DOI:10.16016/j.1000-5404.201906200



机器人手术系统在血管外科中的应用与展望

郝迎学,张荣杰 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院血管外科

[摘要] 机器人手术系统对破坏性手术为主的、平时手术野较深、显露较困难的患者有明显优势,如泌尿科、妇产科的手术。主要是以瘤体或结石的取出为主;对于修复、成型手术类难度仍然较大。因此机器人手术系统目前在血管外科虽有尝试和探索,但并没有得到广泛的开展,但作为探索仍然具有科学意义和临床意义。机器人手术系统在血管外科的应用刚刚起步,还有许多领域需要不断地探索和规范,包括手术适应证,关键技术和规范流程,术中、术后并发症的处理等。更为重要的是要开展机器人手术与开放手术和腹腔镜手术在血管系统疾病中应用的临床研究,加强随诊观察,特别是远期疗效的观察,为机器人手术系统在血管外科的广泛应用提供依据。机器人手术系统目前存在诸如缺乏触觉反馈、机械臂庞大、机械臂相互之间容易互相干扰等问题,还需加强器具研发和临床研究,争取使之造福更多血管疾病患者。

[关键词] 机器人手术系统;血管外科;血管疾病;微创手术

[中图法分类号] R319; R654.3 [文献标志码] A

Application and prospect of robotic surgical system in vascular surgery

HAO Yingxue, ZHANG Rongjie Department of Vascular Surgery, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[Abstract] The robotic surgical system has been widely used in surgeries in various fields for its advantages over human eyes and hands with a magnified, stereoscopic view, flexible manipulation and ability to filter tiny tremors. The application of the robotic surgical system in vascular surgery is still in its infancy, and many issues concerning the operation techniques and safety need to be explored, especially in terms of the indications, key techniques, standardized procedures and management of intra- and post-operative complications. Of greater importance are the promotion of clinical studies that compare robotic surgical system versus open or laparoscopic surgery in vascular surgery and the collection and analysis of the long-term follow-up data. The evidence obtained from these studies will facilitate the wide application of robotic surgical system in vascular surgery. In addition, the defects in the current robotic surgical system need be improved, such as the lack of tactile feedback, the large size of the mechanical arm, and the interference between the arms. The era of robotic surgery has come, which urges greater efforts in both technical development and clinical studies of the robotic surgical system.

[基金项目] 陆军军医大学临床医学科研人才培养计划(2018XLC3015);陆军军医大学第一附属医院创新团队培养计划(SWH2018TD-03)

[通信作者] 郝迎学,博士,陆军军医大学第一附属医院血管外科主任,副教授、副主任医师,博士研究生导师。美国宾夕法尼亚大学博士后,Lankenau Medical Center 达芬奇机器人手术中心访问学者,Florida Hospital 微创外科中心访问学者。从事普通外科专业 20 余年,熟练掌握普通外科、血管外科常见病和较疑难复杂疾病的诊断和治疗,尤其擅长腹腔镜、机器人微创外科手术,腹腔大血管腔内介入治疗和机器人微创治疗。在我国率先开展达芬奇机器人血管旁路和下腔静脉滤器取出术。主持国家以及省部级课题 5 项,总科研经费 600 余万元;以第一申请人获国家发明专利 3 件,实用新型专利 9 件;发表论著 80 余篇,其中 SCI 论著 20 余篇,中华医学会系列杂志 10 篇。主编/副主编专著 4 部,参编专著 3 部。获重庆市科技进步一等奖 1 项,第三军医大学临床新技术新业务一级乙等、二级甲等各 1 项。兼任中国医师协会血管外科医师分会全国委员、重庆医师协会血管外科医师分会副会长、中国医师协会腔内血管专委会委员。E-mail: haoyingxue@hotmail.com

[**Key words**] robotic surgical system; vascular surgery; vascular disease; minimally invasive surgery

Supported by the Training Program for Clinical Medical Research Talents of Army Military Medical University (2018XLC3015) and the Innovation Team Training Program of First Affiliated Hospital of Army Military Medical University (SWH2018TD-03)

