

· 指南与共识 ·

单孔机器人肾上腺切除术专家共识

国产腔镜手术机器人系统的临床应用解决方案研究项目专家组

【摘要】 单孔机器人肾上腺切除术在减轻术后疼痛和增加伤口美观方面优于传统腹腔镜手术,但目前国内外缺乏统一的操作规范与适应证标准。本共识基于108篇中英文文献及全国40家三甲医院共45名高级职称泌尿外科专家的标准化问卷调查,围绕术前评估、手术入路、设备器械、关键步骤、并发症防治及术者培训形成系统性推荐。共识建议肿瘤最大径<5 cm为首选适应证;肿瘤大小、位置及患者肥胖是影响单孔手术难度的重要因素;经腹腔入路适用于肿瘤偏大或位置偏低者。共识进一步明确了单孔机器人手术的操作要点,并针对出血、脏器损伤、切口疝及肾上腺皮质功能不全等并发症提出分级管理策略,旨在统一诊疗流程、降低并发症发生风险,为该技术的规范化推广和后续高水平临床研究奠定基础。

【关键词】 单孔,机器人手术; 肾上腺切除术; 专家共识; 微创; 国产手术机器人

Expert consensus on single-port robotic adrenalectomy Expert Group on Clinical Application Solutions for Domestic Laparoscopic Surgical Robot Systems

Corresponding authors: Xu Weifeng, Department of Urology, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100730, China, Email: windslipper@sina.com; Li Xuesong, Department of Urology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China, Email: pineneedle@sina.com

【Abstract】 Single-port robotic adrenalectomy offers advantages over conventional laparoscopic surgery in terms of reduced postoperative pain and superior cosmetic outcomes, however, there is currently no unified standard for surgical protocols or patient selection criteria either domestically or internationally. This consensus was based on a review of 108 Chinese and English publications and a standardized questionnaire survey involving 45 senior urology experts from 40 tertiary hospitals across China. It provides systematic recommendations covering preoperative evaluation, surgical approaches, equipment and instruments, key procedural steps, complication management, and surgeon training. The consensus recommends that a maximum tumor diameter of <5 cm as the primary indication. Tumor size, location, and patient obesity are important factors affecting the difficulty of single-port surgery, and the transperitoneal approach is preferable for relatively large or inferiorly located tumors. Key operative points for the single-port robotic adrenalectomy are specified. A graded management strategy is proposed for complications, including hemorrhage, visceral injury, incisional hernia, and adrenal insufficiency. This consensus aims to standardize clinical workflows, reduce complication risks, and lay a foundation for the broader adoption of this technique and for future high-quality clinical research.

【Key words】 Single-port, robotic surgery; Adrenalectomy; Expert consensus; Minimally invasive; Domestic surgical robot

腹腔镜肾上腺切除术具有术中出血少、术后疼痛轻、住院时间短等优势,目前已成为肾上腺肿瘤

的标准治疗方法^[1-3]。近年来,机器人辅助腹腔镜技术在泌尿外科领域迅速发展并得到广泛应用,该

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2026.05.001

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2023YFC2413400)

通信作者:徐维锋,中国医学科学院北京协和医院泌尿外科,北京 100730, Email: windslipper@sina.com;李学松,北京大学第一医院泌尿外科,北京 100034, Email: pineneedle@sina.com



中华医学电子音像出版社
CHINESE MEDICAL MULTIMEDIA PRESS

术式逐渐成为传统腹腔镜肾上腺切除术的重要替代方案。

单孔腹腔镜手术于2008年首次引入泌尿外科领域^[4]。相比传统腹腔镜手术,单孔腹腔镜手术具有疼痛更轻、镇痛药用量更少、伤口美观效果更佳等优势^[5]。但是,单孔腹腔镜手术存在“筷子效应”和“反向操作”等不足,操作难度明显增大,技术推广受到限制^[6]。手术机器人灵活的机械腕系统、精细的操作模式能够克服上述不足,更容易实施单孔手术^[7]。目前临床存在达芬奇SP单孔机器人系统、国产单孔蛇形臂机器人系统两类主流设备,手术入路分为经腹膜后、经腹腔(含经脐自然瘢痕单孔)。国内的单中心小样本研究证实该术式安全可行,以往的文献报道显示国产单孔蛇形臂机器人手术系统可安全、有效地完成单孔肾上腺切除术^[8-10]。国外研究也显示单孔机器人肾上腺切除术安全有效^[11-14]。但关于单孔机器人肾上腺手术,目前尚无统一操作指南和规范,各级医院手术适应证的选择、手术操作步骤、功能性肿瘤的围术期处理缺乏统一标准。

