·继续医学教育·

泌尿外科机器人辅助腹腔镜手术系统临床培训项目实践与思考

符伟军　张旭　高江平　董隽　马鑫　李宏召　陈光富　史立新　徐阿祥

【摘要】 解放军总医院在国内最早引进并开展机器人手术，积累了丰富的机器人手术临床及教学经验。针对具有一定泌尿外科腹腔镜手术基础的人员，提出泌尿外科机器人手术规范化阶梯渐进五阶段分组培训项目。具体包括多媒体基础理论学习阶段，重点是让学员掌握机器人手术基础技能知识，取得在线培训合格证书；模拟训练器模块操作阶段，主要训练各种机器人手术技能，采用手术模拟训练器系统自动评分；实物操作练习阶段，体会机器人手臂的操作过程，培养手术视觉感及手感，测定每个学员操作时间并评分；动物活体手术阶段，使学员在活体内掌握机器人手术器械的规范操作方法和体会操作感觉；观摩手术录像及演示阶段，掌握泌尿外科常用机器人手术体位及穿刺点选择，理解三维立体重要解剖标志及其临床应用，学习机器人手术步骤及并发症预防和处理原则。

【关键词】 泌尿外科；　手术机器人；　临床培训

【中图分类号】 R699

Practice and rethinking of the clinical training model of urological robotic-assisted laparoscopic surgery

*Fu Weijun**, *Zhang Xu*, *Gao Jiangping*, *Dong Jun*, *Ma Xin*, *Li Hongzhao*, *Chen Guangfu*, *Shi Lixin*, *Xu Axiang*. **Department of Urinary Surgery*, *Hainan Branch of Chinese PLA General Hospital*, *Sanya 572014*, *China*

Corresponding author: *Zhang Xu*, *Email*: *fuweijun@hotmail.com*

【**Abstract**】 By first introducing and carrying out the robotic surgery, we accumulated affluent clinical and teaching experiences of robotic surgery. Based on that, we proposed a novel standardized step-by-step robotic surgery training model for urological surgeons who have some experiences of laparoscopic surgery. The first stage is basic theory study by internet multimedia, which is to get an online certification by fully understanding the basic knowledge of robotic surgery. Then comes the simulation module training device operation, mainly focused on the training of vary robotic surgical skills, which are evaluated by the system automatically. In virtual reality simulators training stage, trainees can experience the open anatomy signs and its clinical application, learn the operating procedure and how to prevent and handle the complications and every student' operating time and score can be determined. In animal in vivo operation stage, trainees are enabled to master the standard operation method in vivo by robotic arms, cultivating the feeling of vision and touching. The aim of the animal robotic operation training stage is to understand the right use of the robotic surgical instruments. The last stage is the operation video watching and demonstration. By this stage, the members will know the common body position of urological robotic surgery and how to choose the puncture point, understand the three-dimensional anatomical landmarks and their clinical application, and learn the operation steps and complication prevention and treatment principle of robot

【**Key words**】 Urology;　Surgical robotics;　Clinical training

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2014.05.017

作者单位:572014　三亚，解放军总医院海南分院泌尿外科（符伟军）;100853　北京，解放军总医院泌尿外科（张旭、高江平、董隽、马鑫、李宏召、陈光富、史立新、徐阿祥）

通信作者:张旭，Email: fuweijun@hotmail.com

机器人辅助腹腔镜技术引领了最新的微创外科技术革命，近 10 年机器人手术逐渐成为欧美国家微创外科主流术式，微创外科领域将从普通腹腔镜时代进入机器人手术时代。机器人手术克服了传统腹腔镜手术器械限制，基本覆盖了所有泌尿外科手术范围，尤其适用于泌尿系统功能重建手术，包括肾盂成型术及肾部分切除术等。在美国，机器人前列腺癌根治性切除术超过全部前列腺癌手术量的 60%[1]。目前，国内外开展泌尿外科机器人手术的挑战之一是缺乏“金标准”的培训方法。传统的泌尿外科手术培训已无法满足当前需求，为了更好地促进年轻医师掌握机器人手术相关知识与技能、降低手术风险，探索规范、安全、有效的机器人手术培训方法，将成为外科医师培养重点[2]。

