

混合现实技术对腹腔镜下肿瘤动脉阻断肾部分切除术的指导价值*

陈梓键¹ 王峻峰² 余闫宏¹ 刘乾海¹ 张通¹ 李伟¹

[摘要] **目的:**探讨混合现实技术在腹腔镜下选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术的指导价值和经验。**方法:**回顾性分析 2018 年 1 月—2019 年 8 月在我院泌尿外科就诊并行肾部分切除术的肿瘤患者共 30 例。其中混合现实技术指导下肿瘤动脉阻断肾部分切除术 15 例(实验组),其中男 8 例,女 7 例;左侧 7 例,右侧 8 例;临床肿瘤分期 T_{1a}~T_{1b}N₀M₀,术前肌酐(76.21±8.34)μmol/L,术前行 CTA、CTU 检查后,将 CT 影像原始数据,导入专用软件系统(Materialise Mimics 系统+MR 3D 系统),建立全息 3D 影像模型;术中用全息 3D 影像模型,与手术过程中显示屏图像实时融合。未辅助混合现实技术肿瘤动脉阻断肾部分切除术 15 例(对照组),其中男 9 例,女 6 例,左侧 9 例,右侧 6 例;临床肿瘤分期 T_{1a}~T_{1b}N₀M₀,术前肌酐(77.51±8.10)μmol/L。**结果:**所有手术均成功腹腔镜下完成,无严重手术并发症。实验组,在混合现实技术指导下,所有肿瘤动脉(肾段动脉或更下级分支动脉)均得到清晰暴露并阻断,均未行肾动脉主干阻断,阻断时间(24.80±2.54)min,寻找肿瘤动脉时间(10.80±1.90)min,手术时间(104.20±5.66)min,手术失血量(81.73±5.85)mL,术后住院天数(6.33±1.23)d,术后肌酐(78.19±6.89)μmol/L。对照组,肿瘤动脉阻断时间(26.73±3.13)min,寻找肿瘤动脉时间(23.47±3.46)min,手术时间(134.60±8.70)min,手术失血量(93.40±8.91)mL,术后住院天数(7.00±1.20)d,术后肌酐(81.64±7.14)μmol/L。**结论:**混合现实技术可提高选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术的成功率并降低手术风险,使手术朝更精准化方向发展。

[关键词] 肾肿瘤;混合现实;肾部分切除术

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2021.04.014

[中图分类号] R737.11 **[文献标志码]** A

Guiding value of mixed reality technology in laparoscopic partial nephrectomy with tumor artery occlusion

CHEN Zijian¹ WANG Junfeng² YU Yanhong¹ LIU Qianhai¹ ZHANG Tong¹ LI Wei¹
(¹Department of Urology, First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming, 650032, China; ²Digital Medical Research Center, First People's Hospital of Yunnan Province)

Corresponding author: LI Wei, E-mail: lw13908701155@163.com

Abstract Objective: To explore the guiding value and experience of mixed reality technology in laparoscopic nephron sparing surgery for renal tumors by tumor artery occlusion. **Methods:** A retrospective analysis was made on 30 tumor patients who underwent partial nephrectomy from January 2018 to August 2019. Among them, 15 cases (experimental group) underwent partial nephrectomy with tumor artery occlusion under the guidance of mixed reality technology, including 8 males, 7 females, 7 left and 8 right side. Their clinical tumor stage was T_{1a}—T_{1b}N₀M₀, and preoperative creatinine was (76.21±8.34) μmol/L. After CTA and CTU examination before operation, the original CT image data were imported into a special software system (Materialise Mimics system+MR 3D system) to establish a holographic 3D image model. The holographic 3D image model was used in the operation, which was fused with the screen image in real time. Other 15 cases (control group) underwent partial nephrectomy without assistance of mixed reality technique, including 9 males, 6 females, 9 left and 6 right side. Their clinical tumor stage was T_{1a}—T_{1b}N₀M₀, and preoperative creatinine was (77.51±8.10) μmol/L. **Results:** All the operations were successfully performed under laparoscopy without serious complications. In the experimental group, under the guidance of mixed reality technology, all tumor arteries (segmental or inferior branches of renal artery) were clearly exposed and blocked, but renal artery trunk was not blocked. The blocking time was (24.80±2.54) min, and the searching time was (10.80±1.90) min. The operation time was (104.20±5.66) min, and the blood loss was (81.73±5.85) ml. The postoperative hospital stay was (6.33±1.23) days, and postoperative creatinine was (78.19±6.89) μmol/L. In the control group, the time to block tumor artery was (26.73±3.13) min, and the time to find tumor artery was (23.47±3.46) min. The operation time was

