

机器人辅助肾部分切除术后创面的超声评价体系构建及临床应用分析

李亮¹ 牛迪² 杨诚² 梁朝朝²

摘要 目的 探讨常规超声联合超声造影(CEUS)评估机器人辅助肾部分切除术(RANSS)术后肾脏创面的应用价值,探讨其与术后并发症的相关性。方法 选取80例行机器人辅助肾部分切除术的患者。术后第1天使用常规超声检查观察肾脏创面的形态学特征,并对超声图像进行严重程度分级(GUIs)。术后第1天起行超声造影检查,观察肾创面是否存在超声造影剂外渗。比较各组严重程度分级中患者术后并发症发生有无差异,比较超声造影剂外渗及无外渗患者术后并发症发生有无差异,比较各组严重程度分级患者中造影剂外渗构成比及术后并发症有无差异。结果 依据常规超声图像,将术后肾脏创面形态按严重程度由低至高分为1级、2级、3级,各等级之间术后并发症构成比差异有统计学意义($P < 0.05$),等级增加术后并发症比例增加;造影剂外渗组较无外渗组并发症比例增加($P < 0.05$);GUIs中存在造影剂外渗患者比例随分级增加升高($P < 0.05$)。结论 常规超声联合CEUS可以从形态学上评价RANSS术后肾脏创面,评价结果与术后并发症具有一定相关性。

关键词 常规超声;超声造影;机器人辅助肾部分切除术;术后并发症

中图分类号 R 445.1

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2023)06-1041-05
doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2023.06.028

世界范围内,肾脏肿瘤占有所有恶性肿瘤的2%~3%,近年来检出率仍在逐渐提升^[1]。腹腔镜手术,包括机器人辅助肾部分切除术(robotic-assisted nephron-sparing surgery, RANSS),是T1肾脏肿瘤的标准推荐术式^[2],其术后并发症主要包括出血、感染及尿瘘等^[3]。临床上目前缺少预测术后并发症的客观依据,所以不同的机构或不同的医师往往采

用不同的术后康复进程来预防术后并发症的发生^[4]。肾部分切除术后的肾脏创面与肿瘤性状及切除范围等因素有关,理论上创面的形态学特征可以反应术后肾脏创面的稳定程度和严重程度,从而预测术后并发症的发生,帮助临床制定更加合理的康复进程。

超声是目前肾脏检查的一线影像学手段,可以清晰显示肾脏结构及周围组织。常规超声结合超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)已经被广泛应用于腹部脏器的疾病诊断及严重程度评估。研究^[5]表明,通过显示超声造影剂的外渗,可以提示脏器损伤时动态出血。Rosenblatt et al^[6]通过动物实验表明,通过在肾动脉中注射显色染料,显示染料由缝合后的肾脏创面渗出。该实验理论上超声造影剂可以由不稳定的肾脏术后创面渗出,从而被超声检出。超声造影相较于其他影像学手段,具有可床旁动态观察的优势,并且与常规超声检查可同时进行。该研究的目的在于构建基于超声的肾脏创面分级体系,联合CEUS评估RANSS术后肾脏创面,并探讨其与RANSS术后并发症的相关性。

1 材料与方法

1.1 病例资料 选取2019年5月—2020年1月在安徽医科大学第一附属医院行RANSS的患者80例,年龄25~80(52.8±12.4)岁,其中男性42例(52.5%),女性38例(47.5%)。纳入标准:术前经过影像学检查评估为T1期,术后病理确诊肾肿瘤;能签署知情同意书并配合超声造影检查。排除标准:有手术禁忌证;年龄小于18或大于80岁;有明确的药物、食物、白蛋白和其他血制品过敏史以及超声造影检查前新发现的药物过敏;合并伴心内分流的先天性心脏病,心功能IV级;合并重度肺动脉高压、肺气肿、哮喘及呼吸衰竭;不能配合检查。该研究为前瞻性、观察性队列研究,经安徽医科大学第一附属医院伦理委员会批准(PJ2019-47-49, 24 February 2019)。所有患者均签署知情同意书。

