

机器人辅助肾移植术学习曲线探讨

谭顺成 崔建春 孙洵 胡伟 周允冲 宋永琳 李树欣 马寅锐 张亚飞

【摘要】 目的 探讨机器人辅助肾移植术(RAKT)的学习曲线。方法 回顾性分析同一手术团队连续开展的96例RAKT患者的临床资料,选取动脉吻合时间、静脉吻合时间、输尿管吻合时间、住院时间、失血量作为评价指标,采用多因素累积和(CUSUM)分析RAKT的学习曲线,依据学习曲线图将其分为学习提高阶段和熟练掌握阶段,通过对比不同学习阶段患者的一般资料及手术资料验证学习曲线,分析各阶段临床疗效。结果 学习曲线的最佳拟合方程在第33例时达到峰值,33例为掌握RAKT所需要累积的最少手术例数。学习提高阶段组和熟练掌握阶段组的年龄、性别、透析类型、既往腹部手术史、供肾动脉数量、术前血清肌酐差异无统计学意义(均为 $P>0.05$)。与学习提高阶段比较,熟练掌握阶段BMI较大,右侧供肾数量较左侧供肾增加(均为 $P<0.05$)。两组动脉吻合时间、输尿管吻合时间、术后血清肌酐、并发症差异无统计学意义(均为 $P>0.05$)。熟练掌握阶段髂血管游离时间、热缺血时间、静脉吻合时间、失血量及住院时间优于学习提高阶段,差异均有统计学意义(均为 $P<0.05$)。结论 RAKT至少需要33例手术跨越学习曲线,学习提高阶段和熟练掌握阶段并发症和移植肾功能恢复无差异。

【关键词】 机器人; 肾移植; 学习曲线; 累积和; 血管吻合; 输尿管吻合; 血清肌酐; 并发症

【中图分类号】 R617, R692 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445(2024)06-0012-07

Exploration on the learning curve of robotic-assisted kidney transplantation Tan Shuncheng, Cui Jianchun, Sun Xun, Hu Wei, Zhou Yunchong, Song Yonglin, Li Shuxin, Ma Yinrui, Zhang Yafei. Department of Urology, the First People's Hospital of Kunming, 650011 Kunming, China

Corresponding author: Sun Xun, Email: 769602063@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the learning curve of robotic-assisted kidney transplantation (RAKT). **Methods** The clinical data of 96 consecutive RAKT patients performed by the same surgical team were retrospectively analyzed. The arterial anastomosis time, venous anastomosis time, ureteral anastomosis time, hospital stay, and blood loss were selected as evaluation indicators. The learning curve of RAKT was analyzed using the cumulative sum (CUSUM), and the curve was divided into the learning improvement stage and the proficient mastery stage according to the learning curve. The learning curve was verified by comparing the general data and surgical data of patients in different learning stages, and the clinical efficacy of each stage was analyzed. **Results** The optimal fitting equation of the learning curve reached its peak at the 33rd case, which was the minimum number of surgeries required to master RAKT. There was no statistically significant difference in age, gender, dialysis type, previous abdominal surgery history, number of donor renal arteries, and preoperative serum creatinine between the learning improvement group and the proficient mastery group (all $P>0.05$). Compared with the learning improvement stage, the body mass index (BMI) was higher, and the number of right donor kidney was increased compared to the left donor kidney in the proficient mastery stage (both $P<0.05$). There were no significant differences in arterial anastomosis time, ureteral anastomosis time, postoperative serum creatinine, and complications between the two groups (all $P>0.05$). The iliac vessel dissection time, warm ischemia time, venous

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024110

基金项目: 云南省科技厅重大科技专项计划项目(202302AA310018); 昆明市卫生健康委员会科研项目(2022-04-05-003)

作者单位: 650011 昆明, 昆明市第一人民医院泌尿外科

作者简介: 谭顺成(ORCID 0009-0000-2263-837X), 医学硕士, 主治医师, 研究方向为泌尿外科及肾移植, Email: 95340287@qq.com

通信作者: 孙洵(ORCID 0009-0003-1994-1695), 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向为泌尿外科及肾移植, Email: 769602063@qq.com

anastomosis time, blood loss, and hospital stay in the proficient mastery stage were superior to those in the learning improvement stage, with statistically significant differences (all $P < 0.05$). **Conclusions** RAKT requires at least 33 cases to cross the learning curve. There is no difference in complications and recovery of transplant renal function between the learning improvement stage and the proficient mastery stage.

