

基于三维重建技术在高原地区复杂肝脏泡型包虫病治疗的临床研究

马智¹ 史屹洋¹ 柯小林² 蒋欣欣²

1.甘孜藏族自治州人民医院肝胆二科

2.四川华曙图灵增材制造技术有限责任公司

DOI:10.12238/bmtr.v7i6.17027

[摘要] 目的: 探讨数字化三维重建技术在治疗高原地区复杂肝脏泡型包虫病 (HAE) 术前评估中的应用价值。方法: 回顾性收集 2021 年 1 月 - 2022 年 12 月 62 例高原地区复杂肝脏泡型包虫病手术患者, 按术前是否行 CT 三维重建分为两组, 三维重建评估组 (A 组, 30 例) 和传统影像评估组 (B 组, 32 例)。将增强 CT 的 DICOM 格式数据导入 3D-Slicer 软件, 对肝脏、病灶及肝内管道进行三维重建, 模拟肝切除并计算残肝体积、标准肝体积。术前经 MDT 制定个体化手术方案, 采用开腹肝包虫病根治术, 观察并比较两组手术时间、术中出血量、术后并发症及住院时间。结果: 两组患者性别、年龄、合并症及实验室指标无显著差异 ($P>0.05$), 具有可比性。A 组手术方案术中符合率 (83.33%) 显著高于 B 组 (43.75%), 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 两组手术方式无显著差异 ($P>0.05$)。A 组手术时间 [(205.57±156.82) min]、术中出血量 [(803.33±602.55) ml]、住院时间 [(18.83±8.97) d] 均优于 B 组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。随访 30 天无死亡病例, 两组并发症总发生率无显著差异 ($P>0.05$), 但 B 组肺部感染、胆漏、术区积液发生率均高于 A 组。结论: 数字化三维重建技术可通过精准术前评估优化肝包虫病手术规划, 缩短手术时间、减少出血及住院时间, 具有重要临床应用价值。

[关键词] 复杂肝脏泡型包虫病; 数字化三维重建技术; 术前评估; 精准肝切除

中图分类号: R575 文献标识码: A

Clinical Research on the Treatment of Complex Hepatic Cystic Hydatidosis in Plateau Areas Based on Three-Dimensional Reconstruction Technology

Zhi Ma¹, Yiyang Shi¹, Xiaolin Ke², Xinxin Jiang²

1 Hepatobiliary Department 2, People's Hospital of Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture

2 Sichuan Huashu Turing Additive Manufacturing Technology Co., Ltd

[Abstract] Objective: To explore the application value of digital three-dimensional reconstruction technology in the preoperative evaluation of complex hepatic alveolar echinococcosis (HAE) in plateau areas. Methods: A retrospective collection was conducted on 62 patients with complex hepatic alveolar echinococcosis who underwent surgery in plateau areas from January 2021 to December 2022. They were divided into two groups according to whether preoperative CT three-dimensional reconstruction was performed: the 3D reconstruction evaluation group (Group A, 30 cases) and the traditional imaging evaluation group (Group B, 32 cases). The DICOM format data of enhanced CT were imported into 3D-Slicer software for three-dimensional reconstruction of the liver, lesions, and intrahepatic ducts, simulating hepatectomy and calculating residual liver volume and standard liver volume. Individualized surgical plans were developed preoperatively via MDT, and open radical surgery for hepatic echinococcosis was performed. Surgical time, intraoperative blood loss, postoperative complications, and hospitalization time were observed and compared between the two groups. Results: There were no significant differences between the two groups in terms of gender, age, comorbidities, and laboratory indicators ($P>0.05$), indicating comparability. The intraoperative compliance rate of the surgical plan in group A (83.33%) was significantly higher than in group B (43.75%), with a statistically significant

