

机器人辅助肾移植术单中心初步经验

张明晓 丁振山 王建峰 赵颖 张天宇 曹传振 邓益森 周晓峰

【摘要】 目的 探索机器人辅助肾移植 (RAKT) 的安全性、有效性及可行性。方法 收集行肾移植术的16例患者资料, 其中8例采用RAKT (RAKT组), 接受同一供者对侧肾脏的8例患者采用开放肾移植术 (OKT组)。对比两组受者围手术期结果及移植肾功能恢复情况。结果 所有患者均成功完成手术, RAKT组无患者在术中转为开放手术。RAKT组手术时间长于OKT组 ($P=0.015$)。两组受者术前血清肌酐及出院时血清肌酐差异无统计学意义 (均为 $P>0.05$)。OKT组1例受者出现移植肾功能延迟恢复 (DGF), 其余患者均未出现围手术期并发症。两组术后短期肾功能恢复差异无统计学意义 ($P>0.05$)。结论 RAKT术后恢复与OKT相当, 对于肾移植手术经验丰富的团队而言, RAKT是一种安全有效的手术方式, 可以尝试开展。

【关键词】 机器人辅助肾移植; 开放肾移植; 公民逝世后器官捐献; 亲属活体器官捐献; 血清肌酐; 移植肾功能延迟恢复; 供肾包裹; 腹膜外化

【中图分类号】 R617, R692 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 03-0013-07

Preliminary experience of robotic-assisted kidney transplantation in a single center Zhang Mingxiao, Ding Zhenshan, Wang Jianfeng, Zhao Ying, Zhang Tianyu, Cao Chuanzhen, Deng Yisen, Zhou Xiaofeng. Department of Urology, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China
Corresponding author: Zhou Xiaofeng, Email: zxfzryy@163.com

【 Abstract 】 Objective To evaluate the safety, effectiveness and feasibility of robotic-assisted kidney transplantation (RAKT). **Methods** Clinical data of 16 patients who underwent kidney transplantation were collected. Among them, 8 recipients received RAKT (RAKT group) and 8 cases underwent open kidney transplantation (OKT) with the contralateral kidney from the same donor (OKT group). Perioperative status and the recovery of renal allograft function were compared between two groups. **Results** All patients successfully completed the surgery. In the RAKT group, no patient was converted to open surgery. The operation time in the RAKT group was longer than that in the OKT group ($P=0.015$). No significant differences were observed in the serum creatinine levels before surgery and upon discharge between two groups (both $P>0.05$). In the OKT group, one recipient developed delayed graft function (DGF), and the remaining recipients did not experience perioperative complications. No significant difference was noted in the short-term recovery of renal allograft function between two groups ($P>0.05$). **Conclusions** Postoperative recovery of the recipients in the RAKT group is equivalent to that of their counterparts in the OKT group. RAKT is a safe and effective procedure for the team expertise in kidney transplantation.

【 Key words 】 Robotic-assisted kidney transplantation; Open kidney transplantation; Organ donation after citizen's death; Living organ donation from relatives; Serum creatinine; Delayed graft function; Donor kidney encapsulation; Retroperitonealization

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023261

基金项目: 中央高水平医院临床科研业务费资助 (2022-NHLHCRF-LX-03-0302、2023-NHLHCRF-LXYZ-04); 中日友好医院“菁英计划”人才培养工程资助 (ZRJY2023-QM30)

作者单位: 100029 北京, 中日友好医院泌尿外科

作者简介: 张明晓 (ORCID 0000-0002-7170-684X), 医学博士, 主治医师, 研究方向为泌尿外科及肾移植, Email: sd_zhangmx@163.com

通信作者: 周晓峰 (ORCID 0000-0002-0513-9234), 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向为泌尿外科及肾移植, Email: zxfzryy@163.com

同种异体肾移植、腹膜透析及血液透析是目前治疗终末期肾病的主要方法。肾移植相对于其他方式可以显著改善患者的生活质量,尤其对于儿童患者,指南更是推荐不经过透析阶段的抢先肾移植。现阶段,全国绝大多数移植中心采用开放肾移植术(open kidney transplantation, OKT),创伤较大,受者术后恢复时间较长。机器人辅助肾移植(robotic-assisted kidney transplantation, RAKT)是一种采用手术机器人进行的肾移植手术,具有操作精准、吻合确切及创伤较小等优势^[1]。早在2002年,法国泌尿外科医师首次尝试了在OKT中应用机器人手术系统进行血管吻合^[2]。2010年,美国伊利诺伊大学报道了首例完全应用机器人手术系统进行的肾移植^[3]。2011年起,美国及印度泌尿外科医师开展的IDEAL系列研究确立了目前应用最广泛的RAKT手术方案^[4-7]。2021年,美国克利夫兰医学中心报道成功开展了单孔RAKT^[8]。同年,西班牙泌尿外科医师报道了不同于传统绕脐切口的经阴道置入移植肾的RAKT^[9]。根据最近的一项荟萃研究,自2009年至2021年共有11项研究报道了482例RAKT手术,与同期OKT相比,RAKT在不影响移植肾功能恢复以及受者生存率的情况下,可以显著减少手术并发症并缩短住院时间^[10]。

