

## 腔镜手术机器人操作培训中国专家共识（2024版）

何达<sup>1</sup>, 张培茗<sup>2</sup>, 顾一纯<sup>1</sup>, 张天逸<sup>2</sup>, 张明伟<sup>2</sup>, 汪茹<sup>1</sup>, 邢倩<sup>1</sup>, 罗雅双<sup>1</sup>, 符雨嫣<sup>1</sup>,  
亓文博<sup>3</sup>, 程云章<sup>2, 4, 5</sup>, 金春林<sup>1</sup>

(1. 上海市卫生和健康发展研究中心·上海市医学科学技术情报研究所 上海 200032; 2. 上海理工大学医疗器械学院 上海 200093; 3. 河北医科大学第二医院 河北 石家庄 050000; 4. 临港新片区医疗器械创新中心 上海 201306; 5. 上海临港产业大学医疗装备学院 上海 201306)

**摘要** 腔镜手术机器人通过控制台对机械臂的精准操控实现复杂手术操作, 可以扩展外科医生的手术能力, 近年来在我国发展迅速。腔镜手术机器人技术复杂, 开展标准化的腔镜手术机器人操作培训是临床应用的基础。本共识汇集相关领域专家意见, 并结合我国腔镜手术机器人操作培训的实际情况和前期实践, 其内容涵盖培训基地管理、培训过程、培训考核、质量管理等方面, 旨在推进我国腔镜手术机器人操作培训标准建设。

**关键词** 腔镜手术机器人; 培训基地; 操作培训; 考核流程; 专家共识

**中图分类号** R608 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 03-0000-00

## Chinese expert consensus on endoscopic robot-assisted surgical operation training (2024)

HE Da<sup>1</sup>, ZHANG Peiming<sup>2</sup>, GU Yichun<sup>1</sup>, ZHANG Tianyi<sup>2</sup>, ZHANG Mingwei<sup>2</sup>, WANG Ru<sup>1</sup>, XING Qian<sup>1</sup>,  
LUO Yashuang<sup>1</sup>, FU Yuyan<sup>1</sup>, QI Wenbo<sup>3</sup>, CHENG Yunzhang<sup>2, 4, 5</sup>, JIN Chunlin<sup>1</sup>

(1. Shanghai Health Development Research Center, Shanghai 200032, China; 2. School of Medical Instrument, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 3. The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000, China; 4. Lin-Gang Medical Device Innovation Center, Shanghai 201306, China; 5. School of Medical Equipment, Shanghai Lin-Gang Industrial College, Shanghai 201306, China)

**Abstract** Endoscopic surgical robots can achieve complex surgical operations through the precise control of robotic arms by the surgeon's console, which can expand surgeon's surgical capabilities. Standardized operation training of endoscopic surgical robot is the basis for clinical application. By bringing together the opinions of experts in related fields, combining the actual situation and previous practice of laparoscopic surgical robot operation training in China, this consensus was finally finished. Its covers training base management, training process, training assessment, quality management and other aspects, aiming to promote the construction of endoscopic surgical robot operation training standards in China.

**Key words** Endoscopic Surgical Robot; Training Base; Operation Training; Assessment Process; Expert Consensus

收稿日期: 2024-07-19 录用日期: 2024-08-26

Received Date: 2024-07-19 Accepted Date: 2024-08-26

基金项目: 国家卫生健康委医院管理研究所《公立医院精细化管理与评价研究项目》面上项目(NIHA23JXH014); 上海市医院协会医院管理研究基金(X2023049)

Foundation Item: General Program to Public Hospital Fine Management and Evaluation Research Project of Hospital Management Research Institute of National Health Commission (NIHA23JXH014); Hospital Management Research Fund of Shanghai Hospital Association(X2023049)

通讯作者: 金春林, Email: jin Chunlin@shdrc.org

Corresponding Author: JIN Chunlin, Email: jin Chunlin@shdrc.org

引用格式: 何达, 张培茗, 顾一纯, 等. 腔镜手术机器人操作培训中国专家共识(2024版)[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(5):

Citation: HE D, ZHANG P M, GU Y C, et al. Chinese expert consensus on endoscopic robot-assisted surgical operation training[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(5):