difference ($P<0.05$), while there was no significant difference in surgical methods between the two groups ($P>0.05$). Group A had better outcomes in terms of operation time [(205.57 ± 156.82) min], intraoperative blood loss [(803.33 ± 602.55) ml], and hospital stay [(18.83 ± 8.97) days] compared to group B, with statistically significant differences ($P<0.05$). During the 30-day follow-up, there were no deaths, and the overall complication rate between the two groups showed no significant difference ($P>0.05$); however, the incidences of pulmonary infection, bile leakage, and surgical site effusion were higher in group B than in group A. Conclusion: Digital three-dimensional reconstruction technology can optimize surgical planning for hepatic echinococcosis through precise preoperative evaluation, reducing operation time, blood loss, and hospital stay, and has important clinical application value.

[Key words] complex hepatic echinococcosis; digital three-dimensional reconstruction technology; preoperative assessment; precise hepatectomy

引言

肝泡型包虫病 (HAE) 由多房棘球绦虫幼虫感染引起, 是中国西北、西南农牧区高发的严重寄生虫病^[1]。其病灶呈浸润性生长, 生物学行为类似恶性肿瘤, 常累及肝内重要血管与胆管, 多数患者确诊时已至中晚期, 手术治疗难度极大^[2-3]。目前根治性肝切除术是主要治疗方式^[4-5], 但传统术前评估依赖二维 CT、MRI, 无法精准显示病灶与肝内管道的三维空间关联, 易致手术方案与术中实际偏差, 增加出血、胆漏等并发症风险, 复杂 HAE 患者还可能因残肝体积评估不准引发术后肝功能衰竭^[6-7]。随着数字医学发展, 三维可视化技术可融合 CT 的 DICOM 数据, 构建肝脏、病灶及肝内管道三维模型, 实现病灶定位、血管评估、虚拟切除及体积测算, 为手术规划提供直观量化参考^[8-9], 且已有研究证实其能缩短 HAE 手术时长、减少出血并提升医患沟通满意度^[10]。本研究回顾性分析 62 例复杂 HAE 患者临床资料, 对比三维重建与传统影像评估的差异, 验证三维可视化技术应用价值, 为高原地区复杂 HAE 精准诊疗提供借鉴。

1 资料与方法

1.1 一般资料

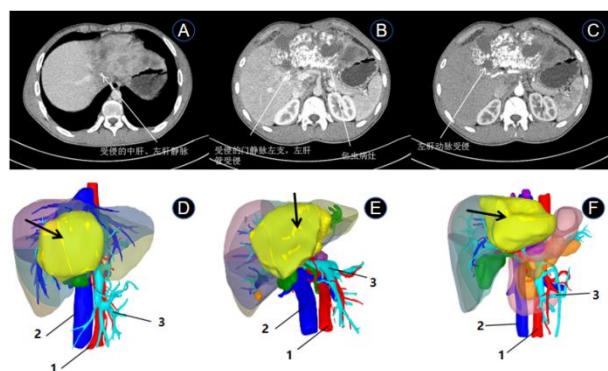
本研究采用回顾性分析方法, 选取 2021 年 1 月至 2022 年 12 月期间在我院接受手术治疗的复杂肝脏泡型包虫病患者作为研究对象。在严格参照预设的纳入与排除标准完成病例筛选后, 最终确定 62 例符合研究要求的患者进入统计分析。根据术前影像学评估方式的不同, 将患者分为两组: ①术前接受 CT 三维重建评估的研究组 (A 组, 30 例); ②术前采用传统影像学评估的对照组 (B 组, 32 例)。

纳入标准: ①影像学典型且术中病理确诊肝脏泡型包虫病; ②病灶局限于单个/多个肝段或半肝, 无明显的膈肌及邻近器官侵犯; ③无远处转移, 全身状况可耐受肝切除术; ④临床资料完整且完成随访。