1.2 手术相关资料 所有患者均接受气管插管全

2023-03-22 接收

基金项目:国家自然科学基金(编号:81902584,81700662);安徽省高校科学研究项目(编号:KJ2019A0279);安徽医科大学科学研究基金资助项目(编号:2020xkj178)

作者单位:安徽医科大学第一附属医院¹ 超声科、² 泌尿外科,合肥 230022

作者简介:李亮,男,博士研究生;

梁朝朝,男,教授,主任医师,博士生导师,责任作者, E-mail: liang_chaozhao@ahmu.edu.cn

身麻醉。术中采用 3 种途径: 经腹、腰、腰腹联合途径。术中使用单极电凝标记肿瘤边界, 用无损伤“哈巴狗钳”阻断肾动脉主干或上下级分支, 使用单级电剪沿肿瘤边缘外 5 mm 进行标准切除, 部分病例紧贴肿瘤假包膜剔除和对部分错构瘤患者行吸引器吸除。用可吸收倒刺线沿创面基底部缝合内层, 肾实质创缘用 2-0 可吸收倒刺线连续缝合, 缝合线收紧后用 Hem-o-lok 夹固定。部分切除创面较浅的病例用 2-0 可吸收倒刺线单层缝合。所有患者均放置引流管, 每日引流液小于 50 ml 时拔除。术后患者均卧床 3 d。按 Clavien-Dindo 手术并发症分级系统评价术后有无并发症^[7]。记录手术相关资料。

1.3 超声检查 使用 Mindray Resona 7 型彩色超声仪和 SC-5-4U 探头, 频率 3 ~ 5 MHz。超声造影采用低机械指数对比脉冲序列(CPS) 成像技术, 机械指数 0.082。造影剂使用全氟丙烷人血白蛋白微球注射液(雪瑞欣, 湖南康润药业有限公司)。术后第 1 天和第 2 天各行 1 次常规超声及 CEUS。超声检查时患者平静呼吸, 保持仰卧位或侧卧位, 超声探头置于腋后线附近, 常规超声评估术后肾脏创面位置、范围和形态, 获取肾脏创面矢状位、冠状位及横断位超声图像, 存储静态及动态图像。后启动 CPS 进入低机械指数状态, 经病人外周静脉快速注入造影剂 2.5 ~ 3.0 ml, 随即注入 5 ml 生理盐水。注入造影剂同时启动计时器, 观察肾脏创面的造影表现, 记录造影全过程并存盘。检查后监测患者基本生命体征和临床症状, 观察有无造影不良反应。常规超声及造影检查由同一位高年资超声医师在泌尿外科医师协助下完成。

1.4 超声图像判别 常规超声检查结果由 2 名高年资超声医师同时判别, 讨论后形成统一意见, 主要评估肾脏整体形态、肾脏创面处包膜形态及肾脏创面周围肾单位丢失情况, 通过分析超声图像建立分级体系。肾脏造影图像由 2 名高年资超声医师同时判别, 观察是否存在创面的造影剂外渗(图 1)。

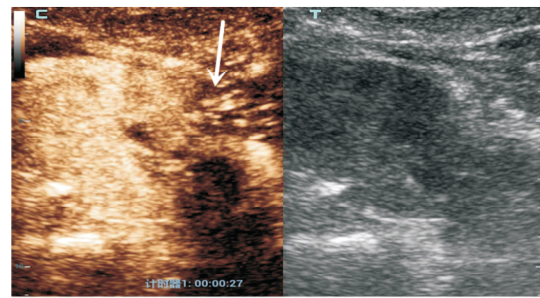


图 1 肾创面长轴切面超声造影显示肾脏创面出现造影剂不连续的短线状外渗

1.5 统计学处理 使用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析, 非正态分布的计量资料以中位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 使用 Mann-Whitney U 检验进行组间比较。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较用独立样本 t 检验。计数资料以频数(%)表示, 使用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法进行组间比较。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 建立超声图像分级(the grades of ultrasound images, GUIs) 肾脏创面常规超声图像按以下标准分为 3 个等级。Grade1: 肾脏形态正常, 手术区域肾实质结构可见, 肾包膜相对平滑; Grade2: 肾脏形态相对正常, 手术区域肾实质结构失常, 肾包膜高低不平; Grade3: 肾脏形态失常, 手术区域肾单位丢失, 肾表面明显凹陷。见图 2。