国内RAKT开展较晚,首例RAKT在2018年由解放军总医院张旭教授团队完成^[11]。目前,国内仅有解放军总医院、昆明市第一人民医院、陆军特色医学中心、华西医院及天津市第一中心医院等常规开展此项技术^[12-16]。南京鼓楼医院还进行了机器人辅助腹腔镜亲属供肾肾移植取-植一体术的尝试^[17]。尽管RAKT在国内总体而言尚处于起步阶段,但已有多项研究论证了其可作为OKT的替代方法,具有较好的应用前景^[18-20]。中日友好医院自2023年3月开始开展RAKT,目前已成功完成8例。现对8例RAKT受者及接受同一供者对侧肾脏的8例OKT受者的临床数据进行回顾分析,并对RAKT的初步手术经验进行总结,以期对RAKT的进一步发展提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析16例于2023年3月至2023年11月在中日友好医院行同种异体肾移植术的受者资料,其中8例患者行RAKT,接受同一供者对侧肾脏的患者行OKT。纳入标准:各种原因所致的慢性肾功能不全

患者,身体条件许可,无明显麻醉手术禁忌。RAKT手术组排除标准除肾移植手术禁忌外,还包括:(1)存在腹部手术史,可能存在腹腔内器官粘连;(2)术前CT及血管超声评估右侧髂外动脉钙化严重,预计术中血管吻合困难;(3)多囊肾体积较大,肾下极到达下腹部甚至盆腔,影响操作通道建立;(4)二次移植,并且先前移植肾位于右侧髂窝。供者全部来自公民逝世后器官捐献,并且移植肾均为单支动静脉。本研究经中日友好医院临床研究伦理委员会批准(伦理审查编号:2022-KY-199),受者均知情同意。

1.2 术前准备、诱导方案及围手术期管理

除血常规、感染指标、凝血功能、肿瘤标记物等术前常规检验检查外,术前需完善心肺功能检查,排除麻醉手术禁忌;完善胸腹盆平扫CT,评估肺水肿及髂血管条件;完善群体反应性抗体(panel reactive antibody, PRA)及补体依赖细胞毒性试验(complement-dependent cytotoxicity, CDC),评估受者免疫状态。

腹膜透析患者术前常规进行腹膜透析,血液透析患者在术前24h内进行1次透析。对于免疫低风险患者,术前选择白细胞介素-2受体拮抗剂(interleukin-2 receptor antagonist, IL-2RA)作为免疫诱导治疗。若患者存在以下免疫高风险因素,则选择抗胸腺细胞球蛋白(antithymocyte globulin, ATG)作为免疫诱导治疗:(1)人类白细胞抗原错配位点 ≥ 3 ;(2)供-受者年龄差 ≥ 25 岁;(3)PRA阳性;(4)术前存在供者特异性抗体。术中维持中心静脉压在10~15 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),在血管吻合前开始给予糖皮质激素预防排斥反应,开放血管后予以利尿治疗。术后采用钙调磷酸酶抑制剂(calcineurin inhibitor, CNI)、霉酚酸(mycophenolic acid, MPA)类药物联合糖皮质激素的初始免疫抑制治疗方案。如果受者术后出现移植物功能延迟恢复(delayed graft function, DGF),则予以间歇性血液透析治疗。

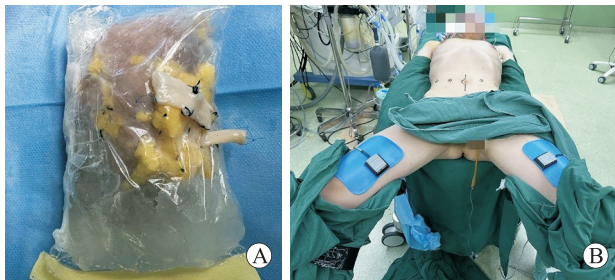
1.3 RAKT手术方法

8例RAKT手术均由中日友好医院泌尿外科肾移植团队完成,完整手术过程包括供肾修整、受者操作通道建立、肾巢建立、右髂外动静脉骨骼化、移植肾置入盆腔、血管吻合及循环开放、膀胱输尿管吻合及移植肾腹膜外化,手术由达芬奇机器人Xi系统(Intuitive Surgical)完成。