【Key words】 Robot; Kidney transplantation; Learning curve; Cumulative sum; Vascular anastomosis; Ureteral anastomosis; Serum creatinine; Complication

近30年来, 外科技术领域发生了系统性、颠覆性的变革, 特别是机器人技术的兴起, 促使外科技术进入机器人外科的新时代, 泌尿外科专家将机器人技术应用到肾移植领域。学习曲线的概念是用来反映一种技能在一段时间内的掌握情况, 用于表示外科手术过程中获取知识和提高技能的过程。它还提供了技术能力的客观评估与比较手术方法和技术的基准, 被定义为完成特定手术所需技术能力的病例数^[1]。累积和(cumulative sum, CUSUM)分析是评估外科手术学习曲线的有效工具, 已在机器人微创手术中广泛使用^[2-6]。2010年Giulianotti完成了1例完全腹腔镜下的机器人辅助肾移植术(robotic-assisted kidney transplantation, RAKT)^[7], Menon等^[8]系统阐述了在低温状态下RAKT的手术方法, 此后越来越多的研究报道了RAKT的可行性及安全性^[9-13], 在肥胖患者中更具优势^[14], 并可减少切口感染^[15]。欧洲机器人泌尿外科学会工作组(European Association of Urology Robotic Urology Section, ERUS)2022年活体RAKT手术占比高达44.4%(80/180)^[16]。国内2018年开展首例RAKT以来, 仅有包括昆明市第一人民医院在内的少数单位开展^[17-23]。为进一步拓展RAKT的临床应用, 本研究对RAKT的学习曲线进行探索和总结, 为将来器官移植技术和微创技术结合提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象及一般资料

回顾性收集2019年2月至2023年10月本中心96例接受RAKT患者的临床资料。其中男61例, 女35例; 年龄(36±9)岁, 体质指数(body mass index, BMI)(22±3) kg/m²; 血液透析91例, 腹膜透析5例; 左侧供肾66例, 右侧供肾30例; 既往腹部手术史22例; 单支肾动脉92例, 多支肾动脉4例; 术前血清肌酐(1 013±315) μmol/L; 尸体供肾81例, 活体供肾15例。

纳入标准: 终末期肾病患者。排除标准: (1) 既往多次腹部手术史, 高度怀疑腹腔严重粘连的患者; (2) 3支及以上肾动脉变异, 且无腹主动脉袢共同

开口的供肾; (3) 体质量<20 kg的儿童; (4) 髂血管有严重动脉粥样硬化; (5) 同时进行双器官或多器官移植。

手术均由同一组手术医师完成, 在开展RAKT术前主刀医师具备丰富的开放肾移植(>300例)及机器人泌尿外科手术(>500例)经验, 手术室护士为相对固定的机器人组护士。本研究通过昆明市第一人民医院伦理审核(审批号: YLS2022-43), 患者及家属均知情同意。

1.2 RAKT术前准备

了解受者有无下肢插管病史; 完善血常规、凝血功能、肝肾功能、输血前四项、群体反应性抗体、淋巴细胞毒交叉配型; 完善心电图、肺功能、心脏超声、肺部CT评估心肺功能; 完善胃镜评估有无消化道溃疡; 完善腹部及血管超声、腹部CT评估髂动脉有无严重粥样斑块、静脉有无血栓; 术前无肝素血液透析。

1.3 RAKT手术方法

参照由昆明市第一人民医院泌尿外科实施的RAKT方法进行^[6], 采用达芬奇Si系统实施手术。患者取平卧位, 两腿分开, 头低脚高。镜头孔位于脐上1 cm, 1号臂Trocar位于右锁骨中线与脐水平线交点, 3号臂Trocar位于右腋前线与镜头孔水平线交点, 2号臂Trocar位于左髂前上棘内上方2~3 cm, 镜头孔及2号臂Trocar之间可置入1~2个辅助Trocar。腹部正中中线切开6~7 cm切口进入腹腔, 利用手套自制双套管单孔平台作为置肾通道。

