中国现代
普通外科进展
Chin J Curr Adv Gen Surg

2025年11月 第28卷 第11期 Nov. 2025 Vol. 28 No. 11

三维重建辅助腹腔镜肝切除术治疗肝癌的疗效及对免疫、炎症及功能的影响

安东 邓宏哲 陈昆

驻马店市中心医院 肝胆胰脾外科 （河南 驻马店 463000）

【摘要】探究术前肝脏三维重建辅助腹腔镜肝癌切除术的效果及对炎症、免疫、应激及肝功能的影响。以120例原发性肝癌患者为研究对象，均于2022年11月—2024年11月在驻马店市中心医院进行腹腔镜肝癌切除术治疗。采用随机数表法将研究对象均分为试验组和对照组，每组各60例，对照组术前采用常规CT影像评估，试验组术前采用CT三维重建技术评估。对比两组围手术期情况，手术前后血清免疫球蛋白、炎症因子、肝功能及并发症发生情况等。试验组术中出血量更少，术后引流管留置时间、住院时间较对照组更短，差异有统计学意义（$P<0.05$），两组手术时间比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。与术前比较，两组术后1、3、7 d免疫球蛋白（Ig）M、IgG均降低，但术后同时间点试验组IgM、IgG较对照组更高，差异有统计学意义（$P<0.05$）。与同组术前比较，术后1、3、7 d C反应蛋白（CRP）、肿瘤坏死因子α（TNF-α）、白细胞介素6（IL-6）水平更高，但术后同时间点试验组CRP、TNF-α、IL-6水平较对照组低，差异有统计学意义（$P<0.05$）。与同组术前比较，术后1、3、7 d谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）、总胆红素（TBIL）水平更高，但术后同时间点试验组ALT、AST、TBIL水平较对照组低，差异有统计学意义（$P<0.05$）。试验组术后并发症发生率低于对照组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。术前肝脏三维重建可减少腹腔镜肝癌切除术的术中出血，降低术后免疫功能抑制、炎症反应和肝功能损伤，改善术后恢复情况。

【关键词】三维重建•腹腔镜肝切除术•原发性肝癌•炎症反应•免疫反应•应激反应•肝功能
【中图分类号】R735.7
【文献标识码】B DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2025.11.012
【文章编号】1009-9905(2025)11-0897-04

肝癌是全球最常见的恶性肿瘤之一，其发病率和病死率均在世界范围内居高不下[1]。肝癌的发病与病毒性肝炎、肝硬化、黄曲霉素暴露及代谢性疾病等因素密切相关[2-3]。手术切除是肝癌唯一可能实现根治的手段，早期肝癌患者的5年生存率可达70%以上[4]。然而，传统开腹手术存在创伤大、并发症多等缺点。在此背景下，腹腔镜肝切除术因其微创优势逐渐成为主流选择[5]。腹腔镜肝切除术虽具微创优势，但其疗效受限于二维影像的解剖视野局限，易导致术中出血、肝实质过度切除及术后肝功能代偿不足等问题[6]。尤其对于复杂肝段肿瘤，手术风险与术后炎症、免疫、应激反应及肝功能损伤显著相关。近年来，三维重建技术整合CT、MRI等影像数据，实现了肝脏脉管系统与肿瘤空间关系的立体可视化。通过三维旋转和空间调整，可多角度观察病灶定位及门静脉、肝动脉、胆管、肝静脉的分支路径及解剖变异。系统可精确测量病灶区域、受累血管流域及剩余肝组织的容积，构建虚拟手术方案，优化路径规划并指导术中操作，从而提升手术精准度与安全性[7]。本研究通过对比常规CT与三维重建辅助腹腔镜肝癌切除术的临床效果，分析其对炎症、免疫、应激及肝功能的影响，为肝癌微创治疗的优化提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 以120例原发性肝癌患者为研究对象，均于2022年11月—2024年11月在驻马店市中心医院进行腹腔镜肝癌切除术治疗。纳入标准：（1）符合《原发性肝癌诊疗指南》中原发性肝癌的诊断标准[8]，并通过影像学、组织病理学检查等临床检查确诊；（2）患者身体状况、肝脏储备功能及肿瘤生