为规范单孔机器人肾上腺切除术临床实践,基于现有国内外文献报告,结合多中心临床经验,采用问卷调研汇总专家意见,形成本共识,旨在统一诊疗流程,降低手术并发症,推动该微创术式规范化、安全化推广。这也将有助于推动后续开展高水平多中心前瞻性临床研究,获取高等级循证医学证据,并推动诊疗指南的改写与更新。

一、证据获取

1. 文献检索

本专家共识对PubMed、EMBASE、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、维普和万方等数据库进行了单孔机器人肾上腺切除术的中英文文献检索。检索词包括单孔、单通道、机器人辅助、腹腔镜、肾上腺切除术、肾上腺肿瘤。英文文献中“单孔”手术缺乏统一的命名标准,常见命名方式(按文献检索数量)包括“single-incision”、“single-port”、“single-site”、“single-access”、“one-port”(以上可带或不带连字符)。共检索出中文文献36篇,英文文献72篇,其中,专门研究单孔机器人肾上腺切除术的中文文献有3篇^[8-10],英文文献有10篇^[11-20]。

2. 专家意见收集

本共识邀请全国40家三甲医院泌尿外科共45名高级职称专家,围绕单孔机器人肾上腺切除术

的临床应用场景、适应证、设备和器械选择、手术入路、推广应用等关键问题,设计了17项标准化问卷(表1),回收有效问卷45份,结合文献证据综合给出倾向性建议。

二、证据合成

1. 术前评估与准备

(1) 手术适应证及禁忌证

单孔机器人肾上腺肿瘤切除术的手术适应证应综合考虑肿瘤的大小、与周围器官及重要血管的解剖关系、肿瘤的性质等情况^[21]。单孔机器人肾上腺肿瘤切除术(尤其单孔机器人腹膜后入路)目前更倾向于选择小到中等体积(通常最大径<5 cm)的肿瘤;当最大径>6 cm时,往往需要更谨慎评估或改选开放/多通道机器人等术式^[19]。

临床建议:(1)术前影像学评估,肿瘤最大径<5 cm,并结合CT/MRI评估位置、血管关系及可切除性^[19];(2)充分考虑肿瘤的恶性风险阈值,肿瘤>5 cm即与恶性风险上升相关,>6 cm恶性风险进一步升高,因此,即便技术上可行,也需同步完成恶性风险评估与多学科决策^[22];(3)经验依赖性,随着术者经验积累,单孔机器人适应证可能逐步放宽^[19,23]。

主要禁忌证:存在凝血功能异常且难以纠正者;术前影像学检查提示有邻近器官侵犯或远处转移者;严重的心、肺、肾等功能不全而不能耐受手术者^[24]。对于经腹腔镜手术,相对禁忌证为存在腹腔手术史的患者。

肥胖患者接受单孔手术面临多重临床挑战。其一,腹壁肥厚与内脏脂肪过度堆积致使腹腔操作空间狭小,易造成视野受限,进而延长手术时间并增加操作难度;其二,肥胖常合并糖尿病、高血压及睡眠呼吸暂停综合征等基础疾病,显著增高术中麻醉风险;其三,机体代谢紊乱及免疫功能异常可加剧术后感染风险,延缓康复进程。针对此类患者,应坚持个体化治疗原则,依托多学科协作模式,严格筛选适宜手术人群,从而在保障安全性的前提下提升疗效,实现患者获益最大化。

(2) 手术入路选择

单孔机器人肾上腺肿瘤切除术的入路选择应以肿瘤与解剖特征为核心,兼顾既往手术史与术者经验。目前经腹膜后入路开展较多,更适合既往有腹部手术史、肿瘤较小且位于肾上腺上方、希望减少腹腔干扰的病例。经腹腔入路更适合肿瘤较大、

