



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240644  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.240644  
China Journal of General Surgery, 2025, 34(6):1219-1227.

· 临床研究 ·

## 腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航下解剖性肝右后段及右前背侧段切除术 1 例报告（附视频）

宋兴超<sup>1</sup>, 马啸<sup>1</sup>, 杨伟斌<sup>1</sup>, 许安之<sup>1</sup>, 宋秋雨<sup>2</sup>

(1. 徐州医科大学附属徐州市立医院/徐州市第一人民医院 肝胆胰外科, 江苏 徐州 221116; 2. 天津医科大学临床医学院, 天津 300270)

### 摘要

**背景与目的:** 腹腔镜解剖性肝段切除因其安全性、可行性及有效性, 已广泛应用于肝肿瘤的手术治疗。正染吲哚菁绿 (ICG) 荧光导航结合术中腹腔镜超声已成为精准肝切除的重要手段, 尤其在识别肝段/亚段范围、明确切缘方面显示出显著优势。本文报告 1 例应用腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航完成的解剖性肝右后段及右前背侧段切除病例, 以评估其临床可行性与效果。

**方法:** 回顾性分析 1 例肝脏占位性病变应用腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航行解剖性肝右后段和右前背侧段切除术的老年女性患者资料。

**结果:** 术前行三维重建明确肿瘤位于肝右后段及右前背侧段, 术中在腹腔镜超声引导下穿刺门静脉右前腹侧支并注射 ICG, 实现右前腹侧段的精准染色, 依据荧光边界顺利完成肝右后段及右前背侧段的精准解剖性切除。术中出血约 100 mL, 未输血, 切除组织病理确诊为中分化小胆管型肝内胆管癌, 切缘阴性 (R<sub>0</sub>切除), 术后恢复良好, 于术后第 19 天出院, 术后 6 个月复查未见复发。

**结论:** 在解剖性切除肝右后段及右前背侧段过程中, 腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航可精准指示肝段边界, 提高手术的安全性及切除的彻底性, 对实现 R<sub>0</sub>切除具有重要价值。

### 关键词

肝肿瘤; 肝切除术; 腹腔镜; 吲哚花青绿  
中图分类号: R735.7

## A case report of laparoscopic anatomical resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment of the liver guided by intraoperative ultrasound combined with positive ICG fluorescence navigation (with video)

SONG Xingchao<sup>1</sup>, MA Xiao<sup>1</sup>, YANG Weibin<sup>1</sup>, XU Anzhi<sup>1</sup>, SONG Qiuyu<sup>2</sup>

(1. Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, Xuzhou Municipal Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University/Xuzhou First People's Hospital, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 2. Clinical Medical College, Tianjin Medical University, Tianjin 300270, China)

**基金项目:** 徐州医科大学附属医院发展创新团队基金资助项目 (XYFC202202); 江苏省徐州市引进临床医学专家团队基金资助项目 (2018TD001)。

**收稿日期:** 2024-12-09; **修订日期:** 2025-05-05。

**作者简介:** 宋兴超, 徐州医科大学附属徐州市立医院/徐州市第一人民医院主任医师, 主要从事肝胆胰疾病微创治疗方面的研究。

**通信作者:** 宋兴超, Email: m13905229772@163.com

**Abstract**

**Background and Aims:** Laparoscopic anatomical liver segmentectomy has been widely applied in the surgical treatment of hepatic tumors due to its safety, feasibility, and effectiveness. The combination of indocyanine green (ICG) fluorescence-guided positive staining and intraoperative laparoscopic ultrasound has become an important technique for precision liver resection, particularly in accurately delineating hepatic segment/subsegment boundaries and achieving negative surgical margins. This study reports a case of anatomical resection of the right posterior segment and the dorsal subsegment of the right anterior segment of the liver, guided by laparoscopic ultrasound combined with ICG positive staining, to evaluate its clinical feasibility and outcomes.

**Methods:** A retrospective analysis was conducted on an elderly female patient with a hepatic space-occupying lesion who underwent laparoscopic anatomical resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment using intraoperative ultrasound combined with ICG fluorescence-guided positive staining.

**Results:** Preoperative three-dimensional reconstruction revealed that the tumor was located in the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment. Intraoperatively, under laparoscopic ultrasound guidance, the anterior-ventral branch of the right portal vein was punctured and injected with ICG to achieve precise staining of the right anterior-ventral subsegment. The resection was performed along the fluorescent boundary, enabling accurate anatomical removal of the targeted liver segments. Intraoperative blood loss was approximately 100 mL without transfusion. Pathology confirmed a moderately differentiated small-duct type intrahepatic cholangiocarcinoma with negative margins (R<sub>0</sub> resection). The patient recovered well and was discharged on postoperative day 19. Follow-up CT at 6 months showed no evidence of recurrence.

**Conclusion:** During anatomical resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment of the liver, laparoscopic ultrasound combined with ICG fluorescence-guided positive staining can accurately define segmental boundaries, enhance surgical safety, and ensure complete tumor resection, thus offering significant value in achieving R<sub>0</sub> resection.

