腹膜外和经腹腔单孔机器人辅助根治性前列腺切除术是安全、可行的。由此可见, 达芬奇机器人 SP 手术系统有利于术野范围的暴露, 使术者操作更灵活、更精准。

3 达芬奇机器人 SP 系统在泌尿外科领域的应用

3.1 根治性前列腺切除术

2017 年 JIANG S 等人^[4]回顾性分析了达芬奇机器人辅助治疗前列腺癌合并冠心病的有效性, 结果显示应用达

芬奇机器人 SP 手术系统行根治性前列腺切除术是高效、可行的。Agarwal D K 等人^[5]报道了采用达芬奇机器人 SP 手术系统进行根治性前列腺切除术能够减轻对前列腺周围组织的损害，对年轻男性生育功能的影响较小，并证实了达芬奇机器人 SP 手术系统的精准性。Lenfant L 等人^[6]从手术护理方面比较了达芬奇机器人 Xi 手术系统与达芬奇机器人 SP 手术系统，研究发现单切口手术的术后恢复更好。2019 年 Kaouk J 等人^[7]报道了应用达芬奇机器人 SP 手术系统完成 10 例经腹膜外入路根治性前列腺切除术，术中没有中转手术方式，无并发症发生。中位手术时间为 197 min，其中中位机器人操作时间为 148 min，出血量为 50~400 ml，手术切缘阳性率为 50%。同时研究也指出了该技术在大体前列腺（>100 g）及既往腹部有手术史患者中应用的局限性。随后 2020 年 Aminsharifi A 等人^[8]又报道了一项关于经腹腔和腹膜外入路的前列腺切除术的多中心研究。将一组接受腹膜外入路手术的患者（ $n=52$ ）与另一组接受经腹腔入路的患者（ $n=46$ ）进行比较，其中腹膜外入路和经腹腔入路的中位手术时间分别为 201 min 和 248 min，切缘阳性率分别为 9.0% 和 41.3%，3 个月内尿失禁率分别为 60.0% 和 62.5%。值得一提的是 Covas Moschovas M 等人^[9]报道了应用达芬奇机器人 SP 手术系统完成根治性前列腺切除术所需的技术改进，该研究中提出的改良技术可以作为行根治性前列腺切除术的一种新术式。此外，该研究强调了在学习曲线中患者纳入标准的重要性，并介绍了达芬奇机器人 SP 手术系统独有的操作范围可调节、操作角度多样化及设备工作效率高等优势。

3.2 肾（部分）切除术 近年来，随着达芬奇机器人 SP 手术系统在肾切除术中的日益推广和应用，其可行性逐渐被广泛认可。20 世纪 90 年代末 Clayman R V 等人^[10]应用腹腔镜行肾切除手术。2015 年，Klingler D W 等人^[11]首次应用达芬奇手术机器人顺利完成了肾肿瘤切除手术。同时

在 LaMattina J C 等人^[12]的研究中也有关于应用达芬奇机器人 SP 手术系统完成肾切除术的报道，且少有并发症发生。这些研究结果均提示应用达芬奇机器人 SP 手术系统可顺利完成各种肾切除手术，包括肾部分切除以及全肾切除，也表明达芬奇机器人 SP 手术系统在肾切除术中的可行性。2020 年 Kaouk J 等人^[13]报道了 3 例因肾占位行单孔机器人辅助肾切除术的研究，3 例患者术中均未发生并发症或更换手术方式，平均手术时间为 180 min，平均热缺血时间为 25 min，平均失血量为 180 ml，其中 1 例患者因术后出血行介入栓塞治疗。

3.3 根治性膀胱切除术及尿路改道术 根治性膀胱切除术是治疗膀胱癌的主要手段，但是其较高的不良反应发生率是临床一大挑战。据统计，其主要不良反应的发生率高达 20%，死亡率约 2%。相比于多孔机器人辅助手术，达芬奇机器人 SP 系统辅助根治性膀胱切除术及尿路改道术的主要优势在于减少了失血量和手术时间，并减轻了患者术后疼痛。因此，达芬奇机器人辅助根治性膀胱切除术及尿路改道术已成为临床治疗膀胱癌转移的主要方式。2003 年 Beecken W D 等人^[14]首次报道了将手术机器人应用到根治性膀胱切除术及尿路改道术中，2020 年 Jun M S 等人^[15]的一篇报道回顾性分析了达芬奇机器人 SP 手术系统应用于尿道成形术的临床疗效，研究表明与多端口机器人手术相比，达芬奇机器人 SP 手术系统可以改善术野暴露困难，减少骨盆深处的器械碰撞。Asimakopoulos A D 等人^[16]的研究表明达芬奇机器人辅助根治性膀胱切除术及尿路改道术在手术时间和中位出血量方面优于传统手术。