2.2 一般结果 术后并发症情况: 80 例患者术后出现并发症 32 例(32%), 未出现并发症 48 例(60%); Grade1: 25 例(31.3%), Grade2: 41 例(51.3%), Grade3: 14 例(17.5%); 造影剂外渗 35 例(43.8%), 无外渗 45 例(56.2%)。各组间术前、术中、术后与并发症可能有相关性的基线数据差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1 ~ 4。

2.3 GUIs 及 CEUS 与术后并发症的相关性

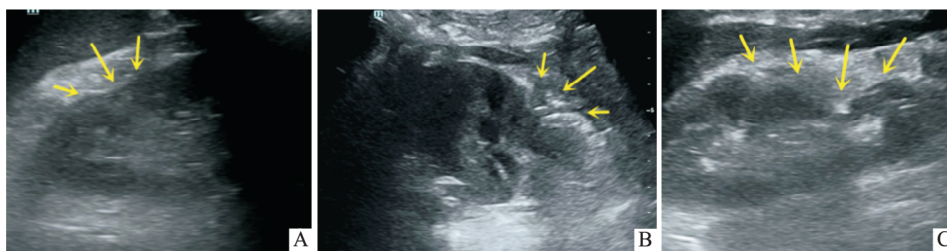


图 2 常规超声肾脏创面长轴切面显示肾脏创面
A: Grade1 切口; B: Grade2 切口; C: Grade3 切口

表1 GUIs 中患者基线资料分析 [$\bar{x} \pm s$ n(%)]

参数	Grade1(n =25)	Grade2(n =41)	Grade3(n =14)	F/ χ^2 值	P 值
年龄(岁)	54.44 ± 11.05	53.10 ± 13.30	49.29 ± 12.82	0.787	0.459
性别				1.308	0.520
女	10 (40.0)	22 (53.7)	6 (42.9)		
男	15 (60.0)	19 (46.3)	8 (57.1)		
肿瘤位置				1.399	0.497
左	14 (56.0)	17 (41.5)	6 (42.9)		
右	11 (44.0)	24 (58.5)	8 (57.1)		
BMI (kg/m ²)	25.42 ± 3.70	23.60 ± 3.40	24.12 ± 3.73	1.903	0.934
肿瘤最大直径(cm)	3.02 ± 1.48	3.46 ± 1.89	3.26 ± 1.44	0.520	0.597
术前 eGFR(ml/min)	104.72 ± 15.08	102.12 ± 16.90	110.07 ± 13.48	1.332	0.270
术前 Cr (μ mol/L)	67.04 ± 15.83	68.54 ± 14.90	64.59 ± 16.17	0.350	0.705
术前 Hb (g/L)	138.04 ± 13.41	130.34 ± 12.50	129.93 ± 17.53	2.762	0.069
ASA 分级				4.436	0.109
1	13 (52.0)	25 (61.0)	12 (85.7)		
2	12 (48.0)	16 (39.0)	2 (14.3)		
RENAL 评分(分)	6.44 ± 1.78	7.10 ± 1.60	7.14 ± 1.41	1.392	0.255

BMI: 体质指数; eGFR: 肾小球滤过率; Cr: 肌酐; Hb: 血红蛋白; ASA: 美国麻醉医生协会

表2 GUIs 中患者术中、术后指标分析 [$\bar{x} \pm s$ n(%)]

