

达芬奇手术机器人系统介绍及应用进展

摘要：20 世纪 80 年代腹腔镜的出现使微创技术的发展取得了长足的进步，在此基础上，手术机器人的研发和应用开启了微创外科新纪元。介绍了“达芬奇”手术机器人系统的组成、功能以及各类外科手术中的具体运用，分析了手术机器人对比传统腔镜技术的技术优势，及当前临床应用的瓶颈，并对微创外科手术机器人的发展进行了展望。

1 引言

减少病人的手术创伤，一直是现代医学的一个努力目标。20 世纪 80 年代，由腹腔镜开启了外科手术的“微创化”时代，但腹腔镜有局限：手术器械转动角度受限，造成了一些手术盲区，而且只能提供给外科医生二维的手术视野。这些因素限制了腹腔镜技术向更复杂外科手术的拓展，也成为当前腹腔镜技术发展中的“瓶颈”。进入 21 世纪，为克服腹腔镜技术的不足，外科手术机器人手术逐渐地成为微创外科手术的主要潮流。手术机器人的开发并迅速投入临床应用，以其全新的理念和效果被认为是外科发展史上的一次革命，也预示着第三代外科手术时代的来临。

医疗外科机器人系统的研究和开发引起了西方许多发达国家如美国、意大利、日本等国政府和学术界的极大关注，并投入了大量的人力和财力。1994 年美国的 Computer Motion 公司研制了第一台协助微创手术的内窥镜自动定位系统，取名伊索 (Aesop)，从而迈出了机器人手术系统研制的关键一步。在手术机器人系统方面取得突破性进展的应首推美国的 Intuitive Surgical 公司，该公司是开发革命性微创手术仪器和技术的先驱。他们已经成功的通过改进手术程序，使外科手术的精确和技术超越了人类双手的极限，从而拓宽了微创手术 (MIS) 的应用。1999 年 1 月由 Intuitive Surgical 公司制造的“达芬奇” (daVinci) 机器人手术系统获得欧洲 CE 市场认证，标志着世界第一台真正的手术机器人的诞生；2000 年 7 月通过了美国 FDA 市场认证后，“达芬奇”成为世界上首套可以正式在手术室中使用的机器人手术系统。

2 系统介绍及功能

“达芬奇”手术机器人是世界上仅有的、可以正式在腹腔手术中使用的机器人手术系统，也是目前最复杂和最昂贵的外科手术系统之一。该系统充分结合了美国航天航空局和众多研究机构开发的先进技术，代表了当今世界外科手术机器人的最高水平。它的手术特点犹如莱昂纳多·达·芬奇的画作手法一样精细，能将手术造成的创伤降到最低点。目前，广泛应用于临床的是 Intuitive Surgical 公司开发出的最新的第三代产品。

“达芬奇”机器人实际上是一种“内窥镜手术器械控制系统”，与通常意义上的机器人有明显差别。手术系统主要有 3 个子系统组成：医师操控台、床旁机械臂手术系统和 3D 成像系统。3 个看似独立的子系统在为病人实施手术时虽然各有分工，各司其职，但相辅相成，紧密关联。简单来说，进行手术的医生在操控台上操作，系统将医生在病人体外的动作精确传递到机械臂，转化为手术器械在病人体内的动作，从而完成外科手术。

（1）医师操作台

该操作台是达芬奇系统的控制核心，由计算机系统、监视器、操作手柄及输出设备等组成。在手术中，医师坐在无菌区外的控制台前，双手正常位套入操作手柄指环，通过双手动作传动带动手术台上仿真机械臂完成各种操作，并可通过声控、手控或踏板控制腹腔镜。术者双脚置于控制台脚踏上配合完成电切、电凝等相关操作，并用一个双目内窥镜观察患者体腔内三维图像。

（2）床旁机械臂手术系统

包括 2~3 只工作臂及 1 只持镜臂。持镜臂用于术中握持腹腔镜物镜，与传统腹腔镜助手握持相比，可提供更加稳定的图像，避免传统腹腔镜术中助手疲劳致手部抖动出现视野不稳定的问题。工作臂用于完成术中各种操作，有 7 个自由度，包括臂关节上下、前后、左右运动与机械手的左右、旋转、开合、末端关节弯曲共 7 种动作，可作沿垂直轴 360° 和水平轴 270° 旋转，且每个关节活动度均 >90°。外科医师通过操作手柄经计算机翻译和传送外科医师手部动作到机械臂器械末端，可进行上下、左右、旋转等连续动作，使其比人手有更大的灵活性。手术台旁可有一名医师助手和一名刷手护士，根据术者的意愿负责替换机器人的机械手，并可经辅助孔操作，进行牵拉、吸引等协助手术的一些工作。

