

## “达芬奇”机器人外科手术系统的临床应用与展望

“达芬奇”机器人辅助内镜外科手术系统实现了外科医生的梦想——坐在椅子上做手术。目前“达芬奇”系统已被成功地应用于一些外科手术,其中包括泌尿外科手术和心脏手术。简单来说,手术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。目前美国每年有1700多例机器人心脏手术,而且每年以400例的手术量持续增长,系统装机总量已超过1000台。而中国已有10多家医疗单位安装了机器人手术操作系统。截止2010年末,中国人民解放军总医院完成了18种疾病共370例“达芬奇”心脏手术。

### 1 机器人手术系统组成

目前广泛使用的“达芬奇”系统主要由四部分组成:①病床旁机械臂系统,安装有仪器架、四个机器人手臂、双头光源以及独立的摄像机械臂;所有部件都通过电缆联系起来,在外科医生的操纵下协调整体部件完成手术;②符合人体工程学的外科医生控制台,其中包括手控和脚踏功能,控制台可设置在无菌区外,外科医生通过立体三维内窥镜和主控制器进行手术;③高清成像系统,由一台1080p分辨率的数码摄像头构成,具有放大、存储、回放等功能,医生通过该系统可以清楚辨认病人解剖结构,提高手术精确性;④具有7个自由度的内手腕(Endo Wrist)拥有比真人手腕更加灵活的操作,可进行 $\pm 720^\circ$ 旋转。医生只需坐在控制台中,结合放大10倍以上的实时三维高清图像,通过手指和手腕操纵控制器,就可以做精确手术。

### 2 在心胸外科中的应用

2.1 二尖瓣修复术和冠状动脉重建术 “达芬奇”系统在心脏手术中应用最为普遍。在很多专科医院,这类手术已经有了标准操作程序。1998年Loulmet医生利用“达芬奇”系统在停跳心脏上第一次成功地完成了冠状动脉旁路移植术(TECAB)。自此以后,“达芬奇”系统被大量用于各种冠状动脉旁路移植术或机器人辅助冠状动脉搭桥术,其中包括停跳心脏和跳动心脏。与此同时,手术程序时间和转换率也大大降低。2006年由多个中心联合进行的实验显示,机器人完成的冠状动脉旁路移植术无需再次介入,自此以后“达芬奇”系统冠状动脉重建术获得了FDA的认可。除此之外,“达芬奇”系统在其他心脏手术中也得到了广泛的应用,如心内肿瘤切除术、心房纤维性颤动消融、先天性心脏病及左心室起

搏器导线等。

为了确保系统手术的成功和提高安全性,“达芬奇”系统的麻醉和灌流技术与其他手术有所不同。系统常使用右颈内静脉套管使静脉回流增大。如果使用了主动脉内阻塞装置,则需要双侧动脉导管来检测球囊导管的放置情况。在机器人心脏手术中,由于切口小,故不能使用内部导联开关而需要使用去颤垫。机器人心脏手术中最好采用单肺通气,但是要特别注意心输出量的减少、缺氧、高碳酸血症以及肺动脉阻力增大。

股动脉管是做心肺转流术最常用的通道,而外周动脉粥样硬化病人则更适合通过经胸廓主动脉或腋动脉管。如果股动脉管有问题,如动脉闭塞、局部动脉损伤和主动脉夹层,就会对心脏手术有重大的影响。因而术前需要做外周血管疾病检查(如无创伤体积描记术、计算机断层照相法或选择性血管造影术),以避免上述并发症。心脏手术中通过经胸廓主动脉阻断或主动脉内球囊导管来阻断主动脉血流。在大多数微创心脏病手术中,经常使用经胸廓奇特伍德钳,以避免对肺动脉或左心耳的损伤。在使用主动脉球囊导管时,要特别注意避免无名动脉的闭塞,防止球囊心室脱垂或主动脉闭塞不全。

