



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.003
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.003
China Journal of General Surgery, 2023, 32(7):986-993.

· 专题研究 ·

三维重建辅助腹腔镜超声引导激光消融在肝脏恶性肿瘤的临床应用

储心昀, 戴巳禾, 韩江, 李映安, 晋云

(昆明理工大学附属医院/云南省第一人民医院 肝胆胰外科, 云南 昆明, 650500)

摘要

背景与目的: 激光消融 (LA) 提高了肝肿瘤消融的精度, 从而降低了并发症的可能性, 已成为肝脏恶性肿瘤重要的临床治疗方法之一。然而, 目前关于应用三维 (3D) 重建辅助腹腔镜超声技术引导 LA 治疗肝脏恶性肿瘤的相关报道较少。因此, 本研究探讨 3D 重建辅助腹腔镜超声引导下 LA 治疗肝脏恶性肿瘤的临床效果与应用价值。

方法: 回顾性收集 2020 年 9 月—2022 年 3 月行 3D 重建辅助腹腔镜超声引导下 LA 治疗肝脏恶性肿瘤患者的临床资料, 分析手术完成情况、手术时间、术中出血量、术后并发症发生情况、手术前后肝功能指标与肿瘤标志物变化, 术后随访期间肿瘤总缓解率 (ORR) 和复发率。

结果: 共纳入 35 例符合纳入标准的患者, 其中原发性肝癌 25 例、结直肠癌肝转移 6 例、胰腺癌肝转移 2 例、肺癌肝转移 2 例。所有患者均顺利完成手术, 手术时间为 (66.3±2.8) min, 术中出血量为 (15.9±12.4) mL。3 例患者术后出现轻微并发症, 包括 1 例胸腔积液和 2 例术后发热, 未发生围术期严重并发症或死亡。患者术后出现转氨酶与总胆红素升高的情况, 经常规保肝治疗后, 术后 1 个月均恢复至术前水平。25 例原发性肝癌患者术后 3 个月 AFP 较术前明显降低 (8.2 ng/mL vs. 5.3 ng/mL, $Z=-3.269$, $P=0.001$)。所有患者在术后 3 个月复查增强 CT, 显示肿瘤 ORR 为 100%。术后 6 个月再次复查增强 CT, 治疗的 53 个癌灶中 2 个出现局部复发, 局部复发率为 3.8% (2/53), 再次接受 LA。

结论: 有选择性利用 3D 重建辅助腹腔镜超声引导的 LA 治疗肝脏恶性肿瘤, 具有治疗精准, 侵袭性小, 疗效满意的优点。尤其, 对于肝脏难以定位的较小病灶、靠近重要结构的以及其他复杂情况, 选择该治疗方法有利于患者。

关键词

肝肿瘤; 成像, 三维; 腹腔镜; 激光疗法
中图分类号: R735.7

Clinical application of three-dimensional reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided laser ablation in liver malignancies

CHU Xinyun, DAI Yihe, HAN Jiang, LI Ying'an, JIN Yun

(Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, the Affiliated Hospital of Kunming University of Science and Technology/the First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650500, China)

基金项目: 云南省科技厅基础研究专项基金资助项目 (202201AS070002); 云南省兴滇英才支持计划“名医”专项基金资助项目 (XDYC-MY-2022-0032)。

收稿日期: 2023-02-15; **修订日期:** 2023-06-29。

作者简介: 储心昀, 云南省第一人民医院硕士研究生, 主要从事肝胆胰肿瘤微创治疗方面的研究。

通信作者: 晋云, Email: colourecloud@126.com

Abstract

Background and Aims: The utilization of laser ablation (LA) has improved the precision of liver tumor ablation, thereby reducing the possibility of complications, and has become an important clinical treatment method for malignant liver tumors. However, there are few reports on the application of three-dimensional (3D) reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided LA in the treatment of malignant liver tumors. Therefore, this study was performed to evaluate the clinical efficacy and application value of 3D reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided LA in the treatment of malignant liver tumors.

Methods: The clinical data of patients with malignant liver tumors who underwent 3D reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided LA from September 2020 to March 2022 were retrospectively collected. The completion of the surgery, operative time, intraoperative blood loss, occurrence of postoperative complications, changes in liver function parameters and tumor markers before and after surgery, as well as the tumor overall response rate (ORR) and recurrence rate during the postoperative follow-up period, were analyzed.

