

· 综 述 ·

## 机器人在肾部分切除术中的应用进展

熊波波, 张劲松, 李 宁, 王海峰, 左毅刚, 王剑松

(昆明医科大学第二附属医院泌尿外科, 云南省泌尿外科研究所, 云南昆明 650101)

**摘要:**肾癌是我国泌尿系常见的肿瘤之一。为了保留部分肾单位,对 T1~T3 期肾癌患者来说肾部分切除术为首选。肾部分切除术术式发展经历了从开放到普通腹腔镜,再到机器人辅助腹腔镜。机器人辅助肾部分切除术是一种有前景的微创手术,有经腹腔和后腹腔入路方式,各有优缺点,选择时可考虑不同途径手术的适应证。目前新技术,如吲哚菁绿(ICG)荧光实时显影技术、3D 打印技术、虚拟现实技术等与机器人结合降低了手术难度,使复杂手术简单化。同时,机器人单孔肾部分切除术也逐渐应用于临床,其疗效和安全性也得到肯定。机器人具有操作灵活、高清 3D 画面及创伤小等优点,但高昂的费用限制了广泛应用,随着医疗水平与经济的发展,机器人手术必将成为微创的主流。

**关键词:**机器人;肾部分切除术;肾肿瘤;单孔腹腔镜

**中图分类号:**R737.11

**文献标志码:**R

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-8291.2020.07.020

肾细胞癌(renal cell carcinoma, RCC)是最常见的肾癌之一,约占原发性肾癌的 85% 左右<sup>[1]</sup>。目前手术治疗是肾癌的主要处理方式。临床上 T1 期肾癌的发现率逐年增加,对小肾癌的手术治疗更倾向于采用肾部分切除术,这可能会降低患者日后发生慢性肾病的风险<sup>[2]</sup>。随着泌尿微创技术的发展,肾部分切除术经历了从开放性到腹腔镜或者机器人辅助腹腔镜的演变方式,已经逐步取代了传统的手术方式<sup>[2]</sup>。机器人辅助手术具有精细操作和高清画面,在临床上得到广大医生的认可,我国从 2007 年开始将机器人运用到泌尿外科手术中<sup>[3]</sup>。至今国内外多项研究表明机器人辅助肾癌根治术、肾部分切除术及腔静脉肾癌栓取出术是一种安全、创伤小、术后恢复快的新技术方式<sup>[4-6]</sup>。本综述结合国内外近期文献,对机器人肾部分切除术治疗的应用现状进行分析总结。

## 1 肾部分切除术术式发展

肾部分切除术的传统方式是开放手术,目前开放性肾部分切除术(open partial nephrectomy, OPN)在国内部分医院仍然是主要的手术方式,但该手术切口大、术中出血多、术后恢复慢、并发症也相对较多<sup>[7]</sup>。随着微创技术的发展,腹腔镜逐步运用于泌尿外科疾病的治疗并取代传统的开放手术<sup>[8]</sup>。研究表明对早期局限性肾癌(T1 期)患者采用腹腔镜肾部分切除术(laparoscopic partial nephrectomy, LPN)取得了良好的效果,但腹腔镜手术需要更加精细的手术操作系统,其在视野及操作上存在不足,技术难度和较长的学

习曲线限制了 LPN 的快速发展<sup>[7]</sup>。达芬奇机器人的出现具有重大意义,其具备 3D 操作视野、高清显示仪器、突破人手的局限的 360° 旋转操作优势,能做到高清显示、操作精细、缝合完美等,提高了手术效率及质量<sup>[8]</sup>。高宇等<sup>[9]</sup>指出 GETTMAN 在 2004 年首次报道了机器人辅助腹腔镜肾部分切除术(robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy, RLPN)在阳性切缘率、手术时间、术中出血、热缺血时间和缝合方面取得满意的效果。近年来,RLPN 在临床上的运用越来越多,同时可结合肾癌定位技术(术中超声、近红外荧光显像技术、3D 打印及 CT 三维技术等)和无阻断肾动脉技术等使术后的近、远期随访过程中肾肿瘤几乎无复发<sup>[10-13]</sup>。机器人在肾部分切除术中具有更好的疗效及安全性,是传统腹腔镜和开放手术不能达到的高度。