排除标准: ①术中/术后病理证实非肝脏泡型包虫病; ②病灶侵犯重要血管/胆管致不可切除; ③存在远处转移; ④腹腔镜手术中转开腹手术; ⑤临床资料缺失。

1.2 三维重建方法

把增强 CT 横断位、冠状位、矢状位的 DICOM 格式原始数据拷贝后, 导入免费软件 3D-Slicer, 针对包虫病灶、肝脏、胆囊胆管、肝动脉、肝静脉、门静脉、下腔静脉等开展三维重建与模型构建, 运用软件模拟肝切除, 计算残肝体积、标准肝体积等, 于术前进行精准肝切除评估。利用二维 CT 原始图像构建的三维重建模型不仅能够清晰呈现泡型包虫病病灶与肝内各类管道的解剖关联, 还支持通过隐藏非目标结构, 对特定解剖区域的空间位置进行三维立体可视化展示及模拟手术切除 (图 1)。



A、B、C: 术前 CT 检查见巨大包虫病灶 (白箭头); D、E、F: 根据二维的 CT 断层图像自动生成的三维模型 (黑箭头)。

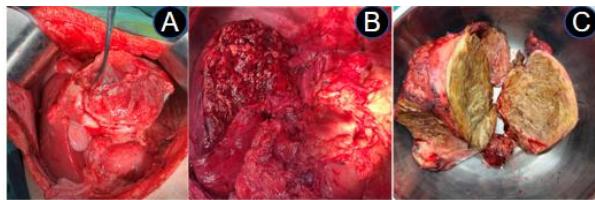
1: 动脉; 2: 静脉; 3: 门静脉。

图 1 三维立体可视化展示及模拟手术切除

1.3 手术方法

实施个体化治疗方案, 制定安排 MDT 讨论术前充分评估。①病灶巨大, CT 尾状叶血管无显影, 胆囊受侵, 结合三维重建明确左肝 IV 段胆管根部受侵狭窄需切除局部修补成型, 计算残肝体积足够, 行左三肝切除+尾状叶切除; ②第一肝门严重受侵, 门静脉矢状部局部受侵, 需局部切除修补; ③下腔静脉受侵或受压狭窄, 若包虫病灶无法分离, 需行肝内段下腔静脉切除+人工血管置换。采取气管插管全麻, 术风险高, 术中做好密切监测, 血管修补、重建、整形情况

下维持生命体征平稳，选择规范性右上腹“J”型切口逐层进腹，进行开腹肝包虫病根治性切除术（图2）。



A: 术中探查左肝巨大包虫病灶；

B: 病灶严重侵蚀第一肝门鞘内解剖分离第一肝门门静脉，肝动脉，切除病灶及侵蚀的门静脉和胆管，进行门静脉修补、胆道修补整形；

C: 完整切除病灶

图2 手术过程

1.4 观察指标

统计并比较两组手术中的实际手术操作时长，以及术中出血量，以此评估两种手术方式的操作难度与安全性。术后密切监测两组患者的并发症发生情况，分析不同手术方式的术后风险差异。记录两组患者术后的住院时间，作为衡量术后恢复速度与整体治疗效率的重要依据。

1.5 统计学处理

数据处理使用 SPSS 25.0 统计软件完成。性别、病灶所在位置、并发症发生情况等计数资料，均以具体例数进行表述，统计分析采用 χ^2 检验；年龄、肝功能指标、病灶直径大小、手术操作时长等经检验符合正态分布的计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示，组间比较选用独立样本 t 检验。 $P < 0.05$ 表明组间差异具有统计学层面的显著意义。

2 结果

本次研究纳入的 62 例患者，均在术前通过 CT 扫描明确诊断为肝泡型包虫病。两组患者性别、年龄、合并症（高血压、糖尿病）及实验室指标（血红蛋白、ALT、总胆红素、白蛋白）均无显著差异（ $P > 0.05$ ），具有可比性（表 1）。所有患者均完成手术切除包虫治疗，其中 A 组患者中 83.33%（25/30）在术中实施了与术前计划一致的手术方案，而 B 组患者仅为 43.75%（14/32），术前利用三维重建技术进行手术规划的手术方案符合率显著高于传统影像组，差异具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。30 例术前三维重建组患者中，行左半肝切除 5 例，右半肝切除 12 例，左外叶切除 2 例，肝部分切除 9 例，内囊摘除术 1 例，外囊次全切除术 1 例；32 例传统影像评估组中，行左半肝切除 6 例，右半肝切除 10 例，左外叶切除 2 例，肝部分切除 12 例，内囊摘除术 1 例，外囊次全切除术 1 例，两组患者手术方式比较差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

