

## News & Highlights

### 未来的外科医生将与机器人医生一起协作

Marcus Woo

Senior Technology Writer

如果你近期需要做外科手术，你的外科医生很可能在机器人的辅助下进行外科手术。美国斯坦福大学的泌尿外科专家兼机器人外科主任Benjamin Chung表示，对于许多泌尿外科手术，如前列腺癌的前列腺切除手术，机器人辅助外科手术已成为手术护理的标准。Chung估计，美国90%以上的前列腺切除手术（包括部分切除和全部切除）是在机器人的辅助下进行的[1]。其中前列腺部分切除手术的比例超过60%，完全切除手术的比例超过27% [2,3]。美国南加利福尼亚大学洛杉矶分校的机器人模拟和教育系主任兼泌尿学专家Andrew Hung说：“在过去的20年，机器人辅助外科手术逐渐变得越来越普遍。”

在机器人辅助外科手术被越来越广泛地应用于泌尿外科和妇科领域的同时，这一手术方式在其他外科分支领域的应用也取得不断进步。据全球咨询公司Frost & Sullivan的调查显示，2016年只有5%~10%的开放式外科手术采用了机器人辅助设备，但该设备足以满足50%以上的外科手术的需求[4]。最近一份市场调查显示，2018年全球外科手术机器人的市场规模达47.1亿美元，预计到2029年全球外科手术机器人的市场规模将超过154.3亿美元[5]。

目前，位于美国加利福尼亚州森尼韦尔市的Intuitive Surgical公司主导着机器人外科手术市场。该公司的达芬奇（da Vinci）机器人外科手术系统于2000年首次得到美国食品药品监督管理局（US Food and Drug Administration）批准用于普通腹腔镜手术。尽管da Vinci机器人外科手术系统最初受到了外科手术界人士

的质疑，但到目前为止，da Vinci机器人外科手术系统已完成了600多万例手术，而且世界各地的医院安装了数千套da Vinci机器人外科手术系统[6]。在中国，至少有102套da Vinci机器人外科手术系统被安装在84家医院[7]。

da Vinci机器人外科手术系统是一个复杂的通用系统（图1）。在外科医生的控制下，da Vinci机器人外科手术系统可以自动执行腹腔镜手术。腹腔镜手术是一种使用专业的外科手术工具和腹腔镜进行的微创手术。安装在腹腔镜末端的带有微型摄像机和光源的光纤探针通过细小的切口插入体内。在传统的腹腔镜手术中，外科医生手动操作医用专用器械，然后通过腹腔镜观察手术



图1. 对用于手术室的da Vinci机器人辅助外科手术系统的模拟。该系统通常包括一个固定有四个机械臂的机器人推车（右），这个推车由外科医生利用专门的控制台（左）进行远程控制。图源：©2016 Intuitive Surgery, Inc.（维基共享资源，CC BY-SA 3.0）。

区域。但是，da Vinci机器人外科手术系统的手术工具被固定在其四个机械臂中的三个机械臂的末端，其中腹腔镜位于第四个机械臂上。外科医生不是站在手术台上，而是坐在一个能在高清屏幕上显示由电脑生成的三维图像的控制台前指导手术（有时是在一个与手术室分开的房间里）。Chung说，坐在控制台上可以减轻医生的疲劳。

da Vinci手术机器人最大的优点是其可移动的机械臂，而且机械臂的末端可以精确地弯曲和旋转。Hung表示，da Vinci手术机器人的优势在于其高水平控制技术，该技术能够降低更多外科医生执行复杂腹腔镜手术的工作难度。他说，“这使外科医生能够进行大约10年前或更早以前，只有医术精湛的专攻腹腔镜手术的医生才能做的复杂手术。” Chung说，da Vinci手术机器人在前列腺切除术、子宫切除术和肾切除术等手术领域非常实用，因为这些手术的手术面积相对较小，机器人不需要大范围的移动。虽然这些手术需要进行大量缝合，但是这正是da Vinci手术机器人所擅长的。

虽然机器人辅助外科手术系统的优点有很多，但其昂贵的成本需要引起人们的重视。一台da Vinci机器人辅助外科手术系统的价格高达200万美元，并且根据最近的一项分析显示，每台da Vinci机器人辅助外科手术系统的最低价格为3568美元[8]。造成该系统成本价格如此昂贵的部分原因是近20年来手术机器人的市场一直由Intuitive Surgical公司垄断，不过，随着更多新产品进入市场，预计它的价格将会下降。手术机器人广阔的市场发展前景及其专利保护期的陆续到期[9,10]正促使许多公司竞相开发和提供有竞争性的机器人系统。