Results: A total of 35 patients who met the inclusion criteria were included, including 25 cases of primary liver cancer, 6 cases of colorectal cancer liver metastasis, 2 cases of pancreatic cancer liver metastasis, and 2 cases of lung cancer liver metastasis. All patients successfully completed the surgery, with an operative time of (66.3±2.8) min and an intraoperative blood loss of (15.9±12.4) mL. Three patients experienced mild postoperative complications, including 1 case of pleural effusion and 2 cases of postoperative fever, without severe perioperative complications or deaths. The patients showed elevated transaminase and total bilirubin levels after surgery, but after routine liver protection treatment, the levels returned to preoperative levels within one month. In the 25 cases of primary liver cancer, the postoperative AFP level was significantly lower than the preoperative level at 3 months (8.2 ng/mL vs. 5.3 ng/mL, $Z=-3.269$, $P=0.001$). All patients underwent contrast-enhanced CT at 3 months postoperatively, showing a ORR of 100%. At 6 months postoperatively, a repeat contrast-enhanced CT scan revealed that 2 out of 53 treated lesions showed local recurrence, resulting in a local recurrence rate of 3.8% (2/53). These lesions were subsequently treated with repeat LA.

Conclusion: Selective use of 3D reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided LA for malignant liver tumors has the advantages of precise treatment, minimal invasiveness, and satisfactory efficacy. In particular, for small lesions in the liver that are difficult to locate, those near important structures, and other complex situations, choosing this treatment method is beneficial for patients.

Key words

Liver Neoplasms; Imaging, Three-Dimensional; Laparoscopes; Laser Therapy

CLC number: R735.7

肝脏恶性肿瘤治疗手段主要有手术切除、局部消融和肝移植^[1]。随着精准肝脏外科理念的提出和推广,局部消融目前成为肝脏恶性肿瘤重要的临床治疗方法之一^[2-5]。消融通常在超声、CT、MRI等影像设备的引导下完成,目前临床广泛使用的是简便、高效的超声设备^[6-7]。传统经皮超声受成像原理和解剖结构的影响,适用范围有限,较难准确评估消融区域是否完全覆盖肿瘤^[8-9]。为提高消融精确度,腹腔镜超声、肝脏三维(three-

dimensional, 3D)重建等工具应用于肝脏外科的手术治疗中^[10-11]。

腹腔镜超声结合微创技术和接触超声的优点,在一定程度上克服腹腔镜无触觉的局限性,提供高分辨率的超声图像,识别肿瘤确切位置,并且在腹腔镜器械的帮助下,可以增加穿刺角度,避免周围脏器的损伤^[12]。肝脏3D重建是基于患者术前的影像资料,构建特异性3D模型,在3D空间展示肝脏内部胆道、血管走行,以及肿瘤与周围结构

的空间位置关系,帮助术者全面了解患者解剖差异、熟悉肿瘤位置、规划手术方案,指导术中腹腔镜超声进行重点扫查,提高手术的精准度和安全性^[13]。一项Meta分析^[14]对比了原发性肝癌患者术前3D重建和普通CT影像指导手术的差异,发现术前3D重建对肝脏手术有积极影响,可以减少肝血管损伤,避免术中出血,达到肿瘤切除的准确性。此外,3D重建模型是提高受训者对肝脏解剖学和手术切除理解的有用模型,可以作为二维影像的补充,辅助手术方案的准确规划^[15]。

临床常用的局部消融技术主要为热消融,包括微波消融(microwave ablation, MWA)、射频消融(radiofrequency ablation, RA)、激光消融(laser ablation, LA)和高强度聚焦超声(high intensity focused ultrasound, HIFU)^[6]。比起RA和MWA, LA的光纤细、能量、消融范围小,可以更加精准地消融肝脏肿瘤,避免周围器官(胆道、血管、胆囊、胃肠、膈肌等)损伤,减少并发症的发生^[16-17]。然而,目前LA在泌尿外科、血管外科的应用研究较多,3D重建辅助腹腔镜超声引导下消融治疗肝脏恶性肿瘤的相关报道较少。笔者现回顾性分析收治的35例接受3D重建辅助腹腔镜超声引导下LA治疗肝脏恶性肿瘤患者的临床资料,为3D重建辅助腹腔镜超声在肝脏外科的使用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集云南省第一人民医院肝胆胰外科2020年9月—2022年3月收治的肝脏恶性肿瘤患者临床资料。纳入标准:(1)年龄18~80岁;(2)术后病理结果证实为肝脏恶性肿瘤;(3)手术方式为3D重建辅助腹腔镜超声引导下LA;(4)术前CT/MRI示肿瘤个数 ≤ 3 个、单个肿瘤最大径 ≤ 2 cm;(5)临床资料完整。排除标准:(1)不符合上述要求;(2)同期接受其他有创治疗;(3)随访信息缺失。根据纳入、排除标准,共纳入35例患者,收集其一般临床资料,包括性别、年龄、肿瘤位置和大小、实验室检查结果等。所有患者均签署由医院伦理委员会批准的知情同意书,符合医学伦理规定。