[通信作者] 安东，E-mail: andonggdyp@163.com

长情况符合腹腔镜肝切除术适应证，并在本院进行腹腔镜肝切除术手术治疗；(3)首次接受肝癌根治手术；(4)已获得患者知情同意。排除标准：(1)合并心肺功能不全、免疫系统疾病、感染性疾病、凝血功能障碍及恶性肿瘤等；(2)肿瘤存在肝外转移；(3)合并既往腹腔手术史；(4)合并其他肝脏疾病，如活动性病毒性肝炎、肝硬化失代偿期、自身免疫性肝病、药物性肝损伤等；(5)妊娠期或哺乳期女性。采用随机数表法将研究对象均分为对照组和试验组，每组各60例。其中对照组男38例，女22例；年龄40~68岁，平均(56.43±3.68)岁；体质量指数(body mass index, BMI) 19.28~25.25 kg/m^2，平均(21.69±1.33) kg/m^2；肿瘤直径3.24~6.84 cm，平均(4.72±0.61) cm；Child-pugh分级A级45例，B级15例；肿瘤临床分期Ⅰ期20例，Ⅱ期40例。试验组男35例，女25例；年龄43~70岁，平均(57.26±4.62)岁；BMI 19.52~24.73 kg/m^2，平均(22.18±1.55) kg/m^2；肿瘤直径3.39~6.69 cm，平均(4.55±0.71) cm；Child-pugh分级A级47例，B级13例；肿瘤临床分期Ⅰ期21例，Ⅱ期39例。两组一般资料比较差异无统计学意义(P>0.05)，具有可比性。本研究已通过本院伦理委员会审批(2022-10-KY005)。

1.2 术前评估及治疗方法 对照组术前采用常规CT影像评估。患者检查前禁食4~6 h，选用西门子64排螺旋CT SOMATOM Emotion6常规进行全肝平扫。平扫后采用高压注射器经肘前静脉注射碘海醇对比剂(优维显)1.5~2.0 mL/kg，注射速度为3~5 mL/s。注射后20~30 s对患者进行动脉期增强CT扫查；60~70 s后门静脉期扫描；3~5 min后进行延迟期扫描。根据平扫和增强CT的影响结果对患者肝脏整体、肿瘤特征、血管、周围组织器官等进行影响评估。

试验组在对照组基础上采用CT三维重建技术术前评估。平扫和增强CT方法同对照组。以DICOM格式保存原始数据后，将数据导入IQQA-Livers软件进行三维重建。基于薄层CT数据，通过阈值分割或手动修正，精确勾画肝实质、肿瘤及血管结构，创建肝脏立体模型。对三维重建肝脏模型进行拟切除，根据拟切除范围，计算剩余肝体积，评估肝静脉、门静脉主干是否受累等，进行手术方案的制定。参考《腹腔镜肝切除术治疗肝细胞癌中国专家共识(2020版)》对两组均采用腹腔镜肝癌切除术治疗[9]。对患者进行术前准备、麻醉后建立气腹和穿刺套管。通过脐部穿刺套管置入腹腔镜头。对照组根据术前常规CT影像评估结果和术中超声影像确认肿瘤、血管、周围组织器官的位置关系；试验组根据三维重建肝脏模型和术中超声确认肿瘤、血管、周围组织器官的位置关系。结合影像学和腹腔镜探查结果对患者肝脏进行游离处理，包括肝周韧带离断和肝门处理。然后采用超声刀和超声吸引装置等器材进行肝实质离断。将切除的肝脏肿瘤组织放入标本袋并取出。仔细检查肝脏切除创面，对仍有出血的部位进行彻底止血。检查创面有无胆汁渗漏，如有胆管损伤，应及时进行修复或结扎。在肝脏切除创面附近放置腹腔引流管，通过穿刺套管通道引出体外。再次检查腹腔内有无活动性出血、器械遗漏等情况，确认无误后，排出腹腔内的CO_2气体。拔出穿刺套管逐层缝合腹部切口。术后对患者进行常规护理。

