

DOI:10.3724/SP.J.1008.2011.00409

· 论 著 ·

机器人单孔腹腔镜下行猪肾部分切除术及肾盂输尿管成形术的初步尝试

杨 波^{1,2△}, 王辉清^{1△}, 肖 亮¹, 牟燕清¹, 王林辉¹, 许传亮¹, Riccardo Autorino², Jihad H Kaouk², 孙颖浩^{1*}

1. 第二军医大学长海医院泌尿外科, 上海 200433

2. Section of Laparoscopic and Robotic Surgery, Glickman Urological & Kidney Institute, Cleveland Clinic, Ohio 44195, USA

[摘要] **目的** 初步尝试机器人单孔腹腔镜下行猪肾部分切除术及肾盂输尿管成形术, 评估机器人单孔腹腔镜下行泌尿外科重建手术的可行性和不同通道技术的人机工程学效果, 总结操作经验。**方法** 猪肾部分切除术: 完全侧卧位, 平脐水平, 沿腹直肌外缘切开 4 cm 长皮肤切口, 钝性分离皮下脂肪, 以气腹针建立气腹。按菱形将 4 个套管置入腹腔, 其中左右为 8 mm 的达芬奇机器人金属套管, 上下为 Surgique 10 mm 无阀套管。安装机器人臂后, 按常规完成肾部分切除术, 肾脏缺损采用“滑夹”的无结技术进行全层水平褥式缝合关闭。肾盂输尿管成形术(UPJ): 改用 Surgique 新型无阀单孔通道, 切口两侧置入 8 mm 的机器人金属套管。观察镜接 12 mm 普通腹腔镜套管后, 置入单孔通道内, 按常规完成 UPJ 成形术。**结果** 完成肾部分切除术 2 例, 通道建立时间分别为 5、8 min, 机器人系统安装时间为 11、9 min, 手术操作时间为 55、42 min, 温缺血时间 23、18 min, 出血 50、20 ml。完成肾盂输尿管成形术 2 例, 通道建立时间为 17、12 min, 机器人安装时间为 5、4 min, 手术操作时间为 32、25 min, 出血均为 0 ml。**结论** 机器人单孔腹腔镜手术在合理安置通道后, 能顺利完成泌尿外科高难度重建手术; 专用机器人单孔通道可获得更理想的人机工程学效果。

[关键词] 单孔腹腔镜手术; 机器人手术; 肾部分切除术; 肾盂输尿管成形术

[中图分类号] R 699.2

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2011)04-0409-04

Robotic single-site surgery: laparoscopic partial nephrectomy and ureteropelvic angioplasty in pigs

YANG Bo^{1,2△}, WANG Hui-qing^{1△}, XIAO Liang¹, MU Yan-qing¹, WANG Lin-hui¹, XU Chuan-liang¹, Riccardo Autorino², Jihad H. Kaouk², SUN Ying-hao^{1*}

1. Department of Urology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

2. Section of Laparoscopic and Robotic Surgery, Glickman Urological & Kidney Institute, Cleveland Clinic, Ohio 44195, USA

[Abstract] **Objective** To make an initial attempt to use robotic single-site surgery for laparoscopic partial nephrectomy and ureteropelvic angioplasty in pigs, so as to assess the feasibility and ergonomics of the robotic single-site surgery in laparoscopic urological reconstruction surgery and to summarize the manipulation experience. **Methods** Partial nephrectomy: at a lateral position, a 4 cm incision was made at the level of hilum on the lateral border of the rectus muscle, and the subcutaneous tissue layer was dissected bluntly with the Kelly clamp. After pneumoperitoneum was established by the veress needle, four trocars were introduced in the shape of diamond, including two 8 mm robotic trocars on the left and right sides and two 10 mm surgique trocars on the upper and lower sides. After the robotic tower was docked, the procedure of nephrectomy was performed routinely. And the renal defect was closed by a horizontal mattress suture with “sliding-clip technique”. Pyeloplasty: all trocars were removed and a 4 cm long incision was made; the novel surique robotic port was introduced into the abdominal cavity. Two 8 mm robotic metal trocars were introduced from two sides of the surgique port in the way of “1+1”. After the robotic arm was docked, the pyeloplasty was performed. **Results** Partial nephrectomy were successfully performed in two cases, with the time for establishing access being 5 min and 8 min, time for docking the robotic system being 11 min and 9 min, time for operation being 55 min and 42 min, and time of warm ischemia being 23 min and 18 min, and with the blood loss being 50 ml and 20 ml. Pyeloplasty were successfully performed in two cases, with the time for establishing access being 17 min and 12 min, time for docking the robotic system being 5 min and 4 min, and time of operation being 32 min and 25 min, and with no

[收稿日期] 2010-02-22

[接受日期] 2011-03-11

[基金项目] 上海市市级医院新兴前沿技术联合攻关项目(SHDC12010115), 军队临床高新技术重大项目(2010gxjs057). Supported by Municipal Level Hospital Project for Emerging and Frontier Technology of Shanghai (SHDC12010115) and PLA Major Project for Clinical High-tech and Innovative Technology of China (2010gxjs057).