表1 单孔机器人肾上腺切除术专家意见调查问卷及结果

问题	选项(结果)
1.您认为多大的肿瘤适合做单孔手术	
(1) 经腹膜后途径	(1) <3 cm (17.8%); (2) <5 cm (80.0%); (3) <6 cm (2.2%)
(2) 经腹腔途径	(1) <3 cm (11.1%); (2) <5 cm (75.6%); (3) <6 cm (13.3%)
2.您认为患者的BMI是否会影响单孔手术的难度	(1) 是 (93.3%); (2) 否 (6.7%)
(1) 经腹膜后途径的患者BMI限制在多少较为合适	(1) <18.5 kg/m ² (2.3%); (2) <25 kg/m ² (23.8%); (3) <30 kg/m ² (59.5%); (4) <35 kg/m ² (14.3%)
(2) 经腹腔途径的患者BMI限制在多少较为合适	(1) <18.5 kg/m ² (4.8%); (2) <25 kg/m ² (31.0%); (3) <30 kg/m ² (61.9%); (4) <35 kg/m ² (2.3%)
3.您认为肿瘤的左右侧是否影响单孔手术的选择	(1) 是 (4.4%); (2) 否 (95.6%)
4.您认为恶性肾上腺肿瘤是否适合行单孔机器人手术	(1) 是 (33.3%); (2) 否 (66.7%)
5.性别是您考虑是否行单孔手术的重要因素吗	(1) 是 (26.6%); (2) 否 (73.4%)
6.您选择行单孔手术最重要的考量因素是什么	(1) 年龄 (84.4%); (2) 性别 (44.4%); (3) BMI (88.9%); (4) 肿瘤大小 (82.2%)
7.您会选择专用单孔机器人设备(达芬奇SP或国产单孔机器人)还是多臂机器人设备开展单孔手术	(1) 专用单孔设备 (57.8%); (2) 常规多臂机器人 (17.7%); (3) 都可以 (24.4%)
8.经腹腔途径单孔机器人肾上腺切除术孔位的选择	(1) 锁骨中线肋缘下 (66.7%); (2) 脐部 (33.3%)
9.经腹膜后途径单孔机器人肾上腺切除术孔位的选择	(1) 腋中线十二肋缘下3~4 cm (88.9%); (2) 其它 (11.1%)
10.您认为单孔机器人手术的体位如何选择	
(1) 经腹膜后途径	(1) 健侧卧位 (91.1%); (2) 俯卧折刀位 (8.9%)
(2) 经腹腔途径	(1) 90°健侧卧位 (0%); (2) 60°~70°健侧卧位 (100%)
11.辅助孔位置的选择:使用单孔多通道PORT自带的辅助孔还是额外增加辅助孔	(1) PORT 自带辅助孔 (64.4%); (2) 额外增加辅助孔 (35.6%)
12.引流管位置如何选择	(1) 主切口 (66.7%); (2) 辅助孔 (33.3%)
13.单孔手术后疼痛方面是否优于常规腹腔镜手术	(1) 是 (68.9%); (2) 否 (20.0%); (3) 不确定 (11.1%)
14.您认为采用单孔手术是否会影响肾上腺肿瘤手术的肿瘤学预后	(1) 是 (4.4%); (2) 否 (84.4%); (3) 不确定 (11.1%)
15.您认为单孔机器人手术是否增加围手术期并发症发生率	(1) 是 (6.7%); (2) 否 (86.7%); (3) 不确定 (6.7%)
16.您认为经脐单孔机器人手术是否增加脐疝的发生率	(1) 是 (26.7%); (2) 否 (68.9%); (3) 不确定 (4.4%)
17.您认为开展单孔机器人手术是否需要专门培训	(1) 是 (82.2%); (2) 否 (17.8%)

注:括号中的结果为选择该选项的专家数与总专家数的比值

位置偏下、与主要血管关系密切或预计需要更大操作空间的病例;低BMI或体型较瘦者更利于腹膜后入路的操作^[20,25]。两者总体围手术期结局相近,最终决策应由经验丰富的团队根据个体情况制定。

(3) 术前准备

单孔机器人肾上腺肿瘤切除术的术前准备主要包括:完善内分泌功能评估与影像学分期、按肿瘤类型进行针对性内科预处理、完成麻醉与手术风险评估、完成机器人系统与手术器械核查,并在必要时制定中转开放预案。对于嗜铬细胞瘤而言,术前充分药物准备是手术安全的关键因素之一^[26]。可选择长效 α 受体阻滞剂联合或不联合钙离子拮抗剂调控血压。若心室率偏快,可加用 β 受体阻滞剂。药物准备的时间:推荐术前2周开始用药,症状发作频繁者推荐术前药物准备4~6周。术前药物准备充分的表现有:血压保持在正常水平;心率低于

90次/min;无阵发性的头晕、头疼、心悸或血压升高等症状;体重增长,轻度鼻塞和手足温暖^[27]。对于库欣腺瘤,术前需尽量控糖与纠正水电解质紊乱及免疫和凝血异常,必要时术前应用广谱抗生素预防感染^[28]。对于醛固酮腺瘤患者,术前需控制高血压,纠正低血钾及其它电解质紊乱^[29]。

