

# 机器人辅助技术在心脏外科的应用

胡盛寿 张浩

中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院,阜外心血管病研究所(北京,100037)

中图分类号:R654.2

文献标识:C

文章编号:1009-6604(2003)05-0380-02

近年来,“微创”概念日益为心脏外科医师所接受,微创化已经成为心脏外科发展的主流方向之一。其中“机器人辅助下(Robotic assisted / Computer enhanced)”心脏手术作为一种目前而言对患者创伤最少的术式而备受瞩目。

## 一、机器人辅助技术在心脏外科应用的发展历史

心外科领域内机器人辅助下手术脱胎于胸腔镜技术。1995 年阿根廷 Bennti 医师将胸腔镜技术应用于冠脉外科。但是初期的胸腔镜辅助下冠状动脉旁路移植术(Video-assisted coronary artery bypass grafting, VACABG)主要借助胸腔镜-电视监视系统所提供的良好视野完成胸廓内动脉(Internal thoracic artery, ITA)的游离,而对于 ITA 的修剪与吻合还是要通过左胸 4cm~5cm 左右的切口来完成<sup>[1]</sup>。随着现代工艺的进步,声控机械臂的发明使术者可通过喉头麦克风发出“向上,向下”等指令来指挥机械臂完成手术视野的调节。这样在术中可减少一名助手来扶持胸腔镜,从而使镜头的调节更加随意。可以说,声控机械臂的使用是机器人辅助系统在心外科临床应用的第一阶段。但是这一阶段术者所使用的其他器械仍是传统的普通胸腔镜器材,外科医师较难掌握操作而且操作起来很不舒适很容易产生疲劳感,而且真正的心内操作仍需要胸壁的辅助切口完成。

2000 年以来 Zeus 系统与 da Vinci 系统这两大主流机器人辅助手术装置进入临床,从而揭开机器人技术临床应用的第二阶段,即完全内镜下手术阶段<sup>[2]</sup>。这两大系统基本构成相似,即一个可以远离手术现场的外科医师操作平台,一个可提供三维视野的监视器,一个计算机控制中心,若干个机械臂及其所夹持的特殊胸腔镜装置。Zeus 系统由美国 Computer Motion 公司出品,是一名美籍华人科学家所发明,其前身是同一公司生产的 Aesop 声控机械臂系统,后者也是第一个进入临床应用的机器人辅助设施。Zeus 系统便是在 Aesop 的基础上发展而来,其安装较简单,25 分钟可完成整个设备的安装与调试,对手术室的改建要求较 da Vinci 系统低。da Vinci 系统由美国 Intuitive Surgical 公司生产。虽

然设备安装较 Zeus 系统繁琐,但突出的优势在于其可提供一个独有的内窥镜下机械腕(Endowrist)。普通的胸腔镜末端关节只有 4 个活动自由度(包括早期的 Zeus 系统在内),而 Endowrist 可提供完全与人类腕关节相同的 7 个活动自由度,从而使内镜下操作更加灵活。但是机械腕与三维摄像头的体积与常规设备相比不仅昂贵而且体积大,如三维摄像头直径最小为 1cm 而常规的二维摄像头只有 5mm,这对于本来操作空间就较狭窄的内镜手术而言是不利的。

## 二、机器人辅助技术在心脏外科的临床应用

近几年,随着智能化机器人技术和经皮体外循环技术(Heart-port/Port-access)的开发,已经可以将全部的心内操作在内镜下完成。目前,这种术式已经扩展到心外诸多领域,包括简单先天性心脏病矫正、二尖瓣手术和冠脉旁路移植。