腹腔镜手术机器人是我国《“十四五”医疗装备产业发展规划》重点发展的高端医疗装备之一，在现代医学中扮演着越来越重要的角色<sup>[1-3]</sup>。腹腔镜手术机器人主要用于软组织手术，一般包括外科医生控制台、机械臂系统和三维高清影像系统，外科医生通过控制台对机械臂的精准操控实现复杂手术操作<sup>[4-6]</sup>。腹腔镜手术机器人是目前技术比较成熟和使用较为广泛的手术机器人，主要应用于泌尿外科<sup>[7-10]</sup>、妇科<sup>[11-13]</sup>、心胸外科<sup>[14-16]</sup>、普外科<sup>[17-20]</sup>、耳鼻喉科和小儿外科等<sup>[21-22]</sup>。腹腔镜手术机器人因其能够实现灵活精细的操作，适合在狭小空间内和纵深范围内进行复杂操作，以及多维度多角度缝合和重要大血管周边的精细操作等，具有手术创伤小、术野清晰、失血少等优点<sup>[23-25]</sup>，相比传统腹腔镜技术具有非常明显的优势<sup>[26-29]</sup>。

但是，腹腔镜手术机器人的系统非常复杂，相对于传统手术器械具有较高的操作难度<sup>[30-31]</sup>，在开展手术前需要进行科学、充分、严格地操作培训<sup>[32-33]</sup>。同时，多项研究证明腹腔镜手术机器人术者手术经验和术前充分的培训对于改善患者预后具有重要作用<sup>[34-37]</sup>。腹腔镜手术机器人技能培训可以有效降低临床使用风险，提高手术质量<sup>[38-40]</sup>。然而，我国目前在腹腔镜手术机器人培训标准化规范制定方面仍然相对欠缺<sup>[41]</sup>。

根据《国家卫生健康委关于发布“十四五”大型医用设备配置规划的通知》，“十四五”期间规划新增腹腔镜内窥镜手术系统 559 台<sup>△</sup>，其临床应用将越来越广泛。大量腹腔镜手术机器人的临床配置和应用需要尽快建立统一的腹腔镜手术机器人医师基本技能培、考核流程和培训认证等标准<sup>[42-44]</sup>。目前已形成关于部分专科领域的机器人手术系统临床应用培训管理规范和专家共识，规范了相关专科领域的机器人培训方法、内容与流程<sup>[45-46]</sup>。但目前国内尚未形成统一的腹腔镜手术机器人操作培训标准，缺乏标准的培训课程、通用的认证体系、规范的考核流程。

为进一步加强医疗技术临床应用管理，规范我国腹腔镜手术机器人临床辅助诊疗行为，保障医疗质量和医疗安全，制定完善的腹腔镜手术机器人医师操作培训标准，建立统一的、标准化的腹腔镜手术机器人基本技能训练、考核和评估方法，已成为当务之急<sup>[47-48]</sup>。

本共识汇集相关领域专家意见，结合我国腹腔镜手术机器人操作培训的实际情况和前期实践<sup>[49]</sup>，其内容涵盖培训基地管理、培训过程与考核、质量管理等方面，可作为腹腔镜手术机器人操作培训的参考标准。

## 1 重要术语

**腹腔镜手术机器人：**采用机器人技术通过清晰的成像系统和灵活的机械臂协助医生实施复杂外科手术的具有主从遥控操作功能的系统。结构上包括但不限于多孔、单孔和模块化结构。

**手术机器人操作培训：**机器人手术为限制类技术，相关医疗工作人员必须经过专业的系统培训并通过考核，满足相关技术临床应用所需的相关条件，方可进行临床手术或配合临床手术。根据《国家限制类技术目录(2022年版)》，应用机器人手术系统辅助实施的手术操作包括：机器人辅助操作、腹腔镜机器人辅助操作、经皮机器人辅助操作、内镜机器人辅助操作、胸腔镜机器人辅助操作以及其他和未特指的机器人辅助操作。

## 2 培训基地管理

**2.1 管理组织** 腹腔镜手术机器人培训工作应在卫生健康主管部门的指导、管理、考核和监督下开展，由培训基地实施。培训基地由企业技术培训基地和医疗机构临床培训基地组成。企业技术培训基地负责该企业产品的技术培训，医疗机构临床培训基地负责手术实操的临床培训并接受卫生主管部门的管理和监督。培训基地可根据工作需要建立培训工作领导小组、培

△ 国务院部委文件中叫法略有差异，国家工信部、卫健委、发改委等十部委《“十四五”医疗装备产业发展规划》中称为“腹腔镜手术机器人”，国家卫健委《“十四五”大型医用设备配置规划》和国家药监局已批准上市产品注册证中名称为“腹腔镜内窥镜手术系统”。