2.2 纵隔肿瘤与胸腺切除 通过机器人系统灵活的内手腕和高清成像系统,术中仅需3个1.5cm的胸壁切口,就能够将胸腺和整个前纵隔清晰地显露,可让患者取不同体位完成前、中、后纵隔肿瘤的切除,切除范围与胸骨正中切口手术大体一致;与普通电视胸腔镜辅助系统相比,他能明显地降低手术难度,保证手术的精确性,从而缩短手术时间。

### 3 在泌尿外科中的应用

3.1 前列腺癌根治术或膀胱切除术 美国Menon等于2003年首次报道17例机器人外科手术系统辅助的全膀胱切除+双侧淋巴结清扫+尿流改道术,其中根治性膀胱切除术的时间为140min,回肠代膀胱术120min,原位新膀胱术168min;平均出血量 $< 150$  mL,手术时间为150min,均明显优于传统的开放手术。Beecken等比较了37例开放性手术与机器人外科手术系统辅助腹腔镜膀胱癌根治术的患者,发现机器人外科手术系统的术中失血量较开放手术少,且住院时间短,但手术时间较长。而瑞典卡罗林斯卡医院截止2004年6月已完成约100例“达芬奇”机器人外科手术系统辅助腹腔镜下前列腺癌根治术,所有病例的手术时间均在120min之内。

在国内,解放军总医院泌尿外科高江平等于2007

年 10 月 12 日成功完成首例“达芬奇”机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术,患者为 72 岁前列腺癌患者。截止 2008 年 1 月 31 日,已成功完成“达芬奇”机器人手术 11 例,其中前列腺癌根治性切除术 8 例,患者均恢复良好,术后病理报告提示切缘均为阴性。

3.2 肾切除术 法国 Guillonneau 等于 2001 年首次报道 4 例机器人外科手术系统辅助腹腔镜下肾切除术,平均手术时间为(106.3 ± 16.3) min,术中中位失血量为 56 mL,与普通腹腔镜手术相比,其优势尚不明显。

在国内,上海交通大学医学院附属瑞金医院何威等于 2010 年 3 至 10 月首次成功应用“达芬奇”机器人外科手术系统辅助腹腔镜下行肾脏及肾上腺手术 4 例。其中左肾上腺肿瘤切除术、左肾囊肿切除术、右肾盂整形术、左肾根治性切除术各 1 例,平均手术时间为(106.3 ± 16.3) min,机器人外科手术系统定位的平均时间为(10.3 ± 1.3) min,术中中位失血量为 56 mL,术后中位住院天数为 4.5 d。所有患者术后均无继发性出血、尿漏等并发症发生。

#### 4 在消化外科中的应用

4.1 复杂围肝门区手术 解放军第二炮兵总医院周宁新等于 2011 年 7 月在全球首次报道了 64 例复杂围肝门区手术的成功案例,其中包括肝门胆管癌 36 例、胆囊癌 10 例、肝门胆管内囊腺瘤 1 例、复杂肝内胆管结石 12 例、医源性胆管损伤 5 例。手术中让患者处于头高脚低体位,胃肠部自然下垂,置入人工气腹促使上腹部牵动肝圆韧带,从而让肝门区被充分打开;机器人视频探头自下而上到达肝门区,分开肝门部胆管,便可清晰地看到 2 级或 3 级胆管分支。

4.2 胰腺手术 美国 Melvin 等于 2003 年报道了全球第 1 例机器人胰腺癌切除术,认为处理胰腺钩突、淋巴结清扫以及消化道重建是手术的难点。美国 Giulianioti 等于 2010 年报道 60 例机器人外科手术系统辅助下胰十二指肠切除术,胰瘘发生率为 31.3%;机器人外科手术系统辅助下胰体尾切除术 43 例,胰瘘发生率为 20.9%;机器人外科手术系统辅助下胰腺中段切除术 3 例,胰瘘发生率为 33.3%。在国内,解放军第二炮兵总医院周宁新等报道了 44 例“达芬奇”机器人辅助下完成胰腺外科手术的案例,其中胰十二指肠切除术 16 例、胰体尾切除术 6 例、胰腺中段切除术 1 例、胰腺假性囊肿-空肠吻合术 1 例和姑息性手术 20 例,出现并发症 2 例,无围手术期死亡病例。