1.2 主要LA治疗设备

(1) BK腹腔镜超声系统(flex focus 800, 8866

腹腔镜超声探头);(2)意大利百胜激光消融系统(ECHOLASER X4);(3)一次性使用无菌激光光纤(Bare Fiber PLA L);(4) OptoMedic腹腔镜手术系统;(5) MC1616型号一次性活检针。

1.3 消融治疗方法

根据术前采集的薄层增强计算机断层扫描(CT),通过mimics 22.0 3D重建软件进行肝脏3D模型重建;确定手术方案后,在腹腔镜超声引导下进行LA。手术主要操作过程如下:(1)患者取平卧位,全麻满意后消毒铺巾,取脐上弧形切口进戳卡,查看腹腔情况;(2)取头高左倾位,肝左叶病灶取平卧位,结合肝脏3D重建模型,使用腹腔镜超声探头扫查肝脏情况,确定肿瘤位置;(3)在腹腔镜超声引导下,先使用一次性活检针穿刺3条肿瘤组织送病检,再将21 G大小穿刺针穿刺至肿瘤位置;(4)置入LA光纤,功率设定为5 W、2 000 J,超声实时监测下开始消融,当气化区完全覆盖肿瘤边缘超过5 mm时结束消融;(5)病灶消融完成后进行针道消融、退针;(6)超声检查确认无肿瘤残留后,查看腹腔无活动性出血,依次退出器械,缝合切口,结束手术。

1.4 临床观察指标

记录患者手术时间、术中出血量、术后住院天数、围术期并发症情况;检测患者天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate transaminase, AST)、丙氨酸氨基转移酶(alanine transaminase, ALT)、总胆红素(TBIL)、甲胎蛋白(AFP)、血清癌胚抗原(CEA)、血清糖类抗原125(CA125)、血清糖类抗原19-9(CA19-9)。采用美国东部肿瘤协作组(ECOG)评分表^[18]评估患者术后7 d功能状态(performance status, PS),有0~5分6个等级,0分为正常,5分为死亡;所有患者术后复查增强CT,根据实体瘤疗效评价标准^[19]评估临床治疗效果,分为完全缓解(CR)、部分缓解(PR)、疾病稳定(SD)、疾病进展(PD),根据CR+PR计算总缓解率(overall response rate, ORR)。根据增强CT结果,若消融灶附近出现分界不清的新发病灶,判断为局部复发;若肝内其他部位出现与消融灶无关的新发病灶,判断为再发。肿瘤局部复发率=局部复发癌灶数/治疗总癌灶数 $\times 100\%$ 。

1.5 统计学处理

使用SPSS 26.0软件进行分析,计量资料符合正态分布的用平均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,对

比采用配对样本 t 检验。非正态分布则采用中位数和四分位间距 [$M(IQR)$] 表示, 两两比较采用 Wilcoxon 配对样本秩和检验。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本临床资料

纳入本研究共 35 例患者, 其中男性 26 例, 女性 9 例, 年龄 39~80 (55.3 ± 9.2) 岁。术前影像学检查诊断为肝脏占位性病变, 单发病灶 22 例, 多发病灶 13 例。肿瘤直径 (0.6~2) cm, 平均大小 (1.5 ± 0.4) cm。病灶位置在肝脏 S1 段 2 例, 左肝外叶 6 例, 肝脏 S4 段 4 例, 肝脏 S5 段 11 例, 肝脏 S6 段 6 例, 肝脏 S7 段 11 例, 肝脏 S8 段 13 例。AFP

阳性者 17 例。术前肝功能 Child-Pugh 分级均为 A/B 级。既往有乙型肝炎病毒感染史的 20 例, 有丙肝病毒感染史的 3 例, 其中 19 例有肝炎后肝硬化。术后病理原发性肝癌 25 例、结直肠癌肝转移 6 例、胰腺癌肝转移 2 例、肺癌肝转移 2 例。

2.2 手术及围术期恢复情况

所有患者顺利完成手术, 手术时间为 (66.3 ± 2.8) min, 术中出血量为 (15.9 ± 12.4) mL, 均未留置腹腔引流管。术后患者恢复良好, 7 d 内顺利出院。围术期患者无住院死亡, 3 例患者术后出现并发症, 包括 1 例胸腔积液, 2 例发热。术后患者出现肝功能相关指标一过性升高, 常规保肝治疗后明显好转, 术后 1 个月复查均恢复至术前水平 (表 1)。所有患者术后 7 d 的 PS 评分达到 0 分。

表 1 患者手术前后肝功能指标比较 ($n=35$)

Table 1 Comparison of liver function parameters in patients before and after the surgery ($n=35$)

指标	术前	术后 1 个月	Z/t	P
AST [U/L, $M(IQR)$]	29(25~39)	34(25~41)	-1.010	0.312
ALT [U/L, $M(IQR)$]	27(23~38)	24(21~38)	-0.180	0.857
TBIL ($\mu\text{mol/L}, \bar{x} \pm s$)	20.3 \pm 12.8	18.4 \pm 11.3	1.616	0.115