1.3.1 供肾修整 供肾修整过程与OKT的要求基本

相同，去除多余的肾周脂肪，修整供肾血管及输尿管，结扎供肾动静脉的小分支。8 例供肾均为左肾，无需延长肾静脉，并且肾动脉不保留主动脉瓣。供肾采用双层无菌肾袋进行包裹，两层肾袋之间填塞冰屑，外层肾袋下方固定一块纱布以避免结肠受到过度冷冻损伤。将供肾动静脉置于塑料袋外，并分别使用 6-0 血管缝线标记动静脉上极（图 1A）。

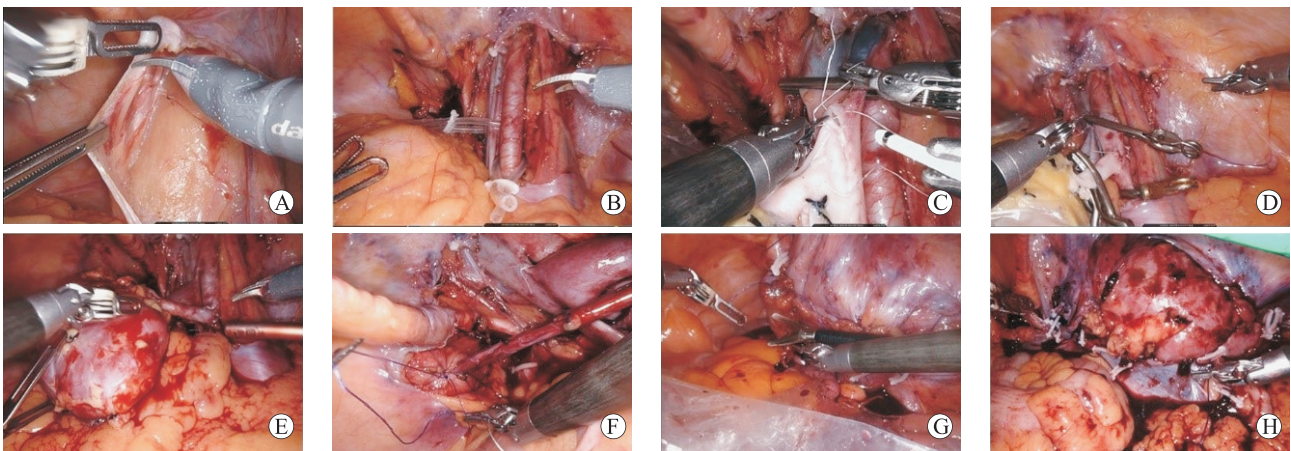
1.3.2 受者体位、操作通道建立 参考既往报道^[4]，受者术中采用头低脚高截石位，双下肢分开，床旁机械臂系统置于患者双下肢之间（图 1B）。首先绕脐作 5 cm 切口，置入单孔 port 平台（宁波胜杰康生物科技），并在平台内置入机器人镜头 Trocar。脐旁左右各 8 cm 分别置入机器人 2 号臂及 4 号臂 Trocar。两机械臂操作通道外上方 8 cm 分别置入 12 mm 辅助孔 Trocar。维持气腹压 14 mmHg，对接机器人机械臂系统，并置入双极钳（2 号臂）、镜头（3 号臂）及单



注：A 图为使用双层无菌塑料肾袋包裹供肾；B 图为 RAKT 术中患者体位。

图 1 供肾包裹及受者体位

Figure 1 Donor kidney encapsulation and position of recipient



注：A 图为建立肾巢；B 图为右髂外血管骨骼化；C 图为静脉吻合；D 图为动脉吻合；E 图为开放循环；F 图为输尿管膀胱吻合；G 图为完全腹膜外化；H 图为部分腹膜外化。

图 2 RAKT 手术过程

Figure 2 Surgical procedures of RAKT

极电剪（4 号臂）。在吻合血管及输尿管时，将 2 号臂更换为黑钻微型钳，4 号臂更换为持针器。

1.3.3 手术过程 根据供肾大小斜行切开从回盲部至脐正中襻下缘的壁腹膜，建立肾巢（图 2A），在腹膜外将右侧髂外动静脉游离至足够长度（图 2B）。在盆腔放置一块棉垫避免低温过度损伤结肠，经 port 平台将供肾置于右髂外血管内侧。使用血管阻断夹阻断髂外静脉，根据供肾静脉的管腔纵行切开髂外静脉壁，使用 F5 输尿管导管在静脉内注入肝素盐水进行冲洗，使用 Gore-Tex CV-6 血管缝线采用一点固定连续吻合的方法将供肾静脉和受者右髂外静脉进行端侧吻合，并在完成吻合前再次使用肝素盐水进行冲洗（图 2C）。采用相同的方法将供肾动脉和受者右髂外动脉进行端侧吻合（图 2D）。在动静脉吻合完成后分别使用阻断夹夹闭供肾动静脉并开放髂外动静脉检查有无出血，若有出血点及时补针。剪开肾袋，先后开放肾静脉及肾动脉（图 2E）。将供肾外翻置入肾巢，并在膀胱内注水 200 mL，切开膀胱右顶壁约 1.5 cm，使用 4-0 PDS II 缝线连续吻合供肾输尿管及膀胱黏膜，留置双 J 管（图 2F）。将最初切开的壁腹膜关闭，使供肾完全腹膜外化（图 2G）。若因受者体型瘦小或供肾体积较大等因素导致游离的腹膜不能完全包被供肾，可分别关闭供肾上下极处的腹膜将供肾部分腹膜外化（图 2H）。最后取出肾袋及棉垫，留置引流管，关闭各切口。