**Key words**

Liver Neoplasms; Hepatectomy; Laparoscopes; Indocyanine Green

**CLC number:** R735.7

传统的腹腔镜肝切除术因存在肿瘤定位困难、无法准确标记肝段、无法提供实时术中导航等挑战从而无法满足精准解剖学肝切除的要求。三维可视化技术利用计算机处理CT和(或)MRI图像,创建出三维的解剖结构模型,以便在手术前为医生呈现立体且直观的解剖结构,展示病灶、血管的解剖关系及肝脏血管流域,为制定手术方案提供参考<sup>[1]</sup>。在腹腔镜肝切除术中,腹腔镜超声检查发挥着关键作用,尤其是在定位肝脏病变和识别肝脏深处的主要血管结构时。尽管如此,对于手术前CT或MRI检查未发现的小转移灶仍存在一定“盲区”<sup>[2]</sup>。正染吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)荧光导航利用肿瘤和正常肝组织之间ICG的差异吸收和排泄,用荧光对肝脏肿瘤进行精确染

色,可准确辨识肝段和亚段,有助于肿瘤切除的精确定位和导航,提高手术效率并最大限度地降低阳性切除切缘的风险<sup>[3]</sup>。在腹腔镜肝切除术中,结合术前三维重建技术、术中腹腔镜超声以及正染ICG荧光导航,有助于精准定位微小肿瘤、明确切除边界,实现精准解剖性肝切除。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例资料

患者女,61岁。3d前检查时发现肝脏占位性病变而入院。患者既往无乙型肝炎疾病。体格检查结果显示:全身皮肤和黏膜未见黄染,无明显出血点、肝掌与蜘蛛痣,未触及肿大的浅表淋

巴结;腹部外观正常,腹部触诊时柔软,无疼痛和压痛,无包块。实验室指标检测显示:天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate transaminase, AST) 14 U/L、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶 78 U/L、白蛋白(albumin, ALB) 36.6 g/L、丙氨酸氨基转移酶(alanine transaminase, ALT) 15 U/L、前白蛋白 160 mg/L、总蛋白 65 g/L、总胆红素(total bilirubin, TBIL) 11.8  $\mu$ mol/L、结合胆红素 2.4  $\mu$ mol/L、未结合胆红素 9.40  $\mu$ mol/L;乙型肝炎病毒:乙型肝炎病毒脱氧核糖核酸未见异常,乙型肝炎表面抗原未见异常;肿瘤标志物:癌抗原 50 279 IU/mL、甲胎蛋白 2.62 ng/mL、糖类抗原 19-9 250.3 U/mL;肝功能 Child-Pugh 分级 A 级,美国东部

肿瘤协作组体力状态评分 0;上腹部增强 CT:肝右后段见团块状低密度影,最大范围 8.5 cm  $\times$  6.0 cm,在增强扫描中,病变区域周边呈现出环状强化带,病变内部存在片状的低密度区域,增强效果不明显,可见分隔状的影子,分隔有强化现象,邻近肝包膜欠规整,考虑肿瘤伴坏死可能(图 1);手术前穿刺标本:灰白色穿刺组织 5 条,长 0.5~1.3 cm,平均直径 0.1 cm;肝脏病理:HE 结合免疫组化结果支持胆管腺癌;免疫组化结果:细胞角蛋白 19 (+)、细胞角蛋白 7 (+)、肝细胞(-)、肝细胞核因子 1 $\beta$  (+)、MOC-31 (+)、CD10 (-)、癌胚抗原(-)。

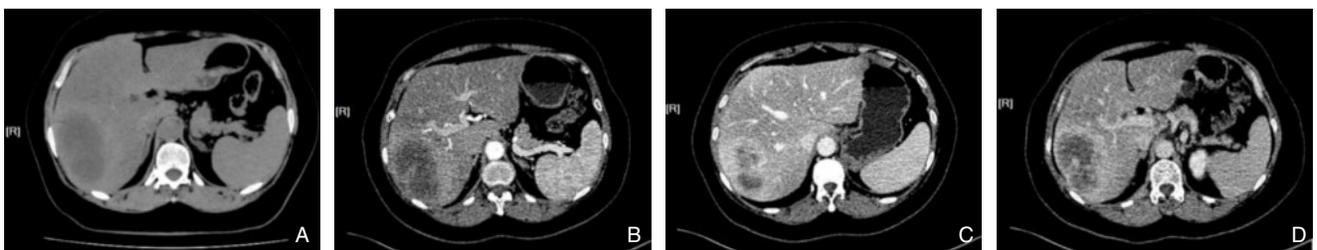


图 1 手术前 CT 影像 A: 平扫肝右后段, 出现低密度灶; B: 增强扫描的动脉期, 区域边缘显示为环形强化; C: 门静脉期, 边缘的环形强化持续存在; D: 延迟期, 边缘的强化效果有所减弱

Figure 1 Preoperative CT images A: A low-density lesion is observed in the right posterior segment of the liver on plain scan; B: During the arterial phase of contrast-enhanced scan, the lesion shows peripheral rim enhancement; C: In the portal venous phase, the peripheral rim enhancement persists; D: In the delayed phase, the rim enhancement becomes less pronounced