2.3 临床疗效

术后 3 个月检测肿瘤标记物, 25 例原发性肝癌患者 AFP 水平较术前明显降低, 差异有统计学意义 [$8.2 (5.6\sim 89.8)$ ng/mL vs. $5.3 (3.3\sim 8.8)$ ng/mL, $Z=-3.269$, $P=0.001$]; 10 例转移性肝癌患者 CEA、CA125、CA19-9 较术前没有明显变化, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。所有患者术后 3 个月复查增强 CT, 结果显示 53 个病灶中有 51 个消融范围完全覆盖肿瘤, 无强化, 肿瘤 CR 率 96% (51/53); 有 2 个病灶直径较术前缩小 60% 以上, 肿瘤 PR 率 4% (2/53), ORR 100% (53/53)。术后 6 个月复查增强 CT, 53 个病灶中有 2 个病灶出现局部复发, 局部复发率为 3.8% (2/53), 再次行 LA; 35 例患者中未出现再发。

2.4 典型病例示范

患者 女, 54 岁, 诊断为直肠癌肝转移, 既往患有系统性红斑狼疮, 肝功能 Child-Pugh A 级。CT 与 3D 重建示肿瘤 0.7 cm \times 0.8 cm, 紧贴门静脉右后支 (图 1A), 经 MDT 讨论后决定行 3D 重建辅助腹腔镜超声引导下 LA。腹腔镜超声确认肿瘤位置后, 实时引导穿刺针到达肿瘤部位, 放置 LA 光纤 (图 1B)。以 5 W、2 000 J 的功率开始消融, 消融 2 次, 每次 6 min。消融完成后实时扫描, 见消融区完全覆盖肿瘤, 门静脉右后支完好。术后 3 d 复查 CT 示消融范围 2 cm \times 2 cm, 门静脉右后支连续性完整 (图 1C)。