1.4 OKT 手术方法

受者取左或右下腹弧形切口，将腹膜推向内侧，暴露出髂外血管，将髂外动静脉游离至足够长度。夹

闭髂外静脉,在其表面做一个约 1.5 cm 的切口,使用 6-0 Prolene 血管缝线两点固定法连续吻合供肾静脉和髂外静脉,阻断肾静脉并开放髂外静脉后检查吻合口有无出血。修剪主动脉瓣,夹闭髂外动脉后在其表面做一个约 1.2 cm 切口,用 6-0 Prolene 缝线连续吻合供肾动脉和髂外动脉,阻断肾动脉并开放髂外动脉检查有无出血。开放肾脏血流,将供肾输尿管吻合在受者膀胱上,留置引流管,依层次关闭切口。

1.5 研究内容

比较 RAKT 组及 OKT 组一般情况、围手术期结果及肾功能恢复情况。

1.6 统计学方法

使用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。符合正态

分布的计量资料以均数±标准差表示,比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料采用中位数(下四分位数,上四分位数)表示,比较采用 Wilcoxon 秩和检验;计数资料采用频数表示,比较采用 Fisher 精确检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组受者一般资料及围手术期结果比较

所有患者均成功完成 RAKT 或 OKT 手术,RAKT 组无患者在术中中转开放,所有患者术中均未输血。两组受者的一般情况及围手术期结果见表 1。

表 1 两组受者一般资料及围手术期结果比较

Table 1 Comparison of general date and perioperative outcomes between recipients of two groups

指标	RAKT组 (n=8)	OKT组 (n=8)	P值
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	40±14	50±10	0.120
性别 (n)			1.000
男	8	7	
女	0	1	
是否透析 (n)			1.000
是	6	7	
否	2	1	
透析时间[M (P_{25}, P_{75}), 月]	7.0 (0.3, 11.8)	8.5 (1.8, 15.8)	0.597
手术时间[M (P_{25}, P_{75}), min]	295 (287, 370)	242 (189, 285)	0.015
术中出血量[M (P_{25}, P_{75}), mL]	100 (100, 200)	100 (100, 138)	0.809
术后住院时间 ($\bar{x}\pm s$, d)	15±3	15±4	0.787
术前血清肌酐 ($\bar{x}\pm s$, $\mu\text{mol/L}$)	915±179	1 145±288	0.075
出院时血清肌酐 ($\bar{x}\pm s$, $\mu\text{mol/L}$)	108±33	133±60	0.309

RAKT 组手术时间长于 OKT 组 ($P=0.015$)。两组受者术前血清肌酐及出院时血清肌酐比较,差异均无统计学意义(均为 $P>0.05$)。

OKT 组 1 例出现 DGF,但术后 30 d 血清肌酐降至 192.80 $\mu\text{mol/L}$,其余患者均未出现围手术期并发症。

2.2 两组术后肾功能恢复比较

7 对受者随访时间达 90 d,1 对受者随访时间达到 30 d,两组受者在随访期内血清肌酐恢复差异无统计学意义(均为 $P>0.05$,图 3)。

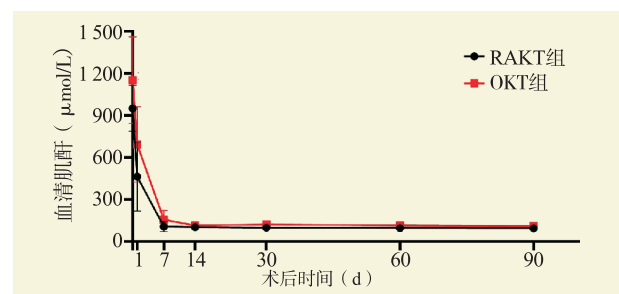


图 3 两组受者术后血清肌酐变化趋势

Figure 3 Trend of postoperative serum creatinine changes in two groups of recipients