修整供肾后装入肾袋内, 分别标记肾袋和血管方向。沿右侧腹壁切开腹膜, 建立肾巢。在腹膜外游离髂外动、静脉, 通过单孔平台将移植肾放入腹腔, 确认移植肾和血管方向。用血管阻断夹阻断右髂外静脉远端、近端, 根据移植肾静脉宽度纵行剪开髂外静脉, F5输尿管导管注入肝素盐水冲洗血管腔, 使用Gore-Tex CV-6血管缝线行静脉端侧吻合。在静脉吻合完成前注入肝素盐水冲洗管腔, 用血管阻断夹阻断移植肾静脉, 开放髂外静脉近端、远端的同时阻断髂外动脉的近端和远端, 采用同样方法行移植肾动脉吻合。在移植肾动静脉开放前可以通过单孔平台往肾袋内加冰

屑, 保证移植肾持续低温。依次开放移植肾静脉、移植肾动脉, 观察移植肾再灌注及输尿管排尿情况, 将移植肾翻转至肾巢内。纵行切开膀胱右后壁, 将输尿管与膀胱吻合, 输尿管内留置 F5 鱼尾支架管。缝合腹膜使移植肾完全腹膜外化。在腹腔内留置引流管, 关闭切口。

1.4 CUSUM 分析及方程拟合

采用多因素 CUSUM 分析法, 选择动脉吻合时间、静脉吻合时间、输尿管吻合时间、手术时间和失血量 5 项指标对 RAKT 学习曲线进行评价, 计算每例手术的 5 个量化值, 相加得出总量化值 S , 并按如下公式进行累积和计算, n 表示病例序号。

$$\text{CUSUM} = \sum_{i=1}^n S_i$$

以手术例数为横坐标、CUSUM 值为纵坐标描绘学习曲线散点图, 对 CUSUM 学习曲线进行拟合。CUSUM 学习曲线出现下降的点即为该例数据低于平均值的起点, 该点对应的横坐标即为度过学习期所需的手术例数, 在该点之前为学习提高阶段, 其后为熟练掌握阶段。

1.5 研究内容

采取门诊复查与电话随访相结合的方式随访, 随访时间截至 2023 年 12 月。记录手术的基本情况, 包括手术时间、髂血管游离时间、热缺血时间、动脉吻合时间、静脉吻合时间、输尿管吻合时间、失血量、住院时间、术后血清肌酐及并发症。对比不同学习阶段患者的一般资料及手术资料, 分析学习曲线, 分析不同阶段临床疗效。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行分析。符合正态分布的计量资料用均值±标准差表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 不符合正态分布用中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验; 计数资料以率表示, 比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