表 1 两组复杂泡型肝包虫病患者的基线资料比较

项目	A (n=30)	B (n=32)	统计值	P 值
性别（例）			0.057	0.811 ^b
- 男	9(30.00%)	9(28.13%)		
- 女	21(70.00%)	23(71.88%)		
年龄（岁） ^a	40.77±12.54	40.50±14.14	0.078	0.938 ^b
合并高血压（例）	0(0.00%)	0(0.00%)		
合并糖尿病（例）	0(0.00%)	0(0.00%)		
血红蛋白 (g/L) ^a	141.80±14.12	139.28±24.23	0.552	0.583 ^b
ALT (U/L) ^a	34.57±20.15	40.63±41.35	0.786	0.435 ^b
总胆红素 (μmol/L) ^a	7.02±3.19	9.94±5.87	2.345	0.052 ^b
白蛋白 (g/L) ^a	38.47±5.21	35.94±4.38	2.019	0.058 ^b
病灶直径 (cm) ^a	8.97±5.13	10.19±3.26	1.152	0.253 ^b
病灶位置（例）			3.682	0.159 ^b
- 左半肝	5(16.67%)	8(25.00%)		
- 右半肝	15(50.00%)	20(62.50%)		
- 肝三叶	10(33.33%)	4(12.50%)		

注：^a 数据以 $\bar{X} \pm S$ 表示，采用 t 检验，其余以 [例(%)] 表示，采用 χ^2 检验；^b $P < 0.05$

与传统影像评估相比，术前三维重建患者在手术时间 [(205.57±156.82) min]、术中出血量 [(803.33±602.55) ml]、住院时间 [(18.83±8.97) d] 方面具有显著的优势，差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$)。所有患者术后随访 30 天，无患者死亡。两组患者术后各项并发症发生率比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，但在两组患者术后肺部感染 (100.00% vs 93.33%)、胆漏 (6.25% vs 3.33%)、术区积液 (15.63% vs 6.67%) 发生率方面传统影像组均高于术前三维重建组（表 2）。

表 2 两组复杂泡型肝包虫病围手术期数据比较

指标	A (n=30)	B (n=32)	统计值	P 值
手术时间 (min) ^a	205.57±156.82	276.63±98.34	2.121	0.038 ^b
术中出血量 (ml) ^a	803.33±602.55	971.88±819.65	0.768	0.045 ^b
术后并发症（例）				
- 肺部感染	28(93.33%)	32(100.00%)	2.133	0.144 ^b
- 胸腔积液	27(90.00%)	27(84.38%)	0.568	0.451 ^b
- 胆漏	1(3.33%)	2(6.25%)	0.426	0.514 ^b
- 术区积液	2(6.67%)	5(15.63%)	1.241	0.265 ^b
术后住院时间 (d) ^a	18.83±8.97	22.66±8.43	1.729	0.049 ^b