[作者简介] 杨 波, 博士, 副教授、副主任医师. E-mail: yangbochanghai@126.com; 王辉清, 博士, 主治医师. E-mail: whqlil@126.com

△共同第一作者(Co-first authors).

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81873409, E-mail: sunyh@medmail.com.cn

blood loss. **Conclusion** After proper setup of trocars, the roboic single-site operation under laparoscope can complete the complex urological reconstructive surgery. And the novel surgiqueest port can obtain more ideal ergonomics outcomes.

[Key words] single-site laparoscopic surgery; robotic surgery; partial nephrectomy; ureteropelvic angioplasty

[Acad J Sec Mil Med Univ,2011,32(4):409-412]

随着技术的发展和设备的成熟,单孔腹腔镜手术的学习曲线逐渐缩短,并被越来越多的学者所接受。但传统单孔腹腔镜手术器械的彼此干扰问题和交叉操作的手术模式严重限制了其临床应用^[1-2]。达芬奇机器人系统能部分克服上述缺陷,降低操作难度,有利于扩大手术适用范围。腹腔镜泌尿外科重建手术是一类高难度手术,包括肾部分切除术、肾盂输尿管(UPJ)离断成形术、前列腺癌根治术、输尿管再植术等^[3-4]。此类手术操作复杂,对临床医师手术操作熟练程度及经验要求较高^[3]。因此,本研究初步尝试应用达芬奇机器人单孔腹腔镜行猪肾部分切除术及肾盂输尿管成形术,评估机器人单孔腹腔镜下行泌尿外科重建手术的可行性,探讨不同通道技术的人机工程学效果,总结操作经验,为后续的临床推广应用奠定基础。

1 材料和方法

1.1 手术器械及实验动物 手术机器人采用 Da Vinci Si^{HD} 系统,器械包括:5 mm 持针器、剪刀、Maryland 分离钳、电钩和 8 mm 金属套管。传统腹腔镜器械包括:吸引器、5 mm 连发钛夹、5 mm Hem-o-lock、2-0 及 4-0 薇乔可吸收缝线、5 mm Endocatch 标本袋。通道建立所需器材:一次性 12 mm 腹腔镜套管、12 mm Surgiqueest 无阀套管、Surgiqueest 专用气腹机、Alexis 切口牵拉器和新型 Surgiqueest 无阀单孔通道。1 岁龄雌性香猪 4 只,由上海妙迪生物科技有限公司提供,体质量 30~40 kg。

1.2 猪肾部分切除术

1.2.1 通道建立 全麻插管后(普鲁泊福+维库溴铵+芬太尼)取侧卧位,平脐水平,沿腹直肌外侧缘切开皮肤 4 cm。血管钳钝性分离皮下组织后,用气腹针建立气腹。按菱形将 4 个套管置入腹腔,其中左右 2 个为 8 mm 的达芬奇机器人金属套管,上下 2 个为 Surgiqueest 10 mm 无阀套管。按常规安装达芬奇机器人系统,最下方的套管作为吸引器和钛夹钳进入的通道(图 1)。

1.2.2 肾部分切除步骤 沿结肠外缘切开肾周筋膜,显露肾蒂。电钩小心剥离肾蒂周围脂肪,显露肾动静脉。黄色橡皮带阻断肾动脉后,用剪刀锐性切除肾上极。更换 5 mm 持针器,用 2-0、末端带 5 mm Hem-o-lock 的薇乔可吸收线完成重建。为减少打

结、节约时间,肾脏缺损采用“滑夹”的无结技术进行全层水平褥式缝合止血。标本用 5 mm Endocatch 取出(图 2)。

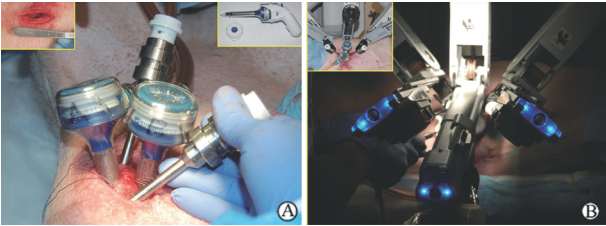


图 1 机器人单孔腹腔镜多套管的菱形布局(A)及按菱形布局安装机器人系统(B)

