



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.08.002  
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2020.08.002  
Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(8):916-923.

· 专题研究 ·

## 计算机三维重建技术在复杂肝胆管结石诊治中的临床应用

杨骥, 黄强, 王成, 谢放, 林先盛, 王程, 孙毅

(中国科技大学附属第一医院 普通外科 / 肝胆胰安徽省重点实验室, 安徽 合肥 230001)

### 摘要

**背景与目的:** 肝内胆管结石, 特别是合并数个肝段结石或是既往合并多次胆道手术史的复杂肝胆管结石的诊断治疗是肝胆外科的难题之一, 如何能够“一站式”清除结石是目前的研究热点。鉴于目前计算机三维重建可视化技术已经越来越多的被应用在肝叶切除术中, 本研究探讨计算机三维重建技术在诊断和治疗复杂肝内外胆管结石诊治中的临床应用价值。

**方法:** 回顾性分析 2018 年 1 月 1 日—2019 年 7 月 31 日期间由中国科技大学附属第一医院胆胰外科收治的术前行计算机三维重建的肝胆管结石病例的临床资料。

**结果:** 共纳入期间收治的复杂肝胆管结石 19 例, 包括 I 型 9 例, IIa 型 6 例, IIb 型 3 例, IIc 型 1 例, 合并肝外胆管结石 12 例, 肝内胆管结石合并肝占位性病变 1 例, 肝胆管结石合并右肝血吸虫病 1 例。手术方式包括行左半肝切除术 3 例、行右半肝切除术 7 例、行胆总管探查引流术 9 例。术前三维重建与术中符合情况: 门静脉、肝动脉走行符合率均为 78.95%; 结石在胆管分布、肝脏体积符合率均为 84.21%; 总准确率为 73.68%。术后胆管直接造影均未见结石残留, 无术后胆管炎发作病例, 无胆道损伤病例。

**结论:** 术前计算机的三维重建技术能精准描述肝内胆管结石的分布, 精确测量肝脏体积, 在复杂肝胆管结石的诊断、手术方案个体规划中有重要的临床应用价值, 可以最大程度的达到结石的“一站式”的清除效果。

### 关键词

胆结石; 胆管, 肝内; 成像, 三维; 肝切除术

中图分类号: R657.4

## Clinical application of computer-based three-dimensional reconstruction in diagnosis and treatment of complicated hepatolithiasis

YANG Ji, HUANG Qiang, WANG Cheng, XIE Fang, LIN Xiansheng, WANG Cheng, SUN Yi

(Department of General Surgery, the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China/Anhui Key Laboratory of Hepatopancreatobiliary Surgery, Hefei 230001, China)

### Abstract

**Background and Aims:** The diagnosis and treatment of intrahepatic bile duct stones, especially the stones located in multiple hepatic segments or the complicated hepatolithiasis with a history of multiple biliary tract surgeries, is one of the difficult problems in hepatobiliary surgery. How to remove the stones in one step is one of the

**基金项目:** 安徽省科技攻关基金资助项目 (1804h08020277)。

**收稿日期:** 2020-03-25; **修订日期:** 2020-07-15。

**作者简介:** 杨骥, 中国科技大学附属第一医院主治医师, 主要从事肝胆胰疾病基础与临床方面的研究。

**通信作者:** 黄强, Email: ahslyyhq@163.com

current research interests. Considering that the computer-based three-dimensional reconstruction visualization technology has been increasingly used in hepatectomy in recent years, this study was designed to investigate the clinical application value of computer-based three-dimensional reconstruction technology in the diagnosis and treatment of complicated intra- and extrahepatic bile duct stones.

**Methods:** The clinical data of patients with hepatolithiasis treated in the Department of Biliary and Pancreatic Surgery of the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China, who underwent computer-based three-dimensional reconstruction before operation from January 1, 2018 to July 31, 2019 were retrospectively analyzed.