训工作小组、培训带教组等，负责培训相关工作的管理工作。

**2.2 培训基地要求** 企业技术培训基地应具备活体动物或组织模型手术的条件和相关资质，适合特定机器人技术的课程设置及考核标准。

医疗机构临床培训基地应符合《国家限制类技术临床应用管理规范（2022年版）》中人工智能辅助治疗技术临床应用管理规范的培训基地要求<sup>[50]</sup>。

### 3 培训过程

**3.1 基本要求** 培训课程模块包括理论培训、操作技术培训和手术实操培训3部分，各培训模块应制定培训大纲，所用培训教材须满足培训大纲要求。理论培训和操作技术培训在企业技术培训基地开展，手术实操培训在临床培训基地开展。培训基地应为每位接受培训的学员建立培训档案，对接受培训的学员进行理论知识、实践能力、操作水平测试和综合评估，接受培训的学员在考核前完成规定的培训内容，按照培训要求。培训结束后，对接受培训的学员进行评定、考核，出具是否合格的结论。

**3.2 培训教师** 培训教师分为理论培训教师、企业技术培训教师和临床培训教师。培训教师应具备扎实的基础知识，并能将其灵活应用于实际培训中，还应具备良好的沟通能力、组织能力和解决问题的能力。理论培训教师和企业技术培训教师应完成专业的机器人技术及培训技术的学习并通过相关的认证和考试，深入熟悉和掌握所带教机器人的技术原理和使用规范，每人累计带教学员8名（含）以上。临床培训教师负责实际手术过程中的操作指导、手术录像点评和总结，原则上具有副主任医师及以上专业技术职务，且任职资格 $\geq 5$ 年，熟练掌握本专业腹腔镜手术机器人手术技术，累计参与完成腹腔镜手术机器人手术 $\geq 100$ 例。

**3.3 培训对象** 拟报名参加机器人主刀操作培训项目的学员需满足以下条件：

①有5年及以上外科诊疗工作经验，目前从事外科诊疗工作；

②熟练掌握本专业开放手术或微创手术技术，累计参与完成相关手术 $\geq 200$ 例。

**3.4 培训形式** 培训形式包括理论培训、操作技术培训和手术实操培训。理论培训时间 $\geq 8$ 小时；操作技术培训包括模拟器和实物模型训练、动物实验操作、手术观摩与视频分析学习3个培训模块，模拟器和实物模型训练时间 $\geq 8$ 小时，动物模型实验操作时间 $\geq 8$ 小时，手术观摩和手术视频分析学习 $\geq 10$ 次；手术实操培训 $\geq 10$ 例手术。

**3.5 培训内容** 培训内容<sup>[51-52]</sup>包括：

①熟悉腹腔镜手术机器人的基本理论、概念及设备功能的认知和掌握，并结合外科专业知识，熟悉腹腔镜手术机器人适用范围、术前准备、患者体位和手术系统的放置、切口选择、手术步骤及术中紧急情况的处理等，熟悉腹腔镜手术机器人操作指令、基本故障排除、设备参数等相关知识；

②掌握腹腔镜手术机器人控制台的操作；掌握腹腔镜手术机器人在模拟环境下双手配合、手眼配合、手脚配合、镜头及视野调整、纵深感及双手灵活配合能力，初步掌握腹腔镜手术机器人的基本技能；

③掌握腹腔镜手术机器人在活体组织下双手配合、手眼配合、手脚配合、镜头及视野调整、纵深感及双手灵活配合能力，掌握腹腔镜手术机器人在实际手术中的基本技能；

④掌握腹腔镜手术机器人基本技能的综合运用；掌握腹腔镜机器人手术的基本程序；掌握手术器械，如能量器械等正确使用的的方法；掌握有效避免和控制出血及潜在的并发症的方法。培训学员应在培训期间完成的培训项目和要求见表1。