Fig 1 Four robotic trocars introduced in the shape of diamond(A) and robotic arms were introduced accordingly(B)

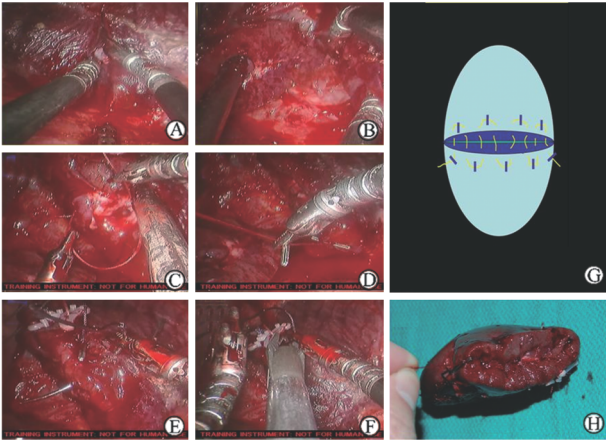


图 2 机器人单孔腹腔镜下肾部分切除步骤

Fig 2 Steps of partial nephrectomy under robotic single-port laparoscope

Robotic single-port laparoscopic partial nephrectomy (A-F). The renal defect was closed by a horizontal mattress suture with “sliding-clip technique”(G). Kidney specimen after surgery (H)

1.3 猪肾盂输尿管成形术

1.3.1 通道建立 侧卧位,平脐水平,沿腹直肌外侧缘切开皮肤 3 cm,血管钳钝性分离皮下组织并撑开各层腹肌,显露腹膜。切开腹膜后,手指的引导下沿肌肉切口外缘,从皮下置入 2 个 8 mm 机器人金属套管。将直径 5 cm Alexis 切口牵拉器的内环置入腹腔内,并折叠收紧外环。将新型 Surgiqueest 无阀单孔通道安装在外环上,接上 Surgiqueest 专用气腹机建立气腹。观察镜接 12 mm 普通腹腔镜套管后,置入单孔通道内,完成机器人系统的安装(图 3)。



图 3 使用新型单孔专用通道按“1+1”模式安装机器人系统
Fig 3 Application of novel suriquest robotic port with two 8 mm robotic metal trocars introduced from two sides of suriquest port in the way of “1+1”

1.3.2 肾盂输尿管成形步骤 沿肾盂向下游离 3 cm 长的输尿管,离断并上下纵行剖开 1 cm。用 4-0 薇乔可吸收线连续缝合,自上而下完成前壁吻合。将残余线固定在上方腰大肌表面,顺势将输尿管 180°扭转,使得后壁翻转朝前。牵拉另一端的残余线,完全显露后壁后,同法连续缝合完成吻合。

2 结 果

手术由 3 名医生共同完成,互为助手。顺利完成猪肾部分切除术 2 例,通道建立时间分别为 5、8 min,机器人系统安装时间为 11、9 min,手术操作时间为 55、42 min,温缺血时间为 23、18 min,出血 50、20 ml。开放血流后,无明确肾实质创面出血。顺利完成猪肾盂输尿管成形术 2 例,单孔通道建立时间为 17、12 min,机器人安装时间为 5、4 min,手术操作时间为 32、25 min,出血均为 0 ml。术中未因漏气更换其他套管,也未增加额外的套管。

3 讨 论

3.1 单孔腹腔镜技术的发展及局限 随着“无瘢痕手术”等微创理念的提出和推广,单孔腹腔镜技术和经自然腔道内镜手术(NOTES)得到迅猛发展。单孔腹腔镜手术,因其更接近传统腹腔镜手术,技术跨度小,发展较快。2007 年 Rane 等^[6]报道了第 1 例单孔腹腔镜单纯肾切除术;同年,Raman 等^[6]报道了单孔腹腔镜根治性肾切除术。随后,相继开展了肾部分切除术、输尿管膀胱再植术、根治性前列腺切除术^[7-11]。

目前限制单孔腹腔镜普及的主要因素是平行操作的“筷子效应”所带来器械间的相互干扰^[1-2]。采用末端可弯器械就必须以“交叉操作”模式进行手术:“左手做右边的活,右手干左边的事”,术者需要较长的适应过程。且可弯器械的指向和力量传导也不同于传统直器械,进一步影响了术者的学习曲线。