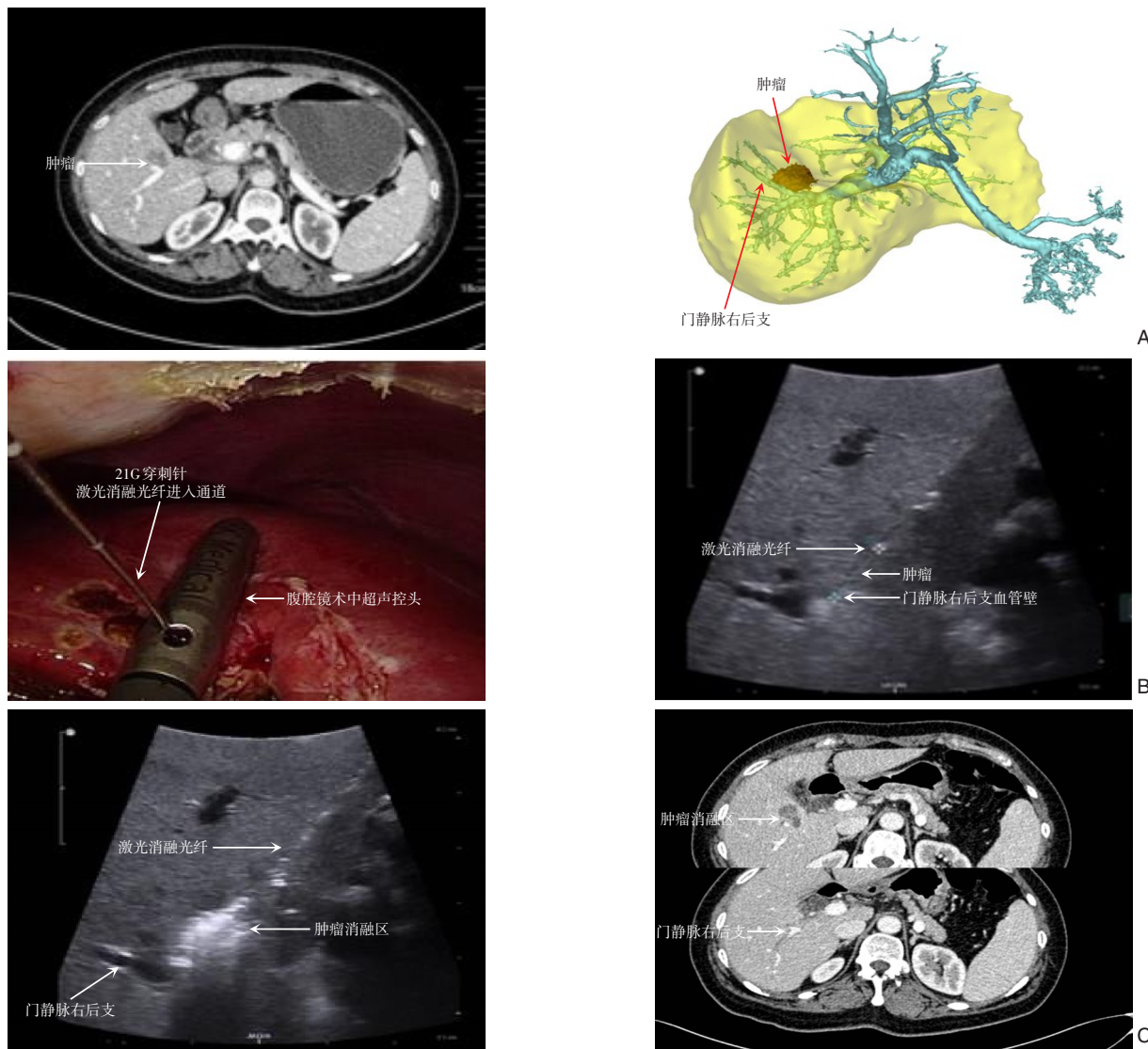


图1 患者图片资料 A: 术前增强CT和3D重建, 显示肿瘤紧贴门静脉右后支; B: 腹腔镜超声导航下行穿刺肿瘤; C: 腹腔镜超声引导下LA术, 术后CT示肿瘤消融完全, 门静脉右后支连续性完好

Figure 1 Image data of the patient A: Preoperative contrast-enhanced CT and 3D reconstruction showing the tumor closely adjacent to the right posterior branch of the portal vein; B: Percutaneous puncture of the tumor guided by laparoscopic ultrasound; C: LA performed under the guidance of laparoscopic ultrasound, and postoperative CT scan showing complete tumor ablation and intact continuity of the posterior branch of the portal vein

3 讨论

肝脏恶性肿瘤严重威胁着人们的生命健康, 包括原发性肝癌和继发性肝癌。原发性肝癌是我国第五大癌症和第四大癌症致死病因, 继发性肝癌是原发于肝外脏器的肿瘤转移至肝脏形成的癌灶, 通常来源于结直肠、乳腺、胰腺、肺和胃等器官^[20-22]。根据最新版肝脏恶性肿瘤诊疗指南^[1], 其治疗主要包括切除、消融、介入等方式。尽管手术切除仍是肝脏恶性肿瘤患者获得长期生存的重要方式, 但由于我国大部分患者合并严重的肝

硬化, 或原发疾病严重、整体身体状况较差, 部分患者无法耐受手术切除。目前广泛应用的消融治疗, 具有微创、安全、高效等优点, 可以在避免较大创伤同时消除肿瘤组织, 使患者获益^[23]。

热消融技术是利用热能加热肿瘤组织, 诱导肿瘤细胞发生凝固坏死, 达到消除肿瘤的目的, 同时还可以激活机体的抗肿瘤免疫应答反应, 加强治疗效果^[3, 5]。常用的热消融方式有MWA、RFA、LA、HIFU等, 其中LA利用300 μm光导纤维释放的激光产热。本研究中35例患者均未发生严重并发症或死亡, 有3例患者术后出现轻微并发

症,予抗炎、止痛等对症支持治疗后好转。多项研究^[16,24]表明,LA可以得到更加精准可控的消融范围,既达到完全消融肿瘤的目的,又降低术后并发症发生概率。LA术后并发症发生率较低,主要与穿刺针较RFA、MWA更细,消融范围更加可控有关;本研究中入组患者的肿瘤直径均在2 cm以内,可能也有一定影响。

随着董家鸿院士^[25]提出精准外科理念,强调完全治疗肿瘤的同时,尽可能减少正常肝组织的损伤,肝脏外科治疗也逐渐向微创、精准的方向发展,很多现代科技也在肝脏外科手术中得到了发展与应用。腹腔镜超声是肝癌可视化技术的重要工具,通过腹腔镜通道将超声探头置入腹腔,在肝脏表面直接进行术中实时扫描。与经皮超声相比,腹腔镜超声缩短了传感器与肝脏的距离,有效地避免了肋骨、空气、重要脏器的影响,清楚直观地全面扫查肝脏,明确肿瘤位置、大小、滋养血管以及周围重要管道走行,还可以结合超声造影寻找术前超声不易发现的早期病灶^[12]。腹腔镜超声简便、易得,但肝脏本身内部脉管结构极其复杂,腹腔镜超声为术者提供的还是二维不规则肝脏切面,管道结构更加难以辨认,医生很难掌握。为简化腹腔镜超声的使用、帮助医生学习该技术、推广这项技术在肝胆外科的应用,3D重建、荧光显像、增强超声、影像融合、混合现实等肝脏可视化技术逐渐发展并应用于临床^[26-27]。3D重建是基于患者术前的静态影像学检查,比如CT、MRI等,通过计算机处理制作肝脏各结构的3D模型,并全面、立体地展示在计算机屏幕上^[10-11]。术前肝脏3D重建,能将肝脏复杂多变的内部管道系统以及与周围器官关系清晰显示出来,还可以通过透视化处理,直接观察肿瘤与周围结构的立体关系,帮助医生术前了解肝脏信息,制定个性化手术方案,选择最佳穿刺路径。此外,手术过程中,术者还可以通过虚拟现实(virtual reality, VR)眼镜等方式再次观察3D重建模型,在模型的指导下重点扫查肝脏病变区域,辅助辨认B超显示的肝内结构,不仅可以提高手术效率与成功率,还帮助医生学习掌握腹腔镜超声技术^[28-30]。