*基金项目:医学领军人才培养计划(No:L-2019016);云南省内分泌与代谢性疾病临床医学中心开放项目(No:2020LCZXKF-NM04)

¹云南省第一人民医院泌尿外科(昆明,650034)

²云南省第一人民医院数字医学研究中心

通信作者:李伟,E-mail:lw13908701155@163.com

(134.60±8.70) min, and the blood loss was (93.40±8.91) ml. The hospital stay was (7.00±1.20) d, and the creatinine was (81.64±7.14) $\mu\text{mol/L}$. **Conclusion:** Mixed reality technology can improve the success rate and reduce the risk of selective tumor artery occlusion in partial nephrectomy.

Key words renal tumor; mixed reality; nephron sparing surgery

肾癌约占全身恶性肿瘤的2%~3%,占肾脏原发性恶性肿瘤的85%左右,随着人均寿命的延长和影像医学技术的进步,肾癌发病率呈上升趋势。近年来腹腔镜手术获得长足发展,腹腔镜下肾部分切除术逐渐取代开放性肾切除术^[1],肾部分切除术可以最大程度保留肾脏功能,已被认为是临床分期 $\leq T_{1b}$ 期的肾肿瘤的首选治疗方式,其远期瘤控基本与肾根治性切除术相同^[2-4]。既往外科医生在手术过程中主要阻断肾动脉主干来达到切除肿瘤过程中术野清晰以及减少出血的目的,然而长时间的热缺血会对肾脏造成不可逆的损害,高选择性阻断肿瘤动脉可保护正常肾脏功能,达到“零缺血”状态下切除肿瘤的目的,这对于双侧肾癌、孤立肾肾癌以及对侧肾脏肾功能不全或无功能的肾癌患者来说具有重大价值,高选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术要求术者对肿瘤的供应血管、肾周解剖层次有精准的判断,术前增强CT、CTA等检查只能提供给术者二维平面影像,术者需要在脑海中进行三维影像重建,难以对肿瘤的供应血管及解剖层次有清晰的认识。近期以混合现实技术(mixed reality, MR)为代表的数字科技正在飞速发展,其在现实环境中搭建与虚拟环境交互的桥梁^[5-6],为临床诊疗带来了新的发展方向,混合现实技术依据患者术前CT等影像资料进行三维重建,可为术者提供直观的病变特征,同时术中实时的三维互动为术者定位精确的解剖层面,无疑为肾部分切除术提供数字化解剖基础。本研究旨在探索混合现实技术在腹腔镜下高选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集2018年1月—2019年8月在我院泌尿外科就诊并行肾部分切除术的肿瘤患者共30例列入本研究。混合现实技术辅助下肾部分切除术15例(实验组),其中男8例,女7例,左侧7例;右侧8例,平均年龄(54.53±11.60)岁;肿瘤临床TNM分期为 $T_{1a} \sim T_{1b} N_0 M_0$, R. E. N. A. L. 评分(6.13±1.25)分,肿瘤最大直径(3.25±0.46) cm,术前血肌酐水平(76.21±8.34) $\mu\text{mol/L}$ 。未辅助混合现实技术肾部分切除术15例(对照组),其中男9例,女6例,左侧9例,右侧6例,临床分期 $T_{1a} \sim T_{1b} N_0 M_0$, R. E. N. A. L. 评分(6.33±1.29)分,肿瘤最大直径(3.35±0.45) cm,术前血肌酐水平(77.51±8.10) $\mu\text{mol/L}$ 。两组患者一般病例资料