（3）3D 成像系统

内装 da Vinci 系统的图像处理设备，并配有监视器，还可放置辅助手术设备(如二氧化碳充气系统)，一个双高强光源系统，一个双 CCD 摄像系统。术中由台下巡回护士操作。传统腹腔镜技术的一个主要弊端在于二维平面成像，术者在监视器中无法辨别组织前后相对关系，只有经过充分练习后才可掌握操作。达芬奇机器人的 3D 高清影像系统可完全解决这一问题，为术者提供真实的术野，利于术中辨认组织关系，同时使缝合、打结等操作更简便易学，提高手术效率。

从开放性的第一代外科手术到腹腔镜手术为代表的第二代外科手术，手术切口大、创伤大、出血多、术后并发症较多、疼痛较明显，给病人造成心理和生理上的痛苦。与传统外科手术相比，以“达芬奇”为代表的机器人手

术具有 3 个明显优势：一是突破了人眼的局限，可以进入人体内部的机器镜，使手术视野放大 20 倍。机械手臂增加了活动的自由度，大大提高了手术医师的操作能力，能将控制柄的大幅度移动按照比例转换成患者体内的精细动作。二是突破了人手的局限，在原来手伸不进的区域，机器手可以在 360 度的空间下灵活穿行，完成转动、挪动、摆动、紧握等动作，且机械手上有稳定器，具有人手无法相比的科技进展稳定性及精确度，防止人手可能出现的抖动现象，狭窄解剖区域中比人手更灵活，因而可辅助完成精细复杂等各类高难度手术。三是无需开腹，创口仅在 1 cm 左右，创伤小，出血少，恢复快，大大缩短了术后住院时间，术后存活率和康复率都大大提高。

3 临床应用

世界上“达芬奇”手术机器人系统已经广泛地在多学科得到了应用，例如：泌尿外科、心脏外科、胸外科、胃肠外科、肝胆外科、妇产科、普外科、耳鼻喉科。目前，全世界已有 33 个国家、800 多家医院成功开展了 60 多万例机器人手术，使得“达芬奇”外科手术机器人倍受广大外科医生的认可和推崇。典型的有：泌尿外科：前列腺切除术、肾盂成形术、肾移植、肾切除术、精索静脉曲张、输精管吻合术、盆腔淋巴结切除术、肾囊肿手术、输尿管切除术、输尿管成形术；心脏外科：全腔内心脏搭桥手术、心脏不停跳取（单支或双支）乳内动脉、二尖瓣修复术、二尖瓣置换术；胸外科：肺叶切除术、胸腺切除术、切除术、食管的失弛缓症；胃肠外科：结肠切除术、半结肠切除术、直肠低位前切除术、胃旁路术、HELLER 肌切开术、胃束带术、胃部分切除术；肝胆外科：肝移植手术、肝叶切除术、胰切除术、脾脏切除术；妇产科：子宫切除术、肌瘤切除术、皮样囊肿、LAVH、卵巢囊肿术、卵巢切除术、卵巢错位、子宫肌瘤切除术、输卵管切除术、输卵管-卵巢切除术、输卵管结扎术；普通外科：胆囊切除术、抗反流手术、食管贲门括约肌切开术、胰腺手术、结直肠手术治疗肥胖症手术等。

尽管“达芬奇”手术机器人系统在临床中得到了越来越广泛的应用，但是其自身存在的缺陷也不容回避。“达芬奇”机器人最主要的技术缺陷在于触觉反馈体系的缺失，因术者双手不直接接触手术部位，无触觉感知，无法判断组织的质地、弹性、有无搏动等性质。其次，系统的技术复杂，学习曲线较长，医师与系统的配合需要长时间的磨合。另外，由于生产商通过收购竞争对手和专利保护等手段在这一领域形成了垄断，“达芬奇”机器人的价格昂贵、居高不下，总体购置费用在 1700 万人民币左右。且部分器械属手术耗材，开展一例手术平均耗材费用约 2 万元，手术成本很高。同样的手术用“达芬奇”做要比用内镜做多花费 40% 左右的费用。此外，机器人体积庞大，需要配置专门的手术室及维护人员，手术前的准备及手术中更换器械等操作耗时较长。