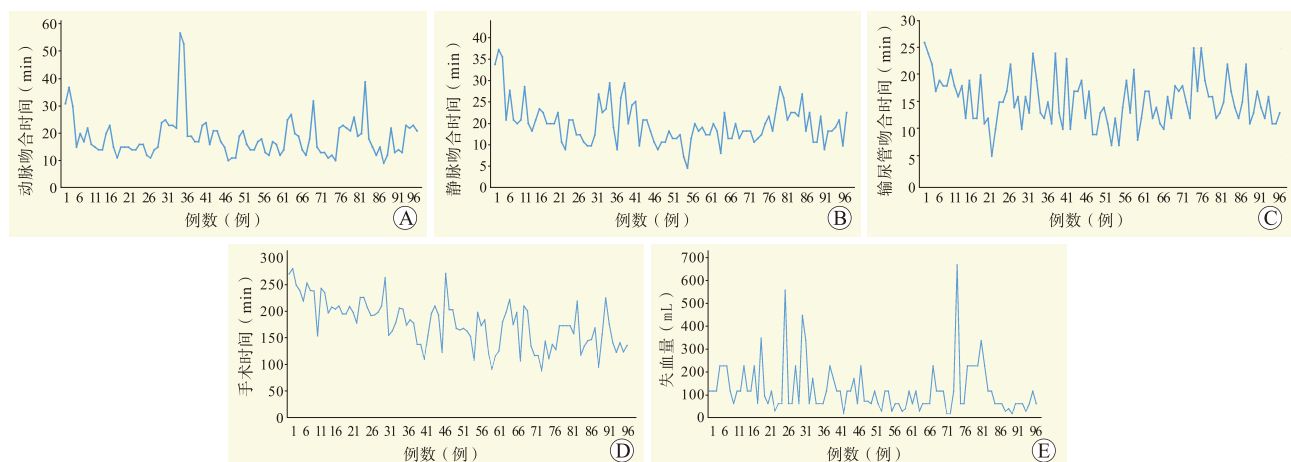
2.1 手术基本情况

96 例患者均顺利完成手术, 无中转开放手术。随访时间为 2~46 个月, 中位随访时间为 30 个月。髂血管游离时间 14 (12, 18) min, 热缺血时间 (51±17) min, 动脉吻合时间 17 (14, 22) min, 静脉吻合时间 17 (13, 20) min, 输尿管吻合时间 (15±4) min, 手术时间 (179±44) min, 失血量 100 (50, 100) mL, 住院时间 17 (13, 21) d。术后 1 d 血清肌酐 (851±305) $\mu\text{mol/L}$, 术后 7 d 为 211 (127, 594) $\mu\text{mol/L}$, 术后 30 d 为 134 (107, 184) $\mu\text{mol/L}$, 术后 1 年为 119 (101, 135) $\mu\text{mol/L}$ 。

术后 2 例 BMI>28 kg/m² 的腹型肥胖患者发生切口愈合不良, 行清创缝合; 4 例移植肾动脉狭窄及动脉瘤, 采取介入移植肾动脉球囊扩张、支架置入术; 2 例淋巴囊肿, 行穿刺引流; 1 例漏尿, 留置尿管保守治疗; 1 例移植输尿管吻合口狭窄, 行移植输尿管膀胱再植术。

2.2 学习曲线分析

曲线变化趋势见图 1, 静脉吻合时间、手术时间、失血量随手术例数的增加呈下降趋势, 动脉吻合



注: A 图为动脉吻合时间; B 图为静脉吻合时间; C 图为输尿管吻合时间; D 图为手术时间; E 图为失血量。

图 1 RAKT 观察指标趋势图

Figure 1 Trend chart of observation indicators for RAKT

时间、输尿管吻合时间则保持相对稳定。根据病例数与CUSUM的曲线拟合结果, 病例数与CUSUM的曲线拟合模型为: $CUSUM=2.288+1.419X-0.024X^2-3.936X^3+1.020E-6X^4$ 。

学习曲线图和拟合结果见图2, 模型拟合最大值为24.33, 对应的病例数为33, 以此为截点将学习曲线分为2个阶段, 即学习提高阶段(1~33例)和熟练掌握阶段(34~96例)。

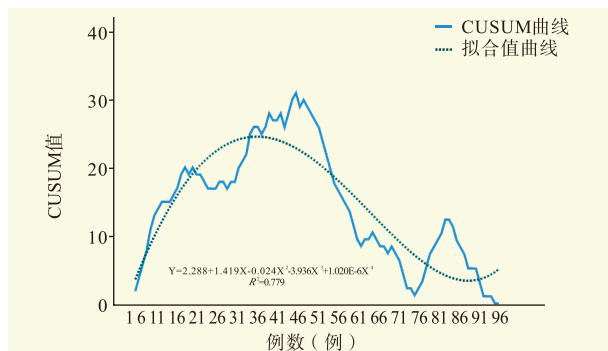


图2 RAKT学习曲线散点图和拟合曲线
Figure 2 Scatter plot and fitting curve of RAKT learning curve

2.3 不同阶段资料比较

学习提高阶段和熟练掌握阶段受者年龄、性别、透析类型、既往腹部手术史、供肾动脉数量、术前血清肌酐差异均无统计学意义(均为 $P>0.05$), 熟练掌握阶段BMI大于学习提高阶段, 右侧供肾增加, 差异均有统计学意义(均为 $P<0.05$, 表1)。

两组动脉吻合时间、输尿管吻合时间、术后血清肌酐、并发症发生率差异均无统计学意义(均为 $P>0.05$), 熟练掌握阶段髂血管游离时间、热缺血时间、静脉吻合时间、失血量及住院时间优于学习提高阶段, 差异均有统计学意义(均为 $P<0.05$, 表1)。