1.3 观察指标 (1)比较两组围手术期情况：术中出血量、术后引流管留置时间、住院时间、手术时间；(2)比较两组免疫球蛋白水平：于术前，术后1、3、7 d分别采集患者晨起空腹外周静脉血3 mL后，3000 r/min离心处理10 min后采用ELISA法测定免疫球蛋白(immunoglobulin, Ig)M、IgG水平(试剂盒购自上海酶联生物技术有限公司)；(3)比较两组血清炎症因子：于术前及术后1、3、7 d分别采集患者晨起空腹外周静脉血3 mL，3000 r/min离心处理10 min后采用ELISA法检测C反应蛋白(C-reactive protein, CRP,)、肿瘤坏死因子α(tumor necrosis factor-α, TNF-α)、白细胞介素6(interleukin- 6, IL-6)水平(试剂盒购自上海酶联生物技术有限公司)；(4)比较两组肝功能：于术前、术后1、3、7 d分别采集患者晨起空腹外周静脉血3 mL后采用生化分析仪检测谷丙转氨酶(alternate, ALT)、谷草转氨酶(aspartate transaminase, AST)、总胆红素(total bilirubin, TBIL)水平(迈瑞mindrayBS-1000M全自动生化分析仪)；(5)比较两组并发症发生情况，包括胆漏、出血、感染、肝衰竭等。

1.4 统计学处理 采用SPSS26.0软件，计量资料均通过正态分布检验，以$\bar{x}\pm s$表示，组间采用独立样本t检验，组内采用配对t检验；计数资料以例数或百分比(%)表示，组间采取χ^2检验。P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况比较 与对照组比较，试验组术中出血量更少，术后引流管留置时间、住院时间更短，差异有统计学意义(P<0.05)，两组手术时间比较差异无统计学意义(P>0.05)，见表1。

表1　腹腔镜肝癌切除术患者不同术前评估方式围手术期情况比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术后引流管留置时间(d)	住院时间(d)
对照组	60	169.26±24.67	241.33±33.36	6.43±1.22	16.64±3.27
试验组	60	162.47±22.85	188.60±25.42	4.31±1.07	12.83±2.86
t值		1.564	9.739	10.120	6.793
P值		0.120	<0.001	<0.001	<0.001

2.2　免疫球蛋白水平比较　与同组术前比较，两组术后1、3、7 d IgM、IgG均降低，但术后同时间点试验组IgM、IgG较对照组高，差异有统计学意义(P<0.05)，见表2。

表2　腹腔镜肝癌切除术患者免疫球蛋白水平比较[g/L，$\bar{x}\pm s$]

组别	IgM	IgG
对照组(n=60)		
术前	2.94±0.55	12.42±2.06
术后1 d	1.14±0.38[a]	6.65±1.32[a]
术后3 d	1.53±0.33[a]	8.44±1.25[a]
术后7 d	2.19±0.30[a]	9.78±1.21[a]
试验组(n=60)		
术前	2.96±0.52	12.04±2.16
术后1 d	1.47±0.41[ab]	8.73±1.27[ab]
术后3 d	1.86±0.47[ab]	10.64±1.15[ab]
术后7 d	2.52±0.34[ab]	11.33±1.08[ab]

a：与同组术前比较，P<0.05；b：与对照组同时间点比较，P<0.05。

2.3　血清炎症因子水平比较　与同组术前比较，两组术后1、3、7 d CRP、TNF-α、IL-6水平升高，但术后同时间点试验组CRP、TNF-α、IL-6水平较对照组低，差异有统计学意义(P<0.05)，见表3。

表3　腹腔镜肝癌切除术患者血清炎症因子水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	CRP(mg/L)	TNF-α(ng/mL)	IL-6(pg/mL)
对照组(n=60)			
术前	12.33±1.79	16.48±4.02	79.33±18.36
术后1 d	38.87±5.33[a]	37.44±6.83[a]	130.85±22.78[a]
术后3 d	30.64±4.88[a]	32.45±5.07[a]	124.37±12.95[a]
术后7 d	25.43±4.24[a]	28.23±3.06[a]	115.33±14.82[a]
试验组(n=60)			
术前	12.42±1.90	16.57±3.97	80.07±18.96
术后1 d	32.44±4.64[ab]	29.45±5.32[ab]	121.48±15.44[ab]
术后3 d	27.43±3.69[ab]	24.45±4.57[ab]	103.60±14.83[ab]
术后7 d	21.21±3.85[ab]	20.77±2.96[ab]	97.62±12.62[ab]

a：与同组术前比较，P<0.05；b：与对照组同时间点比较，P<0.05。

2.4　肝功能水平比较　与同组术前比较，两组术后1、3、7 d ALT、AST、TBIL水平升高，但术后同时间点试验组ALT、AST、TBIL水平较对照组低，差异有统计学意义(P<0.05)，见表4。