1 机器人手术系统临床应用

1.1 机器人手术系统临床应用概述

自21世纪初外科手术机器人开始在临床中得到应用,微创外科逐步步入机器人手术时代。机器人手术系统超越了传统开放手术与腹腔镜手术的局限,将手术精度和难度提升到了新的高度,在泌尿外科、普外科、心胸外科、妇科等学科已开始逐渐应用[1-5]。中国内地自2006年解放军总医院引进首台达芬奇机器人以来,截止2019年3月共拥有达芬奇机器人手术系统82台,开展各类机器人手术10万余台次,其中泌尿外科手术49 000余台次,占45.0%。其次是胃结直肠外科,共开展18 000余台次,占17.1%,位居各类机器人手术第二位。但是,机器人手术系统在血管外科应用很少,只是在心脏外科开展一些冠状动脉搭桥手术,以及个别中心在行腹部肿瘤手术时,肿瘤侵及下腔静脉行腔静脉部分切除修补手术。应用机器人手术系统行腹主动脉手术以及主髂、髂股或主股动脉旁路手术尚未见报道。我科于2019年3月尝试应用达芬奇机器人手术系统施行髂静脉-股静脉自体大隐静脉旁路移植手术,获得成功,开创了机器人手术系统在血管外科应用的先河[6]。

1.2 机器人手术系统在冠脉搭桥中的应用

如果单纯从机器人吻合血管的技术层面来说,应用机器人手术系统开展血管外科相关手术是从心脏外科的冠脉搭桥手术开始的。1998年LOULMET等[7]首次报道机器人冠状动脉旁路移植术(totally robotic coronary artery bypass,TECAB),术中先游离左内乳动脉,心脏停搏后行内乳动脉到前降支的吻合。BONAROS等[8]报道500例机器人冠脉搭桥术,其中78%接受了心脏停搏下TECAB,22%行心脏不停搏下TECAB;成功率为80%,安全率95%,转换为开胸手术的占10%,随手术例数的增加,术式转化率逐步下降,也未出现同术式转化相关的并发症。

2 机器人手术系统在国外血管外科的应用

2.1 宙斯机器人手术系统在血管外科的应用

WISSELINK等[9]于2002年率先报道了机器人辅助下行2例主动脉-股动脉旁路移植手术,这是国际上首次报道机器人在血管外科的应用。他采用的是宙斯机器人手术系统(Zeus, Computer Motion, Santa Barbara, Calif),患者呈平卧位,腹壁偏左侧建立8个戳卡孔,使用3个机械手臂,其中1个为摄像头,另外2个为操作臂。其余5个戳卡孔用来协助暴露腹主动脉。手术时间分别为290、260 min,主动脉吻合时间分别为48、37 min,失血量在2例均少于200 mL,术后第2天即恢复正常饮食,术后第4天和第6天出院,没有严重并发症发生。2004年德国KOLVENBACH等[10]报道了50例腹腔镜和机器人腹主动脉瘤手术,其中10例行机器人腹主动脉的吻合,机器人吻合血管的时间明显短于腹腔镜组,分别为(40.8±4.1)、(52.7±9.0)min,但机器人组手术时间长于腹腔镜组,分别为(242.5±40.5)、(227.8±34.0)min。这可能与机器人手术系统复杂以及操作不熟练有关。有3例患者发生并发症,其中腹腔镜组1例发生肠梗阻,机器人手术组1例术后发生肾功能不全,2周后行血液透析。还有1例吻合术后发生股动脉血栓形成,行取栓术。该研究证明机器人手术在血管吻合方面较腹腔镜手术具有明显优势。

2.2 达芬奇机器人手术系统在血管外科的应用

前述较早应用机器人手术系统进行血管吻合的报道都是采用宙斯机器人手术系统,2004年之后开始采用达芬奇机器人手术系统(The da Vincie Surgical System, Intuitive Surgical Inc., Sunnyvale, CA)。DESGRANGES[11]最早报道采用达芬奇手术系统行主动脉和股动脉旁路手术。5例患者中,3例采用6 cm小切口暴露主动脉,2例在机器人下暴露主动脉,5例均在机器人下完成主动脉和人工血管的吻合,平均手术时间188 min。无1例机器人相关并发症发生,6周后复查旁路血管的通畅率为100%。DESGRANGES认为机器人行血管吻合的最大优势是3D放大的视野和灵活的机械手腕,行机器人手术吻合无须先行腹腔镜技术的培训,但应用机器人手术系统行主动脉-股动脉旁路移植手术的潜在价值还需要更多的临床研究来证实。之后,越来越多的关于机器人手术系统在血管外科应用的报道,2008年STÁDLER[12]报道了100例机器人辅助主动脉重建治疗闭塞性疾病及动脉瘤的临床经验。其中,动脉闭塞性疾病(AOD)90例,腹主动脉瘤(AAA)7例,髂总动脉瘤(CIAA)2例,CIAA和AOD

