DOI:10.16781/j.0258-879x.2018.12.1381

· 技术方法 ·

虚拟现实培训在机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术膀胱尿道吻合中的应用

张　超[△]，花梅免[△]，王富博，过　菲，王辉清，彭　广，徐梦璐，宋　丽，杨　波[*]，盛　夏，许传亮，孙颖浩
海军军医大学（第二军医大学）长海医院泌尿外科，上海 200433

[摘要]　**目的**　探讨虚拟现实培训在机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术膀胱尿道吻合中的应用价值。**方法**　采用机器人模拟培训系统，对 3 名受训医师进行基础操作训练的吻合模拟训练，评价培训前后总体评分、吻合时间、运动距离、器械碰撞次数、器械离开视野次数和脱离目标次数等关键指标的变化。随后 3 名受训医师利用机器人系统对 9 例患者施行机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术中的膀胱尿道吻合，评价吻合的可靠性。**结果**　训练后 3 名受训医师总体评分由训练前的（65.0±10.8）分提高至（92.7±3.5）分，平均吻合时间由（279.0±48.0）s 缩短至（119.3±12.5）s，运动距离由（459.0±59.2）cm 缩短至（239.3±33.9）cm，差异均有统计学意义（P 均＜0.05）；器械离开视野次数和脱离目标次数在训练前后无明显变化。3 名受训医师均顺利完成 9 例患者机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术中的膀胱尿道吻合，平均吻合时间为（23.4±8.6）min。患者术后引流液肌酐水平未见明显升高，未见漏尿。术后第 7 天膀胱造影均未见造影剂外漏，术后第 8 天顺利拔除导尿管。**结论**　对泌尿外科医师进行机器人模拟系统培训可使医师迅速熟悉操作，提高术中膀胱尿道吻合的操作水平，从而高效、高质量地完成手术。

[关键词]　机器人手术；前列腺肿瘤；根治性前列腺切除术；虚拟现实；培训
[中图分类号]　R 737.25　　**[文献标志码]**　A　　**[文章编号]**　0258-879X(2018)12-1381-04

Application of virtual reality training in urethrovesical anastomosis of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy

ZHANG Chao[△], HUA Mei-mian[△], WANG Fu-bo, GUO Fei, WANG Hui-qing, PENG Guang, XU Meng-lu, SONG Li, YANG Bo[*], SHENG Xia, XU Chuan-liang, SUN Ying-hao
Department of Urology, Changhai Hospital, Navy Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract]　**Objective**　To explore the application value of virtual reality training in urethrovesical anastomosis of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. **Methods**　Using robot simulated training system, 3 surgeons were trained by anastomotic simulation training for basic operation. The key parameters, including overall score, time to complete anastomosis, robot movement distance, instrument collision times, times of instrument out of sight and missed target times, were compared before and after training. The 3 surgeons carried out urethrovesical anastomosis in robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy for 9 patients using robot-assisted system. The quality of anastomosis was evaluated. **Results**　After training, the overall score of 3 surgeons was increased from 65.0±10.8 before training to 92.7±3.5, time to complete anastomosis was shortened from (279.0±48.0) s to (119.3±12.5) s, and robot movement distance was increased from (459.0±59.2) cm to (239.3±33.9) cm; and the differences were significant (all P<0.05). There were no significant changes in the times of instrument out of sight or missed target before and after training. The urethrovesical anastomosis of 9 patients were successfully performed by the 3 surgeons during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy, with the average anastomosis time being (23.4±8.6) min. No increased creatinine level was found in drainage fluid of the patients and no leakage of urine occurred. No leakage of contrast agents was found in cystography on the 7th day after operation, and the catheter was removed on the 8th day after operation. **Conclusion**　Virtual reality training using robot simulated system can help urologists to get familiar with the robotic system quickly. It can improve the urethrovesical anastomosis during operation with high efficiency and quality.

