

# 手术机器人 加速“上岗”有“妙手”

## 医疗装备迎来更新改造

潘旭涛 杨林娜

主刀医生坐在控制台旁，像驾驶汽车一样，双脚踩在踏板上，手指套上控制杆。随着医生手指轻微移动，精巧的机械手臂在患者体内灵活翻转、穿针引线……这是一场机器人手术。

机器人手术并非由机器人独立完成，而是由医生操纵机器人进行手术。机器人手术具有临床创伤小、并发症

少、术后恢复快等优势，日益受到医生和患者青睐。

不久前，国务院印发《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》，提出“鼓励具备条件的医疗机构加快医学影像、放射治疗、远程诊疗、手术机器人等医疗装备更新改造”。业内人士表示，手术机器人将迎来更大规模临床应用。

准技术团队将3D结构光应用于手术机器人，通过调整优化算法，实现瞬间采集患者颅脑数据，可在数十秒内完成患者头部三维模型重建，极大提升手术精度。

在骨科手术机器人领域，国产品牌也取得了新突破。作为国家级专精特新“小巨人”企业，长木谷医疗科技股份有限公司研发出的人工智能骨科手术机器人，将硬件软件融合，实现机器人“脑”“眼”“手”精准配合。机器人的“智慧脑”可以对人工假体安放的角度等精准设计，并通过三维图像可视化呈现，让医生在术前就能模拟手术全流程的操作。同时，它还能将医生的手术经验转化成标准算法，供自我训练学习。

国产手术机器人产业的发展，离不开政策层面的推动。2021年12月，工业和信息化部等10部门联合印发《“十四五”医疗装备产业发展规划》，提出“攻关智能手术机器人，加快突破快速图像配准、高精度定位、智能人机交互、多自由度精准控制等关键技术”。2023年1月，工业和信息化部等17部门印发《“机器人+”应用行动实施方案》，提出“鼓励有条件有需求的医院使用机器人实施精准微创手术，建设机器人应用标准化手术室，研究手术机器人临床应用标准规范”。

近年来，一些地区瞄准手术机器人赛道布局产业。北京市制定的机器人产业创新发展行动方案中提出，“面向行业前沿和医疗应用需求，提升手术机器人全流程手术辅助能力；发挥首都医工协同优势，优化医疗器械注册和卫健医保政策，加大临床应用推广力度”。上海市也制定了促进医疗机器人产业发展行动方案，提出的目标是，打造不少于2个医疗机器人特色产业集聚区，培育10家左右医疗机器人细分赛道龙头企业。

“当前，国产医疗机器人处在加速自主创新和临床应用推广的关键期。”中国医学装备协会副秘书长杨建龙表示，行业企业期待在医疗服务定价、医保支付等方面获得更多政策支持。

### 手术“跨越山海”，医疗资源下沉

当机器人手术与5G相结合后，远程手术成为现实，有力推动优质医疗资源下沉。

日前，解放军总医院妇产医学部主任孟元光进行了一场“跨越山海”的手术：机器人辅助下超远程5G全子宫+双侧输卵管切除术。主刀医生孟元光身处北京，通过操作手术机器人的控制台进行手术，而患者远在解放军总医院海南医院手术室里。显示屏清晰展示着患者腹腔内的手术情况，随着孟元光手指轻微运动，远隔近3000公里的机械手臂轻巧地活动，寻找最佳手术位置，切除、止血……历时1个多小时，手术完成。

5G网络高速率、大带宽、低时延的特性，为远程手术的稳定性、可靠性和安全性提供了保障。孟元光说，通过手术机器人实施远程手术，可以让老百姓免去求医的奔波之苦，在“家门口”就能享受到异地的优质医疗资源。

“5G+手术机器人”的应用，为国产手术机器人提供了更大市场空间。国产手术机器人虽然起步晚，但在研发之初就注重与5G、人工智能等新技术相结合，在远程手术方面表现出一定优势。

2023年7月，复旦大学附属妇产科医院杨浦区院区华克勤教授团队，为一位远在2000公里之外、罹患子宫多发肌瘤的患者进行手术，这是上海首例5G+AI超远程国产机器人微创手术。“整个手术过程几乎没有任何延迟。”华克勤说，5G+AI技术确保了远距离数据实时采集传输的实时性、精准性、高速性。

不久前，浙江省人民医院副院长张大宏在位于杭州的手术室里，为4000里外的患者顺利完成前列腺癌根治手术。“5G机器人远程手术已经进入相对成熟的阶段。”张大宏说，一方面，国产手术机器人设备已经相对成熟；另一方面，5G传输系统已逐渐铺开，随着5G信号的逐渐普及，这种远程手术模式将进入更多基层医院。