## 1.2 手术方案

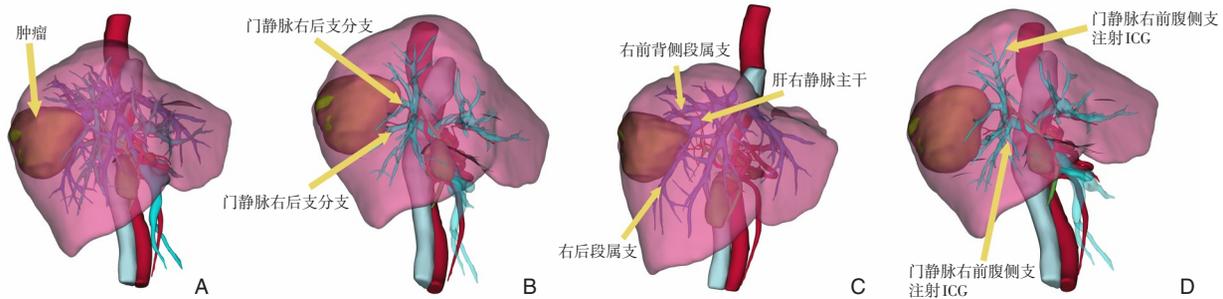
本病例肝脏分段法采用日本竜崇正分段法,三维重建清楚判断肿瘤位于肝右后段,紧贴肝右静脉,如果达到肿瘤根治,需切除右半肝或者切除肝右后段及右前背侧段。整个肝脏体积 2 026.24 cm<sup>3</sup>,右半肝体积 1 173.23 cm<sup>3</sup>,肝右后段和右前背侧段的总体积 874.66 cm<sup>3</sup>,切除右半肝,剩余肝脏体积约占标准肝脏体积的 42.1%。切除肝右后段及右前背侧段后,剩余肝脏体积约占标准肝脏体积的 56.8%。为达到肿瘤根治,同时术后保留更多的肝体积,采用肝右后段及右前背侧段切除,没有采取右半肝切除。术前,模拟目标门静脉流域,拟定穿刺点,荷瘤门静脉流域为门静脉右后支,出肝血流为肝右静脉(图 2)。术中利用超声引导技术对右前腹侧段的门静脉进行穿刺并注射 ICG,正染荧光成功后,采用足侧入路的方法沿着荧光分界线进行肝脏的分离断肝,进行肝右后段和右前背侧段的切除。

## 1.3 手术过程

麻醉起效后,患者被放置成头高脚低的仰卧姿势,右侧身体稍微抬高。在脐部上方 1 cm 处做了 1 个弧形的小切口,作为观察孔。施术者的操作孔分别位于右侧腋前线肋缘下 1 cm 处和右侧锁骨中线肋缘下 2 cm 处。助手操作孔则分别位于剑突下方偏左 1 cm 处,以及观察孔与辅助孔连线的中点偏左 0.5 cm 处。先行腹腔探查,肿瘤在肝脏的右后叶,腹腔观察未见,腹腔未见明显种植转移,无明显腹腔积液,遂决定行右后段及右前背侧段切除术。结合手术前三维重建、增强 CT,在腹腔镜超声引导下右前门静脉腹侧各分支穿刺,缓慢推注 0.025 mg/mL ICG,共注射约 6 mL,在荧光腹腔镜下可见右前腹侧段逐渐染色,根据 ICG 染色边界标记预切线,电刀标记切除边界,第一肝门预留阻断带,以超声刀分离并离断肝圆韧带、镰状韧带,直至显露第二肝门,接着分离并离断肝结肠韧带和肝肾韧带,沿着下腔静脉的表面钝性

分离向上推进，结扎并切断肝短静脉及其细小分支，再阻断第一肝门，在荧光导航下，使用超声刀沿着荧光标记的线路，从肝脏的下方（足侧）向上方（头侧）逐步深入，切开并离断肝包膜和肝实质，直至分离至第二肝门，以腹腔镜切割闭合器切断右肝静脉，实现肝右后段及右前背侧段的完整切除，再离断右冠状韧带及右三角韧带，做到原位肝切除，避免过多翻动肝脏导致肿瘤扩散。

游离的肿瘤组织放入专用的标本袋中。在下腹部取1个小切口，将装入肿瘤组织的标本袋取出。再次检查创面并确认没有出血和胆汁漏。在残余肝脏的切面覆盖止血纱布。于右上腹部膈下和残肝切面放置引流管，通过右上腹的鞘卡孔引出。完成上述操作后，对所有手术器械和纱布进行了清点，确认无遗漏，关闭所有的鞘卡孔和下腹部的切口。手术过程见图3与视频1。



**图2 术前三维重建影像** A: 肿瘤位于肝右后段，紧贴肝右静脉；B: 荷瘤门静脉右后支；C: 肿瘤回流静脉；D: 模拟穿刺门静脉右前腹侧各分支

**Figure 2 Preoperative three-dimensional reconstruction images** A: The tumor is located in the right posterior segment of the liver, adjacent to the right hepatic vein; B: Tumor-bearing posterior branch of the right portal vein; C: Tumor-draining hepatic vein; D: Simulated puncture of the anterior-ventral branches of the right portal vein



**图3 术中照片** A: 在腹腔镜超声引导下进行穿刺，目标是门静脉右前腹侧支；B: 根据 ICG 荧光染色边界标记预切线；C: 腹腔镜切割闭合器离断右后段肝蒂；D: 肝右静脉；E: 肝后下腔静脉全程显露，离断 Makuuchi 韧带，完整切除右后段及右前背侧段；F: 残肝断面

**Figure 3 Intraoperative photographs** A: Puncture of the anterior-ventral branch of the right portal vein under laparoscopic ultrasound guidance; B: Pre-resection line marked based on the ICG fluorescence-stained boundary; C: Dissection of the right posterior segment pedicle using a laparoscopic stapler; D: Right hepatic vein; E: Full exposure of the retrohepatic inferior vena cava and division of the Makuuchi ligament, with complete resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment; F: Cut surface of the remnant liver



视频1 穿刺正染 ICG 荧光导航腹腔镜解剖性肝右后段及右前背侧段切除术

Video 1 Laparoscopic anatomical resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment of the liver guided by puncture-based positive ICG fluorescence navigation

扫描至移动设备观看手术视频:

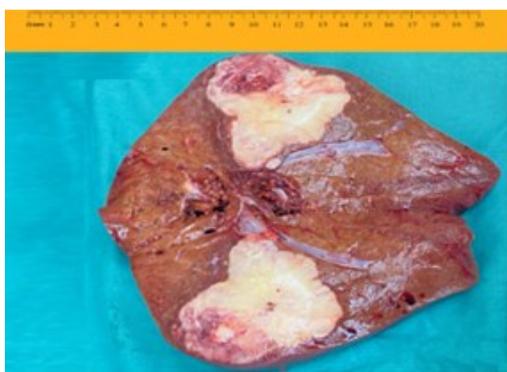


<http://www.zpwz.net/zgptwkzz/article/html/PW240644>

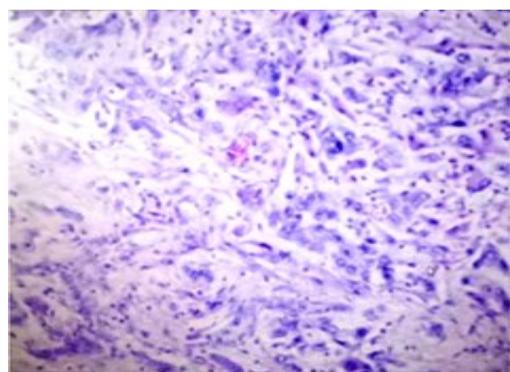
#### 1.4 手术结果

手术过程顺利, 患者术中出血量约为 100 mL, 手术时间 6.5 h, 未进行手术中输血。切除的肝组织肉眼及病理显示: 右半肝组织, 大小为 17.5 cm ×

10 cm × 9 cm; 切开见一灰白色肿块, 大小约 7.8 cm × 6.8 cm × 5.8 cm, 界限尚清, 被膜局部灰黄色, 有凹陷, 切面发白色, 质中, 余肝组织棕黄色; 肝内胆管癌 (小胆管型: 中分化) (图 4), 未见神经、脉管侵犯; 肝切缘 (-); 微血管侵犯 (microvascular invasion, MVI) 分级: M0; 断面 (-); 周围肝组织脂肪样变; 肿瘤病理分级: PTIbNOMx。免疫组化结果: 细胞角蛋白 19 (+)、谷氨酰胺合成酶 (+)、CD10 (毛细胆管+), 精氨酸酶 1 (-)、CD34 (血管+)、热休克蛋白 70 (-)、磷脂酰肌醇蛋白聚糖 3 (+)、癌胚抗原 (毛细胆管+)、增殖细胞核抗原 (+40%), MOC-3 (+), MUC5AC (灶+), MUC6 (灶+), E-钙黏蛋白 (+)、CD56 (灶+)。患者术后 1 d 复查肝功能示: AST 890 U/L、ALB 30.2 g/L、ALT 804 U/L、TBIL 18.7 μmol/L; 术后 4 d 肝功能检查显示: AST 68 U/L、ALB 41.5 g/L、ALT 275 U/L、TBIL 25.4 μmol/L。术后 2 d, 患者开始进食流质食物。术后 17 d, 腹腔引流管被移除。围术期期间, 患者未出现胆汁漏、肝衰竭、创面出血等并发症, 恢复情况良好, 术后 19 d 顺利出院。术后 6 个月复查腹部 CT 未见肿瘤复发。



A



B

图4 术后标本及病理学结果 A: 手术标本整体及剖面观; B: HE染色(×40)示右后段肝内胆管癌(小胆管型、中分化), 肝切缘(-)

Figure 4 Postoperative specimen and pathological findings A: Gross appearance and cross-sectional view of the surgical specimen; B: HE staining (×40) shows intrahepatic cholangiocarcinoma (small duct type, moderately differentiated) in the right posterior segment, with negative surgical margin (-)

## 2 讨论

解剖性肝切除作为一种肝脏切除技术, 完全移除在解剖学上相互独立的亚肝段、肝段或者几个肝段的组合。这种技术的特点在于它能够一次性地切除肿瘤及其可能的微小转移点和受侵犯的

血管, 在确保治疗成效的同时, 保留足够且结构完好的剩余肝脏组织<sup>[4-5]</sup>。随着腹腔镜手术器械的不断改进和医生手术经验的增加, 腹腔镜在肝脏肿瘤治疗中的应用变得越来越普遍。自从 2008 年正染 ICG 荧光成像技术首次被报道用于肝脏外科手术以来, 在肝段可视化、增强肝胆肿瘤的可见性

以及解剖性肝切除术中已经显示出了其重要的临床价值和巨大的发展潜力<sup>[6]</sup>。目前,腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航已成为提高腹腔镜解剖肝切除术准确性的标准技术,因为它不仅弥补了缺血线仅显示在肝脏表面的缺陷,而且在节段间面实时显示了清晰的荧光分界线<sup>[7]</sup>,与传统腹腔镜肝切除术相比,腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航在腹腔镜肝切除术中的应用可提高 R<sub>0</sub> 切除率,减少术中出血、胆汁漏和术后并发症,改善患者的预后<sup>[8]</sup>。基于之前在腹腔镜肝脏切除术中的技术和经验,笔者认为利用三维重建技术、腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航可进行更精准的肝段和亚肝段的联合切除术。