鉴于先天性心脏病的复杂性,目前机器人辅助技术仅仅应用在简单的房间隔缺损(Atrial septal defect, ASD)的修补。2003 年美国 Argenziano 医师<sup>[3]</sup>报道目前例数最多的一组完全内镜下 ASD 修补术(15 例)。他们使用 da Vinci 系统,先通过 Heart-port 技术建立经皮体外循环,然后直接缝合缺损的房间隔。所有患者均在术后当晚拔除气管插管,平均 ICU 停留时间 20 小时,平均住院 4 天。作为一种崭新的技术,除切口的美观和减少了术后疼痛以外,与传统开胸术相比,机器人辅助下完全内镜下 ASD 修补并没有体现出很多的优点。在这组病例中,主动脉阻断时间平均 35 分钟,而总体外循环运行时间长达 2 小时。另外,由于技术原因,对 ASD 没有采用补片技术进行修补。由于房间隔直接缝合后压力较大,1 例巨大房缺术后第 5 天被发现有余分流,只好二次常规开胸手术进行心包补片修补。可见,将机器人辅助技术扩大到先心病领域还有较长的一段距离。

早在 1996 年法国 Carpentier 医师领导的小组就将胸腔镜技术应用到瓣膜外科,并随后使用当时仍处于雏形的 da Vinci 系统,通过胸壁小切口尝试对二尖瓣进行修补。从早期的小切口下瓣膜置换和简单的修补起步,目前外科医师可以使用在右前胸 4cm

长的小切口辅助下较好地完成一些复杂的瓣下结构重建如瓣叶矩形切除、腱索转移等。2000 年德国 Mehmanesh 等<sup>[4]</sup>完成第 1 例全内镜下二尖瓣修补术。手术中部分切除二尖瓣后叶并且置入一个成形环,但是手术时间偏长,主动脉阻断时间 2 小时,体外循环时间 8 小时。无疑,在二尖瓣外科中是可以使用机器人辅助完成全内镜下手术,但是目前还是多倾向于加以辅助切口(Working port)完成一些心内操作从而缩短体外循环时间。美国 Chitwood 医师等<sup>[5]</sup>近报道 50 例使用 da Vinci 系统辅助下二尖瓣成形术的结果,其平均心脏阻断时间已经从最初的 2 小时缩短到目前的 1 小时,而且矫正满意无并发症发生,患者平均住院天数仅为 2.8 天。目前,困扰二尖瓣手术向完全内镜下操作的制约因素仍较多,如如何研制出更小的心房拉钩而利于暴露二尖瓣,更小巧的器械来缝合成形环等。但是相信随着科技发展,在不久会看到更多完全内镜下二尖瓣手术的报道。

CABG 是机器人技术在心外科最早介入的领域,也是目前机器人技术应用最广、技术最为成熟的领域。1998 年德国 Mohr 等<sup>[6]</sup>使用 da Vinci 完成世界首例机器人辅助下 CABG。次年在 Heart - port 技术的帮助下,Loulmet 等<sup>[7]</sup>使用此系统在停跳的心脏上完成首例完全内镜下 CABG。但是使用闭式体外循环系统手术,患者并没有避免体外循环,而达不到真正微创的目的。2000 年 Falk 等<sup>[8]</sup>借助特殊设计的内镜专用心表固定器(Endoscopic stabilizer)完成首例非体外循环完全内镜下 CABG。至 2002 年全球共进行 130 多例非体外下完全内镜下 CABG。作为一种崭新的技术,目前仍缺乏机器人辅助下 CABG 术后移植桥远期通畅率的报道。Mohr 等<sup>[9]</sup>对 35 例单支病变施行全内镜下 CABG,其中 8 例是利用固定器在心脏跳动下完成,游离 ITA 约 40 分钟,3 月后随访造影证实通畅率为 95.4%,均无严重并发症发生。Dogan 等<sup>[10]</sup>借助 Heart - port 技术连续施行 45 例全内镜下 CABG,平均 ITA 游离时间 65 分钟,单支血管桥吻合需要 18 分钟,体外循环 136 分钟,出院前对前 22 例进行的血管造影显示所有移植血管均保持通畅。