3 讨 论

作为肾移植领域的前沿技术,研究者针对 RAKT 的安全性及可行性进行了初步探索。2023 年,一项基于 508 例活体 RAKT 的荟萃研究报道, RAKT 手术并发症发生率低于 OKT,而围手术期结果及肾功能恢复方面与 OKT 相似^[21]。还有研究发现 RAKT 是活体肾移植术后感染的保护性因素^[22],且 RAKT 受者术后早期的生活质量优于 OKT 受者^[23]。表明 RAKT 在亲属活体器官捐献肾移植中安全有效。一项小样本前瞻性研究发现,在脑死亡器官捐献肾移植中,由成熟团队进行的 RAKT 手术结局并不劣于传统 OKT 手术^[24]。2023 年,伊利诺伊大学报道了迄今最大的 DCD 来源 RAKT 患者队列,结果显示 RAKT 在 DCD 肾移植中可以达到与 OKT 相似的临床结果^[25]。

除手术并发症发生率低于 OKT 之外, RAKT 手术的最大优势在于适合对肥胖患者进行手术^[26]。欧洲一项多中心研究回顾分析了 169 例 RAKT 患者资料,发现肥胖或超重患者行 RAKT 手术可以达到与普通患者类似的临床结果^[27]。并且多项研究均表明, RAKT 手术对于肥胖患者而言是一种安全有效的手术方式,可以减少肥胖患者的等待时间,甚至可以对被 OKT 排除在外的过度肥胖患者进行手术^[28-31]。此外,在 RAKT 术中还可以根据受者病情以最小切口同期完成袖状胃切除术以及多囊肾切除^[32-35]。然而, RAKT 手术也有其局限性。由于缺乏触觉反馈, RAKT 术中难以准确识别髂动脉的钙化斑块^[36]。因此, RAKT 手术不适用于髂外动脉钙化较严重的慢性肾功能不全患者。研究者也对这一情况进行了初步的探索,通过增强现实技术对 CT 图像进行三维重建,将髂血管部分游离后重叠三维影像,并根据解剖标志对钙化位置进行识别^[37]。因此,将机器人手术与三维增强现实技术相结合有望进一步拓展 RAKT 的应用。此外,在术中保持移植肾处于低温状态也是 RAKT 的技术难点。在 OKT 中,术者可以实时感知移植肾的温度,并适时添加冰屑。而在 RAKT 术中,术者无法获取移植肾在受者体内的温度。为了解决这一问题,美国及印度泌尿外科医师在 IDEAL 系列研究中确立了包肾纱布填塞冰屑以及在血管吻合中间断向肾周添加冰屑的方式,可以在术中保持移植肾处于较好的低温状态^[4-6,38]。解放军总医院则采取了双层塑料肾袋包裹移植肾并填塞冰屑的方式^[39]。相较于

纱布包裹,这种肾袋可以减少冰屑融化后流入腹腔引起肠道并发症。还有研究者设计出内置有低温生理盐水持续流动通道的肾袋,这种冷缺血装置可以在 RAKT 术中保持移植肾温度低于 20 ℃^[40]。本团队在 RAKT 术中参考了解放军总医院董隽教授团队的报道,采用双层塑料袋制成的肾袋包裹移植肾,两层肾袋之间填塞冰屑^[13,39]。本团队还通过在外层肾袋下方固定纱布以及在盆腔放置棉垫的方式减少低温对结肠的影响。尽管我们在术中并未测得移植肾的温度,但已完成的 8 例 RAKT 手术患者均未出现肠梗阻等肠道并发症,无一发生 DGF,并且术后肾功能恢复良好。

RAKT 手术难度较高,需要手术团队同时具备丰富的 OKT 手术以及机器人手术经验。根据不同文献报道,一个成熟手术团队大概需要完成 10~30 例 RAKT 手术后才能达到一个能同时保证手术安全以及术后肾功能恢复的平台期^[15,41-43]。还有研究者开发了 3D 打印 RAKT 手术训练模型,有望缩短 RAKT 的学习曲线^[44]。此外有研究表明,对于缺乏微创手术经验的外科医师,通过充分的准备并且掌握机器人手术的基本操作后也可安全开展该项技术^[45]。本团队有 5 年的 OKT 手术经验,每年完成手术超过百例,并且自 2021 年开展机器人手术,经验丰富。我中心 2023 年 3 月至今完成 8 例 RAKT 手术,无一例中转开放,术中出血量不多,术后平均住院时间(15±3) d。所有受者术后未出现手术并发症,肾功能恢复良好,出院时血清肌酐为(108±33) μmol/L,与来源于同一供者对侧肾脏的 OKT 组相比, RAKT 组尽管手术时间较长,但术后肾功能恢复情况相似。