2. 手术要点

(1) 麻醉与体位

全身麻醉,推荐采用气管内插管。患者体位:经腹腔途径取60°~70°健侧卧位,腰桥抬高以充分显露手术侧肋缘与髂嵴之间的操作空间,助手站立于患者腹侧;经腹膜后途径推荐健侧卧位,抬高腰桥^[8-9],助手站立于患者腹侧。

(2) 设备和器械选择

目前临床上可用的单孔机器人设备主要包括:达芬奇SP系统,以及国内已获批上市的单孔机器人

设备,包括术锐 SR-ENS-600、精锋®单孔腹腔镜手术机器人 SP1000,微创图迈单孔机器人。达芬奇 SP 系统专为单孔/单通道入路设计,已在经腹与经腹膜后途径的机器人肾上腺切除术中得到应用^[13,30]。通过单一 2.5 cm 多通道套管置入 1 支三维高清可转腕摄像头与 3 支双关节可转腕器械,实现单孔操作^[31]。国内多篇文献报告应用术锐单孔多通道装置行肾上腺切除术,提示单孔多通道机器人辅助肾上腺肿瘤切除术安全可行^[8,32]。

(3) 穿刺孔建立

经腹膜后途径推荐在第 11、12 肋最低点稍下方做 3~4 cm 切口。经腹腔途径可选穿刺点位置包括锁骨中线肋缘下^[10]及脐部。经脐部入路更具美容效果,目前仅少数中心开展。关于是否增加辅助孔,单孔机器人肾上腺肿瘤切除术在肿瘤较大(尤其 >5 cm)、嗜铬细胞瘤等富血供肿瘤,粘连风险高、既往腹腔或后腹腔镜手术导致粘连、术中止血困难或需要更强牵拉暴露等情况下,往往需要加用辅助孔以完成吸/冲洗、牵拉、夹闭或能量处理等操作^[11,14,33]。在一项单中心经验中,90%的单孔机器人肾上腺切除术无需额外辅助孔,10%因需要额外牵拉或刚性吸引/冲洗而加用 5 mm 辅助孔^[14]。对于经腹腔右侧肾上腺切除术,常需增加一个辅助孔用于挡开肝脏^[16]。

(4) 手术步骤

经腹腔途径主要步骤包括腹腔探查与肝脏(右)或脾脏(左)游离、游离结肠与十二指肠、游离肾上腺、分离与处理肾上腺中央静脉、切除肿瘤与肾上腺、标本取出与创面处理。经腹膜后途径主要步骤包括清理腹膜后脂肪、游离肾脏显露肾上腺区、游离肾上腺、分离与处理肾上腺中央静脉、切除肿瘤与肾上腺、标本取出与创面处理。术后需根据术中情况决定是否留置引流管。若留置引流管,可经单孔通道或辅助孔留置。

3. 术后管理

(1) 生命体征监测

术后患者应返回麻醉复苏室或病房,常规监测生命体征,包括血压、心率、呼吸频率、血氧饱和度及意识状态。多数单孔机器人肾上腺切除术患者术后可直接返回普通病房,但对于嗜铬细胞瘤切除术或术中出现血流动力学不稳定的患者,建议术后转入 ICU 监护数小时至 24 h,密切监测血压波动及心律失常情况,并持续监测生命体征直至循环状态

稳定。

(2) 疼痛管理

单孔机器人肾上腺切除术因单一切口,腹壁创伤小,术后疼痛程度显著低于传统多孔腹腔镜手术。术后根据患者疼痛程度可分阶梯、分级选用非甾体类、阿片类止痛药。

(3) 恶心呕吐处理

术后恶心呕吐的发生与麻醉药物及 CO₂气腹刺激有关。推荐术中使用预防性止吐药物(如昂丹司琼、地塞米松),术后出现恶心呕吐者及时给予对症处理。

(4) 引流管管理

单孔机器人肾上腺切除术术后需根据术中情况决定是否留置引流管。若术中止血确切、创面无明显渗血,可不留置引流管。若留置引流管,应记录引流液的颜色、性状和引流量,当 24 h 引流量 <50 mL 时,可予以拔除。