## 2 机器人在肾部分切除术中的应用

### 2.1 机器人辅助肾部分切除手术的适应证与禁忌证

RLPN 的适应证包括孤立肾肿瘤、双肾肾肿瘤、肾肿瘤伴有肾功能不全及肾功能正常的单侧肾肿瘤,且满足位置表浅、外生且 T1 期等条件,这些适应证其实与腹腔镜肾部分切除术及开放肾部分切除术类似<sup>[14]</sup>。RLPN 对肾肿瘤的治疗具有明显的优势,手术适应证已扩大,可应用肾门肿瘤和完全内生型肾肿瘤<sup>[9]</sup>。ABDEL 等<sup>[15]</sup>对 2005—2015 年期间在三级医疗机构接受 RLPN( $n=52$ )或 OPN( $n=37$ )的 89 例完全内生肾肿瘤患者进行回顾性分析,RLPN 组并发症更少,随访 5 年发现 RLPN 组患者的肿瘤控制更好,因此认为 RLPN 是治疗完全内生性肾肿瘤安全可行的选择。pT3a 肾癌同样适合行 RLPN, ANDRADE 等<sup>[16]</sup>提出了 RLPN 治疗的局部 pT3a 肾癌患者具有较好的短期肿瘤学和更好的肾功能结果。

RLPN 的禁忌证包括肾癌局部或者远处转移,多

收稿日期:2019-05-20

修回日期:2019-11-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 81660423; No. 81660422); 云南省科技厅-昆明医科大学联合基础研究面上项目(No. 2017FE468-059)

通信作者:张劲松,副主任医师。E-mail: zhangjinsongkm@163.com

作者简介:熊波波,硕士研究生在读,住院医师,研究方向:泌尿外科微创治疗。E-mail: m15879173880@163.com

发肾癌,合并严重的心血管、肺部和血液方面的疾病及有既往腹腔手术病史等。

**2.2 机器人辅助肾部分切除术的优缺点** PEYRONNET等<sup>[17]</sup>研究比较 RLPN 和 OPN 术后肿瘤学的结果,纳入 1 800 例患者,937 例接受 RLPN 治疗,863 例接受 OPN 治疗,OPN 术后中位随访 13 个月,RLPN 术后随访 39 个月,结果 2 组癌症特异性存活和无复发存活中期肿瘤学疗效结果相似。WALLIS 等<sup>[18]</sup>指出 RLPN 确实提供了与开腹和腹腔镜肾部分切除术相当的短期肿瘤疗效和肾功能结果。以上说明了 RLPN 对肿瘤学控制是值得认可的。RLPN 还能有效缩短热缺血时间,ZARGAR 等<sup>[19]</sup>研究对比 937 例 RLPN 患者和 863 例 OPN 患者的资料,发现 RLPN 与 OPN 的热缺血时间分别是 15.7 min、18.6 min。

RLPN 也存在不足之处,比如费用相对较高。GOLOMBOS 等<sup>[21]</sup>评估 RLPN 与 LPN 的住院费用,RLPN 住院费用(53 681 美元)明显高于 LPN(14 461 美元)( $P < 0.01$ ),可能与设备器材及手术室成本等综合因素相关。机器人操作系统缺乏术者触觉效应,对脏器的触觉只能凭感觉来判断,比如在缝合过程中对线结的松紧度判断不准,只能靠视觉凭感觉,一旦线结不牢固,术后可能大出血,影响术后治疗<sup>[9]</sup>。

**2.3 机器人辅助肾部分切除术经腹腔和后腹腔途径的比较** RLPN 可以通过经腹腔和后腹腔入路方式手术,各有优缺点。后腹腔解剖相对简单,且术者对后腹腔操作熟悉,另外后腹腔 RLPN 对胃肠道影响较小,患者术后胃肠道恢复较快,缩短了住院时间。ARORA 等<sup>[22]</sup>纳入了 2014—2018 年 9 个国家 14 个中心的 493 例患者,其中 99 例患者接受了后腹腔 RLPN 治疗,394 例接受了经腹腔 RLPN。对结果进行比较,住院时间具有显著差异( $P < 0.01$ ),术中出血、手术时间、热缺血时间、术中并发症、术后严重并发症及阳性手术切缘等方面未见明显差异( $P > 0.05$ ),可见经腹腔和后腹腔入路 RLPN 相比,除了住院时间较短,其他方面均无明显差异。另外一项研究也得出同样结果,PAULUCCI 等<sup>[23]</sup>比较后腹腔和经腹腔 RLPN 围手术期和肾功能的的结果,纳入 519 例符合纳入标准且接受经腹腔 RLPN( $n = 357$ , 68.8%)或后腹腔 RLPN( $n = 162$ , 31.2%)治疗后位 cT1 的肾肿瘤患者。结果与经腹腔 RLPN 相比,后腹腔 RLPN 手术时间与住院时间更短,热缺血时间、失血量、阳性切缘率、并发症和肾功能差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。邵胜等<sup>[24]</sup>研究了 345 例肾癌患者,102 例行经腹腔 RLPN,12 例行后腹腔 RLPN,