### 临床优势明显，应用日益广泛

今年1月，韩女士来到北京大学第三医院胸外科常务副主任强光亮的门诊，刚一坐下，就焦急地将一叠影像结果和报告单递给了医生。今年60岁的韩女士患有肺部结节5年，2周前复查胸部CT时发现，右肺上叶一个15毫米的结节相比之前明显增大。

“如果做手术，能否尽可能微创？”韩女士问道。“可以尝试打1个孔，用手术机器人根治它，这是目前最微创、最精准的办法。”看完胸部CT后，强光亮说。经过观察和进一步复查，韩女士住进了北医三院胸外科的病房。

2月1日，机器人手术正式进行。“与传统胸腔镜相比，手术机器人具有明显优势，它具有3D高清视野，机械手臂操作灵活且可以过滤人手震颤和抖动，手术效果更好、安全性更高。”强光亮说。为降低患者手术创伤，强光亮团队决定实施纯单孔机器人手术，即只在患者身上开一个孔完成机器人手术。团队成员精准配合，解决了机械臂单孔操作下互相妨碍的问题，最终完成北京首例纯单孔机器人辅助肺叶切除术。经过3天左右的术后康复，韩女士顺利拔管出院，身体恢复良好。

手术机器人不仅受到患者欢迎，也赢得了医生青睐。一台复杂手术常常需要数小时甚至数十小时，对医生的体力、耐力和精力都是一场考验。而手术机器人操作便捷，且主刀医生可以坐着完成手术，省时又省力。

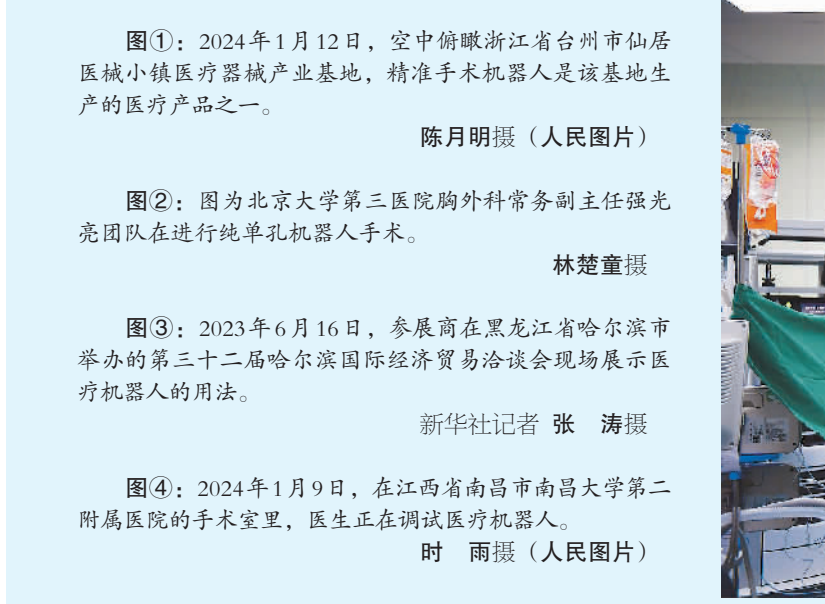
在浙江大学医学院附属儿童医院，达芬奇手术机器人3年时间里参与完成了2300多台手术。浙大儿院副院长高志刚是较早主张引进手术机器人的医生之一。“当外科医生这么多年了，做了机器人手术以后，才体验到原来做手术可以这么舒适。医生坐在控制台旁，就能完成手术操作，且视野清晰、操作稳定。”高志刚说，医生们排着队要跟手术机器人“合作”，不少手术要排到后半夜进行。

浙大儿院泌尿外科副主任陶畅做了一个形象的比喻：做普通腹腔镜手术，就如同人手握着一双筷子，然后用筷子夹着一根针去做手术；而使用机器人进行手术，则如同人手直接拿着针做手术，不用再借助筷子，这样可以获得更灵巧的操作体验。

“手术机器人在医院的推广并非一帆风顺。”浙大儿院党委书记舒强介绍，当时有医生认为旧有的手术形式已经十分成熟，而引进新技术不仅需要付出学习成本，而且手术效果也有很大的不确定性。但随着实践案例的积累，机器人手术的优势逐渐被医生们认可，浙大儿院目前形成了由6个科室专家组成的手术机器人团队。

如今，越来越多医院的手术室中出现了机器人的身影，它们施展“妙手”，成为医生的好帮手。郑州大学第一附属医院已完成达芬奇机器人手术1.3万余例。哈尔滨医科大学附属第四医院，3个月内完成机器人手术100例，许多患者“点名”要求使用手术机器人。