本研究应用了3D重建辅助腹腔镜超声,引导LA治疗肝脏恶性肿瘤,术前根据患者增强CT制作肝脏3D重建模型,直观展现肿瘤、胆管、血管等

结构的立体关系,指导术者制定消融方案。术中结合3D重建模型,为腹腔镜超声提供重点探查区域,可以更快确认肿瘤位置,缩短手术时间;并且在腹腔镜器械辅助下,可以分离肝脏周围韧带,提供更多的穿刺角度;当肿瘤位置靠近膈肌、胃肠、大血管等器官结构时,可以通过建立隔离带、阻断肝门部血流等方式,提高消融的安全性。术后即时检查治疗效果,腹腔镜超声示消融范围完全覆盖肿瘤,病灶周围血管、胆管等器官完好无损。

研究结果显示,患者平均手术时间66.3 min,平均术中出血量15.9 mL,所有患者围术期未发生严重并发症或死亡。术后3个月复查肿瘤ORR达100%,术后6个月复查增强CT,发现1例局部复发,再次行LA。该患者既往有乙型肝炎肝硬化病史,术中肝硬化结节可能影响消融结果的判断,针对此类型患者,结合超声造影技术、争取扩大消融范围或许会使其获益^[26,31]。对比手术前后肿瘤标记物变化,25例原发性肝癌患者术后3个月AFP明显低于术前,10例继发性肝癌患者CEA、CA125、CA19-9较术前无明显变化,可能与患者曾接受原发病灶治疗,消融术前肿瘤标志物异常者较少有关。总体来说,3D重建辅助腹腔镜超声引导下LA是一种安全有效的治疗肝脏恶性肿瘤的方法。

综上所述,3D重建辅助腹腔镜超声引导的LA在肝脏恶性肿瘤的治疗中具有一定优势,可以更加精准、微创地治疗肝脏恶性肿瘤,获得令人满意的疗效,为不易定位的较小病灶、靠近重要结构的病灶等情况提供可选择的方式。但本研究为回顾性小样本分析,随访时间较短,未来仍需更大样本的长期前瞻性研究,进一步验证该技术的有效性和安全性。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:储心昀负责构思与设计研究,完成数据分析,撰写论文初稿;戴己禾、韩江负责实施研究及数据收集;李映安负责数据收集及随访;晋云负责指导研究设计、数据分析、论文写作及修改。全体作者均对文章做出贡献,阅读并同意提交最终版本。