联合治疗1例。100例手术中,97例(97%)成功完成,3例(3%)需行中转。手术时间中位数为235(150~360) min,血管阻断时间中位数为42(25~120) min。中位吻合时间29 (12~60) min,中位出血量430(50~1 500) mL。重症监护病房住院天数中位数为1.7 d,住院时间中位数为5.1 d。平均2.4 d后恢复正常的口服饮食。术后30 d生存率100%,术后无致死性并发症3例(3%)。研究证实机器人主髂动脉外科手术安全,技术成功率高,手术时间和成功率与传统开放手术相当。主髂动脉吻合术比常规腹腔镜技术更快、更准确。2016年STÁDLER[13]报道了迄今为止最大宗的机器人血管外科手术310例。224例患者诊断为闭塞性疾病,61例腹主动脉瘤,4例髂总动脉瘤,4例脾动脉瘤,1例内乳动脉瘤。在这些病例中有5例是腔内介入治疗失败后转为杂交手术,2例为中位弓状韧带松解术,9例为EVAR术后的endoleak Ⅱ治疗。其中298例(96.1%)应用机器人手术系统完成手术;10例(3.2%)需要转换成开放手术。术后30 d死亡率为0.3%,其中2例(0.6%)出现晚期移植物感染。机器人髂-股动脉旁路术、主动脉-股动脉旁路术或主动脉-髂动脉内膜切除人工血管植入术手术时间中位数为194 (127~315) min,机器人主动脉-髂动脉瘤手术组为253 (185~360) min。研究证实从实际应用的角度看,机器人辅助手术的最大优点是血管吻合的速度快和相对简单性。机器人辅助手术的经验证明该技术在血管外科应用的可行性。

3 机器人手术系统的优势和劣势

3.1 机器人手术系统的优势

机器人手术系统在血管外科的应用的特有优势:一是血管外科手术多数是血管重建手术,需要进行血管吻合,手术精细度高。传统开放手术术者需要借助放大镜才能清晰辨认吻合血管断端的细微结构。而机器人手术系统的摄像头是双镜头结构,术者看到的手术视野是三维立体结构,且放大10~15倍,比裸眼直视下还要清晰,可以清晰地辨认血管的微细结构。二是机器人手术系统的机械臂仿真手腕具有7个自由度,可以进行540°旋转操作,比人手还要灵活,借助于精细的手术器械,特别适用于狭小空间的操作。三是机器人手术系统的震颤滤过功能,使机械手臂的操作十分稳定,而人手在进行精细操作时都有细微颤抖的现象。四是血管外科手术多数为重建手术、且为良性病变居多,所以无须担心气腹导致的肿瘤细胞播散,术后也无须在腹壁制造切口取标本。五是目前血管腔内介入手术的耗材都很昂贵,尤其是植入体内的支架系统比人造血管要贵上几倍,所以,应用机器人行血管外科手术在有些病种方面具有价格优势。

3.2 机器人手术系统的劣势

纵使机器人手术系统在行血管外科手术方面具有很多优势,但仍然有一些不足需要改进,比如机械手臂操作时的触觉反馈消失,术前准备时间长以及需要中转时转换时间长,腔内阻断主动脉、髂动脉等的安全性、都需要在临床实践中不断发现问题、与器械研发团队合作解决。

4 展望

机器人手术系统将来需要在智能手术机器人和远程手术机器人方面做出突破。目前已有利用5G网络实施远程手术的报道,但还局限于比较简单的手术。相信随着无线网络的发展,将来一定会解决远程手术过程中时间延搁的问题。在大数据时代,智能机器人已经离我们越来越近,机器人手术系统会调取国人人体解剖数据库的数据,准确地判断出患者的组织器官位置,并予以精准实施手术。