三维肝脏重建技术依赖于建立的三维肝模型,以确保手术切除时的安全边界。这项技术根据肝脏内部血管的分支来界定不同的血管区域,并提前评估这些血管的分布状况。此外,它还涉及对血管及其分支所供应的肝脏区域进行计算分析,以此来尽可能地保留剩余肝脏组织的正常功能。目前,该技术在腹腔镜肝切除术围术期已得到广泛认可,具体体现在手术前进行评估、在手术中进行规划或导航。1999年,有学者<sup>[9]</sup>提出以门静脉走行、肝静脉回流为基础,结合影像学、胚胎学提出将肝脏分为左肝的外上段、外下段和内侧段,右肝分为前腹侧段、前背侧段、后段,尾状叶为一段,共7段的分段法,即隐藏在肝里的第三扇门,在这个前裂内走行着一支前裂静脉,并指出门静脉是左、右对称的,后段对应S6+S7段,右前叶不应该分为上、下两段(即S5、S8段),而是以前裂静脉平面分为前腹侧段和前背侧段。门静脉右前支主干对应左门静脉脐部。肝静脉也是对称的,以肝中静脉为中轴,肝右静脉相对肝左静脉,脐裂静脉相对前裂静脉的理论<sup>[10-12]</sup>。本例患者术前三维重建提示肿瘤位于肝右段及右前背侧段,遂行肝右后叶及右前叶背侧段切除,既能达到彻底去除肿瘤的目的,同时也能确保剩余肝脏的体积足以维持正常的肝功能。

腹腔镜超声引导的穿刺技术和肝右前叶腹侧段供应血管的正染 ICG 荧光导航通过详细分析肝右前叶腹侧段的门静脉分支的解剖特征,利用肝脏三维重建技术构建了一个精细的三维肝模型,为手术提供了精确的切除边界。该技术能够根据肝脏内部血管的分布情况来确定不同的血管区域,并预测这些血管及其分支的血液供应范围。通过

评估这些血管区域的血液供应量,最大限度地保留正常肝脏组织。在腹腔镜肝切除术中,三维重建技术被广泛用于手术前的评估、规划以及手术过程中的导航。在本病例中,利用三维重建技术确定了肿瘤位于肝脏的右后段以及右前背侧段,在充分了解肝脏内部解剖结构的基础上,施术者可顺利行肝右后段和右前背侧段的切除术,既能彻底切除肿瘤,又能保留足够的功能性肝组织。在手术规划阶段,腹腔镜超声引导的穿刺技术,结合正染 ICG 荧光导航,可清晰地显示右前腹侧段的肝门脉分支的解剖特征,从而为手术提供了精确的指导。个性化评估患者是否适合进行正染 ICG 荧光导航的解剖性肝右后段及右前背侧段切除术。术前,通过动画模拟确定手术中需要穿刺的肝右前腹侧段门静脉分支的数量和位置,术中通过腹腔镜超声引导穿刺右前腹侧段门脉供应血管,根据正染 ICG 荧光导航边界标记预切线,进行腹腔镜下肝右后段及右前背侧段切除,达到精准肝切除,在避免术后并发症发生的同时又最大限度的保留了功能性肝体积。

先进的成像技术彻底改变了手术前评估,能够精确定位肝肿瘤和描绘血管解剖结构。三维重建的使用显著增强了手术规划,有助于更精准的肝切除。而术中腹腔镜超声引导和正染 ICG 荧光导航也已成为有价值的辅助手段,可以实时评估肿瘤范围并有助于肝实质的保留<sup>[12]</sup>。在腹腔镜手术中,腹腔镜超声通过直接接触肝脏,避免了腹壁、腹腔气体和骨骼对超声波的干扰。这种技术利用高频超声探头进行扫描,能够生成高分辨率的图像,从而显著提高了检测的准确率。在手术过程中,腹腔镜超声可以提供实时的诊断信息,这对于提高腹腔镜肝切除的安全性至关重要<sup>[13-17]</sup>。当使用腹腔镜超声引导进行门静脉穿刺时,超声探头的长轴应与门静脉的走向保持平行,这有助于更准确地确定穿刺路径。在穿刺过程中,助手需要协助固定超声探头,防止其移动。通过旋转探头来确定穿刺针尖的位置,以便调整穿刺方向。穿刺路径应与超声探头的长轴重合或平行,以确保穿刺的准确率和安全性。笔者团队一般采取徒手穿刺,习惯是右手持腹腔镜超声探头,左手进针穿刺。

腹腔镜解剖性肝切除术的核心在于精细地区分肝脏复杂的内部结构,这涵盖了由肝动脉、门静脉和胆管构成的 Glisson 系统,以及它们与肝静脉之间的复杂相互作用<sup>[18]</sup>。正染 ICG 荧光导航不仅

能够在肝脏表面清晰地显示出肝段或肝叶的分界线,而且在肝脏内部深处,特别是在没有肝静脉的区域,也能够清楚地显示出肝段之间的平面。这项技术已经成为实施精准解剖性肝切除术的关键工具之一<sup>[19]</sup>。Ishizawa 等<sup>[20]</sup>于2012年将正染 ICG 荧光导航应用于腹腔镜肝切除术,并报道了正染和负染技术。正染法是指在手术过程中,利用超声引导来确定特定肝段或亚段的门静脉位置,或在分离出相应的 Glisson 系统之后,注射适量的 ICG,切除肝脏中被染色的部分。这种方法适用于那些 Glisson 系统位置较深的肝段,如 Couinaud S7、S8 段等,但要求施术者具备较高的超声穿刺技能。负染法首先分离特定的肝段或亚段的 Glisson 系统,然后对该系统进行阻断或结扎,接下来通过静脉注射 ICG,切除那些未被染料着色的部分肝脏组织。该技术可用于包括半肝切除、右前段切除、右后段切除以及前外侧肝段切除在内的多种肝脏手术等,特别是在解剖 Glisson 蒂区域较为容易的情况。与负染法相比,正染法在术中需要更高的超声穿刺技巧,但其染色边界更为稳定,能够清晰显示门静脉流域的界限,且无需解剖肝实质<sup>[21-24]</sup>。刘凌等<sup>[25]</sup>认为使用腹腔镜技术进行的肝切除术,通过正染 ICG 荧光导航来辅助识别和保护重要的血管和胆管结构,提供微创的视角和操作方式,辅助识别肝脏的解剖结构和肿瘤边界,实现精准的肝切除,通过腹腔镜下鞘外解剖性肝切除结合正染 ICG 荧光导航治疗肝胆管结石,证实了这种技术在治疗肝胆管结石中的精准肝切除是安全可行的。同时,该技术不仅提高了手术的精确度,还有助于降低术后并发症的发生率,有效改善了手术的有效性及安全性。此外,王峥等<sup>[26]</sup>通过三维重建及正染 ICG 荧光导航实现精准目标肝段染色,完成了腹腔镜解剖性肝 S7 段切除。Wang 等<sup>[27]</sup>通过手术前三维重建,手术中实时腹腔镜超声联合正/反染 ICG 荧光导航对 2 例肝癌患者进行了 Couinaud S6 段解剖性切除。正染 ICG 荧光导航,术中仍可能出现串染、多次穿刺致肝组织损伤及成像结果的不确定性等,因此需优化方案,改进策略,如使用超细(如 27 G)针头和慢速推注(0.1~0.2 mL/min),减少 ICG 扩散。术前影像(超声/CT)引导定位,确保注射至目标区域。联合使用 ICG 与纳米颗粒,延缓扩散速度。术前增强 CT 或 MR 明确病灶位置和穿刺路径,术中减少穿刺次数。根据手术类型调整 ICG 浓度,使用高灵敏度近红外相