参考文献

[1] 国家卫生健康委办公厅.原发性肝癌诊疗指南(2022年版)[J].临

- 床肝胆病杂志, 2022, 38(2):288-303. doi: 10.3969/j.issn.1001-5256.2022.02.009.
- General Office of National Health Commission. Standard for diagnosis and treatment of primary liver cancer(2022 edition)[J]. Journal of Clinical Hepatology, 2022, 38(2):288-303. doi:10.3969/j.issn.1001-5256.2022.02.009.
- [2] 陈敏山, 刘芙蓉. 射频消融在肝癌多学科综合治疗中的应用[J]. 临床肝胆病杂志, 2011, 27(4):368-371. doi: 10.3969/j.issn.1001-5256.2011.04.010.
- Chen MS, Liu FR. The role of radiofrequency ablation in multidisciplinary treatment of hepatocellular carcinoma[J]. Journal of Clinical Hepatology, 2011, 27(4): 368-371. doi: 10.3969/j.issn.1001-5256.2011.04.010.
- [3] Mahnken AH. Guideline-based thermal ablation of hepatocellular carcinoma[J]. Radiologe, 2022, 62(3): 219-224. doi: 10.1007/s00117-021-00960-x.
- [4] 刘勤, 周少波. 小肝癌射频消融与经腹腔镜切除治疗的近期疗效及成本效果分析[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(5):596-602. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2020.05.011.
- Liu Q, Zhou SB. Analysis of short-term efficacy and cost-effectiveness of percutaneous radiofrequency ablation and laparoscopic hepatectomy in treatment of small hepatocellular carcinoma[J]. China Journal of General Surgery, 2020, 29(5):596-602. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2020.05.011.
- [5] Deng M, Li SH, Guo RP. Recent advances in local thermal ablation therapy for hepatocellular carcinoma[J]. Am Surg, 2023, 89(5): 1966-1973. doi: 10.1177/00031348211054532.
- [6] Musick JR, Philips P, Scoggins CR, et al. Laparoscopic microwave ablation versus percutaneous microwave ablation of hepatic malignancies: efficacy and recurrence-free survival outcomes in patients[J]. Surgery, 2023, 173(3): 598-602. doi: 10.1016/j.surg.2022.06.054.
- [7] Machi J, Uchida S, Sumida K, et al. Ultrasound-guided radiofrequency thermal ablation of liver tumors: percutaneous, laparoscopic, and open surgical approaches[J]. J Gastrointest Surg, 2001, 5(5):477-489. doi: 10.1016/s1091-255x(01)80085-8.
- [8] Xing SW, Romero JC, Cool DW, et al. Intra-procedural evaluation of tumor coverage using 3D US images for percutaneous focal liver thermal ablation[C]//SPIE Medical Imaging. Proc SPIE 12034, Medical Imaging 2022: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling, San Diego, California, USA, 2022, 12034:144-151. doi: 10.1117/12.2611864.
- [9] Makovich Z, Logemann J, Chen LW, et al. Liver tumor ablation in difficult locations: microwave ablation of perivascular and subdiaphragmatic hepatocellular carcinoma[J]. Clin Imaging, 2021, 71: 170-177. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.11.010.
- [10] 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 中国医师协会临床精准医学专业委员会, 等. 复杂性肝脏肿瘤切除三维可视化精准诊治指南(2019版)[J]. 南方医科大学学报, 2020, 40(3):297-307. doi: 10.12122/j.issn.1673-4254.2020.03.01.
- Chinese Medical Association Digital Medicine Branch, Chinese Medical Doctors Association Liver Cancer Professional Committee, Chinese Medical Doctors Association Clinical Precision Medicine Professional Committee, et al. Clinical practice guidelines for precision diagnosis and treatment of complex liver tumor guided by three-dimensional visualization technology (version 2019)[J]. Journal of Southern Medical University, 2020, 40(3):297-307. doi: 10.12122/j.issn.1673-4254.2020.03.01.
- [11] 周显军, 董蓓, 朱呈瞻, 等. 数字化重建技术在基于肝脏门静脉结构的肝段划分中的作用及意义[J]. 中华外科杂志, 2018, 56(1): 61-67. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2018.01.014.
- Zhou XJ, Dong Q, Zhu CZ, et al. The role and significance of digital reconstruction technique in liver segments based on portal vein structure[J]. Chinese Journal of Surgery, 2018, 56(1): 61-67. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2018.01.014.
- [12] 中国肝胆外科术中超声学院. 腹腔镜超声在肝脏外科的应用专家共识(2017)[J]. 中华肝胆外科杂志, 2017, 23(11):721-728. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2017.11.001.
- Chinese College of Intraoperative Ultrasound in Hepatobiliary Surgery. Expert consensus on laparoscopic ultrasound guided laparoscopic liver surgery (2017) [J]. Chinese Journal of Hepatobiliary Surgery, 2017, 23(11):721-728. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2017.11.001.
- [13] 晋云, 杨超, 陈晓波, 等. 3D打印技术在腹腔镜胰十二指肠切除术中的应用[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2020, 9(2):137-141. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2020.02.010.
- Jin Y, Yang C, Chen XB, et al. Application of 3D printing technology in laparoscopic pancreaticoduodenectomy[J]. Chinese Journal of Hepatic Surgery: Electronic Edition, 2020, 9(2): 137-141. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2020.02.010.
- [14] Jiang JH, Pei L, Jiang RY. Clinical efficacy and safety of 3D vascular reconstruction combined with 3D navigation in laparoscopic hepatectomy: systematic review and meta-analysis[J]. J Gastrointest Oncol, 2022, 13(3):1215-1223. doi: 10.21037/jgo-22-198.
- [15] Yeo CT, MacDonald A, Ungi T, et al. Utility of 3D reconstruction of 2D liver computed tomography/magnetic resonance images as a surgical planning tool for residents in liver resection surgery[J]. J Surg Educ, 2018, 75(3):792-797. doi: 10.1016/j.jsurg.2017.07.031.
- [16] 顾诗瑶, 史婧文, 黄璞. 不同离体组织激光消融范围与气化范围的对比研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(8):556-560. doi: 10.12117/jccmi.2021.08.007.