122 例行腰腹联合 RLPN,结果经腰腹联合 RLPN 手术时间最短,其次是后腹腔入路,经腹腔入路最长,3 种入路在术中出血、热缺血时间及并发症方面无差异。腰腹联合 RLPN 的手术方式是安全有效的。后腹腔 RLPN 手术的住院日期比经腹腔 RLPN 短,目前国内医院提倡术后患者快速康复,手术路径的选择也是一个能提高患者术后快速康复的方法。

**2.4 机器人辅助肾部分切除术在 T1~T3 期肾癌中的应用** 肾部分切除术是将肾肿瘤完整地 from 肾脏中剝出,保留了部分肾单位,特别是降低了孤立肾肾癌患者术后透析风险<sup>[25]</sup>。传统开放手术和腹腔镜手术在处理肾血管、肿瘤切除及缝合重建肾脏方面不够精细<sup>[26]</sup>,达芬奇机器人有效弥补了以上几方面存在的不足,因此运用更加广泛<sup>[27]</sup>。众所周知,RLPN 能更好地控制 T1 期肾肿瘤切缘阳性率及围手术期的并发症<sup>[28]</sup>。对 T2 期甚至是 T3 期肾肿瘤,RLPN 的治疗也取得了一定进展,BERTOLO 等<sup>[29]</sup>多中心分析了 T2a 期共 298 例肾癌患者行 RLPN 的效果与安全性,肿瘤平均直径为 7.6 cm,结果 20 例患者的手术切缘阳性(8%),中位随访时间为 12 个月,10 例患者死亡,因此认为 T2a 期肾癌患者可以行 RLPN,但仍需进一步的研究为患者制定更大的适应范围。LI 等<sup>[30]</sup>研究了 RLPN 与根治性肾癌术在 T2a 和 T2b 肾肿瘤术后肿瘤治疗效果和并发症并进行了荟萃分析,认为部分切除术在肿瘤复发方面与根治性肾癌术相当( $P < 0.001$ ),但是并发症高于根治性肾癌术( $P < 0.001$ ),总体来说,RLPN 对 T2a 或者 T2b 肾肿瘤治疗是可行的。ANDRADE 等<sup>[16]</sup>比较了 RLPN 与根治性肾癌术在 T3a 期肾癌中的术后肿瘤学与功能学,2 组分别纳入了 70 例 T3a 期肾癌患者,研究指标包括患者的总生存期(overall survival, OS)、癌症特异性生存期(cancer-specific survival, CSS)和无复发生存期(recurrence-free survival, RFS),患者均完成手术,随访中位时间为 20 个月,RLPN 组与根治性组患者肾功能保留率分别为 86%和 70%( $P < 0.001$ ),OS 率分别为 90%和 84%( $P = 0.42$ ),CSS 率分别为 94%和 95%( $P = 0.78$ ),RFS 率分别为 95%和 100%( $P = 0.06$ )。RLPN 在局部 T3a 期肾癌具有很好的短期肿瘤学疗效,并且更好地保留了肾功能,在术者技术熟练和患者全身基础情况允许的前提下,T3a 期肾癌不应该成为保留肾功能手术的决定因素。PENG 等<sup>[31]</sup>评估了 RLPN 在非转移性 T3a 期肾癌的预后,结果和 ANDRADE 等团队研究结果类似。国内外研究表明,由于机器人有精准定位和高清显示,对 T2a、T2b 和 T3a 期等肾癌患者行肾部分切除