(5) 内分泌管理

皮质醇增多症患者术后应予糖皮质激素替代治疗,并根据术后临床表现及血清皮质醇水平调整剂量。手术当日通常给予氢化可的松 100 mg 静脉滴注每 8 h 一次,术后第 1 天改为 100 mg 每 12 h 一次,之后逐步减量并转换为口服制剂(醋酸泼尼松或氢化可的松)。出院后需持续口服激素维持至对侧肾上腺功能恢复(通常需 3~12 个月),期间建议每 1~3 个月复查血皮质醇、促肾上腺皮质激素和电解质以指导减量。双侧肾上腺切除者需终身激素替代治疗。原发性醛固酮增多症患者术后血钾通常在 1~2 周内恢复正常,血压改善一般在术后 1~3 个月出现。术后早期需每周复查 1 次电解质直至稳定。若无残余功能性肿瘤,一般无需长期使用盐皮质激素受体拮抗剂(如螺内酯),但部分患者高血压可能持续存在,需联合降压药物治疗。术后 3~6 个月应行血浆醛固酮/肾素比值或盐水负荷试验评估疗效,如仍存在醛固酮分泌优势,需排查残留或复发。嗜铬细胞瘤患者术后需持续监测血压、心率及血流动力学状态 24~72 h。因术前 α 受体阻滞剂的半衰期较长, α 受体阻断效应可能在术后早期持续存在,导致低血压风险,应适当补充容量和使用血管活性药物。

4. 并发症预防及处理

(1) 出血及大血管损伤

术前通过增强 CT/CTA 三维重建明确肾上腺中

央静脉及毗邻大血管走行,右侧游离时易损伤下腔静脉及右肾动静脉;左侧则需防范左肾门血管,且肿瘤较大时需注意胰腺上缘后方的脾血管。术中优先显露并牢固结扎中央静脉,使用超声刀或双极电凝精细分离。一旦发生渗血可电凝或压迫止血,活动性大血管损伤及出血可采用 Hem-o-lok 夹闭或机器人持针缝合。当出血点不明、腔镜下难以控制、缺乏修复条件,或合并需一并处理的其他脏器损伤时,应果断中转开放。气腹压常掩盖出血,术毕务必降低气腹压,仔细确认无活动性出血后再置引流管关腹。术后出现继发性出血需急诊介入栓塞或二次手术止血。

(2) 胸膜损伤

胸膜损伤多见于膈肌脚附近。经腹膜后途径分离肾上腺顶部时,应紧贴腺体或肿瘤,采用钝性结合锐性剥离,切忌盲目切割。术中若出现无失血诱因的血压骤变、通气阻力增加及血氧饱和度无明显原因下降,须警惕气胸。对于破损处胸膜可行腔镜或开放下缝合,并根据积气量选择穿刺排气或胸腔闭式引流。

(3) 腹膜损伤

此为后腹腔镜常见并发症。预防关键在于腋前线套管穿刺前先推开腹膜,并在直视下置入。若发生腹膜破损且无内脏损伤,通常无需特殊处理;可用 Hem-o-lok 夹闭或腔镜下缝合腹膜破损。

(4) 腹腔脏器损伤

左侧手术时,离断脾结肠、脾肾韧带,轻柔内移脾脏和胰尾,显露肾上腺,避免损伤胰腺和脾脏;右侧手术时,松解肝肾韧带推移肝脏,重点辨识十二指肠、结肠肝曲并避免损伤。如发生脾脏、胰尾或肝脏包膜撕裂可电凝或使用止血纱布压迫止血,十二指肠或结肠损伤可一期缝合加充分引流,污染严重者需造口或分期手术。

(5) 气腹相关并发症

维持气腹压力 12~14 mmHg,术中监测呼气末 CO₂ 及动脉血气以预防高碳酸血症和气体栓塞;轻度皮下气肿多可自行吸收,高碳酸血症可增加通气频率并降低气腹压,怀疑气体栓塞时立即停止注气、取左侧卧位、中心静脉抽气并予纯氧通气。

(6) 切口疝

关闭切口时逐层严密缝合腹壁各层,对肥胖、糖尿病、营养不良或疝病史患者术后使用腹带,并嘱其术后 3 个月内避免剧烈增加腹压(如剧烈咳嗽、便秘、

负重);小而无症状的切口疝可行腹带约束随访,有症状或较大的疝需择期行开放或腹腔镜下修补术^[34]。

(7) 肾上腺皮质功能不全

识别高危人群(双侧肾上腺切除、对侧肾上腺功能低下、长期使用外源性糖皮质激素、库欣综合征术后),术前评估对侧肾上腺储备,围术期预防性使用氢化可的松;出现低血压、低钠、高钾、意识障碍时立即静脉注射氢化可的松 100 mg 继以 50~100 mg 每 6 h,同时补液纠正电解质,休克者加用血管活性药物,稳定后转为口服替代。