2.5　并发症发生情况比较　试验组术后并发症发生率低于对照组，差异有统计学意义(P<0.05)，见表5。

表4　腹腔镜肝癌切除术患者肝功能水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	ALT(U/L)	AST(U/L)	TBIL(μmol/L)
对照组	60			
术前		55.27±8.46	58.44±9.03	15.24±3.31
术后1 d		184.34±29.45[a]	225.25±34.06[a]	38.75±6.42[a]
术后3 d		132.21±24.51[a]	177.27±29.80[a]	28.66±5.13[a]
术后7 d		87.46±15.68[a]	106.42±18.48[a]	20.15±4.25[a]
试验组	60			
术前		51.61±7.82	57.61±8.70	15.06±3.34
术后1 d		161.62±25.46[ab]	207.40±28.96[ab]	32.98±5.69[ab]
术后3 d		115.88±20.15[ab]	142.17±23.22[ab]	23.61±4.33[ab]
术后7 d		72.26±12.23[ab]	87.65±14.89[ab]	17.28±3.34[ab]

a：与同组术前比较，P<0.05；b：与对照组同时间点比较，P<0.05。

表5　腹腔镜肝癌切除术患者并发症发生情况比较[例(%)]

组别	例数	胆漏	出血	感染	肝衰竭	总发生率
对照组	60	2(3.33)	3(5.00)	2(3.33)	4(6.67)	11(18.33)
试验组	60	0	1(1.67)	1(1.67)	1(1.67)	3(5.00)
χ^2值						5.175
P值						0.023

3　讨论

术前肝脏三维重建技术通过整合多模态影像数据，为腹腔镜肝癌切除术提供了精准的解剖学与功能学支持，其优势在本研究中得到了进一步验证。本研究结果显示，试验组术中出血量更少，术后引流管留置时间、住院时间较对照组更短，术后并发症发生率更低，差异有统计学意义(P<0.05)。提示术前肝脏三维重建技术辅助腹腔镜肝癌切除术可减少术中出血和并发症发生、改善术后恢复情况[10]。肝癌常伴随门静脉、肝动脉及胆管的解剖变异。传统二维CT对肝脏解剖结构、肿瘤位置及与周围血管的关系评估存在局限性[11]。三维重建技术对肝癌脉管系统的立体可视化显著提升了术中血管解剖的精准识别[12]。其对复杂脉管系统的精准定位可有效规避术中意外损伤，降低出血风险。此外，精准切除对正常肝组织的过度剥离减少，使术后肝断面渗液减少，继而缩短引流管留置时间和患者住院时间，进一步降低了感染风险。

本研究结果显示，与同组术前比较，两组术后1、3、7 d IgM、IgG水平均降低，但术后同时间点试验组IgM、IgG较对照组高(P<0.05)；与同组术前比较，两组术后1、3、7 d CRP、TNF-α、IL-6水平升高，但术后同时间点试验组CRP、TNF-α、IL-6水平较对照组低(P<0.05)。提示术前肝脏三维重建技术可降低术后免疫功能抑制、炎症反应。分析原因可能与三维重建技术减少术中肝实质的非必要损伤有关。损伤激活肝脏内的巨噬细胞，使其从相对静止状态转变为

活化状态，继而释放大量细胞因子和炎症介质，引发炎症级联反应，影响机体的免疫功能和炎症反应[13]。此外，三维重建可减少术中肝门区操作对淋巴结的牵拉，降低免疫细胞的应激性凋亡。同时，三维重建技术减少术中组织损伤范围、优化血管阻断和处理可减少因血管阻断导致的肝脏局部缺血再灌注损伤，减轻这一损伤有助于降低炎症因子的产生和释放[14-15]。

本研究结果显示，与同组术前比较，两组术后 1、3、7 d ALT、AST、TBIL 水平升高，但术后同时间点试验组 ALT、AST、TBIL 水平较对照组低（$P<0.05$）。提示术前肝脏三维重建技术可降低手术对肝功能造成的损伤。手术操作对肝脏细胞结构和功能产生影响，导致肝细胞内 ALT、AST 等释放入血，同时影响胆红素的代谢和排泄，进而引起这些肝功能指标升高[16-17]。三维重建通过减少手术操作中对肝细胞、胆管微结构的破坏，减少了术后肝细胞坏死与胆管损伤，从而减少术后 ALT、AST、TBIL 水平的升高。此外，三维重建通过实现缺血再灌注损伤的最小化，减少非阻断区肝细胞的氧化损伤，抑制炎症级联反应，减少肝细胞坏死，从而降低手术对肝功能造成的损伤。

综上所述，术前肝脏三维重建技术可减少腹腔镜肝癌切除术的术中出血，降低术后免疫功能抑制、炎症反应和肝功能损伤，改善术后恢复情况。

参　考　文　献

[1] Vogel A, Meyer T, Sapisochin G, et al. Hepatocellular carcinoma[J]. Lancet, 2022, 400(10360): 1345-1362. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)01200-4.