比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

表1 混合现实导航组与未导航组临床一般资料比较例, $\bar{x} \pm s$

| 项目 | 混合现实导航组($n=15$) | 未导航组($n=15$) | P |
|--|-------------------|----------------|-------|
| 男/女 | 8/7 | 9/6 | 0.712 |
| 左/右 | 7/8 | 9/6 | 0.464 |
| 平均年龄/岁 | 54.53±11.60 | 56.47±6.42 | 0.577 |
| BMI/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$) | 22.62±1.35 | 22.45±1.42 | 0.734 |
| 肿瘤平均直径/cm | 3.25±0.46 | 3.35±0.45 | 0.527 |
| R. E. N. A. L. 评分/分 | 6.13±1.25 | 6.33±1.29 | 0.669 |
| 术前肌酐平均水平/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) | 76.21±8.34 | 77.51±8.10 | 0.670 |

1.2 设备与方法

1.2.1 设备 PHILIPS 64排螺旋CT,比利时Materialise软件公司开发的Mmics Reacher20.0三维重构软件系统和混合现实(MR)3D医学交互系统。

1.2.2 三维重建 患者常规行中下腹增强CT扫描,所有影像图片均以DICOM(Digital Imaging and communications in Medicine)格式保存,将影像数据导入mimics软件系统,首先选定肾脏,利用阈值的差异增加肾脏的对比度,计算出肾脏的三维体积,同样的方法将肿瘤、血管、集合系统依次求出,结合各个部分依次求出肾脏的整体三维体积,同时对重建3D图像进一步转换成FBX格式导入专业的MR手术软件系统。利用3D眼镜,在专用显示屏上,以任意透明度、对比度、颜色,任意移动、旋转、缩放、隐藏、切取、测量等功能,观察患肾肿瘤与肾动静脉,集合系统之间关系,及周围重要脏器毗邻关系,制定手术入路和手术方案。见图1、2。

1.2.3 术中导航 术中充分游离肾脏,暴露肾门,清晰显露肾门血管情况,引用混合现实技术将三维影像通过缩放旋转等方式与患者真实解剖情况进行融合,从而判断肾脏肿瘤供应血管,高度选择性阻断肾肿瘤供应血管,沿肿瘤包膜边缘切除肾脏肿瘤,肿瘤创面用1-0或2-0V-LOCK线连续缝合关闭创面。见图3、4。

记录手术期数据,包括手术出血量、肾脏热缺血时间、寻找肿瘤动脉时间、手术时间、术后肌酐、住院天数。手术出血量以术毕引流袋引流量为准,肾脏热缺血时间以阻断血管到完整切除肿瘤松开