**Results:** A total of 19 patients with complicated hepatolithiasis admitted during above period were enrolled. Of the patients, the classification of hepatolithiasis was type I in 9 cases, type II a in 6 cases, type IIb in 3 cases and type IIc in 1 case, 12 cases had concomitant extrahepatic bile duct stones, 1 case was complicated with hepatic space-occupying lesions and 1 case was combined with right hepatic schistosomiasis. The surgical procedures including left hepatectomy performed in 3 cases, right hepatectomy performed in 7 cases, and common bile duct exploration plus drainage performed in 9 cases. The coincidence of preoperative three-dimensional reconstruction with the real intra-operative findings were that the coincidence rate of the running patterns of the portal vein and hepatic artery were 78.95%, the coincidence rates of both stone distribution in bile duct and liver volume were 84.21%, and the total accuracy rate was 73.68%. No residual stones were detected by immediate postoperative cholangiography, and no postoperative cholangitis or bile duct injuries occurred.

**Conclusion:** The preoperative computer-based three-dimensional reconstruction technology can accurately describe the distribution of intrahepatic bile duct stones and accurately measure the liver volume. It has important clinical application value in the diagnosis of complex hepatolithiasis and individual planning of surgical procedures, and can help achieve the greatest degree of stone removal in one step.

#### Key words

Cholelithiasis; Bile Ducts, Intrahepatic; Imaging, Three-Dimensional; Hepatectomy

CLC number: R657.4

肝胆管结石病 (hepatolithiasis) 即原发性肝胆管结石是我国的常见病, 由于其病变复杂、复发率高且常引起严重并发症, 此病成为我国良性胆道疾病死亡的重要原因<sup>[1-2]</sup>。目前, 胆管结石的诊断主要依靠临床表现和各种影像学检查, 影像学检查主要包括B超、CT、磁共振、内镜逆行胰胆管造影 (endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)、经皮经肝胆管造影检查 (percutaneous transhepatic cholangial, PTC)、胆道镜等, 由于胆管结石病变复杂, 术前很难做出全面准确的诊断, 往往需要多种检查相互辅助才能明确诊断<sup>[3-4]</sup>。尤其是临床上遇到的多个肝叶的结石, 或者是合并一次或者多次胆道手术史的复杂肝胆管结石的患者是外科非常棘手的问题之一。

肝胆管结石的主要治疗方法是外科手术干预, 原则是取尽结石、去除病灶、解除梗阻、通

畅引流、预防复发。外科常见的手术方式主要包括: 胆管切开取石术、肝部分切除术、胆管狭窄修复重建术、肝移植术<sup>[5-6]</sup>。为达到有效的手术效果, 术前需明确结石部位、胆管狭窄情况以及肝脏体积, 尤其是评估是否需要切除肝叶尤为重要。由于胆管内胆汁稀少或经血管途径进入的造影剂不能直接显示胆管, 传统的影像学检查方法不能准确涵盖结石分布、定位、胆管狭窄的定位以及胆管树的显示<sup>[7]</sup>, 而且, 二维图像易重叠造成伪影、影响诊断。近年来, 随着医学影像学与临床医学的发展、融合, 计算机三维重建技术逐渐在肝胆外科临床开展实施<sup>[8-9]</sup>。三维重建是利用计算机图像处理技术对CT或MRI数据进行处理, 通过计算机的后处理, 将原有的二维图像, 变成立体的三维图像, 对目标的形态和空间分布等进行描述和解释。三维可视化技术可清楚地显示肝内“胆管树”和“血管树”立体形态及相互关系、