培训基地可针对培训内容，制作统一学习课程，实现培训标准化，提高培训质量。

### 4 培训考核

**4.1 考核形式** 旨在考察培训学员对专业理论知识、操作技术水平和手术实操水平的综合掌握情况，包括理论考核、技术水平考核、手术实操考核3项，培训基地按照培训内容组织考



表1 腹腔镜手术机器人操作培训项目与要求

Table 1 Endoscopic surgical robot operation training programs and requirements

培训项目	培训要求	培训方式及设备	培训内容	培训模块
理论学习	熟悉腹腔镜手术机器人的基本理论、概念及设备功能的认知和掌握,并结合外科专业知识,熟悉腹腔镜手术机器人病例选择、适应证、术前准备、患者体位和手术系统的放置、切口选择、手术步骤及术中紧急情况处理等,熟悉腹腔镜手术机器人操作指令、基本故障排除、设备参数等相关知识	在线学习	理论学习及测试	理论培训
模拟器训练	掌握腹腔镜手术机器人控制台的操作;掌握腹腔镜手术机器人下双手配合、手眼配合、纵深感及双手灵活配合能力,初步掌握腹腔镜手术机器人的基本技能	腹腔镜手术机器人VR技术模拟器	通过模拟系统操控机械臂进行手术技能培训,如操控机械臂进行穿针过环、缝合、打结、电能量器械的使用等	操作技术培训
实物道具训练	掌握腹腔镜手术机器人下双手配合、手眼配合、纵深感及双手灵活配合能力,进一步掌握腹腔镜手术机器人的基本技能	采用腹腔镜手术机器人进行实物操作,实物训练的模具包括套圈、仿真血管及动物器官组织等	包括通过腹腔镜手术机器人进行实物操作,如操控机械臂进行穿针过环、缝合、打结、套圈的使用等	操作技术培训
动物模型训练	掌握腹腔镜手术机器人基本技能的综合运用;掌握配套手术器械,如能量器械等正确使用的方法。掌握有效避免和控制出血及潜在的并发症的技巧	腹腔镜手术机器人、大动物模型(也可选择动物尸体或动物器官进行训练)	包括通过腹腔镜手术机器人进行活体组织的切割、钝性分离、血管的游离和结扎,并针对性地对本专业手术器官进行真实的手术操作	操作技术培训
手术观摩及术式学习	学习不同医生对于手术孔位、器械使用的经验和技巧。掌握机器人手术患者全程管理流程	观摩机器人手术患者全程管理、机器人手术系统辅助实施专科术式操作	作为助手参与10例机器人手术	手术实操培训
手术实操	熟练掌握腹腔镜手术机器人基本技能;具备完成一般难度专科手术的能力;熟练掌握机器人手术患者全程管理	独立进行机器人手术患者全程管理、机器人手术系统辅助实施专科术式操作	与导师在双操作台控制或现场指导下,安全完成10例机器人手术,术后无严重并发症,且参与10例患者全程管理	手术实操培训

核专家组开展考核工作。

**4.2 考核程序** 培训基地负责培训考核方案的制定与解释、考核专家组组建、考核成绩汇总公示、培训证书发放等工作。

机器人操作培训考核流程如图1,包括以下内容:

① 理论考核:理论考试共20~50道选择题,考试成绩 $\geq 80$ 分为合格,理论考试合格后可进行操作培训;

② 技术水平考核:技术水平考核由培训基地组织考核专家进行评价打分,考核项目是动物模型实验操作,要求如下:

a. 培训对象需熟练掌握活体动物手术操作与基础的机器人安全原则;

b. 考核专家组由2位相关企业技术培训师组成;

c. 考核专家对评分的平均值计为该培训学员技术水平考核的最终成绩。

③ 技术培训合格证:“理论考核”和“技术水平考核”两项考核成绩均达标者,视为最终技术水平培训考核合格,培训基地颁发腹腔镜手术机器人技术培训合格证。

④ 考核未达标者处理方法:

a. 理论考核:设置1个月后补考,未达标者需重新进行一轮理论学习并重新考核,补考成绩达标后进入操作技术培训环节;

b. 技术水平考核:未达标者应重新进行模拟器和实物道具训练、动物模型实验操作训练,补考后成绩达标后,培训基地颁发腹腔镜手术机器人技术培训合格证。获得腹腔镜手术机器人技术培训合格证以后可以在腹腔镜手术机器人专家辅助下开展难度较低的手术,必要时应在资深

的机器人手术专家的指导下进行手术。

⑤ 手术实操考核：手术实操考核由培训基地组织专家进行评价打分，考核项目是临床手术操作，要求如下：

- a. 安全完成机器人手术例数  $\geq 10$  例；
- b. 考核专家组由 2 名及以上负责手术实践的临床培训教师组成；
- c. 考核专家对评分的平均值计为该培训学员实践考核的最终成绩，考试成绩  $\geq 80$  分为合格。