阻断钳恢复血供时间为准,寻找肿瘤动脉时间以完整暴露肾门区血管到确定肿瘤供应血管为准,手术

时间以切开皮肤到完整关腹时间计算,住院天数以手术结束到患者恢复出院时间统计。

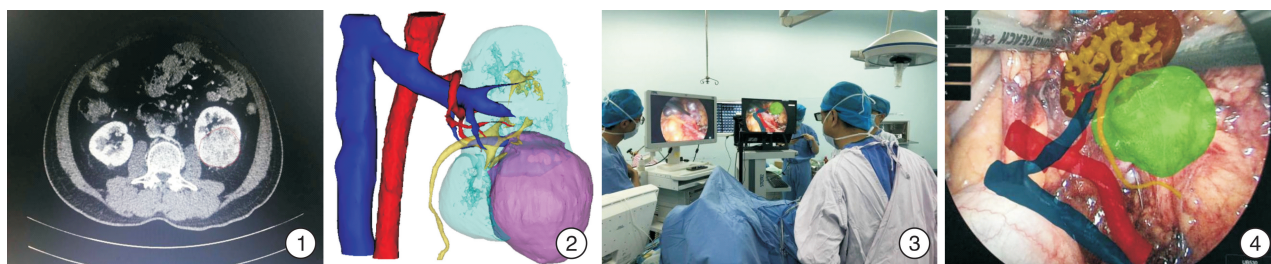


图 1 左肾肿瘤(红圈标记); 图 2 三维模型; 图 3 术中外景; 图 4 MR 术中导航

1.3 统计学方法

使用 SPSS 20.0 统计软件进行数据处理。连续性数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,进行 t 检验,非连续性数据进行 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2 组患者手术数据见表 2,混合现实技术导航组在寻找肿瘤动脉时间与手术时间均短于未导航组,术中出血量混合现实技术导航组少于未导航组,两组比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。混合现实导航组动脉阻断时间与术后住院时间短于未导航组,术后肌酐水平低于未导航组,但两组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)

表 2 混合现实导航组与未导航组术中和术后情况比较

| 项目 | $\bar{x} \pm s$ | | P |
|--|-----------------|---------------|-------|
| | 混合现实导航组(n=15) | 未导航组(n=15) | |
| 寻找肿瘤动脉时间/min | 10.80 ± 1.90 | 23.47 ± 3.46 | <0.05 |
| 动脉阻断时间/min | 24.80 ± 2.54 | 26.73 ± 3.13 | 0.073 |
| 手术时间/min | 104.20 ± 5.66 | 134.60 ± 8.70 | <0.05 |
| 术中出血量/mL | 81.73 ± 5.85 | 93.40 ± 8.91 | <0.05 |
| 术后住院时间/d | 6.33 ± 1.23 | 7.00 ± 1.20 | 0.144 |
| 术后肌酐水平/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) | 78.19 ± 6.89 | 81.64 ± 7.14 | 0.189 |

3 讨论

临床上,对于局限性肾癌与肾脏良性肿瘤,腹腔镜下肾部分切除术已逐渐取代肾根治性切除术成为主要的治疗方案,其远期生存率与肾根治性切除基本相同^[7]。同时肾部分切除术可以最大程度地保留患者肾脏的功能,与传统开放手术相比,腹腔镜下肾部分切除术术中视野更清晰,解剖层次更明显,因此手术时间、术中出血量与术后恢复时间较传统手术更具优势,尤其对于双侧肾癌、孤立肾肾癌、已经并发对侧肾功能较差或已无肾功能的肾

癌患者进行高选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术具有重大意义,因此如何最大程度的保留肾单位与减少肾脏缺血时间成为泌尿外科医生关注的焦点。Wang 等^[8]为 RENAL 评分 ≥ 8 的肾癌患者进行术前 3D 重建,结果表明 3D 重建组术后发生急性肾功能不全的概率低于未重建组,精准的肾段动脉阻断可有效防止因长时间缺血对健存肾单位的损害。

常规泌尿系 CT 三维成像无论动脉成像、静脉成像、集合系统成像均采用单时期成像,在后期成像质量上其各解剖部位整体性、任意透明旋转性上观察不佳,无法提供给外科医生整体、直观的立体感受。而高选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术要求外科医生术前对患者肿瘤供应血管、各组织解剖层次有相当精准判断,混合现实技术术前三维成像较传统影像学成像可提供术者更立体的图像,在三维平面数据的科学性较强,通过对患者术前 CT 等原始数据建立的全息 3D 影像模型,可提供外科医生疾病三维平面的认识,较 CT 等传统二维平面的检查更直观,在帮助外科医生做术前决策起到积极意义,Yoshida 等^[9]为肾肿瘤患者在术前进行三维重建并利用头戴式全息显像设备观察肿瘤血管与周围解剖,在此基础上制定详细的手术方案。