1　培训条件

2006 年解放军总医院引进国内第一台达芬奇机器人手术系统，至今已有达芬奇机器人手术系统 5 台、机器人手术系统模拟训练器 2 台。2007 年该院泌尿外科在国内最早开展机器人前列腺癌根治性切除术，积累了丰富的泌尿外科机器人临床手术经验[3]；科室先后多名高级职称人员获得机器人手术操作系统培训证书。同时，该科室部分医师在美国约翰霍普金斯大学留学期间，参加了霍普金斯医院 Brandy 泌尿外科研究所的住院医师机器人手术系统培训，结合科室整体与医师个人培训经验，尝试建立系统、规范的国内机器人手术培训计划。

2　培训对象与培训计划

2.1　培训对象

培训对象为具有一定泌尿外科腹腔镜手术基础的中级职称以上人员。培训前根据学员腹腔镜手术基础不同，采取分层次固定分组培训。

2.2　培训计划

总体培训目标：通过阶梯渐进式规范化五阶段培训，熟悉机器人器械性能，掌握机器人手术基本操作技能，了解机器人手术解剖标志及应用价值，预知机器人手术并发症。培训项目包括多媒体基础理论学习、模拟训练器模块操作、实物操作练习、动物活体手术和观摩手术录像及演示五阶段。多媒体基础理论学习阶段：培训时间为 4 d，重点是熟悉器械名称及用途，掌握机器人手术基础技能知识；通过机器人相关理论培训的知识点在线考核，并取得在线培训合格证书。模拟训练器模块操作阶段：培训时间为 1 周，重点为各种手术技能训练；考核方式为机器人手术模拟训练器系统自动评分。实物操作练习阶段：培训时间为 3 周，目标为通过实际操作机器人手臂，体验相应过程，培养手术视觉感及手感；分别从眼手协调、器械转换、深度感觉及无创伤操作等方面，对每个学员评分并计算操作时间[4]。动物活体手术培训阶段：培训时间为 2 周，目的是使所有学员在活体内均熟练掌握机器人手术器械的规范操作方法，真正体会机器人手术操作感觉；此阶段采用专家现场考核。观摩手术录像及演示阶段：培训时间为 1 周，培训核心是掌握泌尿外科常用机器人手术体位、穿刺点选择与气腹建立方法，镜下三维立体重要解剖标志及其临床应用，常用机器人手术步骤及并发症预防和处理原则；为学员最终参加临床手术实践奠定基础。

3　培训实施情况

3.1　机器人手术多媒体基础理论学习

通过互联网机器人多媒体教学系统进行培训，培训教师讲解和演示机器人手术系统的结构原理与系统组成，让学员了解机器人手术操作器械的名称、性能、用途及注意事项；教师集中解答学员学习中出现的问题。

3.2　机器人手术模拟训练器培训

机器人手术模拟训练器可灵活设置不同难易程度的训练模块，以适应不同水平学员的培训需求，使学员由易到难、循序渐进训练，提高其学习积极主动性。机器人手术模拟训练器共包括以下基本培训内容：医生控制台系统操作；协调性训练包括镜头远近移动掌握、保持镜头正确手术视野方向；手眼脚协调；移动套圈及电凝止血的定位训练；在准确定位基础上的钳夹、切割和血管分离等把持力度操作；各种缝合及打结训练。由此可分阶段进行各种手术技能训练[5]，通过模拟器内设的讲解及演示，学员自己先观摩每段训练内容讲解录像；然后开始模拟操作，逐步学习机器人手术常用器械使用及基本操作技能。在每个项目操作完成后，机器人手术模拟训练器自动生成客观评估报告，提示教师进行辅导，及时纠正学员操作中出现的问题。

3.3　机器人手术实物操作练习

自制各种培训设施，包括套圈、打结、缝合等实物，要求学员通过机器人手臂进行实物操作训练。

将机器人手术技能分解为 23 个基本操作、9 项培训内容，包括穿桩、离合使用和镜头移动、套桩、简单缝合、剪切、图案裁剪和连续缝合等。培训中教师注意考查学员眼手协调、器械转换、深度感觉及无创伤操作等情况。