⑥ 机器人手术主刀资质证书：临床实操考核成绩达标者，为最终全部培训考核合格，培训基地颁发机器人手术主刀资质证书。

## 5 质量管理与评价改进

5.1 质量管理 卫生和医疗器械主管行政部门可严格按照机器人培训基地的准入、复审、退

出和取消相关要求，管理机器人操作培训基地和培训教师。

培训基地应严格按照卫生主管部门制定的培训大纲，结合本单位实际情况，制定适宜的操作培训计划，并严格落实执行。

培训基地培训教师应参加继续教育，包括但不限于与机器人手术带教工作相关的培训政策、专业能力、带教理论及培训方法。

卫生主管部门和培训基地应严格落实机器人操作培训考核方案，把关培训质量。

5.2 评价改进 卫生主管部门和培训基地可采取自评价或外单位评价的方式，对培训相关工作开展情况进行评价，对于评价过程中发现的或潜在的问题，应及时进行改进，并对改进情况进行再次评价。

卫生健康主管部门和培训基地应向培训学

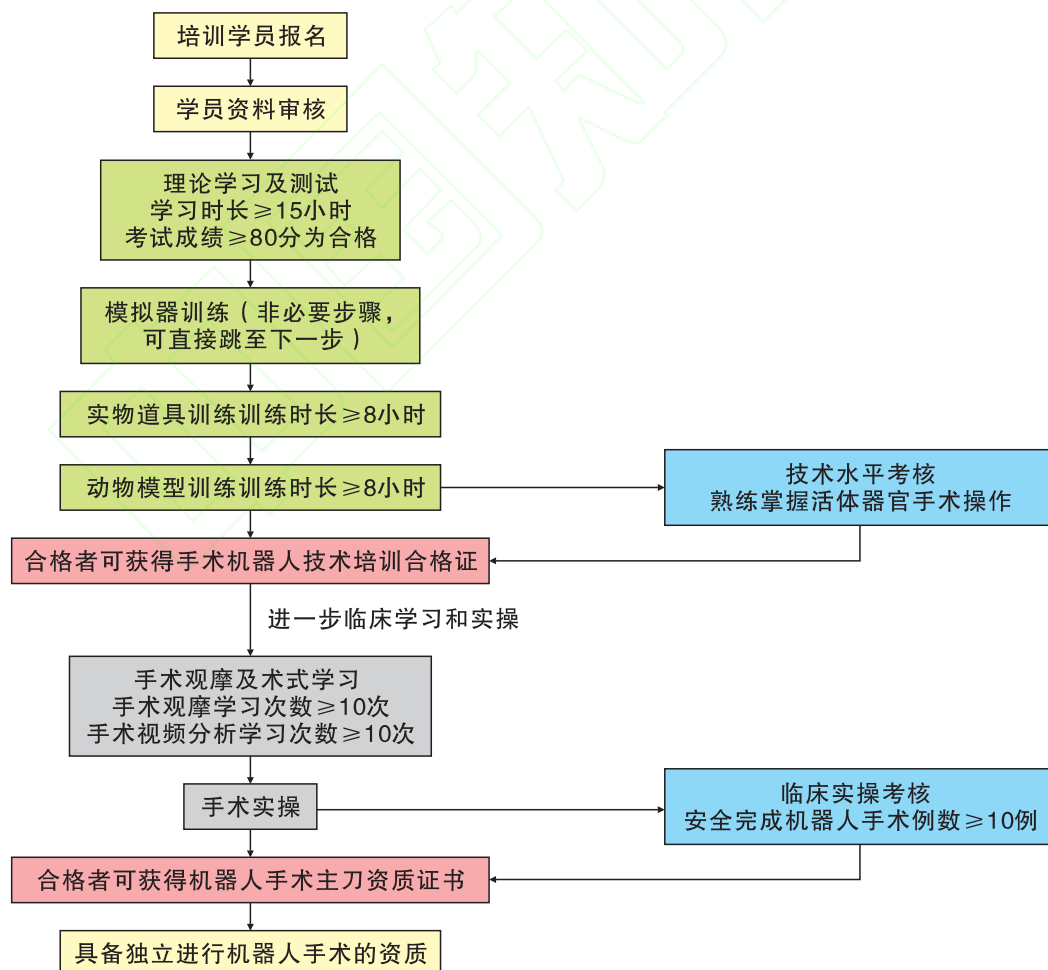


图 1 腔镜手术机器人操作培训考核流程图

Figure 1 Flow chart of endoscopic surgical robot operation training and assessment