[Key words]　robotic surgery; prostatic neoplasms; radical prostatectomy; virtual reality; training
[Acad J Sec Mil Med Univ, 2018, 39(12): 1381-1384]

[收稿日期]　2018-04-29　　**[接受日期]**　2018-06-11
[基金项目]　上海市自然科学基金面上项目(18ZR1438400), 上海市卫生和计划生育委员会科研项目(20174Y0019). Supported by General Program of Natural Science Foundation of Shanghai (18ZR1438400) and Scientific Research Project of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning (20174Y0019).
[作者简介]　张　超，博士，主治医师．E-mail: tony373@163.com；花梅免，硕士，住院医师．E-mail: huamm19@163.com
[△]共同第一作者(Co-first authors).
[*]通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161718, E-mail: yangbochanghai@126.com

前列腺癌是男性泌尿生殖系统最常见的恶性肿瘤之一[1]，对于局限性前列腺癌，前列腺癌根治术是最有效的治疗手段[2]。机器人辅助前列腺癌根治术于 1999 年首次开展，与传统腹腔镜前列腺癌根治术相比，机器人手术具有操作灵活、稳定性好等特点[3]。前列腺位于盆腔，位置深、空间小，非常适合开展机器人手术，尤其对于膀胱尿道吻合，机器人的灵活性可大大降低吻合难度，提高吻合准确度。近年来，泌尿外科机器人手术迅猛发展，仅在美国就已装机 2 000 余台，欧洲装机量超过 500 台[4]。随着达芬奇机器人系统在国内的装机量逐渐增多，机器人手术量呈指数增长，希望掌握该技能的泌尿外科医师也迅速增多。目前达芬奇机器人公司为受训者提供为期 2 d 的培训，第 1 天熟悉机器人的结构和工作原理、故障处理、设备局限性、系统安装等基础知识，第 2 天进行模拟操作和动物实验，随后即可获得开展机器人手术的执照。然而，机器人手术与传统腹腔镜手术存在较大区别，第 3 臂的操控、三维视野的适应以及镜头的操控均需要大量的时间学习和适应，2 d 的培训完全无法满足需要。手术医师缺乏足够的训练，往往使手术无法达到满意的效果。利用机器人系统可进行多种虚拟现实培训，使初学者通过培训，迅速掌握机器人手术的基本技术，从而最大限度地保证患者安全和手术质量[5]。本研究采用虚拟现实系统对取得机器人手术资质的医师进行模拟培训，随后进行前列腺癌根治术中的关键步骤“膀胱尿道吻合”，取得了良好的效果。

1　对象和方法

1.1　受训对象　2015 年 7 月至 2015 年 12 月，共 3 名医师参加虚拟现实培训，均为近期取得机器人执照的泌尿外科医师，具有腹腔镜前列腺癌根治术经验，但无机器人前列腺癌根治术经验。本研究经海军军医大学（第二军医大学）长海医院伦理委员会审批。

1.2　模型训练方法　共分为 2 个阶段。第 1 阶段，基础操作训练。采用机器人模拟培训系统 Mimic™（Mimic Technologies，Inc.，Seattle，WA）进一步熟悉操作，并完成“操作台简介”“镜头操控”“机械臂操控”“能量的运用”“腕部操作”“缝针的控制和缝合”训练。第 2 阶段，吻合模拟训练。采用机器人模拟培训系统进行“管腔吻合”训练，共完成训练 20 次（图 1A～1C），记录每次训练的得分、吻合时间、运动距离、机械臂碰撞次数、机械臂离开视野次数和脱离目标次数。将训练前后的数据进行对比，评价模拟训练的有效性。

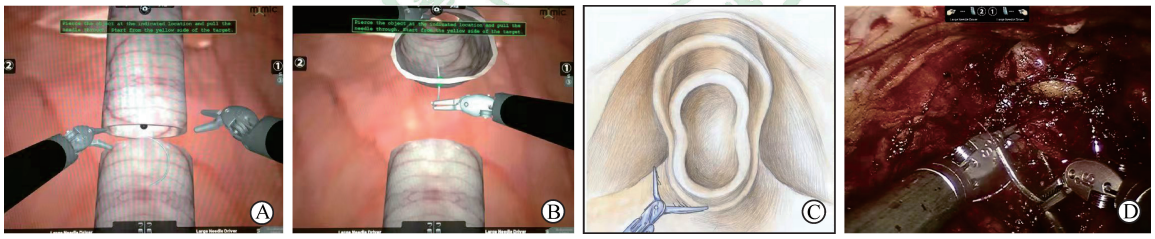

图 1　用机器人模拟培训系统进行“管腔吻合”训练

Fig 1　Training of “lumen anastomosis” with robotic simulated training system

A: To insert the needle at designated position; B: To pull the needle out from designated position; C: Illustration of anastomotic; D: Operation field