3.4　机器人手术动物活体培训

学员掌握机器人操作基本技能后，在动物活体上模拟训练整个手术步骤。这部分培训需要专用机器人和相应动物饲养设施，相应的整个培训计划费用较高[6]。活体动物培训使学员体会活体组织的游离及止血等操作，依次完成肾切除、肾部分切除及肾盂成型术等临床前期训练。

3.5　机器人手术录像观摩及演示

3.5.1　机器人手术临床资料分析

通过 CT、MRI 等临床影像学资料，尤其是 CT血管或器官三维重建影像，让学员了解手术适应证及手术部位与周围组织器官的情况，预知存在的手术风险，避免操作中误伤周围重要的组织器官。

3.5.2　机器人手术经典录像观摩

按分解的机器人手术步骤观摩专家手术录像，尤其是根据专家讲解，让学员知道做什么、如何做以及如何避免手术并发症。通过学员提问及相互讨论，促其重点掌握机器人手术视野下的主要解剖标志、基本操作技巧、手术步骤要点及注意事项。

3.5.3　机器人手术并发症录像讲解

选择经典机器人手术并发症录像，如术中大出血、损伤脾脏等，重点向学员讲解如何避免和处理意外情况，培训其手术风险意识。

3.5.4　机器人手术演示现场观摩

通过现场手术演示的观摩，让学员掌握器械准备、通道建立、手术时气腹及麻醉对患者的影响。通过现场及时沟通，手术演示者讲解镜头与术者的配合、切割、电凝、钳夹、血管分离、缝合及打结等操作要领，让学员进一步了解手术操作器械性能、感受血管牵拉力度及组织缝合深度等，巩固模拟器训练内容。

4　培训效果与反思

所有学员既往从未接受过机器人手术技术培训，但在培训后合格率达 100%、优秀率达 90%。学员熟练掌握了机器人器械的性能和操作，手眼配合和协调能力加强，基本适应了从肉眼直视到机器人腹腔镜下三维图像观察。学员在机器人手术模拟训练器中的器械使用准确性与速度、抓持及缝合打结等基本技能明显提高，从系统客观评估数据反映出效果明显。

机器人辅助腹腔镜手术是微创外科技术的发展方向，在欧美国家相关医疗实践中已成为主流，我国机器人辅助腹腔镜手术正处于快速发展阶段。机器人手术设备精密昂贵，手术视野原理及器械操作完全不同于普通腹腔镜器械，给机器人手术培训带来挑战。而违规操作不仅损害设备，而且威胁患者安全，因此相关医师需经历严格培训才能掌握机器人手术技术。由于机器人手术技术的复杂性，学习曲线时间长，传统腹腔镜手术培训方式无法满足当今培训需求。探索规范、安全、有效的机器人辅助腹腔镜手术培训方式，可推动我国机器人手术快速平稳发展。采用多媒体基础理论学习、模拟训练器模块操作、实物操作练习、动物活体手术和观摩手术录像及演示五阶段循序渐进循环培训，避免了既往外科手术教学培训的枯燥，培养了学员学习机器人腹腔镜技术的兴趣。通过不同阶段递进及交叉培训，为学员参加临床实际工作奠定基础，并有利于机器人手术技术普及。其中临床前的机器人手术模拟器培训尤其重要，模拟器培训是通往临床实践的桥梁，不仅缩短学习曲线、降低手术早期学习过程的并发症发生率，而且利用模拟器评估系统可评价培训效果[7]。与既往腹腔镜盒式模拟训练器相比，机器人手术模拟训练器能模拟三维空间的机器人手臂运动特征，让操作者真切感受机器人手术操作环境，适应在三维空间内各种手臂操作[8]。还可通过每部分训练模块进行基本机器人手术操作训练，针对薄弱环节反复强化练习；可见模拟训练器在培训机器人手术医师方面具有不可替代的作用[9-10]。美国一项东南部泌尿外科协会调查提示，机器人手术模拟训练器能模拟真实的机器人操作控制台运动，绝大多数没有机器人操作台经验的培训者，均能从模拟训练器学习中获益[11]。