结石的大小及其在各肝段胆管内的分布、胆管有无变异、胆管狭窄程度和范围、血管变异、肝脏有无萎缩等<sup>[10-11]</sup>。为术前精准评估提供新的方法,为术前准确诊断、手术方案个体化规划提供重要参考依据。因此本文即是通过回顾性分析来探讨计算机三维重建在复杂肝胆管结石的诊断和指导“一站式”治疗的临床价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集自2018年1月1日—2019年7月31日期间由中国科学技术大学附属第一医院胆胰外科收治的肝胆管结石病例。纳入标准:(1)术前的肝脏Child-Pugh分级为A级或B级;(2)能耐受手术者;(3)同意手术并自愿行三维重建检查者;(4)结石位于肝脏数叶或者患者合并多次胆道手术史患者。排除标准:(1)拒绝手术及三维重建检查者;(2)合并基础疾病、不能耐受手术者。根据标准,统计术前行计算机三维重建的病例的一般资料。符合标准者共19例,其中男7例,女12例;平均年龄( $61.5 \pm 8.6$ )岁。所有患者均完成术前上腹部增强CT扫描并完成计算机三维重建。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 CT数据采集及三维重建** 术前常规采集CT强化的图像数据(平扫期、动脉期、门静脉期、肝静脉期),数据要求CT扫描的层厚限制1.5 mm以下,同时和平扫以及增强上可以清晰的显示胆管以及肝内血管的二维图像,同时将薄层CT图像数据经过图像工作站处理后,导入第三方的三维可视化立体成像软件系统进行程序分割、重建,建立肝胆管结石三维可视化模型。

**1.2.2 肝脏体积的计算** 肝脏体积计算方法主要有3种:(1)运用肝脏体积计算公式进行推算。(2)根据CT等断层影像资料进行手工计算。(3)对肝脏薄层CT图像进行三维重建,用基于体素的原理通过三维重建算法进行肝脏的体积计算<sup>[12-14]</sup>。切除标本用排水法进行体积测量。

**1.2.3 诊治策略** 通过旋转观察三维重建模型,明确结石分布、各管道结构之间的空间位置关系,结合患者病情、肝胆管结石病诊断治疗指南制定个体化手术方案,依据三维重建首先明确有无合并胆

道狭窄以及胆道的变异,将肝脏的肝叶分段并且将肝叶的体积通过三维重建计算。

**1.2.4 治疗方法** 本组患者均采用开放手术,术中采用气管插管全身麻醉。进腹腔探查后:游离胆总管,先行胆总管切开探查、取石,首先取出胆总管结石,也可用网篮套取、取石钳夹取结石,如术前三维重建提示合并肝叶结石并且伴肝门部胆管狭窄或者肝段胆管的狭窄,计划行肝叶切除患者,术中胆道镜探查后,依据术前的计划性方案进行肝叶切除术。同时对于术中探查有明显肝萎缩、纤维化的病例,或II、III级以上胆管多处狭窄、此时术中需要联合三维重建决定肝脏切除范围,同时尽量保证胆管的可重建。如合并大范围肝叶切除(半肝或三叶切除),需切除前评估残余肝脏体积保证40%以上,并且行肝管空肠内引流术。如胆总管可保留,则留置T管。术后1个月左右行T管胆道造影,根据结果决定是否拔出T管或经窦道胆道镜取出残石,后期门诊定期随访。

## 2 结果

### 2.1 三维重建分型结果及手术方式

2018年1月1日—2019年7月31日中国科学技术大学附属第一医院胆胰外科收治肝胆管结石并术前行三维重建者共19例,所有术前三维重建图形均可立体、动态显示结石大小、数量及空间分布,可旋转观察胆管、门静脉、肝动脉等脉管走行、变异情况。结合胆管结石病诊断治疗指南,19例纳入病例中包括I型9例、IIa型6例、IIb型3例、IIc型1例,合并肝外胆管结石12例,肝内胆管结石合并肝占位性病变1例,肝胆管结石合并右肝血吸虫病1例。所有患者均行手术治疗,其中行左半肝切除术3例、行右半肝切除术7例、行胆总管探查引流术9例。详细手术结石位置及手术方式见表1。

### 2.2 典型病例

患者 女,56岁。主诉上腹部胀痛不适入院,既往合并胆囊切除病史,入院后由于查MRCP以及与上腹部CT示:右肝前叶,后叶以及胆总管多发结石,通过薄层CT进行术前三维已评估考虑右肝内胆管结石较多,无法一次性根除,根据肝

胆管结石治疗原则 (解除梗阻, 去除病灶, 通畅引流), 遂计划行右半肝切除术, 术前评估左肝体积 (残余肝) 59.66%, 手术顺利, 一站式清除所有结石 (图 1)。