1.3　临床实践　选择 9 例拟行机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术的患者。所有患者均经超声引导下经直肠前列腺穿刺活组织检查病理确诊，并进一步行盆腔磁共振成像及全身骨扫描检查排除局部侵犯和远处转移，同时评估患者前列腺和骨盆形态，符合机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术指征。3 名受训医师分别对 3 例患者进行膀胱尿道吻合（图 1D），记录吻合时间，并与腹腔镜前列腺癌根治术吻合时间对比。术后随访患者，检测引流液肌酐水平、评估漏尿情况。术后第 7 天行膀胱造影检查，注射造影剂 80 mL，评估吻合口愈合情况。

1.4　统计学处理　采用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析。呈正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，吻合模拟训练前后数据的比较采用配对样本 t 检验，机器人手术与腹腔镜手术吻合时间的比较采用两独立样本 t 检验。呈偏态分布的计量资料采用中位数（范围）表示，吻合模拟训练前后数据的比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。检验水准（α）为 0.05。

2　结　果

2015 年 7 月至 2015 年 12 月，3 名参加培训的医师均顺利完成基础操作训练和吻合模拟训练。经过 20 次吻合训练后，总体评分由训练前的（65.0±10.8）分提高至（92.7±3.5）分，平均吻合时间由（279.0±48.0）s 缩短至（119.3±12.5）s，运动距离由（459.0±59.2）cm 缩短至（239.3±33.9）cm，差异均有统计学意义（P 均<0.05）。器械碰撞次数、器械离开视野次数、脱离目标次数在训练前后无明显变化（P 均>0.05）。详见表 1。

表 1　机器人模拟培训受训医师在训练前后主要训练指标的变化

Tab 1　Changes of main training indexes before and after virtual reality training

n=3

Index	First training	Twentieth training	P value
Overall score[a]	65.0±10.8	92.7±3.5	0.014
Anastomotic time[a] t/s	279.0±48.0	119.3±12.5	0.005
Motion distance[a] d/cm	459.0±59.2	239.3±33.9	0.008
Times of instrument collisions[b]	7 (5-9)	1 (0-3)	0.109
Times of instrument out of sight	0	0	—
Times of missed target[a]	4.7±0.6	3.3±1.2	0.148

[a]: $\bar{x}\pm s$; [b]: Median (range)

3 名受训医师利用机器人系统对 9 例患者施行腹腔镜前列腺癌根治术中的膀胱尿道吻合，均顺利完成吻合，平均吻合时间为（23.4±8.6）min。患者术后引流液肌酐水平未见明显升高，未见漏尿。术后第 7 天膀胱造影均未见造影剂外漏，术后第 8 天顺利拔除导尿管。

3　讨　论

前列腺位于盆腔深部，位置低、空间小，是机器人在泌尿外科的主要应用方向之一。与传统腹腔镜手术相比，机器人前列腺癌根治术可明显降低术中出血、缩短导尿管留置时间，同时减少围手术期并发症[6]。由于机器人手术开展时间短、经验积累尚不丰富，如何快速培养年轻医师，使之迅速掌握机器人手术技巧，已成为目前亟待解决的问题。

目前机器人系统公司仅为受训者提供为期 2 d 的初步培训，尚不能满足手术的需要。通常认为，熟练操作机器人通常需要 10 h 以上的训练时间[7]。此外，在机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术中，膀胱尿道吻合空间小、操作精细，对术者的操作要求高，且吻合的质量直接影响患者术后排尿情况，对患者生活质量影响较大，因此迅速提高术者吻合水平至关重要。虽然近年来机器人手术的模型训练和动物实验发展较快，但国内装机数量少，缺乏专门用于培训的设备。模拟现实技术的应用很好地填补了这一空缺，可随时开展训练[8]，提高被培训者的操作水平[9-10]。研究显示，84% 的受训者认为模拟器较好地模拟了真实的机器人手术操作，90% 的受训者认为该培训非常有效[11]。另有研究显示，95% 的受训者认为模拟训练能有效提高操作水平，有助于手术实战[12]。

本研究结合虚拟现实技术，对机器人辅助腹腔镜前列腺癌根治术中膀胱尿道吻合的步骤进行阶梯式培训。首先通过“镜头操控”“机械臂操控”“缝针的控制和缝合”等模块，使术者快速掌握设备的基本操作，调整适合手术的视野并自如地操作机械臂完成缝合操作。膀胱尿道吻合操作空间小、精度要求高，如何暴露操作区域并精准地进行操作是手术的关键。Mimic™ 软件中的“管腔吻合”可以较好地模拟该手术步骤。本研究结果提示，通过机器人模拟训练，术者的操作水平明显提高。平均吻合时间由训练前的（279.0±48.0）s 缩短至（119.3±12.5）s（P<0.05），吻合效率提高。接受虚拟培训后，3 名受训医师共顺利完成膀胱尿道吻合 9 例，吻合准确，术后未见漏尿，所有患者均于术后第 8 天顺利拔除导尿管，达到良好的吻合效果。