员或相关单位设立意见反馈通道,积极征集培训相关改进建议,并结合国内外腔镜手术机器人技术发展和我国腔镜机器人手术临床操作实际需求等情况,持续改进和完善本共识内容。

## 6 结语

本共识基于我国腔镜手术机器人操作培训的实际需求,根据腔镜手术机器人操作特点和操作难度,结合目前国内腔镜手术机器人培训的实际情况和前期研究,提出了涵盖培训基地管理、培训过程与考核、质量管理等方面的腔镜手术机器人操作培训方案,建议采用理论培训、操作技术培训和手术实操培训结合的培训理念,并形成“模拟器和实物道具训练、动物模型实验操作、手术观摩与视频分析学习、手术实操”四位一体的分阶段实践培训模式,通过制定统一学习课程,实现培训标准化,进而提高培训质量。同时,提出了包含理论考核、技术水平考核、手术实操考核的机器人操作培训考核方案。本共识汇集三甲医院、高校、科研院所、政府部门、腔镜手术机器人企业等领域相关专家的意见,可作为指导机器人操作培训体系构建和具体实践的行动指导,突出培训课程标准化、培训体系通用化、考核流程规范化的整体方略与目标。此外,专家组还计划定期更新共识,以适应不同类型突发事件、临床不良事件、腔镜手术机器人技术更新等情况。然而,腔镜手术机器人操作培训标准化体系作为一种新模式,还需进一步论证和完善。

### 《腔镜手术机器人操作培训中国专家共识 (2024版)》讨论专家 (按姓氏音序排列)

陈锐(上海交通大学医学院附属仁济医院)  
董焱然(复旦大学附属儿科医院)  
范江涛(广西医科大学第一附属医院)  
耿红全(复旦大学附属儿科医院)  
郝迎学(陆军军医大学第一附属医院)  
何天霖(海军军医大学第一附属医院)  
黄佳(上海市胸科医院)  
黄晓明(中山大学孙逸仙纪念医院)

黄向华(河北医科大学第二医院)  
江志伟(江苏省中医院)  
李文智(上海市第一人民医院)  
梁朝朝(安徽医科大学第一附属医院)  
宋明(中山大学附属肿瘤医院)  
汤绍涛(华中科技大学同济医学院附属协和医院)  
王东(四川省人民医院)  
王琳(新疆维吾尔自治区人民医院)  
王育(同济大学附属妇产科医院)  
王述民(北部战区总医院)  
魏强(四川大学华西医院)  
徐琰(陆军特色医学中心)  
许剑民(复旦大学附属中山医院)  
杨浩贤(中山大学肿瘤防治中心)  
游晓华(海军军医大学第一附属医院)  
余洪猛(复旦大学附属眼耳鼻喉科医院)  
余佩武(陆军军医大学第一附属医院)  
赵体玉(华中科技大学同济医学院附属同济医院)

**利益冲突:** 所有作者均声明不存在任何利益冲突。

### 参考文献

- Namdarian B, Dasgupta P. What robot for tomorrow and what improvement can we expect?[J]. *Curr Opin Urol*, 2018, 28(2): 143-152.
- Boškoski I, Costamagna G. Endoscopy robotics: current and future applications[J]. *Dig Endosc*, 2019, 31(2): 119-124.
- Kaan H L, Ho K Y. Robot-assisted endoscopic resection: current status and future directions[J]. *Gut Liver*, 2020, 14(2): 150-152.
- Adhikari K, Penmetsa G K, Krishnappa D, et al. Revolutionizing urology: the advancements and applications of robotic platforms[J]. *J Robot Surg*, 2024, 18(1): 106.
- 付宜利, 潘博. 微创外科手术机器人技术研究进展[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2019, 51(1): 1-15.
- Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, et al. European Association of Endoscopic Surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery[J]. *Surg Endosc*, 2015, 29(2): 253-288.
- Gordon Z N, Angell J, Abaza R. Completely intracorporeal robotic renal autotransplantation[J]. *J Urol*, 2014, 192(5): 1516-1522.
- Breda A, Gausa L, Territo A, et al. Robotic-assisted kidney transplantation: our first case[J]. *World J Urol*, 2016, 34(3): 443-447.
- Clavijo R, Carmona O, de Andrade R, et al. Robot-assisted intrafascial simple prostatectomy: novel technique[J]. *J Endourol*, 2013, 27(3): 328-332.
- Hu J C, Gandaglia G, Karakiewicz P I, et al. Comparative effectiveness of robot-assisted versus open radical prostatectomy cancer control[J]. *Eur Urol*, 2014, 66(4): 666-672.
- Moon A S, Garofalo J, Koirala P, et al. Robotic surgery in gynecology[J]. *Surg Clin N Am*, 2020, 100(2): 445-460.
- de Paula Andres M, Borrelli G M, Abrão M S. Advances on minimally invasive approach for benign total hysterectomy: a systematic review[J]. *F1000Research*, 2017. DOI: 10.12688/f1000research.11523.1.
- Gupta N, Miranda Blevins D O, Holcombe J. A comparison of surgical