术有疗效且安全,此外,复杂性肾癌可进行保留肾单位切除术。

**2.5 机器人在单孔肾部分切除术中的应用** 为进一步减少手术操作通道,机器人单孔肾部分切除术开始在临床应用。相较于普通单孔腹腔镜,机器人单孔肾部分切除术克服了机械交叉干扰等问题,降低了手术操作难度。KAOUK 等<sup>[32]</sup>研究 3 例适合行机器人单孔肾部分切除术的患者资料,术中无并发症发生,手术平均时间为 180 min,热缺血时间为 25 min,3 例患者术后切缘均为阴性,证实了机器人单孔肾部分切除术是可行的。SHIN 等<sup>[33]</sup>纳入了 159 例均可行肾部分切除术的肾癌患者,其中 79 例行机器人单孔肾部分切除术,80 例行多孔机器人肾部分切除术。结果在手术切缘率和并发症方面 2 组无统计学差异,单孔组的手术时间和热缺血时间比多孔组长,差异有统计学意义。研究还发现单孔组术后的疼痛评分显著低于多孔组。总而言之,机器人单孔手术优点众多,推动着单孔肾部分切除术的发展,但对术者的手术操作技术和经验要求较高,这也是限制单孔技术快速发展的原因。

**2.6 新技术在机器人辅助肾部分切除术中的应用** 新技术可辅助医师指导手术方案,可辅助术者术前进行肿瘤定位,其包括吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)荧光实时显影技术、3D 打印技术、虚拟现实技术等。吲哚菁绿能与血液中血浆蛋白和肾近曲小管分泌的胆红素易位酶结合,术中使用近红外荧光摄像监测,肾肿瘤呈现低荧光状态,有助于区分肿瘤组织和正常组织。刘承宗等<sup>[34]</sup>研究认为术中荧光技术辅助肾部分切除术是安全可行的,其最大的优势是可辨别肿瘤边界和选择性肾动脉阻断。3D 打印技术通俗理解为将器官以数字模型信息储存,在三维重建技术上将需要的图像打印成实物模型,可以直观地了解肿瘤的大小、位置和毗邻关系。VON RUNDSTEDT 等<sup>[35]</sup>团队对机器人辅助肾部分切除术的肾肿瘤患者术前打印 3D 模型,并进行模拟肿瘤的切除术,结果模拟手术的手术时间上与实际手术基本一样,并且肿瘤切除大小与模型肿瘤体积几乎一样,因此认为 3D 打印不但可以在术前进行精准定位,还对年轻医师的培训和增进患者对手术的理解具有重要意义。虚拟现实技术实现了虚拟影像和实体的融合,通过对肾肿瘤的虚拟导航和测绘图像与实体融合,误差极小。WAKE 等<sup>[36]</sup>将肾肿瘤的 3D 影像信息与术中实体影像相融合,在机器人辅助肾部分切除术中可清晰地看到肿瘤和血管。虚拟现实技术安全可行,同时也降低了手术的难度。机器人辅助肾部分切除术联合高级成像技术可以协助术者制定最优的手术方案,在术中

实施精准的操作,使复杂手术简单化<sup>[37]</sup>。

### 3 学习曲线

开放性手术是腹腔镜和机器人手术的学习基础,年轻术者应熟练掌握开放手术,从开放手术到腹腔镜手术的学习过程是漫长的,但是掌握了腹腔镜微创技术后,机器人的操作学习会变得简单,所以对腹腔镜手术的学习至关重要<sup>[38]</sup>。对 RLPN 的学习曲线定义为“三连胜”,即肿瘤学指标、热缺血时间及肾功能变化。目前国外报道的学习曲线是 5~36 例<sup>[39]</sup>,而国内王林辉通过研究提出的学习曲线为 15~20 例,可以从快速上升期达到熟练期<sup>[40]</sup>。学习曲线的长短与术者及团队配合等因素相关,术者要具备扎实的解剖功底和娴熟的腔镜技术,同时积累丰富的手术经验;团队配合默契,工作效率高有利于缩短学习曲线。最后学习曲线存在个体差异性,应实事求是,寻求适合自己的学习方式<sup>[40]</sup>。

### 4 总结

综上所述,机器人肾部分切除术相对于开放及普通腹腔镜手术具有一定的优势,能减少术中出血,缩短手术时间和住院时间等。机器人手术操作系统弥补了传统腔镜的不足,让解剖更清晰,操作更精细,对肾癌治疗具有积极作用。但机器人手术费用昂贵,这也是制约其发展的因素。未来随着经济实力及科技的快速发展,相信在肾癌的临床治疗中,机器人手术具有广阔的发展前景。