2019年年末，全球医疗设备公司Medtronic宣布进军手术机器人行列，并将推出其新一代机器人通用外科手术系统Hugo [11]。该公司计划于2021年将Hugo投入市场，但这只是即将涌入新型外科手术机器人市场的冰山一角。近日，总部位于英国剑桥的CMR Surgical公司筹集了2.4亿美元，用于全面资助其模块化外科手术机器人系统Versius的全球商业化。该公司计划在欧洲和亚洲推出该系统（已获欧洲批准，并且已经在印度普纳的一家医院投入使用）[12]。谷歌的Verily公司（原名谷歌生命科学）和医疗设备巨头强生公司共同成立的初创公司正在开发一种名为Verb的机器人平台。日本[13]、韩国、新加坡、泰国和中国的几家公司也正在研发本国的手术机器人，如北京积水潭医院和北京天智航医疗技术有限公司（Beijing Tinavi Medical Technologies）共同研

发的TiRobot系统[14]。

大多数新型机器人凭借自身适用于各种手术的通用系统与da Vinci机器人系统相互竞争。但是，市场上也出现了体积更小、更专业的手术机器人，如Intuitive Surgical公司开发的Ion机器人系统。Ion机器人的柔性导管可进入患者肺部组织进行支气管镜检查。被强生公司收购的美国加利福尼亚州红木城的初创公司Auris Health研发了一个类似的支气管镜检查机器人。美国田纳西州纳什维尔市的范德比尔特大学的研发手术机器人的专家Robert Webster说：“这些更加专业化的外科手术机器人促进了许多商用领域手术机器人设备数量的增加。例如，在骨科手术中，这些设备能够精准地钻骨，或在立体定向手术（如活检）时将针头或电极插入患者体内。这是手术机器人未来的发展方向。未来将会有许多细分特定领域的手术机器人被研发出来，并且我认为它们将会取代通用型机器人。”

但是手术机器人并不总是会改善治疗效果，它也会带来一些风险[15]。2019年2月，美国食品药品监督管理局发出警告称，至少对于某些癌症，如乳腺癌和宫颈癌，没有证据表明机器人手术会改善其治疗效果[16]。该警告主要基于在2018年*The New England Journal of Medicine*上发表的两项重要研究，这两项研究均表明，接受过微创手术（包括机器人辅助外科手术）的宫颈癌女性患者的存活率低于接受传统开放的外科手术的女性患者的存活率。造成这种情况的原因可能是机器人在操作过程中无意释放出肿瘤细胞[17,18]。Webster教授说：“机器人不一定适用于所有手术。有些手术更适合医生手动操作。”

然而，针对泌尿外科的一个长期的跟踪记录让外科医生更加相信机器人手术是安全和有益的。Chung主任说：“如果手术过程中有异常情况出现，医生也会提前发现。”

人工智能（AI）也是机器人手术革命的一部分。随着越来越多的手术机器人被应用于手术室，手术过程中的相关数据也随之增多。当医生操作机器人进行手术时，机器人会收集每一道程序的每一条信息。Webster教授表示，AI可以帮助分析这些数据，并帮助外科医生优化他们的技术，以获得最佳的治疗效果。AI还可能使机器人自动执行某些重复或普通的手术任务，如缝合打结创口[19]。

但是外科医生目前还不需要担心自己会被机器人取代。至少从现在到未来很长一段时间，手术机器人可能

仍然是协作型机器人，即辅助人类工作的协作机器人。机器人擅长执行重复和精确的任务，而人类更擅长在手术室里做生死攸关的决定。Webster教授表示，我们的目标是建立一个“协作系统”，在这个系统中，机器人做自己擅长的事，而人类做人类擅长的事，两者互相协作。

尽管半自主手术机器人在短时间内还不太可能实现，但它可能已经在发展的路上了。Chung主任说：“这将是一个持续的发展过程。届时，机器人的成本将会降低，它们将变得更加智能和拥有更多的功能。我认为这些对外科医生来说都是好事。”