关于机器人手术系统在血管外科的应用才刚刚起步,需要不断积累经验,逐步建立起操作规范和标准流程,并适时开展与开腹手术或腹腔镜手术的临床对比研究,从而得出令人信服的临床结果,以推动机器人手术系统在血管外科的应用和发展。

参考文献:

[1] GAO C Q, YANG M, WU Y, *et al*. Hybrid coronary revascularization by endoscopic robotic coronary artery bypass grafting on beating heart and stent placement[J]. Ann Thorac Surg, 2009, 87(3): 737-741. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2008.12.017.

[2] SHARMA N L, SHAH N C, NEAL D E. Robotic-assisted laparoscopic prostatectomy[J]. Br J Cancer, 2009, 101(9): 1491-1496. DOI: 10.1038/sj.bjc.6605341.

[3] CHEN C C, FALCONE T. Robotic gynecologic surgery: past, present, and future[J]. Clin Obstet Gynecol, 2009, 52(3): 335-343. DOI: 10.1097/GRF.0b013e3181b08adf.

[4] LOUIS G, HUBERT J, LADRIERE M, *et al*. Robotic-assisted laparoscopic donor nephrectomy for kidney transplantation. An evaluation of 35 procedures[J]. Nephrol Ther, 2009, 5(7): 623-630. DOI: 10.1016/j.nephro.2009.06.008.

[5] 周宁新, 刘全达. 达芬奇系统在腹部外科的应用[J]. 腹

部外科, 2009, 22(5): 261-262.
ZHOU N X, LIU Q D. Application of Da Vinci system in abdominal surgery [J]. J Abdom Surg, 2009, 22(5): 261-262.

[6] 张荣杰, 孙龙, 杨世伟, 等. 达芬奇机器人手术系统辅助髂股静脉旁路移植术的临床疗效[J]. 中华消化外科杂志, 2019(4): 380-386.
ZHANG R J, SUN L, YANG S W, *et al*. Clinical efficacy of Da Vinci robot-assisted iliofemoral vein bypass grafting[J]. Chin J Dig Surg, 2019(4): 380-386.

[7] LOULMET D, CARPENTIER A, D'ATTELLIS N, *et al*. Endoscopic coronary artery bypass grafting with the aid of robotic assisted instruments[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1999, 118(1): 4-10. DOI: 10.1016/S0022-5223(99)70133-9.

[8] BONAROS N, SCHACHNER T, LEHR E, *et al*. Five hundred cases of robotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting: predictors of success and safety[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 95(3): 803-812. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2012.09.071.

[9] WISSELINK W, CUESTA M A, GRACIA C, *et al*. Robot-assisted laparoscopicaortobifemoral bypass for aortoiliac occlusive disease: a report of two cases[J]. J Vasc Surg, 2002, 36(5): 1079-1082. DOI: 10.1067/mva.2002.128312.

[10] KOLVENBACH R, SCHWIERZ E, WASILLJEW S, *et al*. Total laparoscopically and robotically assisted aortic aneurysm surgery: a critical evaluation[J]. J Vasc Surg, 2004, 39(4): 771-776. DOI: 10.1016/j.jvs.2003.10.050.

[11] DESGRANGES P, BOURRIEZ A, JAVERLIAT I, *et al*. Robotically assistedaorto-femoral bypass grafting: lessons learned from our initial experience[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2004, 27(5): 507-511. DOI: 10.1016/j.ejvs.2004.01.002.

[12] STÁDLER P, DVORÁCEK L, VITÁSEK P, *et al*. Is robotic surgery appropriate for vascular procedures? Report of 100aortoiliac cases[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2008, 36(4): 401-404. DOI: 10.1016/j.ejvs.2008.06.028.

[13] ŠTÁDLER P, DVOŘÁČEK L, VITÁSEK P, *et al*. Robot assisted aortic and non-aortic vascular operations[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2016, 52(1): 22-28. DOI: 10.1016/j.ejvs.2016.02.016.

(**收稿**:2019-06-24;**修回**:2019-10-19)
(编辑 邓强庭)