机,增强弱信号监测能力,开发多光谱成像技术,区分 ICG 与其他背景荧光(如自体荧光)<sup>[28-29]</sup>。对于本例患者,通过手术前三维重建明确肿瘤大小、位置及与周围血管的解剖关系、手术中使用史赛克 Pinpoint 荧光腹腔镜、超声引导超细针头穿刺门静脉右前腹侧支,缓慢注射 ICG,进行右前腹侧段染色,按照荧光分界线标记切除线,完整切除肝右后段及右前背侧段,确保了肿瘤切除的彻底性,保留了尽可能多的残肝组织,实现了精准肝切除,从而减少了术后肝功能不全并发症的发生。

最新的腹腔镜技术体系将三维重建、流域分析、荧光导航等一系列新技术整合,构建了一个全新的理论技术体系。以此为基础出现的门静脉流域解剖性肝切除(anatomic resection based on portal territory, PT-AR),以肿瘤为中心设计荷瘤门静脉流域(tumor-bearing portal territory)切除术式<sup>[30]</sup>,更好地实现了完整切除荷瘤 PT 的同时保留了更多更为完整的功能性剩余肝脏体积。PT-AR 旨在术前使用三维重建流域分析获取荷瘤 PT 的真实区域并据此进行手术规划,术中以门静脉流域肝段/亚段为基本解剖单位,使用正染 ICG 荧光导航实施精准的荷瘤门静脉流域系统(或荷瘤 Glisson 系统)的完整切除。实际操作中以荧光导航引导解剖荷瘤门静脉流域(正染、反染)为主,以显露流域间静脉(包括亚段、段、区、叶的流域间静脉)为辅,沿荷瘤门静脉流域间裂(亦即 Glisson 系统间裂,同时也是生理肝裂),实施断肝。同时结合肝静脉流域分析,使以往对肝静脉的评估定位从传统的断肝平面标志回归其回流的本职功能上来。Cho 等<sup>[31]</sup>认为,肝右静脉负责引流右后段和右前背侧段。本研究中患者肿瘤位于肝右后段,紧贴右肝静脉,行荷瘤门静脉流域肝右后段右前叶背侧段及右肝静脉切除,达到解剖性肝切除,具有外科学及肿瘤学意义。陈捷等<sup>[32]</sup>也认为对肿瘤紧贴肝右静脉患者,以右后段联合右前区背侧段切除优于传统的扩大右后叶切除及缩小右半肝切除,扩大右后区切除是为避免右后区切除切缘不足实施,做法是将断肝面移至紧贴肝右静脉左侧或 1~2 cm,缩小右半肝叶切除是因剩余肝体积临界状态而实施,做法是将断肝面向右侧偏移 1~2 cm,不显露肝中静脉。传统的“扩大”或“缩小”术式并未考虑残余肝的入、出肝血流的完整性,且不论荷瘤门静脉流域的清除效果,其术后胆汁漏、缺血、淤血等并发症发生率必将增加。

综上所述,术前三维重建技术、术中腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航能对腹腔镜解剖性右后段及右前背侧段切除起到良好的辅助作用,在保证肿瘤 R<sub>0</sub> 切缘、提高解剖性肝切除精确度具有重要的临床价值和前景,但本例为个案,还需要进一步的大规模、多中心的研究,获取更多高等循证医学证据,来证实该技术治疗肝肿瘤的安全性和有效性以及是否可以改善患者预后。

作者贡献声明:宋兴超、马啸、杨伟斌负责设计手术方案;宋兴超、马啸、杨伟斌负责完成手术;宋兴超、马啸、许安之、宋秋雨负责论文撰写、数据整理、视频剪辑;宋兴超、马啸、杨伟斌、许安之、宋秋雨等对文章修改做出重要贡献。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