3.4 肾盂成形术 微创手术对于行肾盂成形术的患者有明显优势。Kang S K 等人^[17]回顾性分析 18 例行肾盂成形术的儿科患者，发现达芬奇机器人 SP 手术系统辅助腹腔镜肾盂成形术的术后并发症更少，手术时间也大大缩短。Kang S K 等人^[18]还比较了达芬奇机器人 SP 手术系统行肾

盂成形术和传统多孔机器人辅助腹腔镜肾盂成形术在儿科患者中的应用, 结果发现应用达芬奇 SP 手术系统的肾盂成形术可以缩短手术机器人的学习曲线。该研究需评估其长期术后结果, 以进一步验证单孔机器人辅助腹腔镜肾盂成形术在非婴儿儿童患者中应用的可行性。以上研究均证明达芬奇机器人 SP 手术系统在肾盂成形术中的应用具有高效性和科学性, 然而手术机器人的高成本却不利于达芬奇机器人手术系统在临床中的推广与应用。

3.5 肾上腺切除术 2001 年有研究报道了首例机器人辅助肾上腺切除术的病例。2020 年 Abaza R 等人^[19]报道了应用达芬奇机器人 SP 手术系统完成 4 例肾上腺切除手术的研究, 初步经验证实了单孔机器人辅助肾上腺切除术的可行性。2022 年 Lee I A 等人^[20]首次比较了应用单孔机器人手术系统行肾上腺切除术和应用多孔机器人手术系统行肾上腺切除术的手术结果, 结果显示达芬奇机器人 SP 手术系统辅助肾上腺切除手术是一种新型、安全、可行的技术。此外, 该研究中采用俯卧位经腹膜后入路, 其体位和切口位置的选择与常规手术相比是一种新尝试, 值得泌尿外科医生们借鉴学习。

4 总结

达芬奇机器人辅助外科手术已成为泌尿外科主流手术方式之一。达芬奇机器人 SP 手术系统将 3 把操作器械和观察镜融合到一个机械臂内, 且操作器械和观察镜均可进行腕式活动, 器械间无需交叉操作, 这种机器人手术技术与单孔腹腔镜技术相结合的创新术式对泌尿外科单孔手术的发展起到巨大推动作用。一方面, 达芬奇机器人 SP 手术系统凭借其高辨识度的三维视野, 有利于术者更清晰地辨别患者腹腔内组织结构, 更精准地进行游离解剖等操作, 加之达芬奇机器人 SP 手术系统的高度稳定性可以更好地保护神经。另一方面, 达芬奇机器人 SP 手术系统的模拟手腕可实现多角度、多层面完

成术中各种精细操作, 尤其是在狭小腹膜外空间完成前列腺根治性切除术时更易显效。然而, 绝大多数医生在完成达芬奇 SP 机器人辅助手术时增加了辅助通道, 并未达到真正意义上的单孔, 相信随着医疗器械的更新升级和医学技术的不断进步这一难题将会被攻克。

5 展望

目前的机器人手术系统缺乏一定的感觉(触觉)反馈, 为了使术者能够进行更加精准与安全的操作, 有必要研发出一种更灵敏的机器人反馈系统, 有学者提出将计算机图像技术和手术视频图像相结合, 另外也有学者提出研发纳米机器人, 使手术操作进一步精细化。中国人民解放军总医院已引进中国大陆地区首台达芬奇 SP 手术机器人, 目前已完成多例泌尿外科手术, 相信将会有大量的临床数据进一步验证达芬奇机器人 SP 手术系统在临床工作中的疗效, 促进单孔手术机器人技术的改进。

综上所述, 达芬奇机器人 SP 手术系统在泌尿外科领域的应用降低了术后并发症的发生率, 使得患者手术切口更趋于美观, 泌尿外科手术更趋于精确化和低风险化。目前的研究均提示达芬奇机器人 SP 手术系统在泌尿外科良恶性肿瘤的治疗中具有良好的前景和价值。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: ①魏勇负责设计论文框架, 起草论文; ②沈露明、刘威、孟旭辉、胡海斌、沈百欣、杨昕、朱清毅均参与该项目具体操作及研究过程的实施; ③魏勇负责论文修改; ④朱清毅负责拟定写作思路, 指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. BJU Int, 2001, 87(4): 408-410.
- [2] Steinberg R L, Johnson B A, Meskawi M, et al. Magnetic-assisted robotic prostatectomy using the Da Vinci SP robot: an initial case series[J]. J Endourol, 2019, 33(10): 829-834.