3 讨论

肾移植是终末期肾病的最佳治疗方法之一, 开放肾移植已经是非常成熟的外科技术, 但肥胖、巨大多囊肾、腹部多次手术史等给开放肾移植带来了挑战和困难。与开放肾移植相比, RAKT还具有疼痛轻、术后恢复快、美观等优点^[24], 但陡峭的学习曲线限制了RAKT的发展。文献报道RAKT学习曲线需要的手术例数与手术医师的学习能力、团队配合、培训环境有关。Ahlawat等^[25]认为在具备经验丰富机器人手术及肾移植手术的医师仅需9例手术即可掌握RAKT, 20~25例手术技能进一步提高; Bansal等^[26]

报道需要24例手术才能够掌握RAKT。仅有开放肾移植手术经验而没有机器人手术经验的医师需要15例手术掌握RAKT, 手术时间323 min, 对比同时拥有两种手术经验的医师明显延长^[27]。ERUS报道183例RAKT研究显示, 经验丰富的外科医师需要35例手术才能熟练掌握RAKT, 总手术时间228~287 min^[28]。笔者团队在前期积累丰富经验的基础上顺利开展96例RAKT, 手术时间(179±44) min, 通过CUSUM曲线分析得出需要33例手术能够熟练掌握RAKT, 与文献报道大样本病例的结果相似, 熟练掌握阶段手术时间(160±39) min, 明显优于学习提高阶段的(215±31) min。

移植肾动、静脉吻合是RAKT的难点, 文献报道移植肾动、静脉吻合时间分别为18~26 min、20~31 min^[29-30]。本研究中静脉吻合时间从学习提高阶段的18 min下降至熟练掌握阶段的15 min。动脉吻合要求针距、边距和收线均匀才能避免血管开放后出血及血管并发症, 熟练掌握阶段动脉吻合时间较学习提高阶段缩短1 min, 但差异无统计学意义。热缺血时间反映整个手术团队对RAKT的掌握和配合默契程度, 本研究中热缺血时间从学习提高阶段的62 min缩短至熟练掌握阶段的42 min, 两组输尿管吻合手术时间差异无统计学意义, 说明泌尿外科医师对于输尿管吻合已有丰富经验有关, 无学习适应的过程。

在学习提高阶段供肾优先选择左肾, 因右肾静脉使用下腔静脉延长成形, 会增加术中静脉出血和血栓风险^[31], 但随着RAKT的手术经验不断丰富, 右侧供肾也可以常规用于RAKT, 因此在熟练掌握阶段右侧供肾多于左侧供肾。Kishore等^[32]研究发现多支动脉供肾行RAKT在移植肾功能恢复和围手术期结果差异均无统计学意义, 本研究在学习提高阶段也未使用多支动脉的供肾, 而熟练掌握阶段使用多支动脉供肾4例, 对吻合技术要求更高, 建议在熟练掌握RAKT的基础上再选择多支动脉供肾进行手术。

ERUS报道RAKT术后有4例中转开放手术, 3例术后因移植肾动脉血栓行移植肾切除术, 移植肾丢失均发生在前10例中^[30]。本研究所有手术顺利完成, 无中转开放手术, 两个阶段术后并发症及血清肌酐差异均无统计学意义。也有研究发现尽管RAKT手术时间较开放肾移植明显延长, 但移植肾功能恢复差异无统计学意义^[33]。移植肾在动静脉开放前需持续低温保存^[34-35]。研究报道, 肾脏冷缺血时间>20 h是肾功能延迟恢复的危险因素^[36]。RAKT可能会延长肾脏冷缺血时间, 造体供肾肾移植多为急诊手术, 需要