注: ^a数据以 $\bar{X}\pm S$ 表示, 采用t检验, 其余以[例(%)]表示, 采用 χ^2 检验; ^bP<0.05

3 讨论

在复杂肝泡型包虫病的传统诊疗模式中, 二维 CT 影像的空间重构严重依赖临床医师的个人经验^[11-12]。这种依赖经验的评估方式, 难以精准呈现病灶与肝内血管、胆管系统的解剖关系, 易导致手术方案设计出现偏差, 影响手术效果^[13]。Ferrero 团队的研究指出^[7], 残余肝脏体积不足是肝切除手术后肝功能不全的独立危险因素。基于这一重要结论, 术前对患者肝脏情况进行全面评估、确定最佳手术切面, 并实施精准肝切除操作, 成为防范术后严重并发症的关键环节^[14]。本研究中, 三维重建评估组通过 3D-Slicer 软件, 构建了包含肝脏整体结构、病变区域及肝内管道系统的三维可视化模型, 该模型具备多维度动态旋转与分层透明化显示功能, 在临床应用中展现出显著优势^[15]。临床医师可先通过透明化模式明确肝内管道走向, 再结合旋转观察, 精准掌握门静脉左支受侵范围、肝静脉狭窄程度等解剖细节。

从围手术期关键指标对比来看, 采用三维重建评估的 A 组, 其手术操作时长与术中出血量均明显少于采用传统影像评估的 B 组。这一差异的核心原因在于三维模型的虚拟手术模拟优势, 术前通过模拟手术切除平面, 明确肝动脉与胆管的走行路径, 可大幅缩短术中解剖操作时间, 同时降低血管损伤概率^[16-17]。以病灶侵犯门静脉主干的病例为例, A 组通过术前三维重建明确病变侵犯范围后, 提前准备自体大隐静脉用于血管重建, 术中无需临时调整手术方案, 显著缩短了操作时间; 而 B 组中有 3 例患者, 因术前未发现门静脉分支受侵, 术中被迫延长肝门阻断时间, 直接增加了术中出血风险。复杂泡型肝包虫病术后肺部感染及胸腔积液发生率较高, 经分析, 其核心诱因主要包括三方面: ①包虫病灶易侵袭周边组织, 常与膈肌形成明显粘连, 部分病例需实施膈肌局部切除 + 修补术; ②此类患者术后接受机械通气支持的时长相对较久; ③手术耗时较长、创伤范围大, 且术后疼痛明显, 这些因素共同导致患者自主排痰能力下降。在术后并发症发生率方面, A 组胆漏发生率(3.33%)低于 B 组(6.25%), 这一差异主要是因为三维模型可通过术前定位肝内胆管开口的空间坐标, 减少术中器械对胆管的误伤概率^[18-19]。在术区积液指标上, A 组发生率(6.67%)较 B 组(15.63%)显著降低, 这一结果表明, 在三维可视化技术引导下进行术前规划, 能有效减少术中组织剥离范围, 降低术后渗液风险。考虑到高原地区特殊的医疗环境, 该区域复杂肝泡型包虫病患者常因高原缺氧导致凝血功能异常, 术中出血风险显著高于平原地区患者^[20]。而本研究中, A 组通过三维模型制定精准的血流阻断方案, 不仅减少了术中出血量,

还加速了术后肝功能恢复, 充分证明三维可视化技术在高原医疗条件下具有良好的适用性, 能为高原地区复杂 HAE 治疗提供有效支持。

综上所述, 将三维可视化技术运用于复杂肝包虫病的临床治疗, 能够帮助制定更贴合实际诊疗需求的手术方案, 同时缩短手术操作时长与患者术后住院周期, 并减少手术过程中的出血量。本研究可为高原地区基层医院开展此项技术奠定基础, 适合在高原少数民族聚居区域进行推广。