(8) 机器人特有并发症

术前执行机器人系统自检并备好手动腹腔镜器械及开放手术器械,单孔操作时合理设计切口位置以减少器械相互干扰;一旦出现系统故障(信号中断、死机)应立即停止操作,尝试重启失败后切换为传统腹腔镜或开放手术,若器械碰撞严重可增加辅助孔或重新调整机械臂位置。

5. 术者培训

拟开展单孔机器人肾上腺切除术的术者,需先接受针对性的操作培训,并严格把控手术适应证,优先选择瘤体较小、BMI 较低的患者;随着技术熟练度提升,可酌情逐步放宽适应证。同时,强化团队协作,配备具备丰富腹腔镜肾上腺切除术经验的助手,并选用合适的器械设备,是确保单孔机器人肾上腺切除术顺利实施的关键保障。

执笔:徐维锋(中国医学科学院北京协和医院)

秘书:魏梦超(中国医学科学院北京协和医院)

参与讨论与审定专家(按姓氏拼音排序):毕建斌(中国医科大学附属第一医院);陈辉(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院);楚宁(黑龙江省医院);崔亮(民航总医院);耿波(哈尔滨医科大学第二附属医院);顾朝辉(郑州大学第一附属医院);何卫阳(重庆医科大学附属第一医院);纪志刚(中国医学科学院北京协和医院);赖彩永(北京市密云区医院);兰卫华(陆军军医大学大坪医院);李杰(浙江省丽水市中心医院);李晓东(新疆医科大学第一附属医院);李学松(北京大学第一医院);梁清(徐州市中心医院);刘屹立(中国医科大学附属第四医院);刘卓炜(中山大学肿瘤防治中心);罗晓辉(陕西省宝鸡市中心医院);牛海涛(青岛大学附属医院);戚景光(徐州市新健康老年病医院);任宝明(西北大学附属西安市第三医院);邵继春(成都医学院第二附属医院·核工业四一六医院);湛诚

(北京大学第一医院);宋宁宏(江苏省肿瘤医院);孙云(新疆石河子市人民医院);王春阳(哈尔滨医科大学附属第一医院);王道虎(中山大学附属第一医院);王东(四川省人民医院);王刚(北京大学首钢医院);王海峰(昆明医科大学第二附属医院);王赫(哈尔滨市第一医院);王科(青岛大学附属医院);王林辉(上海长海医院);王龙(中南大学湘雅三医院);夏溟(北京大学国际医院);肖荆(首都医科大学附属北京友谊医院);徐维锋(中国医学科学院北京协和医院);杨杰(江苏省肿瘤医院);杨立(兰州大学第二医院);杨迎中(北京大学第一医院太原医院);姚林(北京大学第一医院);俞国杰(乌鲁木齐市友谊医院);赵耀瑞(天津康汇医院);支轶(重庆医科大学附属第三医院);周利群(北京大学第一医院);朱绍兴(福建医科大学附属协和医院)