#### 参考文献:

- [1] TAHBAZ R, SCHMID M, MERSEBURGER AS. Prevention of kidney cancer incidence and recurrence: Lifestyle, medication and 5 nutrition[J]. *Curr Opin Urol*, 2018, 28(1): 62-79.
- [2] RODRÍ GUEZ-COVARRUBIAS F, RIVERA-RAMIREZ JA, GABILONDO-PLIEGO B, et al. Surgical treatment of renal-cell carcinoma in elderly people[J]. *Actas Urol Esp*, 2016, 40(6): 395-399.
- [3] 黄媛媛, 王良梅, 李萍, 等. 达芬奇机器人辅助腹腔镜下肾癌根治术后患者生活质量及其影响因素分析[J/OL]. *中国医学前沿杂志*, 2018, 10(9): 123-127.
- [4] 叶孙益, 王平, 秦杰, 等. 机器人辅助腹腔镜治疗肾癌伴静脉血栓的初步经验[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2018, 33(6): 439-442.
- [5] 曹鹏, 姜永光, 赵佳晖. 机器人辅助腹腔镜泌尿外科手术中的早期应用体会(附 28 例报告)[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2017, 32(11): 856-860.
- [6] TORRICELLI F, DE CARVALHO PA, GUGLIELMETTI GB, et al. Robot-assisted laparoscopic local recurrence resection after radical prostatectomy[J]. *Int Braz J Urol*, 2019, 45(1): 192.
- [7] 袁建林, 袁稼茵, 叶永利, 等. 浅谈机器人辅助腹腔镜肾癌手术理念的转变[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2017, 6(2): 70-73.