表 1 两个阶段资料比较

Table 1 Comparison of data between the two stages

指标	学习提高阶段 (n=33)	熟练掌握阶段 (n=63)	统计值	P值
性别[n (%)]			0.773	0.379
男	19 (58)	42 (67)		
女	14 (42)	21 (33)		
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	38±7	34±9	1.945	0.055
BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	21±3	23±4	2.440	0.017
透析类型[n (%)]			0.483	0.657
腹膜透析	1 (3)	4 (6)		
血液透析	32 (97)	59 (94)		
腹部手术史[n (%)]			0.083	1.000
有	26 (79)	48 (76)		
无	7 (21)	15 (24)		
肾动脉分支[n (%)]			2.186	0.708
单支	33 (100)	59 (94)		
多支	0	4 (6)		
供肾[n (%)]			8.564	0.005
左侧	29 (88)	26 (41)		
右侧	4 (12)	37 (59)		
术前血清肌酐 ($\bar{x} \pm s$, μmol/L)	1 062±319	987±313	1.107	0.271
髂血管游离时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), min]	16 (14,20)	13 (11,16)	-3.070	0.002
热缺血时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), min]	62 (53,70)	42 (36,50)	-5.171	<0.001
动脉吻合时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), min]	17 (13,21)	16 (15,23)	-1.059	0.289
静脉吻合时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), min]	18 (15,21)	15 (13,19)	-2.422	0.015
输尿管吻合时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	16±5	15±4	1.669	0.098
手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	215±31	160±39	7.138	<0.001
失血量[M (P ₂₅ ,P ₇₅), mL]	100 (50,200)	50 (50,100)	-2.125	0.034
住院时间[M (P ₂₅ ,P ₇₅), d]	18 (16,24)	15 (12,20)	-3.018	0.003
术后1 d血清肌酐 ($\bar{x} \pm s$, μmol/L)	916±288	817±310	1.514	0.133
术后7 d血清肌酐[M (P ₂₅ ,P ₇₅), μmol/L]	251 (154,617)	175 (117,550)	-1.348	0.178
术后30 d血清肌酐[M (P ₂₅ ,P ₇₅), μmol/L]	135 (110,200)	133 (106,180)	-0.420	0.675
术后1年血清肌酐[M (P ₂₅ ,P ₇₅), μmol/L]	105 (100,130)	123 (101,140)	-1.754	0.079
并发症[n (%)]			2.241	0.179
切口愈合不良	1 (3)	1 (2)		
移植肾动脉狭窄 (动脉瘤)	3 (9)	1 (2)		
淋巴囊肿	2 (6)	0		
输尿管漏	1 (3)	0		
输尿管狭窄	0	1 (2)		

专科医护共同配合；多数中心机器人均处于高负荷运转状态，需等待手术接台；RAKT 准备时间较开放肾移植长。本中心使用肾移植操作的持续冷藏系统，术中可随时加入冰屑且局限在移植肾周围，保证局部低温而不影响腹腔温度。笔者团队早期 RAKT 与开放肾移植在肾功能恢复方面差异无统计学意义^[37]，因此 RAKT 是安全可行的。

本研究通过 96 例 RAKT 总结出以下缩短学习曲线的经验：（1）利用弃用的供肾在工作台设计手术方法和模拟手术过程，为顺利开展 RAKT 奠定前期基础；（2）制定手术流程及应急预案，术中各环节

紧密配合；（3）供肾修整时小血管分支及肾门周围脂肪全部结扎并仔细试漏；（4）标记血管及肾袋方向，防止血管扭转及肾脏上、下颠倒；（5）选择合适的器械及缝线，RAKT 在吻合时推荐右手使用持针器，左手使用“黑钻”微型镊；血管缝线使用 6-0 GORE-TEX 缝线单针连续缝合，吻合过程中不易断裂，降低出血风险；（6）血管吻合时针距、边距和收线均匀，防止吻合口漏血和吻合口狭窄^[38-39]；（7）通过模拟器练习，更有利于快速掌握血管吻合技术^[40]。

综上所述，RAKT 手术属于高难度、高风险手术，需要严格的培训与学习，本研究结果显示需要通

过33例RAKT手术才能从学习提高阶段提升到熟练掌握阶段,并且在学习提高阶段和熟练掌握阶段两组间并发症和移植肾功能恢复无统计学意义。但本研究仅为单中心研究,并且病例数较少,需要更多的中心及病例数量来进一步验证RAKT的学习曲线。

参考文献:

- [1] 魏勇,沈露明,朱辰,等.单一术者机器人辅助单孔腹腔镜前列腺癌根治术学习曲线分析[J/OL].中华腔镜泌尿外科杂志(电子版),2023,17(1):30-35. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2023.01.007.
WEI Y, SHEN LM, ZHU C, et al. Analysis of single port robot-assisted laparoscopic prostatectomy curve of one single surgeon[J/OL]. Chin J Endourol (Electr Edit), 2023, 17(1): 30-35. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2023.01.007.
- [2] 程强,高帆,陈文政,等.达芬奇机器人全腔内原位新膀胱术的CUSUM法学习曲线分析[J].微创泌尿外科杂志,2023,12(6):365-369. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2023.06.002.
CHENG Q, GAO F, CHEN WZ, et al. Analysis of CUSUM learning curve of robotic intracorporeal Studer's orthotopic neobladder[J]. J Minim Invasive Urol, 2023, 12(6): 365-369. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2023.06.002.
- [3] LEE MR, LI WM, LI CC, et al. Cumulative sum analysis of the learning curve of laparoendoscopic single-site robot-assisted radical prostatectomy[J]. Asian J Surg, 2023, 46(9): 3614-3619. DOI: 10.1016/j.asjsur.2023.02.035.
- [4] AL-NADER M, RADTKE JP, PÜLLEN L, et al. Cumulative sum analysis (CUSUM) for evaluating learning curve (LC) of robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy (RALPN)[J]. J Robot Surg, 2023, 17(5): 2089-2098. DOI: 10.1007/s11701-023-01620-z.
- [5] 方昌华,杜霖,陈鑫楠,等.以累积和分析法研究保留耻骨后间隙机器人辅助根治性前列腺切除术的学习曲线[J/OL].中华腔镜泌尿外科杂志(电子版),2023,17(4):319-325. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2023.04.002.
FANG CH, DU L, CHEN XN, et al. Analysis of learning curve of retzius-sparing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy by cumulative summation analysis[J/OL]. Chin J Endourol (Electr Edit), 2023, 17(4): 319-325. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2023.04.002.
- [6] CENTONZE L, BELLA CD, GIACOMONI A, et al. Robotic versus laparoscopic donor nephrectomy: a retrospective bicentric comparison of learning curves and surgical outcomes from 2 high-volume European centers[J]. Transplantation, 2023, 107(9): 2009-2017. DOI: 10.1097/TP.0000000000004618.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] TERRITO A, BAJEOT AS, MESNARD B, et al. Open versus robotic-assisted kidney transplantation: a systematic review by the European Association of Urology (EAU) - Young Academic Urologists (YAU) Kidney Transplant Working Group[J]. Actas Urol Esp, 2023, 47(8): 474-487. DOI: 10.1016/j.acuroe.2023.03.003.
- [11] CAMPI R, PECORARO A, MARZI VL, 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.
- [12] TERRITO A, MOTTRIE A, ABAZA R, et al. Robotic kidney transplantation: current status and future perspectives[J]. Ital J Urol Nephrol, 2017, 69(1): 5-13. DOI: 10.23736/S0393-2249.16.02856-3.
- [13] GANPULE A, PATIL A, SINGH A, et al. Robotic-assisted kidney transplant: a single center experience with median follow-up of 2.8years[J]. World J Urol, 2020, 38(10): 2651-2660. DOI: 10.1007/s00345-019-02934-0.
- [14] 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/rcs.2293.
- [15] 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.
- [16] PECORARO A, BASILE G, GALLIOLI A, et al. Penetrance of robot-assisted kidney transplantation in surgical practice at referral European transplant centres: an audit within the ERUS-RAKT working group[J]. Eur Urol Open Sci, 2024, 62: 16-18. DOI: 10.1016/j.euro.2024.01.016.
- [17] 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 Minim Invasive Urol, 2018, 7(3): 159-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2018.03.004.
- [18] 刘光香,庄君龙,邓永明,等.机器人辅助腹腔镜亲属供肾移植取-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 from relatives[J]. Chin J Surg, 2023, 61(1): 66-68. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20220715-00314.
- [19] 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 Minim Invasive Urol, 2021, 10(3): 157-162. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.03.003.
- [20] 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.
- [21] 张明晓, 丁振山, 王建峰, 等. 机器人辅助肾移植术单中心初步经验[J]. 器官移植, 2024, 15(3): 422-428. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023261.