#### 参考文献

- [1] 中国研究型医院学会放射学专业委员会,上海市医学会放射科专科分会. 3D 可视化技术在肝胆外科中的临床应用专家共识(2022 年版)[J]. 肿瘤影像学, 2023, 32(1): 89-100. doi: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.01.015. Radiology Committee of Chinese Research Hospital Association; Radiology Committee of Shanghai Medical Association. Expert consensus on clinical application of 3D visualization in hepatobiliary surgery(2022 edition)[J]. Oncoradiology, 2023, 32(1): 89-100. doi:10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.01.015.
- [2] Peloso A, Franchi E, Canepa MC, et al. Combined use of intraoperative ultrasound and indocyanine green fluorescence imaging to detect liver metastases from colorectal cancer[J]. HPB (Oxford), 2013, 15(12):928-934. doi:10.1111/hpb.12057.
- [3] Kang LM, Zhang FW, Yu FK, et al. Pay attention to the application of indocyanine green fluorescence imaging technology in laparoscopic liver cancer resection[J]. World J Clin Cases, 2024, 12(23):5288-5293. doi:10.12998/wjcc.v12.i23.5288.
- [4] Li O, Ou C, Zhang H, et al. A commentary on 'Laparoscopic anatomical versus non-anatomical hepatectomy in the treatment of hepatocellular carcinoma: a randomised controlled trial'[J]. Int J Surg, 2024, 110(3): 1860-1861. doi: 10.1097/JS9.0000000000001015.
- [5] 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会,《中华消化外科杂志》编辑委员会. 腹腔镜解剖性肝切除手术操作流程及技术标准中国专家共识(2023 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(7):810-823. doi:10.3760/cma.j.cn115610-20230714-00410. Chinese Research Hospital Association Hepatobiliary and Pancreatic Surgery Professional Committee, Editorial Board of the Chinese Journal of Digestive Surgery. Chinese expert consensus on surgical procedures and technical standards of laparoscopic anatomic liver resection (2023 edition) [J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2023, 22(7): 810-823. doi: 10.3760/cma.j.cn115610-20230714-00410.
- [6] Li D, Hu Y, Kang M, et al. A bibliometric analysis of indocyanine green (ICG) in hepatobiliary surgery from 2008 to 2021[J]. Heliyon, 2024, 10(12):e31989. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e31989.
- [7] Wang X, Li J, Cao J, et al. Approaches of laparoscopic anatomical liver resection of segment 8 for hepatocellular carcinoma: a retrospective cohort study of short-term results at multiple centers in China[J]. Int J Surg, 2023, 109(11): 3365-3374. doi: 10.1097/JS9.000000000000608.
- [8] 杨雯雯,田宏伟,雷彩宁,等. 吲哚菁绿荧光导航技术在腹腔镜肝胆胰外科手术中的研究进展[J]. 中国普通外科杂志, 2021, 30(8): 979-986. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.08.014. Yang WW, Tian HW, Lei CN, et al. Research progress of indocyanine green fluorescent navigation technique in laparoscopic hepatobiliary and pancreatic surgery[J]. China Journal of General Surgery, 2021, 30(8): 979-986. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2021.08.014.
- [9] Couinaud C. Liver anatomy: portal (and suprahepatic) or biliary segmentation[J]. Dig Surg, 1999, 16(6): 459-467. doi: 10.1159/000018770.
- [10] Cho A, Asano T, Yamamoto H, et al. Relationship between right portal and biliary systems based on reclassification of the liver[J]. Am J Surg, 2007, 193(1):1-4. doi:10.1016/j.amjsurg.2006.10.007.
- [11] Cho A, Okazumi S, Makino H, et al. Anterior fissure of the right liver: the third door of the liver[J]. J Hepatobiliary Pancreat Surg, 2004, 11(6):390-396. doi:10.1007/s00534-004-0919-2.
- [12] Gundavda KK, Patkar S, Varty GP, et al. Liver resection for hepatocellular carcinoma: recent advances[J]. J Clin Exp Hepatol, 2025, 15(1):102401. doi:10.1016/j.jceh.2024.102401.
- [13] Sun J, Lu ZY, Zhai JX, et al. Laparoscopic anatomical liver resection of segment VIII by using ICG fluorescence positive staining under the guidance of laparoscopic ultrasonography[J]. Ann Surg Oncol, 2023, 30(12): 7358-7359. doi: 10.1245/s10434-023-13920-7.
- [14] Berber E, Garland AM, Engle KL, et al. Laparoscopic ultrasonography and biopsy of hepatic tumors in 310 patients[J]. Am J Surg, 2004, 187(2): 213-218. doi: 10.1016/j.amjsurg.2003.11.025.
- [15] Aoki T, Koizumi T, Mansour DA, et al. Ultrasound-guided preoperative positive percutaneous indocyanine green fluorescence staining for laparoscopic anatomical liver resection[J]. J Am Coll Surg, 2020, 230(3):e7-e12. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2019.11.004.
- [16] Araki K, Conrad C, Ogiso S, et al. Intraoperative ultrasonography of laparoscopic hepatectomy: key technique for safe liver transection[J]. J Am Coll Surg, 2014, 218(2):e37-e41. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2013.10.022.
- [17] Lubner MG, Mankowski Gettle L, Kim DH, et al. Diagnostic and