表 1 结石部位及手术方式

Table 1 The location of the stones and surgery types

病例	结石位置	手术方式
1	1) 3)	肝内外胆管结石, 拟行右半肝切除术, 家属拒绝肝切除, 仅行胆总管探查引流术
2	1) 2) 3)	拟行右前叶切除术, 因右后叶胆管汇入右前叶胆管, 行右半肝切除术
3	3)	右半肝切除术 + 胆总管探查引流术
4	2) 3)	左半肝切除术 + 胆总管探查引流术
5	1) 3)	右半肝切除术 + 胆总管探查引流术
6	2) 3)	胆总管探查引流术
7	1) 2) 3)	胆总管探查引流术
8	1) 3)	胆总管探查引流术
9	3)	右半肝切除术 + 胆总管探查引流术
10	1) 2)	胆总管探查引流术
11	1) 2) 3)	胆总管探查引流术
12	2) 3)	右半肝切除术 + 胆总管探查引流术
13	1) 2) 3)	左半肝切除术 + 胆总管囊肿切除 + 胆肠内引流
14	2) 3) 4)	右半肝切除术 + 胆肠吻合
15	2) 3)	胆总管探查引流术
16	1) 2)	左半肝切除术 + 胆总管探查引流术
17	1) 3) 5)	右半肝切除术 + 胆总管探查引流术
18	1) 2) 3)	胆总管探查引流术
19	1) 2)	胆总管探查引流术

注: 1) 胆总管结石; 2) 左肝内胆管结石; 3) 右肝内胆管结石; 4) 肝占位性病变; 5) 肝血吸虫病

Note: 1) Common bile duct stones; 2) Left intrahepatic bile duct stones; 3) Right intrahepatic bile duct stones; 4) Hepatic space-occupying lesions; 5) Hepatic schistosomiasis