- outcomes between single-site robotic, multiport robotic and conventional laparoscopic techniques in performing hysterectomy for benign indications[J]. *Gynecol Minim Invasive Ther*, 2020, 9(2): 59–63.
- [14] Melfi F M, Menconi G F, Mariani A M, et al. Early experience with robotic technology for thoracoscopic surgery[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002, 21(5): 864–868.
- [15] LIANG H R, LIANG W H, ZHAO L, et al. Robotic versus video-assisted lobectomy/segmentectomy for lung cancer: a meta-analysis[J]. *Ann Surg*, 2018, 268(2): 254–259.
- [16] JIN R S, ZHENG Y Y, YUAN Y, et al. Robotic-assisted versus video-assisted thoracoscopic lobectomy: short-term results of a randomized clinical trial (RVlob Trial)[J]. *Ann Surg*, 2022, 275(2): 295–302.
- [17] Guerra F, Pesi B, Amore Bonapasta S, et al. Does robotics improve minimally invasive rectal surgery? Functional and oncological implications[J]. *J Dig Dis*, 2016, 17(2): 88–94.
- [18] Kim H I, Han S U, Yang H K, et al. Multicenter prospective comparative study of robotic versus laparoscopic gastrectomy for gastric adenocarcinoma[J]. *Ann Surg*, 2016, 263(1): 103–109.
- [19] Shiomi A, Kinugasa Y, Yamaguchi T, et al. Robot-assisted rectal cancer surgery: short-term outcomes for 113 consecutive patients[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2014, 29(9): 1105–1111.
- [20] 闫志远, 梁云雷, 杜志江. 腹腔镜手术机器人技术发展综述 [J]. 机器人技术与应用, 2020(2): 24–29.
- [21] MEI H, TANG S T. Robotic-assisted surgery in the pediatric surgeons' world: current situation and future prospectives[J]. *Front Pediatr*, 2023. DOI: 10.3389/fped.2023.1120831.
- [22] 汤绍涛. 机器人手术在小儿外科中的发展现状及展望 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(4): 241–247.
- [23] Peters B S, Armijo P R, Krause C, et al. Review of emerging surgical robotic technology[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32(4): 1636–1655.
- [24] Gosrisirikul C, Don Chang K, Raheem AA, et al. New era of robotic surgical systems[J]. *Asian J Endosc Surg*, 2018, 11(4): 291–299.
- [25] Kurniawan N, Keuchel M. Flexible gastro-intestinal endoscopy-clinical challenges and technical achievements[J]. *Comput Struct Biotechnol J*, 2017. DOI: 10.1016/j.csbj.2017.01.004.
- [26] Tsui C, Klein R, Garabrant M. Minimally invasive surgery: national trends in adoption and future directions for hospital strategy[J]. *Surg Endosc*, 2013, 27(7): 2253–2257.
- [27] Gomes P. Surgical robotics: reviewing the past, analysing the present, imagining the future[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2011, 27(2): 261–266.
- [28] 贾卓敏, 马鑫, 艾星, 等. 达芬奇机器人手术系统在泌尿外科手术中的优势 [J]. 现代泌尿外科杂志, 2018, 23(5): 328–331.
- [29] 张旭, 高江平, 符伟军, 等. 机器人辅助腹腔镜在泌尿外科手术中的临床应用 (附 500 例报告) [J]. 微创泌尿外科杂志, 2014, 3(1): 4–7.
- [30] Sridhar A N, Briggs T P, Kelly J D, et al. Training in robotic surgery—an overview[J]. *Curr Urol Rep*, 2017, 18(8): 58.
- [31] Bonatti J, Wallner S, Winkler B, et al. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting: current status and future prospects[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17(1): 33–40.
- [32] Foote J R, Valea F A. Robotic surgical training: where are we?[J]. *Gynecol Oncol*, 2016, 143(1): 179–183.
- [33] Palagonia E, Mazzone E, Naeyer G, et al. The safety of urologic robotic surgery depends on the skills of the surgeon[J]. *World J Urol*, 2020, 38(6): 1373–1383.