利益冲突声明: 编撰专家成员均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Gagner M, Lacroix A, Bolté E. Laparoscopic adrenalectomy in Cushing's syndrome and pheochromocytoma[J]. N Engl J Med, 1992, 327(14): 1033. DOI: 10.1056/NEJM199210013271417.
- [2] Smith CD, Weber CJ, Amerson JR. Laparoscopic adrenalectomy: new gold standard[J]. World J Surg, 1999, 23(4): 389-396. DOI: 10.1007/PL00012314.
- [3] Germain A, Klein M, Brunaud L. Surgical management of adrenal tumors[J]. J Visc Surg, 2011, 148(4): e250-e261. DOI: 10.1016/j.jvisurg.2011.06.003.
- [4] Rané A, Rao P, Rao P. Single-port-access nephrectomy and other laparoscopic urologic procedures using a novel laparoscopic port (R-port)[J]. Urology, 2008, 72(2): 260-263. DOI: 10.1016/j.urology.2008.01.078.
- [5] Fan X, Lin T, Xu K, et al. Laparoendoscopic single-site nephrectomy compared with conventional laparoscopic nephrectomy: a systematic review and meta-analysis of comparative studies[J]. Eur Urol, 2012, 62(4): 601-612. DOI: 10.1016/j.eururo.2012.05.055.
- [6] Rao PP, Rao PP, Bhagwat S. Single-incision laparoscopic surgery - current status and controversies[J]. J Minim Access Surg, 2011, 7(1): 6-16. DOI: 10.4103/0972-9941.72360.
- [7] Spana G, Rane A, Kaouk JH. Is robotics the future of laparoendoscopic single-site surgery (LESS)?[J]. BJU Int, 2011, 108(6b): 1018-1023. DOI: 10.1111/j.1464-410x.2011.10513.x.
- [8] 魏勇, 沈露明, 沈百欣, 等. 运用国产单孔机器人手术系统完成腹膜后入路单孔肾上腺切除术的初步经验(附视频)[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(1): 13-19. DOI: 10.12180/j.issn.2096-7721.2024.01.003.
- Wei Y, Shen LM, Shen BX, et al. Preliminary experience of single-hole adrenalectomy through retroperitoneal approach using domestic single-hole robotic surgical system (with video)[J]. Chin J Rob Surg, 2024, 5(1): 13-19. DOI: 10.12180/j.issn.2096-7721.2024.01.003.
- [9] 朱清毅, 张超, 魏勇, 等. 国产单孔蛇形臂机器人手术系统在经后腹腔肾肿瘤肾部分切除术和肾上腺肿瘤切除术中的初步应用[J]. 海军军医大学学报, 2022, 43(10): 1189-1193. DOI: 10.16781/j.cn31-2187/R.20220284.
- Zhu QY, Zhang C, Wei Y, et al. Preliminary application of domestic single-hole snake-arm robot surgical system in retroperitoneal partial nephrectomy and adrenal tumor resection[J]. Acad J Nav Med Univ, 2022, 43(10): 1189-1193. DOI: 10.16781/j.cn31-2187/R.20220284.
- [10] 吴震杰, 王坚超, 王杰, 等. 机器人单孔腹腔镜肾上腺肿瘤切除术初步临床应用报告[J]. 临床泌尿外科杂志, 2017, 32(6): 437-439, 443.
- Wu ZJ, Wang JC, Wang J, et al. Robotic laparoendoscopic single-site(LESS)adrenalectomy: report of preliminary clinical application[J]. J Clin Urol, 2017, 32(6): 437-439, 443.
- [11] Lee IA, Kim JK, Kim K, et al. Robotic adrenalectomy using the da vinci SP robotic system: technical feasibility comparison with single-port access using the da vinci multi-arm robotic system[J]. Ann Surg Oncol, 2022, 29(5): 3085-3092. DOI: 10.1245/s10434-021-11208-2.
- [12] Fang AM, Fazendin JM, Rais-Bahrami S, et al. Comparison of perioperative outcomes between single-port and multi-port robotic adrenalectomy[J]. Am Surg, 2023, 89(5): 1668-1672. DOI: 10.1177/00031348221075777.
- [13] Kim BC, Kwon D, Pak SJ, et al. Safety and feasibility of single-port surgery for posterior retroperitoneal adrenalectomy using the da Vinci SP robotic system: a retrospective cohort study[J]. Surg Endosc, 2023, 37(11): 8269-8276. DOI: 10.1007/s00464-023-10380-8.
- [14] Rudnick B, Billah MS, Nguyen J, et al. Surgical technique and perioperative outcomes following single-port robotic adrenalectomy: a single institutional experience[J]. J Endourol, 2024, 38(4): 353-357. DOI: 10.1089/end.2023.0406.
- [15] Agcaoglu O, Karahan SN, Tufekci T, et al. Single-incision robotic adrenalectomy (SIRA): the future of adrenal surgery?[J]. Gland Surg, 2020, 9(3): 853-858. DOI: 10.21037/gs-2019-ra-02.
- [16] Arghami A, Dy BM, Bingener J, et al. Single-port robotic-assisted adrenalectomy: feasibility, safety, and cost-effectiveness[J]. JSLS, 2015, 19(1): e2014.00218. DOI: 10.4293/JSLS.2014.00218.
- [17] Reitano G, Tumminello A, Prevato C, et al. Adrenalectomy performed with the da vinci single-port robotic system: a systematic review and pooled analysis[J]. Cancers, 2025, 17(8): 1372. DOI: 10.3390/cancers17081372.
- [18] Park JH, Walz MK, Kang SW, et al. Robot-assisted posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy: single port access[J]. J Korean Surg Soc, 2011, 81(Suppl 1): S21-S24. DOI: 10.4174/jkss.2011.81.Suppl1.S21.
- [19] Kim K. Single-port robotic posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy: current perspectives, technical considerations, and future directions[J]. J Clin Med, 2025, 14(7): 2314. DOI: 10.3390/jcm14072314.
- [20] Park JH, Kim SY, Lee CR, et al. Robot-assisted posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy using single-port access:

- technical feasibility and preliminary results[J]. *Ann Surg Oncol*, 2013, 20(8): 2741-2745. DOI: 10.1245/s10434-013-2891-z.
- [21] Nomine-Criqui C, Germain A, Ayav A, et al. Robot-assisted adrenalectomy: indications and drawbacks[J]. *Updat Surg*, 2017, 69(2): 127-133. DOI: 10.1007/s13304-017-0448-6.
- [22] Suradi HH, Amarín JZ, Zayed AA. Adrenal incidentaloma[J]. *N Engl J Med*, 2021, 385(8): 768. DOI: 10.1056/nejmc2108550.
- [23] Kim J, Roman S. We asked the experts: how does a surgeon select the optimal approach for minimally invasive adrenalectomy?[J]. *World J Surg*, 2022, 46(6): 1442-1444. DOI: 10.1007/s00268-022-06516-x.
- [24] 《腹腔镜肾上腺手术规范专家共识》专家组. 腹腔镜肾上腺手术规范专家共识[J]. 微创泌尿外科杂志, 2021, 10(3):145-151. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.03.001.
- Expert Group of Laparoscopic Adrenalectomy. Expert consensus of laparoscopic adrenalectomy[J]. *J Minim Invasive Urol*, 2021, 10(3): 145-151. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.03.001.
- [25] Hegazy M, Toubasey S, Del Giudice F, et al. Contemporary practice in adrenal surgery: a review of multiport versus single-port and transperitoneal versus retroperitoneal approaches[J]. *Eur Urol Focus*, 2025, 11(1): 26-28. DOI: 10.1016/j.euf.2025.05.004.
- [26] Kobayashi T, Iwai A, Takahashi R, et al. Spontaneous rupture of adrenal pheochromocytoma: review and analysis of prognostic factors[J]. *J Surg Oncol*, 2005, 90(1): 31-35. DOI: 10.1002/jso.20234.
- [27] Lenders JW, Eisenhofer G, Mannelli M, et al. Pheochromocytoma[J]. *Lancet*, 2005, 366(9486): 665-675. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67139-5.
- [28] Madani A, Lee JA. Surgical approaches to the adrenal gland[J]. *Surg Clin N Am*, 2019, 99(4): 773-791. DOI: 10.1016/j.suc.2019.04.013.
- [29] Sywak M, Pasieka JL. Long-term follow-up and cost benefit of adrenalectomy in patients with primary hyperaldosteronism[J]. *Br J Surg*, 2002, 89(12): 1587-1593. DOI: 10.1046/j.1365-2168.2002.02261.x.
- [30] Yu DY, Chang YW, Ku D, et al. Comparison of da Vinci SP and Xi surgical systems for robotic lateral transperitoneal adrenalectomy: a retrospective single-center observational study[J]. *Ann Surg Treat Res*, 2025, 108(6): 367-373. DOI: 10.4174/astr.2025.108.6.367.
- [31] Bianco FM, Dreifuss NH, Chang B, et al. Robotic single-port surgery: Preliminary experience in general surgery[J]. *Int J Med Robot*, 2022, 18(6): e2453. DOI: 10.1002/rcs.2453.
- [32] Wang Z, Zhang C, Jing T, et al. A novel single-port robotic system in urology: a prospective multicenter single-arm clinical trial evaluating feasibility and efficacy of first 50 cases[J]. *Asian J Urol*, 2025, 12(2): 152-161. DOI: 10.1016/j.ajur.2024.07.002.
- [33] Zhang P, Pei Y, Zhi Y, et al. Comparative study of single-port single-channel and single-port multi-channel adrenalectomy in various maximum tumor diameters[J]. *BMC Surg*, 2025, 25(1): 6. DOI: 10.1186/s12893-024-02746-z.
- [34] 刘子文, 曹桢. 腹壁切口疝修复的现状与思考 [J/OL]. 中华疝和腹壁外科杂志(电子版), 2025, 19(1): 21-24. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-392X.2025.01.004.
- Liu ZW, Cao Z. Current status and considerations in abdominal wall incisional hernia repair[J/OL]. *Chin J Hernia Abdom Wall Surg Electron Ed*, 2025, 19(1): 21-24. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-392X.2025.01.004.

(收稿日期:2026-08-24)

(本文编辑:阮星星 刘芙蓉)

国产腔镜手术机器人系统的临床应用解决方案研究项目专家组. 单孔机器人肾上腺切除术专家共识 [J/OL]. 中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2026, 20(5): 491-497.

Expert Group on Clinical Application Solutions for Domestic Laparoscopic Surgical Robot Systems. Expert consensus on single-port robotic adrenalectomy[J/OL]. *Chin J Endourol(Electronic Edition)*, 2026, 20(5): 491-497.