- [8] HELMERS MR, BALL MW, GORIN MA, et al. Robotic versus laparoscopic radical nephrectomy: Comparative analysis and cost considerations[J]. *Can J Urol*, 2016, 23(5): 8435-8440.
- [9] 高宇, 张旭. 机器人肾部分切除术的应用现状和研究进展[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2016, 5(1): 56-62.
- [10] DELL'OGLIO P, DE NAEYER G, XIANGJUN L, et al. The impact of surgical strategy in robot-assisted partial nephrectomy: is it beneficial to treat anterior tumours with transperitoneal access and posterior tumours with retroperitoneal access? [J]. *Eur Urol Oncol*, 2019, 163(6): 1-5.
- [11] 宗德斌, 赵积晔, 田兵, 等. 机器人辅助腹腔镜手术在泌尿系统肿瘤治疗中的应用进展[J]. *大连医科大学学报*, 2017, 39(2): 189-192.
- [12] 祝敏, 宋秘, 张长升, 等. 后腹腔镜保留肾单位手术治疗局限性肾癌相关技术的研究进展[J]. *山东医药*, 2018, 58(5): 106-109.
- [13] LIU F, YUAN H, LI X, et al. Application of hypothermic perfusion via a renal artery balloon catheter during robot-assisted partial nephrectomy and effect on renal function[J]. *Acad Radiol*, 2019, 26(8): e196-e201.
- [14] KOLOMBO I, PONESICKÝ J, TOBERNÝ M, et al. Renal cell carcinoma in the coming era of robotic technology[J]. *Cas Lek Cesk*, 2011, 150(4-5): 215-222.
- [15] ABDEL RAHEEM A, CHANG KD, ALENZI MJ, et al. Robot-assisted partial nephrectomy for totally endophytic renal tumors: Step by step standardized surgical technique and long-term outcomes with a median 59-month follow-up [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2019, 29(1): 1-11.
- [16] ANDRADE HS, ZARGAR H, AKCA O, et al. Is robotic partial nephrectomy safe for t3a renal cell carcinoma? experience of a high-volume center[J]. *J Endourol*, 2017, 31(2): 153-157.
- [17] PEYRONNET B, SEISEN T, OGER E, et al. Comparison of 1800 robotic and open partial nephrectomies for renal tumors[J]. *Ann Surg Oncol*, 2016, 23(13): 4277-4283.
- [18] WALLIS CJ, GARBENS A, CHOPRA S, et al. Robotic partial nephrectomy: Expanding utilization, advancing innovation [J]. *J Endourol*, 2017, 31(4): 348-354.
- [19] ZARGAR H, AKCA O, RAMIREZ D, et al. The impact of extended warm ischemia time on late renal function after robotic partial nephrectomy[J]. *J Endourol*, 2015, 29(4): 444-448.
- [20] SEYAM RM, ALALAWI MM, ALKHUAIK WK, et al. Operative outcomes of robotic partial nephrectomy. A report of the first 101 cases from a single center in Saudi Arabia [J]. *Saudi Med J*, 2019, 40(1): 33-40.
- [21] GOLOMBOS DM, CHUGHTAI B, TRINH QD, et al. Adoption of technology and its impact on nephrectomy outcomes, a u. s. population-based analysis (2008-2012) [J]. *J Endourol*, 2017, 31(1): 91-99.
- [22] ARORA S, HEULITT G, MENON M, et al. Retroperitoneal vs transperitoneal robot-assisted partial nephrectomy: Comparison in a multi-institutional setting [J]. *Urology*, 2018, 120(7): 131-137.
- [23] PAULUCCI DJ, BEKSAC AT, PORTER J, et al. A multi-institutional propensity score matched comparison of transperitoneal and retroperitoneal partial nephrectomy for ct1 posterior tumors [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2019, 29(1): 29-34.
- [24] 郝胜, 周骏, 施浩强, 等. 机器人辅助腹腔镜肾部分切除术不同手术入路的近期疗效分析[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2019, 34(1): 18-21, 26.
- [25] PHUNG MC, LEE BR. Recent advancements of robotic surgery for kidney cancer [J]. *Asian J Endosc Surg*, 2018, 11(4): 300-307.
- [26] BEAUVAL JB, PEYRONNET B, BENOIT T, et al. Long-term oncological outcomes after robotic partial nephrectomy for renal cell carcinoma: A prospective multicentre study [J]. *World J Urol*, 2018, 36(6): 897-904.
- [27] TAN JL, FRYDENBERG M, GRUMMET J, et al. Comparison of perioperative, renal and oncologic outcomes in robotic-assisted versus open partial nephrectomy [J]. *ANZ J Surg*, 2018, 88(3): E194-E199.
- [28] TANAKA K, TEISHIMA J, TAKENAKA A, et al. Prospective study of robotic partial nephrectomy for renal cancer in Japan: Comparison with a historical control undergoing laparoscopic partial nephrectomy [J]. *Int J Urol*, 2018, 25(5): 472-478.
- [29] BERTOLO R, AUTORINO R, SIMONE G, et al. Outcomes of robot-assisted partial nephrectomy for clinical t2 renal tumors: A multicenter analysis (rosula collaborative group) [J]. *Eur Urol*, 2018, 74(2): 226-232.
- [30] LI J, ZHANG Y, TENG Z, et al. Partial nephrectomy versus radical nephrectomy for cT2 or greater renal tumors: A systematic review and meta-analysis [J]. *Minerva Urol Nefrol*, 2019, 71(5): 435-444.
- [31] PENG D, HE ZS, LI XS, et al. Partial nephrectomy for T3aN0M0 renal cell carcinoma: Shall we step forward? [J]. *Int Braz J Urol*, 2017, 43(5): 849-856.
- [32] KAOUK J, GARISTO J, ELTEMAMY M, et al. Pure single-site robot-assisted partial nephrectomy using the sp surgical system: Initial clinical experience [J]. *Urology*, 2019, 124: 282-285.
- [33] SHIN TY, LIM SK, KOMNINOS C, et al. Laparoendoscopic single-site (LESS) robot-assisted partial nephrectomy (RAPN) reduces postoperative wound pain without a rise in complication rates [J]. *BJU Int*, 2014, 114(4): 555-561.
- [34] 刘承宗, 时佳子, 吴震杰, 等. 术中荧光在机器人辅助腹腔镜下肾部分切除术中的应用初探 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2018, 33(6): 446-449.
- [35] VON RUNDSTEDT FC, SCOVELL JM, AGRAWAL S, et al. Utility of patient-specific silicone renal models for planning and rehearsal of complex tumour resections prior to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy [J]. *BJU Int*, 2017, 119(4): 598-604.
- [36] WAKE N, RUDE T, KANG SK, et al. 3D printed renal cancer models derived from MRI data: Application in pre-surgical planning [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2017, 42(5): 1501-1509.
- [37] 杨诚, 梁朝朝. 高级成像技术在机器人辅助腹腔镜肾部分切除术中的应用进展 [J]. *中华泌尿外科杂志*, 2019, 40(5): 395-397.
- [38] ZHANG X, WANG B. Robot-assisted surgery for renal cell carcinoma with caval thrombosis [J]. *Eur Urol Focus*, 2018, 4(5): 639-640.
- [39] ALIMI Q, PEYRONNET B, SEBE P, et al. Comparison of short-term functional, oncological, and perioperative outcomes between laparoscopic and robotic partial nephrectomy beyond the learning curve [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2018, 28(9): 1047-1052.
- [40] 时佳子, 吴震杰, 鲍一, 等. 单术者机器人辅助腹腔镜肾部分切除术学习曲线分析 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2017, 32(8): 589-591.