4.3 胃肠切除术 美国 Mohr 等通过临床手术分组对比了“达芬奇”机器人手术系统和传统腹腔镜行 Roux-en-Y 吻合术在手术时间与术后患者体质指标的差异,机器人系统均优于传统腹腔镜术,但并发症发生率两组无显著差异。日本 Song 等在“达芬奇”机器人手术系统辅助下完成了 100 例胃切除术,术后发生并发症 13 例,1

例死亡。在国内,第三军医大学西南医院余佩武等于 2010 年 3 月应用“达芬奇”机器人手术系统成功完成第 1 例胃癌根治性全胃切除术,手术时间为 270 min,术中出血量约 60 mL,患者于术后第 9 天顺利出院。上海复旦大学附属中山医院刘凤林等应用“达芬奇”机器人手术系统行胃癌手术 9 例,其中全胃切除 5 例,远端胃切除 2 例、近端胃切除 1 例、胃楔形切除 1 例,手术均顺利完成,无中转开放手术或普通腹腔镜手术者。解放军第二炮兵总医院周宁新等也在“达芬奇”机器人手术系统辅助下完成 22 例胃肠切除术,其中根治性近端胃大部切除术 3 例、根治性远端胃大部切除术 2 例、结直肠癌根治术 5 例、脾切除术 3 例、腹腔粘连松解+腹膜后淋巴结切除术 3 例;其他胃壁平滑肌瘤、十二指肠水平部癌、粘连性肠梗阻、胃壁平滑肌瘤、肺癌合并腹壁疝和甲状腺腺瘤各 1 例,无中转开腹病例;1 例出现并发症,为脾切除术后发生胰瘘,无围手术期死亡病例。

#### 5 机器人手术系统的展望

5.1 远程点对点手术 由于“达芬奇”机器人辅助内镜外科手术系统机械手臂的手术动作并不是传统的单纯人工力的机械传动,即通过外科医生将具体三维坐标等各种数值输入系统后,通过数字计算转换,由机器人进行外科手术;这对于计算机的计算响应时间有较大的要求。随着今后科技的飞速发展,互联网光纤传输速度的革命性变化,当互联网响应时间小于或等于本地响应时间的时候,机器人远程外科手术就能实现,远在千里之外的外科医生,仍然可以即时操纵机器人系统顺利地完成任务。

5.2 适应证的增加 目前,“达芬奇”机器人辅助内镜外科手术系统在心胸外科的应用较为广泛,随着多种诊断系统的不断改进与整合,一套集成 CT、MRI、血管造影、血气全自动分析的机器人系统有望面世,这就不仅是完成心胸外科手术,如颅内肿瘤、颅脑血肿、腹腔肿瘤、消化道肿瘤的切除或清扫也可以完成。

5.3 医学院校实习的新平台 由于“达芬奇”机器人辅助内镜外科手术系统具有手术全过程的多角度、高分辨率的记录以及回放功能,一个无腔镜基础的外科医生可在 10 多个学时的培训后掌握要点并熟练完成相关临床手术。此外,就如培训飞行员起飞降落的全仿真飞行驾驶舱,机器人手术系统也能提供逼真的临床外科手术训练,通过输入预设的各种手术方案数据,能够对实习医生在处理不同手术时进行多次考核,还能为主刀医生在术前模拟各种手术方案的结局,便于选择最佳手术方案。

综上所述,目前机器人系统费用昂贵,且技术处于垄断时期;但因为其功能强大,操作方便,国内多家科研院所已将其纳入国家高新技术发展的研究对象,随着国产化及技术垄断的打破,经过大量的推广普及使用后,所需费用将会大幅度下降。

(李锐 供稿)