- Gu SY, Shi JW, Huang Y. Comparative study of laser ablation range and gasification range of different tissue in vitro[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2021, 32(8): 556-560. doi: 10.12117/jccmi.2021.08.007.
- [17] 伍晓敏,周平,马树花,等. 超声引导下激光消融治疗高危部位小肝癌[J]. 南方医科大学学报, 2016, 36(1):120-125. doi: 10.3969/j.issn.1673-4254.2016.01.22.
- Wu XM, Zhou P, Ma SH, et al. Ultrasound-guided laser thermal ablation for treatment of small liver cancer at high-risk sites[J]. Journal of Southern Medical University, 2016, 36(1):120-125. doi: 10.3969/j.issn.1673-4254.2016.01.22.
- [18] Azam F, Latif MF, Farooq A, et al. Performance status assessment by using ECOG (eastern cooperative oncology group) score for cancer patients by oncology healthcare professionals[J]. Case Rep Oncol, 2019, 12(3):728-736. doi: 10.1159/000503095.
- [19] Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1)[J]. Eur J Cancer, 2009, 45(2):228-247. doi: 10.1016/j.ejca.2008.10.026.
- [20] Riihimäki M, Hemminki A, Sundquist K, et al. The epidemiology of metastases in neuroendocrine tumors[J]. Int J Cancer, 2016, 139(12):2679-2686. doi: 10.1002/ijc.30400.
- [21] Riihimäki M, Thomsen H, Sundquist K, et al. Clinical landscape of cancer metastases[J]. Cancer Med, 2018, 7(11): 5534-5542. doi: 10.1002/cam4.1697.
- [22] Takahashi Y, Seki H. Metastatic liver tumor from a primary gastric cancer with infiltration of the Glisson's pedicle: a case report[J]. Int J Surg Case Rep, 2019, 60:38-41. doi: 10.1016/j.ijscr.2019.05.012.
- [23] Krul MF, Gerritsen SL, Vissers FL, et al. Radiofrequency versus microwave ablation for intraoperative treatment of colorectal liver metastases[J]. Eur J Surg Oncol, 2022, 48(4): 834-840. doi: 10.1016/j.ejso.2021.10.012.
- [24] Camera S, Di Costanzo GG, Tortora R, et al. Efficacy and safety of percutaneous laser ablation therapy for treatment of large HCC[J]. Dig Liver Dis, 2016, 48:e50. doi: 10.1016/j.dld.2015.12.116.
- [25] 董家鸿. 精准肝脏外科[J]. 中华消化外科杂志, 2014, 13(6):405-411. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2014.06.002.
- Dong JH. Precision liver surgery[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2014, 13(6): 405-411. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2014.06.002.
- [26] Francica G, Meloni MF, Riccardi L, et al. Ablation treatment of primary and secondary liver tumors under contrast-enhanced ultrasound guidance in field practice of interventional ultrasound centers. A multicenter study[J]. Eur J Radiol, 2018, 105: 96-101. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.05.030.
- [27] Minami Y, Kudo M. Ultrasound fusion imaging technologies for guidance in ablation therapy for liver cancer[J]. J Med Ultrason (2001), 2020, 47(2):257-263. doi: 10.1007/s10396-020-01006-w.
- [28] Wierzbicki R, Pawłowicz M, Job J, et al. 3D mixed-reality visualization of medical imaging data as a supporting tool for innovative, minimally invasive surgery for gastrointestinal tumors and systemic treatment as a new path in personalized treatment of advanced cancer diseases[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2022, 148(1):237-243. doi: 10.1007/s00432-021-03680-w.
- [29] Shekhar R, Dandekar O, Bhat V, et al. Live augmented reality: a new visualization method for laparoscopic surgery using continuous volumetric computed tomography[J]. Surg Endosc, 2010, 24(8):1976-1985. doi: 10.1007/s00464-010-0890-8.
- [30] Katić D, Wekerle AL, Görtler J, et al. Context-aware augmented reality in laparoscopic surgery[J]. Comput Med Imaging Graph, 2013, 37(2):174-182. doi: 10.1016/j.compmedimag.2013.03.003.
- [31] Pacella CM, Bizzarri G, Francica G, et al. Analysis of factors predicting survival in patients with hepatocellular carcinoma treated with percutaneous laser ablation[J]. J Hepatol, 2006, 44(5): 902-909. doi: 10.1016/j.jhep.2006.01.031.

(本文编辑 熊杨)

本文引用格式: 储心昀,戴己禾,韩江,等. 三维重建辅助腹腔镜超声引导激光消融在肝脏恶性肿瘤的临床应用[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(7):986-993. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.003

Cite this article as: Chu XY, Dai YH, Han J, et al. Clinical application of three-dimensional reconstruction-assisted laparoscopic ultrasound-guided laser ablation in liver malignancies[J]. Chin J Gen Surg, 2023, 32(7):986-993. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.003