- procedural intraoperative ultrasound: technique, tips and tricks for optimizing results[J]. Br J Radiol, 2021, 94(1121):20201406. doi: 10.1259/bjr.20201406.
- [18] Chen H, Shen K, Shen X, et al. Cystic plate approach combined with ICG fluorescence in laparoscopic anatomical hepatectomy[J]. Int J Surg, 2024, 110(9): 5685-5695. doi: 10.1097/JS9.0000000000001706.
- [19] 中国医师协会外科医师分会肝脏外科医师委员会. 吲哚菁绿荧光成像技术在肝脏外科应用中国专家共识(2023版)[J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(4):371-383. doi: 10.19538/j. cjps. issn1005-2208.2023.04.02.
- Committee of Liver Surgeons, Chinese Congress of Surgeons, Chinese Medical Doctor Association. Chinese expert consensus on the application of indocyanine green near-infrared imaging technology in liver surgery(2023 edition) [J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2023, 43(4): 371-383. doi: 10.19538/j. cjps. issn1005-2208.2023.04.02.
- [20] Ishizawa T, Zuker NB, Kokudo N, et al. Positive and negative staining of hepatic segments by use of fluorescent imaging techniques during laparoscopic hepatectomy[J]. Arch Surg, 2012, 147(4):393-394. doi:10.1001/archsurg.2012.59.
- [21] 王晓颖. 腹腔镜解剖性肝切除术中荧光染色意外及对策[J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42(9): 1001-1004. doi: 10.19538/j. cjps. issn1005-2208.2022.09.11.
- Wang XY. Unexpected ICG fluorescence staining in laparoscopic anatomic resection, how to deal with it? [J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2022, 42(9): 1001-1004. doi: 10.19538/j. cjps. issn1005-2208.2022.09.11.
- [22] Kasai M, Aihara T, Ikuta S, et al. Optimal dosage of indocyanine green fluorescence for intraoperative positive staining in laparoscopic anatomical liver resection[J]. Cureus, 2023, 15(10): e46771. doi:10.7759/cureus.46771.
- [23] Wei J, Zhang H, Zhong J, et al. Fluorescent laparoscopic central hepatectomy for liver cancer using indocyanine green negative staining[J]. J Vis Exp, 2023, 193. doi:10.3791/64869.
- [24] Alomari MAM, Wakabayashi T, Colella M, et al. Comparing the accuracy of positive and negative indocyanine green staining in guiding laparoscopic anatomical liver resection: protocol for a randomised controlled trial[J]. BMJ Open, 2023, 13(9): e072926. doi:10.1136/bmjopen-2023-072926.
- [25] 刘凌,肖瑶,盛朗晴,等. 腹腔镜下鞘外解剖性肝切除结合 ICG 荧光反染在肝胆管结石治疗中的应用(附视频)[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(8): 1218-1228. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2023.08.010.
- Liu L, Xiao Y, Sheng LQ, et al. Application of laparoscopic anatomic hepatectomy using extra-Glissonean approach combined with ICG fluorescence negative staining in treatment hepatolithiasis (with video) [J]. China Journal of General Surgery, 2023, 32(8): 1218-1228. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.08.010.
- [26] 王峥,尤楠,贺永刚,等. 穿刺正染 ICG 荧光导航腹腔镜解剖性肝 VII段切除术 1 例报告(附视频)[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(7):1043-1050. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.07.003.
- Wang Z, You N, He YG, et al. A case report on laparoscopic anatomical liver segment VII resection with ICG fluorescence-guided puncture positive staining(with video)[J]. China Journal of General Surgery, 2024, 33(7):1043-1050. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.07.003.
- [27] Wang D, Hu H, Zhang Y, et al. Efficacy of augmented reality combined with indocyanine green fluorescence imaging guided laparoscopic segmentectomy for hepatocellular carcinoma[J]. J Am Coll Surg, 2024, 238(3): 321-330. doi: 10.1097/XCS.0000000000000912.
- [28] Zhou M, Liu P, Yin X, et al. A SPECT/NIR fluorescence dual-modality imaging agent composed of drugs and hospital available isotope for preoperative sentinel lymph node mapping and intraoperative biopsy[J]. Int J Nanomedicine, 2023, 18:7637-7646. doi:10.2147/IJN.S430502.
- [29] Wang X, Tong H, Li J, et al. Indocyanine green fluorescence-guided laparoscopic anatomical segmentectomy of liver segment 6: surgical strategy and technical details[J]. Ann Surg Oncol, 2024, 31(10):6546-6550. doi:10.1245/s10434-024-15768-x.
- [30] Xu Y, Chen M, Meng X, et al. Laparoscopic anatomical liver resection guided by real-time indocyanine green fluorescence imaging: experience and lessons learned from the initial series in a single center[J]. Surg Endosc, 2020, 34(10): 4683-4691. doi: 10.1007/s00464-020-07691-5.
- [31] Cho A, Okazumi S, Miyazawa Y, et al. Limited resection of the right hemiliver based on reclassification of the right anterior segment of the liver[J]. Hepatogastroenterology, 2004, 51(57): 820-821.
- [32] 陈捷,殷涛,王安志,等. 腹腔镜解剖性肝右后区联合右前区背侧段切除术治疗肝细胞癌的临床疗效[J]. 中华消化外科杂志, 2022, 21(7): 949-955. doi: 10.3760/cma. j. cn115610-20220620-00344.
- Chen J, Yin T, Wang AZ, et al. Clinical efficacy of laparoscopic anatomical right posterior sector combined with anterior-dorsal segment resection for hepatocellular carcinoma[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2022, 21(7): 949-955. doi: 10.3760/cma. j. cn115610-20220620-00344.

( 本文编辑 宋涛)

**本文引用格式:**宋兴超, 马啸, 杨伟斌, 等. 腹腔镜超声联合正染 ICG 荧光导航下解剖性肝右后段及右前背侧段切除术 1 例报告(附视频)[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(6):1219-1227. doi: 10.7659/j. issn.1005-6947.240644

**Cite this article as:** Song XC, Ma X, Yang WB, et al. A case report of laparoscopic anatomical resection of the right posterior segment and right anterior dorsal subsegment of the liver guided by intraoperative ultrasound combined with positive ICG fluorescence navigation (with video) [J]. Chin J Gen Surg, 2025, 34(6): 1219-1227. doi: 10.7659/j. issn.1005-6947.240644