### 三、机器人辅助技术目前存在的问题和发展前景

简而言之,目前机器人辅助下心外科手术存在两大缺陷。首先是天然缺乏一种触觉反馈体系。任何一个外科操作的完成都离不开外科医师的视觉与触觉反馈。机器人辅助技术的发展趋势是完全内镜下操作,目前仪器设备的改进已经在很大程度上改进了视觉,但是却无法弥补丧失触觉所带来的缺陷。例如在完成吻合最后打结时可通过手感来控制打结的力度,而在全内镜下由于缺乏触觉反馈可能用力过大而导致吻合口撕裂。无论在初期的实践中还是随后的 I 期临床试验中各个中心都曾经发生上述意

外。它的另外一大缺陷便是目前的仪器设备还往往不尽人意。目前,几乎所有设备都是在原有专为人类设计的器械上作了某些改良。其实完全可以发挥我们的想象力,去发明制造机械臂所专用的器械而不必拘泥于原有的人类模式。比如美国 Computer Motion 公司最新推出的固定器可以从原有的预备置放电凝或镊子的操作孔伸入胸腔内。它一物多能,不仅可压迫式固定心表,而且可以使用气流冲洗手术野。并且它的操作柄是中空的,可以就此伸入电凝刀来电烙小血管分支的出血。这个发明就为非体外下全内镜下搭桥提供很大的便利。

以目前的眼光看,机器人辅助下心外手术可能是设备最为昂贵、技术难度最高、适应证最为苛刻的一种术式。以 CABG 为例,目前它仅仅应用在单支血管病变。Dogan 也同样尝试在临床中应用 Heart - port 技术在全内镜下进行双支病变的搭桥,但是有着极高的切口转化率,即多数还是通过增加胸骨旁辅助切口完成手术。相信未来随着更好的吸引式固定器械的开发,机器人智能化的提高,应该可以在非体外下使用机器人技术进行多支病变的吻合。而且其他冠脉外科器械的发展,如远端冠脉吻合器的发明,吻合粘合剂(Sealants)的应用等更会加快这一进程。另外,机器人技术的高度电脑程序化,不仅可以为将来年轻外科医师的培训提供方便,而且催生一门崭新的外科学分支—遥控外科(Telesurgery),为未来开展远程医疗手术提供可能性。总之,作为一门外科技术平台,随着科技的日新月异的发展,机器人辅助技术在心脏外科有着广阔的发展前景。

### 参 考 文 献

- 1 Benetti F, Mariani MA. Video - assisted minimally invasive coronary operations without cardiopulmonary bypass: a multicenter study. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1996, 112 :1478 - 1484.
- 2 Falk V, Diegeler A, Walther T, et al. Developments in robotic cardiac surgery. *Curr Opin Cardiol*, 2000, 15 : 378 - 387.
- 3 Argenziano M, Williams MR. Robotic atrial septal defect repair and endoscopic treatment of atrial fibrillation. *Semin Thorac Cardio Surg*, 2003, 15 : 130 - 140.
- 4 Mehmanesh H, Henze R, Lange R, et al. Totally endoscopic mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002, 123 : 96 - 97.
- 5 Kypson AP, Nifong LW, Chitwood JWR. Robotic mitral valve surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 15 : 121 - 129.
- 6 Mohr FW, Falk V, Diegeler A, et al. Computer - enhanced coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 117 : 1212 - 1213.
- 7 Loulmet D, Carpentier A, Attellis N, et al. Endoscopic coronary artery bypass grafting with the aid of robotic assisted instruments. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 118 : 4 - 10.
- 8 Falk V, Diegeler A, Walther T, et al. Total endoscopic off - pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surgery Forum*, 2000, 3 : 29 - 31.
- 9 Mohr FW, Falk V, Diegeler A, et al. Computer - enhanced "robotic" cardiac surgery: experience in 148 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 121 : 842 - 853.
- 10 Dogan S, Aybek T, Andressen E, et al. Totally endoscopic coronary artery bypass grafting on cardiopulmonary bypass with robotically enhanced telemanipulation: report of forty - five cases. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002, 123 : 1125 - 1131. (收稿日期 2003 - 09 - 04)