本研究尚存在一定不足。由于具有机器人手术执照的低年资医师较少，本研究仅 3 名医师受训，且在临床实践阶段完成膀胱尿道吻合仅 9 例，研究结果可能存在偏倚，需加大样本量进一步证实。此外，据研究报道，机器人辅助前列腺癌根治术中膀胱吻合的步骤需要至少 17 例手术才能达到平台期[13]，本研究中每位医师仅完成 3 例膀胱尿道吻合，尚无法明确虚拟培训对学习曲线的影响，需增加实战例数后再进行分析。

总之，机器人系统由于操作灵活、稳定性好等特点，适合在腹腔镜前列腺癌根治术中应用。在我国机器人设备有限的情况下，对泌尿外科医师进

行虚拟培训可使医师迅速熟悉操作技术，提高术中膀胱尿道吻合的操作水平，从而高效、高质量地完成手术。

[参 考 文 献]

[1] SIEGEL R, MA J, ZOU Z, JEMAL A. Cancer statistics, 2014[J]. CA Cancer J Clin, 2014, 64: 9-29.

[2] HEIDENREICH A, BASTIAN P J, BELLMUNT J, BOLLA M, JONIAU S, VAN DER KWAST T, et al. EAU guidelines on prostate cancer. Part 1: screening, diagnosis, and local treatment with curative intent-update 2013[J]. Eur Urol, 2014, 65: 124-137.

[3] BINDER J, KRAMER W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. BJU Int, 2001, 87: 408-410.

[4] TOU S, BERGAMASCHI R, HEALD R J, PARVAIZ A. Structured training in robotic colorectal surgery[J/OL]. Colorectal Dis, 2015, 17: 185. doi: 10.1111/codi.12898.

[5] SCHREUDER H W, WOLSWIJK R, ZWEEMER R P, SCHIJVEN M P, VERHEIJEN R H. Training and learning robotic surgery, time for a more structured approach: a systematic review[J]. BJOG, 2012, 119: 137-149.

[6] FICARRA V, NOVARA G, ARTIBANI W, CESTARI A, GALFANO A, GRAEFEN M, et al. Retropubic, laparoscopic, and robot-assisted radical prostatectomy: a systematic review and cumulative analysis of comparative studies[J]. Eur Urol, 2009, 55: 1037-1063.

[7] WIENER S, HADDOCK P, SHICHMAN S, DORIN R. Construction of a urologic robotic surgery training curriculum: how many simulator sessions are required for residents to achieve proficiency?[J]. J Endourol, 2015, 29: 1289-1293.

[8] FINNEGAN K T, MERANEY A M, STAFF I, SHICHMAN S J. da Vinci Skills Simulator construct validation study: correlation of prior robotic experience with overall score and time score simulator performance[J]. Urology, 2012, 80: 330-335.

[9] SCHOMMER E, PATEL V R, MOURAVIEV V, THOMAS C, THIEL D D. Diffusion of robotic technology into urologic practice has led to improved resident physician robotic skills[J]. J Surg Educ, 2017, 74: 55-60.

[10] LISS M A, ABDELSHEHID C, QUACH S, LUSCH A, GRAVERSEN J, LANDMAN J, et al. Validation, correlation, and comparison of the da Vinci trainer™ and the daVinci surgical skills simulator™ using the Mimic™ software for urologic robotic surgical education[J]. J Endourol, 2012, 26: 1629-1634.

[11] THIEL D D, PATEL V R, LARSON T, LANNEN A, LEVEILLEE R J. Assessment of robotic simulation by trainees in residency programs of the Southeastern Section of the American Urologic Association[J]. J Surg Educ, 2013, 70: 571-577.

[12] SHETTY S, ZEVIN B, GRANTCHAROV T P, ROBERTS K E, DUFFY A J. Perceptions, training experiences, and preferences of surgical residents toward laparoscopic simulation training: a resident survey[J]. J Surg Educ, 2014, 71: 727-733.

[13] LOVEGROVE C, NOVARA G, MOTTRIE A, GURU K A, BROWN M, CHALLACOMBE B, et al. Structured and modular training pathway for robot-assisted radical prostatectomy (RARP): validation of the RARP assessment score and learning curve assessment[J]. Eur Urol, 2016, 69: 526-535.

[本文编辑] 魏莎莎，孙　岩