参考文献

- [1] 邱逸闻, 杨先伟, 沈舒, 等. 计算机三维可视化重建技术在肝泡型包虫病切除术中的应用[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2018, 25(5):540-6.
- [2] WEN H, VUITTON L, TUXUN T, et al. Echinococcosis: advances in the 21st century [J]. Clinical microbiology reviews, 2019, 32(2):10..
- [3] 韩帅, 黄嫣, 薛垂召, 等. 2004—2020 年全国棘球蚴病疫情分析[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2022, 40(4):475.
- [4] YANG C, HE J, YANG X, et al. Surgical approaches for definitive treatment of hepatic alveolar echinococcosis: results of a survey in 178 patients [J]. Parasitology, 2019, 146(11): 1414-20.
- [5] YANG C, YANG H-J, DENG S-P, et al. Current status of ex-vivo liver resection and autologous liver transplantation for end-stage hepatic alveolar echinococcosis [J]. Annals of Palliative Medicine, 2020, 9(4): 2271278-2278.
- [6] 沈舒. 泡型肝包虫病诊疗专家共识(2020 版)[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2020.
- [7] FERRERO A, VIGANÒ L, POLASTRI R, et al. Postoperative liver dysfunction and future remnant liver: where is the limit? Results of a prospective study [J]. World journal of surgery, 2007, 31(8): 1643-51.
- [8] 李振伟, 王成, 王志鑫, 等. 基于三维可视化技术指导肝多房棘球蚴病手术方案的应用研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2024, 42(6):737.
- [9] 何翼彪, 白磊, 李涛, 等. 三维可视化技术在肝泡型包虫病外科治疗中的应用[J]. 中华外科杂志, 2016(9):704-9.
- [10] 罗玲, 田发兰, 陈见中, 等. CT 三维重建精准肝切除在肝包虫病快速康复中的应用研究[J]. Journal of Modern Medicine and Health, 2023, 39(10).
- [11] LIU H, XIE Y, AN X, et al. Advances in Novel Diagnostic Techniques for Alveolar Echinococcosis [J]. Diagnostics, 2025, 15(5): 585.

- [12] LIU H, JI X, SUN L, et al. Visualization and pathological characteristics of hepatic alveolar echinococcosis with synchrotron-based x-ray phase sensitive micro-tomography [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6(1): 38085.
- [13] 陈见中,喻定刚,兰晓蓉,等.复杂泡型肝包虫病MDT讨论[J].*肝胆胰外科杂志*,2020,32(3):152-6.
- [14] FARIA L L D, DARCE G F, BORDINI A L, et al. Liver surgery: important considerations for pre-and postoperative imaging [J]. *Radiographics*, 2022, 42(3): 722-40.
- [15] JOHNSONCHRIS R J H D S. A review of three-dimensional medical image visualization [J]. *Health Data Science*, 2022.
- [16] DONALDSON C D, MANISALI M, NAINI F B J J O O. Three-dimensional virtual surgical planning (3D-VSP) in orthognathic surgery: Advantages, disadvantages and pitfalls [J]. *Journal of Orthodontics*, 2021, 48(1): 52-63.
- [17] TETSWORTH K, BLOCK S, GLATT V J S-J. Putting 3D modelling and 3D printing into practice: virtual surgery and preoperative planning to reconstruct complex post-traumatic skeletal deformities and defects [J]. *Sicot-j*, 2017,3:16.
- [18] YANG Z, LIU J, WU L, et al. Application of three-dimensional visualization technology in early surgical repair of bile duct injury during laparoscopic cholecystectomy [J]. *BMC surgery*, 2024, 24(1): 271.
- [19] AGRAWAL H, TANWAR H, GUPTA N J A I I G. Revolutionizing hepatobiliary surgery: Impact of three-dimensional imaging and virtual surgical planning on precision, complications, and patient outcomes [J]. *Artificial Intelligence in Gastroenterology*, 2025, 6(1).
- [20] 达瓦,张隽,雷彦明,等.术前三维重建可视化数字技术在西藏地区肝包虫病手术治疗中的应用[J].*中华肝胆外科杂志*,2021,27(8):575-8.

作者简介:

马智 (1984-), 男, 汉族, 四川泸定, 本科, 甘孜藏族自治州人民医院, 副主任医师, 从事肝脏外科工作近 20 年, 先后在四川大学华西医院、清华大学长庚医院肝胆外科进修学习。对肝包虫病、肝胆胰肿瘤、复杂肝内外胆管结石、肝硬化、门静脉高压等专科疾病诊疗有丰富经验。

基金项目:

四川省医学青年创新科研课题计划 (编号: Q22082)。