本研究借助 mimics 三维重建与 MR 混合现实手术软件对增强 CT 等原始影像数据进行专业化处理得到患者数字化的三维模型,可帮助手术医生精准、快速的定位肾肿瘤的供应血管,借助切割、旋转、透明化等操作可以直观的观察肾脏血管及肿瘤供应血管、肾脏周围解剖层次,为患者制定个性化的手术治疗方式提供基础,应用混合现实技术将 3D 影像与术中真实场景实时融合,帮助主刀医师准确寻到肿瘤供应血管,术中选择性阻断肾肿瘤供应血管,精准指导肿瘤切除,最大程度保留肾脏功能与避免肾血管及集合系统损伤,并避免损伤周围重要组织脏器。在本研究中,应用混合现实技术导航实施肾部分切除在寻找肿瘤动脉与减少术中出血量上较未导航组有明显优势,其差异有统计学意

义,表明在肿瘤动脉显像与术中导航上具有较大的应用价值^[10-13]。

综上所述,混合现实技术在对肾血管进行清晰的三维显像,为手术医生提供精准的解剖定位,可提高腹腔镜下选择性肿瘤动脉阻断肾部分切除术的成功率,缩短手术时间,降低手术风险,在临床上有一定的参考价值。

参考文献

- [1] Yalcin S, Gumustas H, Kaya E, et al. Descending laparoscopic radical nephrectomy and proven advantages in long term[J]. Arch Esp Urol, 2019, 72(9): 926-932.
- [2] Yang F, Zhou Q, Xing N. Comparison of survival and renal function between partial and radical laparoscopic nephrectomy for T1b renal cell carcinoma[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2020, 146(1): 261-272.
- [3] Kizilay F, Eskidemir U, Bahceci T, et al. The effect of surgical margin on cancer-specific survival in patients treated with nephron-sparing surgery[J]. Niger J Clin Pract, 2019, 22(10): 1396-1402.
- [4] Jimenez-Romero ME, Moreno-Cortes JC, Canelon-Castillo EY, et al. Predictive Factors of Renal Function in Partial Laparoscopic Nephrectomy in Patients with a Kidney Tumor[J]. Curr Urol, 2019, 13(3): 150-156.
- [5] Goo HW, Park SJ, Yoo SJ. Advanced Medical Use of Three-Dimensional Imaging in Congenital Heart Disease: Augmented Reality, Mixed Reality, Virtual Reality, and Three-Dimensional Printing[J]. Korean J Radiol, 2020, 21(2): 133-145.
- [6] Lei PF, Su SL, Kong LY, et al. Mixed Reality Combined with Three-Dimensional Printing Technology in Total Hip Arthroplasty: An Updated Review with a Preliminary Case Presentation [J]. Orthop Surg, 2019, 11(5): 914-920.
- [7] Ziegelmueller BK, Spek A, Szabados B, et al. Partial Nephrectomy in pT3a Tumors Less Than 7 cm in Diameter Has a Superior Overall Survival Compared to Radical Nephrectomy[J]. Cureus, 2019, 11(9): e5781.
- [8] Wang J, Lu Y, Wu G, et al. The role of three-dimensional reconstruction in laparoscopic partial nephrectomy for complex renal tumors[J]. World J Surg Oncol, 2019, 17(1): 159.
- [9] Yoshida S, Sugimoto M, Fukuda S, et al. Mixed reality computed tomography-based surgical planning for partial nephrectomy using a head-mounted holographic computer[J]. Int J Urol, 2019, 26(6): 681-682.
- [10] Porter J, Blau E. Robotic-assisted partial nephrectomy: evolving techniques and expanding considerations [J]. Curr Opin Urol, 2020, 30(1): 79-82.
- [11] 冯传顺, 刘云飞, 张泽键, 等. 3D打印技术在马蹄肾患者行经皮肾镜取石术的应用研究[J]. 临床泌尿外科杂志, 2020, 35(5): 349-353.
- [12] Gupta SK, Anderson RH. Virtual dissection: An alternative to surface-rendered virtual three-dimensional cardiac model[J]. Ann Pediatr Cardiol, 2020, 13(1): 102-103.
- [13] 武鹏, 杨晓剑, 王延柱, 等. 混合现实技术联合达芬奇机器人在完全内生型肾肿瘤行肾部分切除术中的临床应用[J]. 微创泌尿外科杂志, 2018, 7(4): 225-229.

(收稿日期: 2020-06-14)