- ZHANG MX, DING ZS, WANG JF, et al. Preliminary experience of robot-assisted renal transplantation in a single center[J]. Organ Transplant, 2024, 15(3): 422-428. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023261.
- [22] 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.
- [23] 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 Minim Invasive Urol, 2021, 10(2): 80-83. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2021.02.002.
- [24] MODI P, RIZVI J, PAL B, et al. Laparoscopic kidney transplantation: an initial experience[J]. Am J Transplant, 2011, 11(6): 1320-1324. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2011.03512.x.
- [25] AHLAWAT RK, TUGCU V, ARORA S, et al. Learning curves and timing of surgical trials: robotic kidney transplantation with regional hypothermia[J]. J Endourol, 2018, 32(12): 1160-1165. DOI: 10.1089/end.2017.0697.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] GALLIOLI A, TERRITO A, BOISSIER R, et al. Learning curve in robot-assisted kidney transplantation: results from the European robotic urological society working group[J]. Eur Urol, 2020, 78(2): 239-247. DOI: 10.1016/j.eururo.2019.12.008.
- [29] TUĞCU V, ŞENER NC, ŞAHIN S, et al. Robot-assisted kidney transplantation: comparison of the first 40 cases of open vs robot-assisted transplantations by a single surgeon[J]. BJU Int, 2018, 121(2): 275-280. DOI: 10.1111/bju.14014.
- [30] TINNEY F, IVANICS T, STRACKE J, et al. Robotic-assisted versus open technique for living donor kidney transplantation: a comparison using propensity score matching for intention to treat[J]. Transplant Direct, 2022, 8(5): e1320. DOI: 10.1097/TXD.0000000000001320.
- [31] KULKARNI S, WEI G, JIANG W, et al. Outcomes from right versus left deceased-donor kidney transplants: a US national cohort study[J]. Am J Kidney Dis, 2020, 75(5): 725-735. DOI: 10.1053/j.ajkd.2019.08.018.
- [32] KISHORE TA, KURIAKOSE MJ, PATHROSE G, et al. Robotic assisted kidney transplantation in grafts with multiple vessels: single center experience[J]. Int Urol Nephrol, 2020, 52(2): 247-252. DOI: 10.1007/s11255-019-02305-z.
- [33] KISHORE TA, KADDU DJ, SODHI BS, et al. Robotic kidney transplant beyond the learning curve: 8-year single-center experience and matched comparison with open kidney transplant[J]. Urology, 2024, 183: 100-105. DOI: 10.1016/j.urology.2023.10.031.
- [34] AHLAWAT R. Robotic kidney transplantation under regional hypothermia[J]. J Endourol, 2022, 36(S2): S18-S24. DOI: 10.1089/end.2022.0362.
- [35] ZHANG H, ZENG J, FAN Y, et al. Continuous renal Surface Cooling Technique (CSCT) in robotic assisted kidney transplantation: technique and outcomes from a high-volume center, a prospective cohort study[J]. Int J Surg, 2024, 110(7): 4143-4150. DOI: 10.1097/JS9.0000000000001385.
- [36] GORAYEB-POLACCHINI FS, CALDAS HC, FERNANDES-CHARPIOT IMM, et al. Impact of cold ischemia time on kidney transplant: a mate kidney analysis[J]. Transplant Proc, 2020, 52(5): 1269-1271. DOI: 10.1016/j.transproceed.2019.12.052.
- [37] 崔建春, 谭顺成, 宋永琳, 等. 机器人辅助肾移植术的初步体验与疗效观察[J]. 中华器官移植杂志, 2021, 42(7): 398-403. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20201117-00392.
- CUI JC, TAN SC, SONG YL, et al. Preliminary experiences and curative outcomes of robot-assisted kidney transplantation[J]. Chin J Organ Transplant, 2021, 42(7): 398-403. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20201117-00392.
- [38] CAMPI R, PECORARO A, PIRAMIDE F, et al. The ERUS course on robot-assisted kidney transplantation[J]. World J Urol, 2024, 42(1): 205. DOI: 10.1007/s00345-024-04802-y.
- [39] GHAZI A, SABA P, MELNYK R, et al. Utilizing 3D printing and hydrogel casting for the development of patient-specific rehearsal platforms for robotic assisted partial nephrectomies[J]. Urology, 2021, 147: 317. DOI: 10.1016/j.urology.2020.10.023.
- [40] LUCEREAU B, THAVEAU F, LEJAY A, et al. Learning curve of robotic-assisted anastomosis: shorter than the laparoscopic technique? an educational study[J]. Ann Vasc Surg, 2016, 33: 39-44. DOI: 10.1016/j.avsg.2015.12.001.

(收稿日期: 2024-05-27)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)