在高难度手术中，机器人尤其可以大显身手。日前，上海交通大学医学院附属仁济医院利用手术机器人，通过单次手术根治切除了一名病人体内的胃癌、肾癌双病灶。近日，北京友谊医院利用手术机器人，系统完成了多例复杂肾脏肿瘤部分切除术。



图①：2024年1月12日，空中俯瞰浙江省台州市仙居医械小镇医疗器械产业基地，精准手术机器人是该基地生产的医疗产品之一。

陈月明摄（人民图片）

图②：图为北京大学第三医院胸外科常务副主任强光亮团队在进行纯单孔机器人手术。

林楚童摄

图③：2023年6月16日，参展商在黑龙省哈尔滨市举办的第三十二届哈尔滨国际经济贸易洽谈会现场展示医疗机器人的用法。

新华社记者 张 涛摄

图④：2024年1月9日，在江西省南昌市南昌大学第二附属医院的手术室里，医生正在调试医疗机器人。

时 雨摄（人民图片）

2023世界机器人大会发布的《2023医疗机器人产业发展报告》显示，2022年中国医疗机器人市场规模约90亿元，预计2025年市场规模将达221亿元。

### 瞄准新兴赛道，国产品牌发力

长期以来，以达芬奇为代表的进口手术机器人占据中国市场主导地位。近年来，越来越多的国产手

术机器人开始崭露头角，加速实现国产化替代。

“这里有四只手一起剥生鹌鹑蛋！”2023年服贸会展览入口外，一台正在剥鹌鹑蛋的机器人被好奇的观众团团围住。在不远处工作人员的遥控下，机器人将手臂通过直径几厘米的圆孔伸进容器，用比人的手指略长的蛇形机械手，剥离蛋壳。剥完后，蛋壳完好无损。随后，工作人员又换上一个破损的鹌鹑蛋膜，机械手开始模拟手术缝合，慢慢把蛋膜缝好，让蛋液不再流出。

这台名为“木锐”的腹腔镜单孔手术机器人打破了国外技术垄断，使机械手可以在长2.5厘米的皮肤创口内进行各项腹腔镜手术操作，实现0.07—0.1毫米精度的操作。

手术机器人是机器人产业“皇冠上的明珠”。根据国际机器人联合会的分类，以临床应用来划分，可分为腹腔镜手术机器人、骨科手术机器人、神经外科手术机器人、血管介入手术机器人等不同类型。目前，腹腔镜手术机器人是手术机器人中市场规模最大的一种，其他类型的手术机器人应用潜力大，也是国产品牌研发和

创新的重要细分领域。

华科精准医疗科技有限公司推出的SR系列神经外科手术机器人，目前的市场占有率已高于一些较早进入中国市场的进口手术机器人。华科精准产品总监王鹏介绍，公司从2003年开始便一直专注神经外科领域。第一款进口神经外科手术机器人进入中国市场后，团队看到了其巨大的临床价值和市场前景。经过数年研发，华科精准推出了全球首款3D结构光神经外科手术机器人。

3D结构光可以通过光学手段获取被拍摄物体的三维结构。华科精

手术机器人是集临床医学、生物力学、机械学、计算机科学、微电子学等诸多学科为一体的新型医疗器械，通过清晰的成像系统和灵活的机械臂，以微创的手术形式，协助医生实施复杂的外科手术，完成术中定位、切断、穿孔、止血、缝合等操作，是外科学中继开放手术和腹腔镜手术后的第三次技术革命。

手术机器人由三部分组成：视频成像系统、床旁机械臂系统和主刀医生控制台。

### 链接：

视频成像系统是机器人的图像处理设备，内窥镜是3D镜头，可以放大手术视野，同时搭载高清放大显示屏，使解剖结构更加清晰地呈现出来。

床旁机械臂系统位于患者旁边，通过机械臂插入病人体内完成各种手术动作。开展

## 手术机器人知多少

手术时，助手医生在床旁机械臂系统旁边工作，更换器械及内窥镜，协助主刀医生完成手术。

主刀医生控制台由主刀医生操作。医生坐在座位上，通过用双手操作两个主控制器以及用脚踏踏板，控制机械臂和内窥镜。

同时，医生在立体镜中观看手术视野，手术器械尖端与外科医生的双手同步运动。

虽称为“机器人”，但手术机器人距离真正独立进行手术的智能时代还有较长的发展路程，目前仍处于辅助医生完成手术的半自动阶段。融合智能技术的手术机器人是未来

的发展方向。近日，中国科学院香港创新研究院人工智能与机器人创新中心，发布面向医疗垂直领域的AI多模态大模型，为手术中实时影像智能识别等功能提供有效支持。在手术操作中，大模型通过此前大量专家操作的历史记录，可以提醒医生哪个阶段应该如何操作。专家表示，让机器人阶段进行一些非关键的操作，这种技术在可预见的未来是可以实现的。

（杨林娜整理）