4 国内、外应用情况

如今在美国等发达国家，“达芬奇”机器人已在腹腔、胸腔、盆腔等相关手术领域中发挥重要作用。以前列腺癌根治手术为例，自 2000 年开展首例手术机器人前列腺癌根治性切除以来，该手术已在海外得到迅速推广。目前，在北欧国家超过一半以上的前列腺癌根治手术由手术机器人完成，而在美国，这一比例更是高达 90%。至 2010 年 6 月 30 日，全球共有 1571 台“达芬奇”手术机器人系统，主要集中于上述欧美发达国家，其中美国超过 1160 台，欧洲 276 台。

作为 Intuitive Surgical 外科手术机器人在中国的独家代理和售后服务提供商，美中互利公司已经在中国成功安装了 20 台达芬奇外科手术机器人系统，其中内 9 台、香港 5 台、台湾 6 台。2005 年 11 月在香港安装了国内第一台 da Vinci 手术机器人系统，并在香港威尔士亲王医院成立了具有世界水平的“达芬奇”外科手术机器人系统培训中心。中国人民解放军总医院（301 医院）于 2007 年首先引进达芬奇外科手术机器人系统。2009 年初，二炮总医院安装了第二台。随后，南京军区南京总医院、第三军医大学附属西南医院和上海的瑞金医院、中山医院、华山医院、胸科医院等陆续安装并投入使用。

作为首家在中国大陆地区用“达芬奇”外科手术机器人系统的用户，301 医院自 2007 年开展首例全机器人心脏手术以来，先后创建了国内第一个微创机器人心脏外科中心并组建了国内第一支机器人心脏手术团队，目前全世界只有几个心脏外科中心能够开展此类机器人心脏手术，国内尚无其它医院拥有该系统开展此类手术。在高长青主任的带领下，至今共完成 21 种 210 例手术，其中包括全机器人心脏不停跳下间隔缺损修补、心脏不停跳下房间隔缺损修补+三尖瓣成形、心脏不停跳下右房肿瘤切除、全机器人部分肺静脉畸形引流矫正及全机器人微创不开胸下室间隔缺损修补等 5 种国际首创手术，手术数量、种类和质量均处于亚洲最高水平。301 医院完成的手术量和手术种类目前在亚洲处于最高水平，不仅保持着在机器人心脏外科领域绝对领先的地位，也标志着中国微创心脏外科水平达到世界先进水平。

5 小结与展望

利用机器人实施外科手术，曾经被认为是一种遥远的甚至是冒险的情景，但是随着当前科学技术日新月异的发展，外科手术机器人手术将逐渐成为微创外科手术的主要潮流。外科机器人技术为外科手术提供更广阔空间，代表今后外科手术的发展方向，它可开展更精细、精确、复杂的手术，它与其他技术，如单孔手术、激光、冷冻等结合，将使外科手术技术发生质的飞跃。以医疗外科机器人系统的研究为基础发展起来的医疗电子设备的产值在过去几年以每年 10% 的速度增长，预计医用机器人在今后五年内还会以每年 20%~40% 的速度增长。各国政府不仅希望医疗外科机器人系统的研究能为疾病的治疗带来方便，产生良好的社会效益，更希望医疗外科机器人的系统研究能生成一个新的经济增长点，获得良好的经济效益。

值得期待的是，使用“达芬奇”手术机器人，将逐步开创远程手术的概念。就是让医生从离病人很远的地方来进行精密的手术。如果医生不用站在病人的身旁进行手术，而是在离病人几十厘米远的计算机台旁远程控制机器人手臂，那么下一步将是离得更远的位置来进行手术。远程遥控手术在经验丰富的外科医生和病人之间建立起全新的联系，使病人在原地、原医院即可接受远地专家的会诊及其治疗与护理，从而节约医生和病人大量的时间和金钱。在一定程度上遏制持续上涨的医疗费用、加强了医生之间的技术交流和学习，并实现医疗资源的均衡分布。远程遥控手术潜在的军事价值也逐渐显现，手术医生可在后方遥控操作系统完成前线急需的高难度手术，这可能会对平时、战时伤员的救治将产生深远的影响

目前，远程手术的主要障碍就是医生手的移动和机器人手臂做出的反应之间的时间延迟。但仍然有理由相信，随着技术的不断进步与发展，可能通过某种特殊的方式，将全球的 da Vinci 手术机器人联系起来，形成一个局域网系统，先在系统内实现远程会诊、手术教学，再逐步向手术机器人远程手术过渡。随着达芬奇外科手术系统的应用范围和数量扩大，其技术优势将为更多患者带来益处。达芬奇机器人已攻克了诸多复杂疑难外科手术，机器人外科微创技术应用并将成为未来医学治疗趋势。