- [3] Kaouk J, Aminsharifi A, Wilson C A, et al. Extraperitoneal versus transperitoneal single port robotic radical prostatectomy: a comparative analysis of perioperative outcomes[J]. J Urol, 2020, 203(6): 1135–1140.
- [4] JIANG S , GUO J M, SUN L A, et al. Initial experience of treating prostate cancer patients with coronary artery disease through robot-assisted radical prostatectomy[J]. J Clin Urol, 2017, 32(8): 592–594, 598.
- [5] Agarwal D K, Sharma V, Toussi A, et al. Initial experience with Da Vinci single-port robot-assisted radical prostatectomies[J]. Eur Urol, 2020, 77(3): 373–379.
- [6] Lenfant L, Sawczyn G, Aminsharifi A, et al. Pure single-site robot-assisted radical prostatectomy using single-port versus multiport robotic radical prostatectomy: a single-institution comparative study[J]. Eur Urol Focus, 2021, 7(5): 964–972.
- [7] Kaouk J, Valero R, Sawczyn G, et al. Extraperitoneal single-port robot-assisted radical prostatectomy: initial experience and description of technique[J]. BJU Int, 2020, 125(1): 182–189.
- [8] Aminsharifi A, Sawczyn G, Wilson C A, et al. Technical advancements in robotic prostatectomy: single-port extraperitoneal robotic-assisted radical prostatectomy and single-port transperineal robotic-assisted radical prostatectomy[J]. Transl Androl Urol, 2020, 9(2): 848–855.
- [9] Covas Moschovas M, Bhat S, Rogers T, et al. Technical modifications necessary to implement the Da vinci single-port robotic system[J]. Eur Urol, 2020, 78(3): 415–423.
- [10] Clayman R V, Kavoussi L R, Soper N J, et al. Laparoscopic nephrectomy: initial case report[J]. J Urol, 2017, 197(2S): S182–S186.
- [11] Klingler D W, Hemstreet G P, Balaji K C. Feasibility of robotic radical nephrectomy-initial results of single-institution pilot study[J]. Urology, 2005, 65(6): 1086–1089.
- [12] LaMattina J C, Alvarez-Casas J, Lu I, et al. Robotic-assisted single-port donor nephrectomy using the Da Vinci single-site platform[J]. J Surg Res, 2018. DOI: 10.1016/j.jss.2017.09.049.
- [13] Kaouk J, Garisto J, Eltemamy M, et al. Pure single-site robot-assisted partial nephrectomy using the SP surgical system: initial clinical experience[J]. Urology, 2019. DOI: 10.1016/j.urology.2018.11.024.
- [14] Beecken W D, Wolfram M, Engl T, et al. Robotic-assisted laparoscopic radical cystectomy and intra-abdominal formation of an orthotopic ileal neobladder[J]. Eur Urol, 2003, 44(3): 337–339.
- [15] Jun M S, Liu W, Dy G W, et al. Robot-assisted laparoscopic posterior urethroplasty using the Da Vinci single port robot[J]. Videourology, 2020, 34(2): 243–246.
- [16] Asimakopoulos A D, Campagna A, Gakis G, et al. Nerve sparing, robot-assisted radical cystectomy with intracorporeal bladder substitution in the male[J]. J Urol, 2016, 196(5): 1549–1557.
- [17] Kang S K, Jang W S, Kim S W, et al. Robot-assisted laparoscopic single-port pyeloplasty using the Da Vinci SP[®] system: initial experience with a pediatric patient[J]. J Pediatr Urol, 2019, 15(5): 576–577.
- [18] Kang S K, Jang W S, Kim S H, et al. Comparison of intraoperative and short-term postoperative outcomes between robot-assisted laparoscopic multi-port pyeloplasty using the Da Vinci Si system and single-port pyeloplasty using the Da Vinci SP system in children[J]. Invest Clin Urol, 2021, 62(5): 592–599.
- [19] Abaza R, Murphy C, Bsate A, et al. Single-port robotic surgery allows same-day discharge in majority of cases[J]. Urology, 2021. DOI: 10.1016/J.urology.2020.08.092.
- [20] Lee I A, Kim J K, Kim K, et al. Robotic adrenalectomy using the Da Vinci SP robotic system: technical feasibility comparison with single-port access using the Da Vinci multi-arm robotic system[J]. Ann Surg Oncol, 2022, 29(5): 3085–3092.

编辑：魏小艳

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎指导