为此,有人尝试将达芬奇机器人技术应用于单孔腹腔镜手术中,借助其可 360°运动的腕式机器臂来克服平行操作的器械干扰难题。

3.2 单孔机器人腹腔镜手术的优势 2009 年起,国外相继开展了机器人单孔肾盂输尿管成形术、肾癌根治术等^[7-9]。在此基础上,结合本次 4 例重建手术的经验,本研究从套管布局、器械选择和手术难点等方面对单孔机器人腹腔镜泌尿外科手术操作进行了评估,发现其具有一定的操作优势。(1)机器臂末端的腕式运动功能使得器械可以在一个较小的范围形成三角操作的模式(图 4),在某种程度上克服了器械平行操作带来的“筷子效应”,从而大大降低了手术操作难度。(2)传统末端可弯器械末端部分结构强度不够,在进行提拉、推挡等动作时,器械末端经常发生变形,影响手术显露,出现“易到达、难干活”的现象。而机器臂的微滑轮传动结构可为器械末端提供足够的结构强度,克服了这一弱点。(3)无论是传统器械的平行操作,还是可弯器械的交叉操作,单孔腹腔镜手术中打结动作难度极大。因此,目前常用体外推结器的原始方式来解决该难题。而机器臂的腕式结构可使器械末端以 360°灵活运动,轻而易举地在体内打结,在重建手术中凸显了优势。(4)达芬奇机器人系统的其他优点,如三维视野、十倍放大、器械无颤动等,在单孔腹腔镜手术中也一样存在。

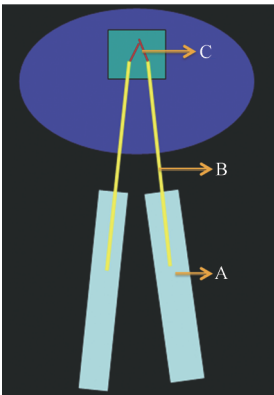


图 4 机器臂构建的“小三角”操作区域示意图
Fig 4 Robotic arm formed “small triangle” operating area
A: Robotic arm; B: Operating equipment; C: “Small triangle” operating area

3.3 单孔机器人腹腔镜手术的缺陷及应对 尽管机器人的应用给单孔腹腔镜手术带来了诸多便利,但除费用高昂等固有缺陷外,本研究还发现了一些其他问题和不足。(1)机器人器械的选择存在一定的局限性:常规 8 mm 器械由于末端太短,无法形成足够的操作小三角,因此在机器人单孔手术中难以应用。5 mm 器械的种类较少,且持针器的活动灵活

度不如 8 mm 器械,操作便利性有所下降。(2)由于机器臂的外部结构较大,占据大量外部空间,使得助手配合手术的空间不足,难度加大。此时,可弯吸引器可在一定程度上克服该困难。(3)机器臂在操作中彼此间夹角很小,外部器械打架状态仍然无法克服,尤其在转换操作术野时,需要观察镜、双机器臂同时移动。该操作特点类似与“将人的前臂捆在一起,双手配合干活”的状态。(4)为了最大程度增大机器臂间的夹角,在套管布局上与传统单孔腹腔镜手术有所不同,可采用多套管的菱形布局或机器人套管与单孔多通道装置的“1+1”布局。主要区别是:皮肤切口更大,且需游离更大的皮下空间,尽量将机器人金属套管间的距离拉大。因此,机器人单孔腹腔镜手术的皮肤切口长度很难小于 4 cm,这对手术适应证的选择有一定的限制。对一些无标本或小标本手术,如采用机器人系统,手术创伤可能更大,但对于重建手术,机器人系统的缝合优势仍然很明显。(5)采用专用机器人单孔通道后,可在一定程度上减少器械间的干扰,较多套管的菱形布局而言,人机工程学效果更好。

总体而言,机器人单孔腹腔镜的操作技巧或特点就是“将人的前臂捆在一起,双手配合干活”的状态,虽然有点别扭,但腕式运动的存在还是能在一定程度上降低单孔腹腔镜手术的难度,尤其对于重建手术而言。针对这些缺陷,新近出现了一项单孔机器人技术(VeSPA)^[15],采用可弯机器人器械和弧形套管,从而实现了“交叉操作”的模式,完全避免了器械打架的现象。然后,通过修改软件编码进行操控台与机器臂的信号交叉传导,最终回归左手操作左侧术野,右手控制右侧术野的正常人机工程学效果。该技术唯一的缺陷就是可弯的机器人器械失去了腕式 360°自由运动功能,仍有待进一步改进。