- [34] Vickers A, Savage C, Bianco F, et al. Cancer control and functional outcomes after radical prostatectomy as markers of surgical quality: analysis of heterogeneity between surgeons at a single cancer center[J]. *Eur Urol*, 2017, 71(3): 317–322.
- [35] Thompson J E, Egger S, Böhm M, et al. Superior biochemical recurrence and long-term quality-of-life outcomes are achievable with robotic radical prostatectomy after a long learning curve updated analysis of a prospective single-surgeon cohort of 2206 consecutive cases[J]. *Eur Urol*, 2017, 73(5): 664–671.
- [36] Collins J W, Tyritzis S, Nyberg T, et al. Robot-assisted radical cystectomy (RARC) with intracorporeal neobladder—what is the effect of the learning curve on outcomes?[J]. *BJU Int*, 2013, 113(1): 100–107.
- [37] Larcher A, Muttin F, Peyronnet B, et al. The learning curve for robot-assisted partial nephrectomy: impact of surgical experience on perioperative outcomes[J]. *Eur Urol*, 2019, 75(2): 253–256.
- [38] Suh I, Mukherjee M, Oleynikov D, et al. Training program for fundamental surgical skill in robotic laparoscopic surgery[J]. *Int J Med Robot*, 2011, 7(3): 327–333.
- [39] Dulac G, Rege R V, Hogg D C, 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.
- [40] Tausch T J, Kowalewski T M, White L W, et al. Content and construct validation of a robotic surgery curriculum using an electromagnetic instrument tracker[J]. *J Uro*, 2012, 188(3): 919–923.
- [41] 陈紫嫣, 文志勇, 杨琨等. 手术机器人培训标准化过程中的关键问题分析及应对 [J]. 武汉大学学报 (医学版), 2024, 45(02): 165–168.
- [42] Zorn K C, Gautam G, Shalhav A L, et al. Training, credentialing, proctoring and medicolegal risks of robotic urological surgery: recommendations of the society of urologic robotic surgeons[J]. *J Urol*, 2009, 182(3): 1126–1132.
- [43] Santok G D, Raheem A A, Kim L H, et al. Proctorship and mentoring: its backbone and application in robotic surgery[J]. *Investig Clin Urol*, 2016, 57(Suppl 2): S114–S120.
- [44] Smith R, Patel V, Satava R. Fundamentals of robotic surgery: a course of basic robotic surgery skills based upon a 14–society consensus template of outcomes measures and curriculum development[J]. *Int J Med Robot*, 2014, 10(3): 379–384.
- [45] 机器人手术系统辅助实施心脏手术技术及培训管理规范 [Z]. 中国人民解放军总医院, 2015.
- [46] 叶明侠, 李震, 俞凌, 等. 机器人手术技能教学在妇科微创手术培训中的应用 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(5): 396–401.
- [47] 王小芹, 杨琨, 黎勤, 等. 手术机器人规范化培训系统的构建 [J]. 医学新知杂志, 2019, 29(3): 337–340.
- [48] Rusch P, Kimmig R, Lecuru F, et al. The Society of European Robotic Gynaecological Surgery (SERGS) pilot curriculum for robot assisted gynecological surgery[J]. *Arch Gynecol Obstet*, 2018, 297(2): 415–420.
- [49] 杨溯, 郭威, 吴晗, 等. 胸外科医生机器人手术培训模式: 瑞金医院单中心研究 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(8): 918–921.
- [50] 国家卫生健康委办公厅关于印发国家限制类技术目录和临床应用管理规范 (2022 年版) 的通知 [J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报, 2022, (4): 10.
- [51] Schreuder H W, Wolswijk R, Zweemer R P, et al. Training and learning robotic surgery, time for a more structured approach: a systematic review[J]. *BJOG*, 2012, 119(2): 137–149.
- [52] Burke J R, Fleming C A, King M, et al. Utilising an accelerated Delphi process to develop consensus on the requirement and components of a pre-procedural core robotic surgery curriculum[J]. *J Robot Surg*, 2023, 17(4): 1443–1455.

编辑：刘静凯