[2] 陈丽，王凯风，赵洲，等. 非酒精性脂肪性肝病与乙型肝炎病毒既往感染者肝癌发生关系的研究[J]. 中华肝脏病杂志，2022，30(1)：52-56. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20191227-00482.

[3] McGlynn KA, Petrick JL, El-Serag HB. Epidemiology of hepatocellular carcinoma[J]. Hepatology, 2021, 73 Suppl 1(1): 4-13. DOI: 10.1002/hep.31288.

[4] Yu XC, Liu JB, Tang QH, et al. Recent trends in the incidence and survival of stage I liver cancer: a surveillance, epidemiology, and end results analysis[J]. Ann Med, 2022, 54(1): 2785-2795. DOI: 10.1080/07853890.2022.2131328.

[5] 李昕雨，臧子琪，郝启胜，等. Hisense 计算机辅助手术系统在腹腔镜肝癌切除术围手术期的应用[J]. 中国现代普通外科进展，2024，27(6)：435-441. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2024.06.003.

[6] Montalti R, Rompianesi G, Cassese G, et al. Role of preoperative 3D rendering for minimally invasive parenchyma sparing liver resections [J]. HPB (Oxford), 2023, 25(8): 915-923. DOI: 10.1016/j.hpb.2023.04.008.

[7] Banchini F, Luzietti E, Cecconi S, et al. Achieving precision surgery in laparoscopic liver resection with the aid of preoperative three-dimensional reconstruction: a case report[J]. Int J Surg Case Rep, 2021, 81: 105792. DOI: 10.1016/j.ijscr.2021.105792.

[8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J]. 中华肝脏病杂志，2022，30(4)：367-388. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20220413-00193.

[9] 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 腹腔镜肝切除术治疗肝细胞癌中国专家共识(2020 版)[J]. 中华消化外科杂志，2020，19(11)：1119-1134. DOI: 10.3760/cma. j. cn115610-20201029-00682.

[10]《中华消化外科杂志》编辑委员会，中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 腹腔镜门静脉流域解剖性肝切除理论及技术标准中国专家共识(2023 版)[J]. 中华消化外科杂志，2023，22(12)：1385-1397. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20230925-00114.

[11] 罗湘，李涛，朱继业，等. 三维重建在精准肝切除治疗复杂原发性肝癌术前评估中的应用[J]. 中华医学杂志，2021，101(28)：2210-2215. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210303-00548.

[12] Chan KS, Shelat VG. Three-dimensional versus two-dimensional laparoscopy in laparoscopic liver resection: a systematic review and meta-analysis[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2023, 33(7): 678-690. DOI: 10.1089/lap.2023.0081.

[13] Gola A, Dorrington MG, Speranza E, et al. Commensal-driven immune zonation of the liver promotes host defence[J]. Nature, 2021, 589(7840): 131-136. DOI: 10.1038/s41586-020-2977-2.

[14] Faleiro MD, Mir ZM, Azizieh Y, et al. Oncologic outcomes of interventions to decrease allograft ischemia-reperfusion injury within patients undergoing liver transplantation for hepatocellular carcinoma: a systematic review[J]. Curr Oncol, 2024, 31(6): 2895-2906. DOI: 10.3390/curroncol31060221.

[15] George J, Lu Y, Tsuchishima M, et al. Cellular and molecular mechanisms of hepatic ischemia-reperfusion injury: The role of oxidative stress and therapeutic approaches[J]. Redox Biol, 2024, 75: 103258. DOI: 10.1016/j.redox.2024.103258.

[16] Zhang J, Zhang P, Cao J. Safety and efficacy of precision hepatectomy in the treatment of primary liver cancer[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 241. DOI: 10.1186/s12893-023-02148-7.

[17] Niu X, Liu J, Feng Z, et al. Short-term efficacy of precise hepatectomy and traditional hepatectomy for primary liver cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. J Gastrointest Oncol, 2021, 12(6): 3022-3032. DOI: 10.21037/jgo-21-735.

（收稿日期：2025-04-15）