RAKT 手术是一种安全有效的手术方式,其切口并发症发生率低,术后恢复快,有丰富 OKT 手术以及机器人手术经验的团队可以尝试开展该手术。本研究回顾分析了来源于同一供者两侧肾脏分别行 RAKT 和 OKT 的围手术期结果及术后短期恢复情况。相较于既往同期进行的、非同一供者来源的 RAKT 及 OKT 对照研究更具代表性。此外,本研究也说明了有丰富肾移植及机器人手术经验的中心开展 RAKT 的可行性。但本研究样本量偏少,随访时间较短,并且为回顾性研究,之后进行多中心、前瞻性的临床研究可能会为 RAKT 手术的进一步开展提供指导意义。

参考文献:

- [1] TZVETANOV IG, TULLA KA, DI COCCO P, et al. Robotic kidney transplant: the modern era technical

- revolution[J]. *Transplantation*, 2022, 106(3): 479-488. DOI: 10.1097/TP.0000000000003881.
- [2] HOZNEK A, ZAKI SK, SAMADI DB, et al. Robotic assisted kidney transplantation: an initial experience[J]. *J Urol*, 2002, 167(4): 1604-1606. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)65162-2.
- [3] GIULIANOTTI P, GORODNER V, SBRANA F, et al. Robotic transabdominal kidney transplantation in a morbidly obese patient[J]. *Am J Transplant*, 2010, 10(6): 1478-1482. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2010.03116.x.
- [4] MENON M, ABAZA R, SOOD A, et al. Robotic kidney transplantation with regional hypothermia: evolution of a novel procedure utilizing the IDEAL guidelines (IDEAL phase 0 and 1)[J]. *Eur Urol*, 2014, 65(5): 1001-1009. DOI: 10.1016/j.eururo.2013.11.011.
- [5] MENON M, SOOD A, BHANDARI M, et al. Robotic kidney transplantation with regional hypothermia: a step-by-step description of the Vattikuti Urology Institute-Medanta technique (IDEAL phase 2a)[J]. *Eur Urol*, 2014, 65(5): 991-1000. DOI: 10.1016/j.eururo.2013.12.006.
- [6] AHLAWAT R, SOOD A, JEONG W, et al. Robotic kidney transplantation with regional hypothermia versus open kidney transplantation for patients with end stage renal disease: an ideal stage 2B study[J]. *J Urol*, 2021, 205(2): 595-602. DOI: 10.1097/JU.0000000000001368.
- [7] LI MARZI V, PECORARO A, GALLO ML, et al. Robot-assisted kidney transplantation: is it getting ready for prime time?[J]. *World J Transplant*, 2022, 12(7): 163-174. DOI: 10.5500/wjt.v12.i7.163.
- [8] KAOUK J, ELTEMAMY M, AMINSHARIFI A, et al. Initial experience with single-port robotic-assisted kidney transplantation and autotransplantation[J]. *Eur Urol*, 2021, 80(3): 366-373. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.03.002.
- [9] MUSQUERA FELIP M, AJAMI FARDOUN T, PERI CUSI L, et al. Technique description and outcomes of robotic transvaginal-assisted living donor kidney transplantation[J]. *Urol Int*, 2021, 105(1/2): 148-154. DOI: 10.1159/000511756.
- [10] SLAGTER JS, OUTMANI L, TRAN KTCK, et al. Robot-assisted kidney transplantation as a minimally invasive approach for kidney transplant recipients: a systematic review and meta-analyses[J]. *Int J Surg*, 2022, 99: 106264. DOI: 10.1016/j.ijssu.2022.106264.
- [11] 王昕凝, 祖强, 祝强, 等. 机器人辅助腹腔镜肾移植术1例报道并文献复习[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2018, 7(3): 159-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2018.03.004.
WANG XN, ZU Q, ZHU Q, et al. Surgical outcomes of robotic-assisted kidney transplantation in end-stage renal disease treatment (1 case report)[J]. *J Mini Invasive Urol*, 2018, 7(3): 159-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2018.03.004.
- [12] 谭顺成, 崔建春, 宋永琳, 等. 机器人辅助腹腔镜肾移植术初步经验(附22例报告)[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2021, 10(3): 157-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.03.003.