参数	Grade1(n =25)	Grade2(n =41)	Grade3(n =14)	F/ χ^2 值	P 值
热缺血时间(min)	16.76 ± 6.10	19.83 ± 6.80	18.36 ± 4.11	1.914	0.154
手术时间(min)	159.80 ± 37.32	152.07 ± 32.50	148.21 ± 27.22	0.657	0.521
术后 eGFR 下降(%)	10.14 ± 10.36	17.22 ± 14.20	15.90 ± 17.73	2.078	0.132
术后 Hb 下降(%)	10.12 ± 4.59	12.29 ± 7.30	14.27 ± 5.10	2.082	0.132
术后 Cr 上升(%)	18.20 ± 15.02	24.80 ± 22.10	23.27 ± 21.26	1.141	0.325
术后住院时间(d)	7.19 ± 2.27	7.05 ± 1.63	7.03 ± 1.81	0.388	0.680
拔管时间(d)	4.68 ± 0.94	4.53 ± 1.18	4.57 ± 2.59	0.076	0.927
并发症				6.674	0.034
无	15 (60.0)	14 (34.1)	3 (21.4)		
有	10 (40.0)	27 (65.9)	11 (78.6)		
外渗有无				12.276	0.002
无	17 (68.0)	26 (63.4)	2 (14.3)		
有	8 (32.0)	15 (36.6)	12 (85.7)		

表3 有、无造影剂外渗组患者基线资料分析 [$\bar{x} \pm s$ n(%)]

参数	无外渗组		χ^2/t 值	P 值
	(n =45)	有外渗组 (n =35)		
年龄(岁)	53.31 ± 13.12	52.14 ± 11.46	0.417	0.678
BMI(kg/m ²)	24.60 ± 3.82	23.92 ± 3.26	0.835	0.406
性别			0.385	0.535
男	20(52.6)	18(47.4)		
女	25(59.5)	17(40.5)		
肿瘤位置			1.616	0.204
左	18(48.6)	19(51.4)		
右	27(62.8)	16(37.2)		
肿瘤最大直径(cm)	3.07 ± 1.53	3.57 ± 1.87	-1.313	0.193
术前 Hb(g/L)	134.60 ± 14.67	130.20 ± 13.08	1.395	0.167
术前 eGFR(ml/min)	102.17 ± 18.04	106.19 ± 12.95	-1.454	0.150
术前 Cr(μ mol/L)	70.50 ± 16.06	64.73 ± 12.44	1.778	0.079
ASA 分级			2.116	0.146
1	25(50.0)	25(50.0)		
2	20(66.7)	10(33.3)		
RENAL 评分(分)	6.62 ± 1.71	7.26 ± 1.58	-1.704	0.092

表4 有、无造影剂外渗患者术中、术后指标分析 [$\bar{x} \pm s$ n(%)]

参数	无外渗组		χ^2/t 值	P 值
	(n =45)	有外渗组 (n =35)		
手术时间(min)	159.33 ± 33.79	146.71 ± 31.41	2.919	0.092
热缺血时间(min)	18.18 ± 6.43	19.17 ± 6.12	0.490	0.486
拔管时间(d)	4.33 ± 1.13	4.91 ± 1.74	3.265	0.075
术后住院时间(d)	7.05 ± 2.10	7.00 ± 1.26	0.012	0.915
术后 Hb 下降(%)	11.74 ± 6.16	12.24 ± 6.67	0.124	0.726
术后 eGFR 下降(%)	13.67 ± 13.76	16.20 ± 14.53	0.636	0.427
术后 Cr 上升(%)	20.69 ± 20.15	26.58 ± 22.47	1.523	0.221
并发症			10.370	0.001
无	25(55.6)	7(20.0)		
有	20(44.4)	28(80.0)		

Grade1-3 各组间术后并发症差异有统计学意义 ($\chi^2 = 6.674, P = 0.034$), 等级增高并发症比例增高。见表2。造影剂外渗组与无外渗组之间术后并发症差异有统计学意义 ($\chi^2 = 10.370, P = 0.001$),

外渗组并发症比例增高。见表 4。GUIs 中出现造影剂外渗比例存在差异 随着分级升高 出现造影剂外渗的比例升高 ($\chi^2 = 12.276, P = 0.002$)。见表 2。

3 讨论

相对于开放手术,腹腔镜肾部分切除术包括 RANSS 可以大幅缩短住院时间,促进患者进行康复运动。但是 如何判断肾脏创面的恢复程度从而指导康复进程,仍然主要依靠医师的主观判断^[8]。对于术后采取何种康复进程,目前仍有争议。为了预防术后并发症,一些机构往往采用保守的康复策略,比如相对延长术后制动时间与卧床时间,同时也有机构采用更积极的策略,提倡早期的术后活动,加速康复进程。通过影像学手段判断肾脏创面的稳定性,可能是预测术后并发症的有效手段,从而为临床选择康复策略提供依据。