但目前该培训项目仍处于初步探索阶段，学员前期都具有一定的腹腔镜手术基础，可能会使得培训合格率偏高，影响了培训效果的实际评估。下一步将扩大学员范围，包括进行住院医师机器人手术基础培训，评估该培训项目和实施计划的效果。另外，如何建立临床前期规范培训大纲有待进一步研究。

综上所述，由于机器人手术设备引进和使用经

费高昂,手术操作系统精密,如何开展机器人微创外科时代的培训是亟待解决的外科教学培训新难题[12]。通过网络多媒体基础理论学习、机器人手术模拟训练器培训、动物模拟手术和手术录像观摩及演示讲解结合,交替、循环、渐进开展机器人手术规范化培训,能明显提高培训效果,缩短学习曲线,值得推广[13]。

参考文献

[1] Ponnusamy K, Mohr C, Curet MJ. Clinical outcomes with robotic surgery[J]. Curr Probl Surg, 2011, 48(9): 577- 656.

[2] Chen G, Yang ZY, Zheng SG, et al. Exploring the new strategy of training and education for hepatobiliary robotic surgeons[J]. Chin J Med Edu Res, 2012, 11(4): 391-393. (in Chinese)
[陈耿, 杨占宇, 郑树国,等. 肝胆外科机器人手术医师培育模式的初步探讨[J]. 中华医学教育探索杂志, 2012, 11(4): 391-393.]

[3] Gao JP, Cui L. Application of robot-assisted laparoscopic operation in clinical urinary surgery [J]. Journal of Chinese PLA Postgraduate Medical School, 2010, 31(6): 521-522. (in Chinese)
[高江平, 崔亮. 机器人辅助腹腔镜手术在泌尿外科的临床应用[J]. 军医进修学院学报, 2010, 31(6): 521-522.]

[4] Dulan G, Rege RV, Hogg DC, et al. Content and face validity of a comprehensive robotic skills training program for general surgery, urology, and gynecology[J]. Am J Surg, 2012, 203(4): 535-539.

[5] Alzahrani T, Haddad R, Alkhayal A, et al. Validation of the da Vinci surgical skill simulator across three surgical disciplines: a pilot study[J]. Can Urol Assoc J, 2013, 7(7-8): E520-529.

[6] Stegemann AP, Ahmed K, Syed JR, et al. Fundamental skills of robotic surgery: a multi-institutional randomized controlled trial for validation of a simulation-based curriculum[J]. Urology, 2013, 81(4): 767-774.

[7] Lee JY, Mucksavage P, Kerbl DC, et al. Validation study of a virtual reality robotic simulator: role as an assessment tool? [J]. J Urol, 2012, 187(3): 998-1002.

[8] Liss MA, McDougall EM. Robotic surgical simulation[J]. Cancer J, 2013, 19(2): 124-129.

[9] Guzzo TJ, Gonzalgo ML. Robotic surgical training of the urologic oncologist[J]. Urol Oncol, 2009, 27(2): 214-217.

[10] Rehman S, Raza SJ, Stegemann AP, et al. Simulation-based robot-assisted surgical training: a health economic evaluation[J]. Int J Surg, 2013, 11(9): 841-846.

[11] Thiel DD, Patel VR, Larson T, et al. Assessment of robotic simulation by trainees in residency programs of the southeastern section of the American Urologic Association[J]. J Surg Educ, 2013, 70(5): 571-577.

[12] Mirheydar H, Jones M, Koeneman KS, et al. Robotic surgical education: a collaborative approach to training postgraduate urologists and endourology fellows[J]. JSLS, 2009, 13(3): 287-292.

[13] Buffi N, Van Der Poel H, Guazzoni G, et al. Junior European Association of Urology(EAU) Robotic Urology Section with the collaboration of the EAU Young Academic Urologists Robotic Section: methods and priorities of robotic surgery training program [J]. Eur Urol, 2014, 65(1): 1-2.

(收稿日期:2014-02-19)
(本文编辑:蔡骏翔)

《中华医学教育探索杂志》在线投稿
网址: yxjyts. alljournals. ac. cn