TAN SC, CUI JC, SONG YL, et al. Preliminary experience of robot-assisted laparoscopic kidney transplantation (report of 22 cases)[J]. *J Mini Invasive Urol*, 2021, 10(3): 157-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.03.003.
- [13] 赵黎明, 范阳, 陈欣, 等. 机器人辅助腹腔镜同种异体肾移植术的早中期结果[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2021, 10(2): 80-83. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.02.002.
ZHAO JM, FAN Y, CHEN X, et al. Early and mid-term results of robot-assisted laparoscopic kidney transplantation[J]. *J Mini Invasive Urol*, 2021, 10(2): 80-83. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.02.002.
- [14] 钟晓, 兰卫华, 王洛夫, 等. 机器人肾移植术围手术期疗效分析[J]. *陆军军医大学学报*, 2022, 44(18): 1862-1866. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202204035.
ZHONG X, LAN WH, WANG LF, et al. Efficacy of robotic renal transplantation in perioperative period[J]. *J Army Med Univ*, 2022, 44(18): 1862-1866. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202204035.
- [15] 范阳, 王瀚锋, 祖强, 等. 机器人肾移植术学习曲线分析[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2022, 11(3): 150-155. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2022.03.002.
FAN Y, WANG HF, ZU Q, et al. Analysis of learning curve of robot-assisted kidney transplantation[J]. *J Mini Invasive Urol*, 2022, 11(3): 150-155. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2022.03.002.
- [16] 林涛. 机器人辅助手术系统在肾移植中的应用[J]. *器官移植*, 2022, 13(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2022.01.001.
LIN T. Application of robot assisted surgical system in kidney transplantation[J]. *Organ Transplant*, 2022, 13(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2022.01.001.
- [17] 刘光香, 庄君龙, 邓永明, 等. 机器人辅助腹腔镜亲属供肾肾移植取-植一体术初步经验[J]. *中华外科杂志*, 2023, 61(1): 66-68. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20220715-00314.
LIU GX, ZHUANG JL, DENG YM, et al. Preliminary experience of robot assisted laparoscopic kidney transplantation for relatives[J]. *Chin J Surg*, 2023, 61(1): 66-68. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20220715-00314.
- [18] 姜玲, 甘晓琴, 裴皓玉, 等. 机器人辅助腹腔镜亲属肾移植术4例手术配合[J]. *现代医药卫生*, 2023, 39(2): 354-357. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.02.038.
JIANG L, GAN XQ, PEI HY, et al. Surgical cooperation in 4 cases of robot assisted laparoscopic relative kidney transplantation[J]. *J Mod Med Health*, 2023, 39(2): 354-357. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.02.038.
- [19] 董隽. 机器人辅助肾移植术的临床实践和发展前景[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2022, 43(12): 881-883. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20221227-00680.
DONG J. Clinical practice and prospect of robotic-assisted kidney transplantation[J]. *Chin J Urol*, 2022, 43(12): 881-883. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20221227-00680.
- [20] 赵黎明, 陈欣, 范阳, 等. 机器人辅助腹腔镜多支动脉肾移植术[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2021, 10(1): 8-11. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.01.003.
ZHAO JM, CHEN X, FAN Y, et al. Robotic-assisted kidney transplantation in graft with multiple vessels[J]. *J Mini Invasive Urol*, 2021, 10(1): 8-11. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.01.003.
- [21] O'CONNOR-CORDOVA MA, ORTEGA-MACIAS AG, SANCEN-HERRERA JP, et al. Living donor robotic-assisted kidney transplant compared to traditional living donor open kidney transplant. where do we stand now? a systematic review and meta-analysis[J]. *Transplant Rev (Orlando)*, 2023, 37(4): 100789. DOI: 10.1016/j.trre.