肾脏术后创面与轻度肾脏损伤具有相似的病理生理学机制,不同之处在于手术创伤存在缝合因素,从而更加稳定。目前临床上与肾脏损伤相关的指南中均以肾脏损伤的解剖形态和血流动力学状况作为严重程度分级的参考指标,其中解剖形态评估主要依赖超声检查发现肾脏包膜和肾实质裂伤的证据^[9]。因此,该研究通过超声评估肾脏包膜和实质回声来判断肾脏术后疤痕的严重程度。参考既往关于脏器损伤的研究结果^[10],并通过对大量图像的综合分析,将肾脏术后疤痕分为 3 个等级,理论上该分级系统最大限度涵盖了术后疤痕的解剖学特征。

RANSS 所切除的范围不仅涉及肿瘤本身,部分手术同时切除肿瘤周围的部分正常组织^[11]。手术目标是完整切除肿瘤,同时尽可能保存正常的肾单元,但很多情况下,由于肿瘤界限不易判别,周围肾单元的切除范围取决于手术过程中的具体情况以及医师的主观判断^[12]。所以,术后造成的肾脏损伤并不能仅仅依靠肿瘤大小、深度或是标准的术式来进行预测。超声分级系统对肾脏术后疤痕进行了直观地描述及分类,从一定程度上规避了判断创面严重程度的主观因素影响。

CEUS 可以评估常规超声无法提供的图像特征,如组织高灌注、低灌注及造影剂外渗情况^[13]。很多研究表明,通过超声造影剂外渗可以判断腹腔脏器损伤动态出血^[14]。以往动物实验研究,也观察到了肾损伤时超声造影剂由损伤处外渗至周围组织。手术中的多层缝合保证了肾脏创面的稳定,存在术后明显造影剂渗漏的可能性很小,这也与该研

究中观察到的造影剂由创面向周围组织低速的,短线状的外渗相符。虽然目前仍缺乏造影剂外渗与创面动态出血相关的证据,笔者仍然认为在创面区域观察到造影剂外渗可能与创面的稳定性有关,从而与术后并发症的发生存在相关性。

该研究造影剂外渗的检出率随 GUIs 增加而升高,趋势与并发症的发生规律吻合,说明形态学上的显著创面更加不稳定。所以理论上说,将 CEUS 与 GUIs 整合可能更具有临床价值。然而,CEUS 结论的可重复性仍存在疑问,既往研究^[15]表明,腹腔脏器损伤的超声造影检查可重复性较好,但该研究表明肾脏术后创面的超声造影图像并不典型,动态图像留存及观察过程中很容易漏判轻微的造影剂外渗,外渗图像也可能与周围组织低灌注图像混淆。造影结果的可重复性有赖于操作者对创面的准确识别和动态扫查过程中的细致观察。该实验未将 CEUS 与常规超声结果合并进行分级,而是作为常规超声分级系统的补充展开研究。

该研究仍存在一些不足之处:研究样本量有限,纳入变量相对较多,可能会导致研究结果偏差;同时一些可能影响研究结果的变量由于分组后样本量不足,并未纳入研究,如不同手术者可能导致的创面差异;后续的研究中计划不断增加样本量,将可能影响研究结果的其他变量纳入统计,同时将其他影像学结果加入研究,或通过设计随机对照研究,进一步分析超声检查结果是否可以指导康复进程。