综上所述,在合理安置通道后,机器人单孔腹腔镜技术可以明显降低泌尿外科重建手术的难度。开发新型专用通道,可获得更佳的人机工程学效果,而机器人器械的发展将最终解决该临床难题,使得单孔腹腔镜技术进入新的阶段。

[参考文献]

- [1] 杨波,肖亮,王辉清,王林辉,许传亮,侯建国,等.应用经脐单孔多通道腹腔镜技术切除猪肾的初步尝试及经验总结[J].第二军医大学学报,2010,31:417-420.
Yang B, Xiao L, Wang H Q, Wang L H, Xu C L, Hou J G, et al. Transumbilical single-port laparoscopic nephrectomy in pigs: an initial experience[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31: 417-420.
- [2] 杨波,王辉清,肖亮,徐斌,王林辉,许传亮,等.单孔腹腔镜下经膀胱根治性切除猪前列腺的初步尝试[J].第二军医大学学报,2011,32:195-197.
Yang B, Wang H Q, Xiao L, Xu B, Wang L H, Xu C L, et al. Single-port laparoscopic transvesical prostatectomy in pigs[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2011, 32: 195-197.
- [3] 罗文彬,杨波,徐斌,张振声,肖亮,孙颖浩.泌尿外科高难度腹腔镜手术关键操作步骤强化训练模型的制备及应用[J].第二军医大学学报,2010,31:101-103.
Luo W B, Yang B, Xu B, Zhang Z S, Xiao L, Sun Y H. Preparation and application of intensive training models for key steps of complicated laparoscopic urology surgery[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31: 101-103.
- [4] Stolzenburg J U, Katsakiori P F, Liatsikos E N. Role of laparoscopy for reconstructive urology[J]. Curr Opin Urol, 2006, 16: 413-418.
- [5] Rane A, Rao P P, Rao S P. Clinical evaluation of a novel laparoscopic port (R-Port TM) in urology and evolution of the single laparoscopic port procedure (SLAPP)[J]. J Endourol, 2007, 21 (suppl): BR6-01.
- [6] Raman J D, Bensalah K, Bagrodia A, Stern J M, Cadeddu J A. Laboratory and clinical development of single keyhole umbilical nephrectomy[J]. Urology, 2007, 70: 1039-1042.
- [7] Kaouk J H, Goel R K, Haber G P, Crouzet S, Desai M M, Gill I S. Single-port laparoscopic radical prostatectomy [J]. Urology, 2008, 72: 1190-1193.
- [8] Kaouk J H, Goel R K. Single-port laparoscopic and robotic partial nephrectomy[J]. Eur Urol, 2009, 55: 1163-1169.
- [9] 孙颖浩,王林辉,杨波,许传亮,肖亮,刘冰,等.经脐单孔多通道腹腔镜手术治疗良性肾脏疾病的初步体会[J].中华泌尿外科杂志,2009,30:728-730.
- [10] 杨波,王辉清,孙颖浩,刘冰,王林辉,许传亮,等.经脐单孔多通道腹腔镜肾盂输尿管成形术(附3例报告)[J].上海医学,2010,33:214-216.
- [11] 刘冰,王林辉,杨印辉,罗文彬,罗睿,杨波,等.经脐单孔多通道腹腔镜下肾部分切除术的初步应用[J].第二军医大学学报,2010,31:1349-1352.
Liu B, Wang L H, Yang Y H, Luo W B, Luo R, Yang B, et al. Transumbilical laparo-endoscopic single-site partial nephrectomy: an initial clinical experience of 2 cases[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31: 1349-1352.
- [12] Stein R J, White W M, Goel R K, Irwin B H, Haber G P, Kaouk J H. Robotic laparoendoscopic single-site surgery using GelPort as the access platform[J]. Eur Urol, 2010, 57: 132-136.
- [13] Kaouk J H, Goel R K, Haber G P, Crouzet S, Stein R J. Robotic single-port transumbilical surgery in humans: initial report[J]. BJU Int, 2009, 103: 366-369.
- [14] Autorino R, Cadeddu J A, Desai M M, Gettman M, Gill I S, Kavoussi L R, et al. Laparoendoscopic single-site and natural orifice transluminal endoscopic surgery in urology: a critical analysis of the literature[J]. Eur Urol, 2011, 59: 26-45.
- [15] Haber G P, White M A, Autorino R, Escobar P F, Kroh M D, Chalikonda S, et al. Novel robotic da Vinci instruments for laparoendoscopic single-site surgery[J]. Urology, 2010, 76: 1279-1282.