## References

- [1] McClintock TR, Wang Y, Cole AP, Chung BI, Kibel AS, Chang SL, et al. Contemporary trends in the utilisation of radical prostatectomy. *BJU Int* 2018; 122(5): 726–8.
- [2] Cheung H, Wang Y, Chang SL, Khandwala Y, Del Giudice F, Chung BI. Adoption of robot-assisted partial nephrectomies: a population-based analysis of US surgeons from 2004 to 2013. *J Endourol* 2017;31(9):886–92.
- [3] Jeong IG, Khandwala YS, Kim JH, Han DH, Li S, Wang Y, et al. Association of robotic-assisted vs laparoscopic radical nephrectomy with perioperative outcomes and health care costs, 2003 to 2015. *JAMA* 2017; 318(16):1561–8.
- [4] Robot-assisted surgery [Internet]. Santa Clara: Frost & Sullivan; c2018 [cited 2020 Jan 21]. Available from: <https://aabme.asme.org/posts/robot-assisted-surgery>.
- [5] BIS research. Global surgical robotics market will deliver \$15.43 billion by 2029, reports BIS research [Internet]. PR Newswire; 2019 Oct 7 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-surgical-robotics-market-to-deliver-15-43-billion-by-2029--reports-bis-research-300932817.html>.
- [6] Intuitive [Internet]. Sunnyvale: Intuitive Surgical; [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://www.intuitive.com/en-us>.
- [7] Huang Y, Wang T. From blood and guts to mini cuts: the huge demand for surgical robots in China [Internet]. Beijing: China Global Television Network; 2019 Nov 5 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://news.cgtn.com/news/2019-11-04/The-huge-demand-for-surgical-robotics-in-China-LkenD1PLd6/index.html>.
- [8] Childers CP, Maggard-Gibbons M. Estimation of the acquisition and operating costs for robotic surgery. *JAMA* 2018; 320(8):835–6.
- [9] Warren H, Dasgupta P. The future of robotics. *Investig Clin Urol* 2017;58(5):297–8.
- [10] Ciccattelli M. Dominant robotic surgery patents expiring this year. So what's coming next? [Internet]. Memphis: Legacy MedSearch ; 2016 Aug 29 [cited 2020 Jan 21]. Available at: <http://legacymedsearch.com/dominant-robotic-surgery-patents-expiring-this-year-whats-coming-next/>.
- [11] Carlson J. Medtronic demonstrates its robotic surgery system, expects to begin selling it in 2 years [Internet]. Minneapolis: Star Tribune; 2019 Sep 25 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <http://www.startribune.com/medtronic-demonstrates-its-robotic-surgery-system-expects-to-begin-selling-it-in-2-years/561275152/?refresh=true>.
- [12] Galaxy Care becomes first hospital in the world to acquire the Versius® Surgical Robotic System [Internet]. Cambridge: CMR Surgical; 2019 Oct 16 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://cmrsurgical.com/galaxy-care-becomes-first-hospital-in-the-world-to-acquire-the-versius-surgical-robotic-system/>.
- [13] Nomura K. Japanese firm's robotic surgeon to hit market by 2020 [Internet]. Tokyo: Nikkei Asian Review; 2017 Oct 29 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://asia.nikkei.com/Business/Japanese-firm-s-robotic-surgeon-to-hit-market-by-2020>.
- [14] Gross A. Asian giants gain medical robotics foothold [Internet]. Edgartown: MedTech Intelligence; 2019 Nov 12 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://www.medtechintelligence.com/column/asian-giants-gain-medical-robotics-foothold/>.
- [15] Rabin RC. Cancer patients are getting robotic surgery. There's no evidence it's better [Internet]. New York: The New York Times; 2019 Mar 11 [cited 2020 Jan 13] Available from: <https://www.nytimes.com/2019/03/11/health/robotic-surgery-cancer.html>.
- [16] Caution when using robotically-assisted surgical devices in women's health including mastectomy and other cancer-related surgeries: FDA safety communication [Internet]. Washington, DC: United States Food and Drug Administration; 2019 Feb 28 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/caution-when-using-robotically-assisted-surgical-devices-womens-health-including-mastectomy-and>.
- [17] Ramirez PT, Frumovitz M, Pareja R, Lopez A, Vieira M, Ribeiro R, et al. Minimally invasive versus abdominal radical hysterectomy for cervical cancer. *N Engl J Med* 2018;379(20):1895–904.
- [18] Melamed A, Margul DJ, Chen L, Keating NL, Del Carmen MG, Yang J, et al. Survival after minimally invasive radical hysterectomy for early-stage cervical cancer. *N Engl J Med* 2018;329(20):1905–14.
- [19] Strickland E. Would you trust a robot surgeon to operate on you? [Internet]. New York: IEEE Spectrum; 2016 May 31 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/would-you-trust-a-robot-surgeon-to-operate-on-you>.