参考文献

- [1] Escudier B, Porta C, Schmidinger M, et al. Renal cell carcinoma: esmo clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up [J]. *Ann Oncol*, 2019, 30(5): 706-20.
- [2] Campbell S, Uzzo R G, Allaf M E, et al. Renal mass and localized renal cancer: aua guideline [J]. *J Urol*, 2017, 198(3): 520-9.
- [3] 汪 赛,梁朝朝,周 骏,等.达芬奇机器人辅助腹腔镜手术的治疗效果分析(附 600 例报告) [J]. *国际泌尿系统杂志*, 2019, 39(3): 523-6.
- [4] Zhao P T, Richstone L, Kavoussi L R. Laparoscopic partial nephrectomy [J]. *Int J Surg*, 2016, 36(Pt C): 548-53.
- [5] Feng C, Wang L, Huang S, et al. Application of contrast-enhanced real-time 3-Dimensional ultrasound in solid abdominal organ trauma [J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39: 869-74.
- [6] Rosenblatt G S, Fuchs G J. A comparison of running suture versus figure-8 sutures as the initial step in achieving hemostasis during laparoscopic partial nephrectomy [J]. *J Endourol*, 2010, 24: 421-4.
- [7] Mitropoulos D, Artibani W, Biyani C S, et al. Validation of the

- Clavien-Dindo grading system in urology by the European Association of urology guidelines ad hoc panel [J]. *Eur Urol Focus*, 2018, 4(4): 608–13.
- [8] Chang K D, Abdel Raheem A, Kim K H, et al. Functional and oncological outcomes of open, laparoscopic and robot-assisted partial nephrectomy: a multicentre comparative matched-pair analyses with a median of 5 years' follow-up [J]. *BJU Int*, 2018, 122: 618–26.
- [9] Kozar R A, Crandall M, Shanmuganathan K, et al. Organ injury scaling 2018 update: spleen, liver, and kidney [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 85: 1119–22.
- [10] Di Renzo D, Persico A, Lisi G, et al. Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) in the follow-up of pediatric abdominal injuries: value and timing [J]. *J Ultrasound*, 2020, 23: 151–5.
- [11] Blackwell R H, Li B, Kozel Z, et al. Functional implications of renal tumor enucleation relative to standard partial nephrectomy [J]. *Urology*, 2017, 99: 162–8.
- [12] Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, et al. European association of urology guidelines on renal cell carcinoma: the 2022 update [J]. *Eur Urol* 2022, 82(4): 399–410.
- [13] Tagliati C, Argalia G, Giuseppetti G M. Contrast-enhanced ultrasound performance in predicting blunt splenic injuries requiring only observation and monitoring [J]. *Med Ultrason*, 2019, 21(1): 16–21.
- [14] Tagliati C, Argalia G, Graziani B, et al. Contrast-enhanced ultrasound the evaluation of splenic injury healing time and grade [J]. *Radiol Med*, 2019, 124(3): 163–9.
- [15] Trinci M, Piccolo C L, Ferrari R, et al. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in pediatric blunt abdominal trauma [J]. *J Ultrasound*, 2019, 22: 27–40.

The ultrasound evaluation system and its clinical application for the renal wound after robotic-assisted nephron-sparing surgery

Li Liang¹, Niu Di², Yang Cheng², Liang Chaozhao²

(¹Dept of Ultrasound, ²Dept of Urology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022)

Abstract *Objective* To evaluate the application of routine ultrasound combined with contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for the renal wound after robotic-assisted nephron-sparing surgery (RANSS) and analyze the correlation with the postoperative complications. *Methods* 80 patients underwent RANSS were involved. Routine ultrasound was performed to evaluate the morphological features the first day after the surgery. A classification system named the grades of ultrasound images (GUIs) was built to evaluate the severity of the renal wound. CEUS was performed on postoperative day 1 to confirm the contrast agent extravasation from the renal wound. The incidence of postoperative complications in different grades was compared, meanwhile compared in the two groups of extravasation or not. *Results* In GUIs, the routine ultrasound images were classified to three grades: Grade1, Grade2, Grade3. The incidence of postoperative complications increased with GUIs ($P < 0.05$), meanwhile higher in the extravasation group ($P < 0.05$). This trend matched up with GUIs especially in Grade 2 and 3. The incidence of the cases with extravasation increased with GUIs ($P < 0.05$). *Conclusion* Routine ultrasound and CEUS are feasible to evaluate the morphologic changes of renal wound after RANSS. There is a certain correlation between the evaluation results and the postoperative complications.

Key words routine ultrasonography; contrast-enhanced ultrasound; robotic-assisted nephron-sparing surgery; postoperative complication