- 2023.100789.
- [22] HERRERA S, CARBONELL I, COFAN F, et al. Impact of robotic-assisted kidney transplantation on post-transplant infections: a case-control study[J]. *World J Urol*, 2023, 41(10): 2847-2853. DOI: 10.1007/s00345-023-04484-y.
- [23] EKŞİ M, ŞAHİN S, EVREN İ, et al. Can robot-assisted kidney transplantation provide higher quality of life than open kidney transplantation during the early postoperative period?[J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(8): e14288. DOI: 10.1111/ijcp.14288.
- [24] CAMPI R, PECORARO A, LI MARZI V, et al. Robotic versus open kidney transplantation from deceased donors: a prospective observational study[J]. *Eur Urol Open Sci*, 2022, 39: 36-46. DOI: 10.1016/j.euro.2022.03.007.
- [25] SPAGGIARI M, PETROCHENKOV E, GRUESSNER A, et al. Robotic kidney transplantation from deceased donors: a single-center experience[J]. *Am J Transplant*, 2023, 23(5): 642-648. DOI: 10.1016/j.ajt.2023.02.016.
- [26] KIM JM, KWON HE, KO Y, et al. Robot-assisted kidney transplantation in a morbidly obese patient with incisional hernia reconstruction and abdominoplasty: a case report[J]. *Korean J Transplant*, 2023, 37(3): 210-215. DOI: 10.4285/kjt.23.0021.
- [27] PRUDHOMME T, BEAUVAL JB, LESOURD M, et al. Robotic-assisted kidney transplantation in obese recipients compared to non-obese recipients: the European experience[J]. *World J Urol*, 2021, 39(4): 1287-1298. DOI: 10.1007/s00345-020-03309-6.
- [28] OBERHOLZER J, GIULIANOTTI P, DANIELSON KK, et al. Minimally invasive robotic kidney transplantation for obese patients previously denied access to transplantation[J]. *Am J Transplant*, 2013, 13(3): 721-728. DOI: 10.1111/ajt.12078.
- [29] TZVETANOV IG, SPAGGIARI M, TULLA KA, et al. Robotic kidney transplantation in the obese patient: 10-year experience from a single center[J]. *Am J Transplant*, 2020, 20(2): 430-440. DOI: 10.1111/ajt.15626.
- [30] LEE SD, RAWASHDEH B, MCCRACKEN EKE, et al. Robot-assisted kidney transplantation is a safe alternative approach for morbidly obese patients with end-stage renal disease[J]. *Int J Med Robot*, 2021, 17(5): e2293. DOI: 10.1002/res.2293.
- [31] DI COCCO P, BENCINI G, SPAGGIARI M, et al. Obesity and kidney transplantation-how to evaluate, what to do, and outcomes[J]. *Transplantation*, 2023, 107(9): 1903-1909. DOI: 10.1097/TP.0000000000004564.
- [32] SPAGGIARI M, DI COCCO P, TULLA K, et al. Simultaneous robotic kidney transplantation and bariatric surgery for morbidly obese patients with end-stage renal failure[J]. *Am J Transplant*, 2021, 21(4): 1525-1534. DOI: 10.1111/ajt.16322.
- [33] CHEN Y, DABBAS W, GANGEMI A, et al. Obesity management and chronic kidney disease[J]. *Semin Nephrol*, 2021, 41(4): 392-402. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2021.06.010.
- [34] ROFAIEL G, MOLNAR MZ, BAKER N, et al. Robotic-assisted kidney transplantation with simultaneous bilateral nephrectomies is an efficient, feasible, and safe way to manage patients with renal failure secondary to adult polycystic kidney disease[J]. *Transplant Direct*, 2021, 7(9): e740. DOI: 10.1097/TXD.00000000000001195.
- [35] SPAGGIARI M, ALMARIO J, AGUILUZ G, et al. Simultaneous robotic-assisted bilateral native nephrectomy and kidney transplantation for autosomal dominant polycystic kidney disease in recipients with high body mass index: report of 2 cases[J]. *Transplant Proc*, 2022, 54(7): 1781-1785. DOI: 10.1016/j.transproceed.2022.03.061.
- [36] TERRITO A, DIANA P, GAYA JM, et al. Robot-assisted kidney transplantation: state of art[J]. *Arch Esp Urol*, 2021, 74(10): 970-978.
- [37] PIANA A, GALLIOLI A, AMPARORE D, et al. Three-dimensional augmented reality-guided robotic-assisted kidney transplantation: breaking the limit of atheromatic plaques[J]. *Eur Urol*, 2022, 82(4): 419-426. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.07.003.
- [38] AHLAWAT R. Robotic kidney transplantation under regional hypothermia[J]. *J Endourol*, 2022, 36(S2): S18-S24. DOI: 10.1089/end.2022.0362.
- [39] FAN Y, ZHAO J, ZU Q, et al. Robot-assisted kidney transplantation: initial experience with a modified hypothermia technique[J]. *Urol Int*, 2022, 106(5): 504-511. DOI: 10.1159/000521959.
- [40] TERRITO A, PIANA A, FONTANA M, et al. Step-by-step development of a cold ischemia device for open and robotic-assisted renal transplantation[J]. *Eur Urol*, 2021, 80(6): 738-745. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.05.026.
- [41] PECORARO A, ANDRAS I, BOISSIER R, et al. The learning curve for open and minimally-invasive kidney transplantation: a systematic review[J]. *Minerva Urol Nephrol*, 2022, 74(6): 669-679. DOI: 10.23736/S2724-6051.22.04909-6.
- [42] BANSAL D, CHATURVEDI S, MAHESHWARI R, et al. Establishing a robot-assisted kidney transplant program: independent evaluation of the learning curve and surgical nuances[J]. *J Endourol*, 2021, 35(11): 1650-1658. DOI: 10.1089/end.2020.0923.
- [43] 张浩涵, 宋涂润, 马铭, 等. 机器人辅助活体肾移植的早期经验[J]. *中华器官移植杂志*, 2022, 43(6): 334-339. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20220305-00035.
- ZHANG HH, SONG TR, MA M, et al. Early experience of robot assisted living donor kidney transplantation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2022, 43(6): 334-339. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20220305-00035.
- [44] CAMPI R, PECORARO A, VIGNOLINI G, et al. The first entirely 3D-printed training model for robot-assisted kidney transplantation: the RAKT box[J]. *Eur Urol Open Sci*, 2023, 53: 98-105. DOI: 10.1016/j.euro.2023.05.012.
- [45] KIM HJ, JEONG W, LEE J, et al. Successful robotic kidney transplantation for surgeons with no experience in minimally invasive surgery: a single institution experience[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(3): 1586-1594. DOI: 10.1097/JS9.0000000000000977.

(收稿日期: 2023-12-21)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)