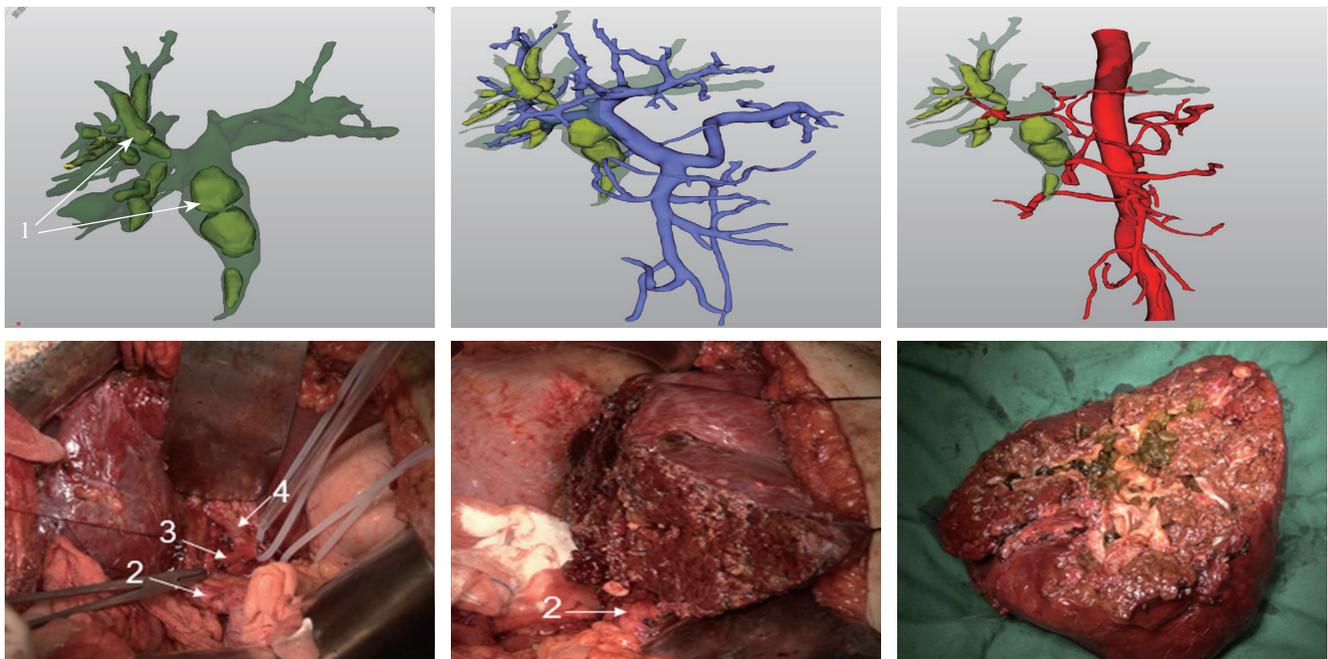


图 1 左肝内胆管、胆总管结石术前三维重建图片及术中照片 1: 结石; 2: 胆总管; 3: 右肝动脉; 4: 左肝动脉

Figure 1 Images of three-dimensional reconstruction and intraoperative views of the left intrahepatic bile duct and common bile duct stones 1: Stones; 2: Common bile duct; 3: Right hepatic artery; 4: Left hepatic artery

### 2.3 三维重建术前评估与术中符合情况

统计所有患者的术前计算机三维重建评估数据与术中探查情况对比分析, 可得出本研究计算机三维重建对门静脉、肝动脉走行诊断符合率均为78.95%; 结石在胆管分布、肝脏体积诊断符合率均为84.21%; 总诊断准确率为73.68%。其中, 门脉主干、胆(肝)总管的诊断符合率为100%,

肝左动脉走行诊断符合率为94.74%, 结石在左肝管分布诊断符合率为89.47, 门脉左支及右支、结石在右肝管分布、肝脏体积等诊断符合率均为84.21%, 右肝动脉走行诊断符合率为78.95% (表2)。由此可见, 计算机三维重建对门脉主干、肝(胆)总管诊断符合率最高, 对门脉分支、右肝动脉、结石在右肝分布等符合情况相对较低。

表2 术前评估及术中探查符合率

Table 2 The coincidence rates of preoperative evaluations with the intraoperative findings

病例	门脉关系			胆管关系			动脉关系		体积符合	准确率
	主干	左支	右支	主干	左支	右支	左支	右支		
1	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
2	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
3	符合	不符合	不符合	符合	符合	符合	符合	符合	不符合	不符合
4	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
5	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
6	符合	符合	不符合	符合	不符合	不符合	符合	不符合	符合	不符合
7	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
8	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
9	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
10	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
11	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
12	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
13	符合	不符合	符合	符合	不符合	不符合	不符合	不符合	符合	不符合
14	符合	不符合	不符合	符合	符合	不符合	符合	不符合	不符合	不符合
15	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
16	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
17	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	不符合	不符合	不符合
18	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
19	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合
准确率	100	84.21	84.21	100	89.47	84.21	94.74	78.95	84.21	73.68

### 2.4 术后情况及随访

术后胆管直接造影均未见结石残留及胆道损伤; 无术后胆管炎发作患者。19例患者均于术后1、3、6个月、1年经过正规门诊随访, 随访时间3~19个月, 中位随访时间11.5个月, 术后随访至今所有患者均无结石复发。

## 3 讨论

复杂肝胆管结石病因其病变复杂、复发率高且常引起严重并发症, 成为肝胆外科常见、难治、复杂的胆道疾病。目前, 肝胆管结石病的诊断主要依靠临床症状和影像学检查。传统的影像学检查(B超、CT、磁共振、ERCP、PTC等)均有一定的限制性<sup>[15]</sup>。由于胆管内胆汁稀少或经血管途径进入的造影剂不能直接显示胆管, 传统

影像学检查不能准确涵盖结石分布、胆管狭窄情况、胆管树以及血管树的显示。而且, ERCP、PTC等检查属于侵入性操作, 可能诱发胆管炎、胆道损伤等严重并发症, 因此这些传统的技术均存在着一定的局限性。除此之外, 部分肝胆管结石患者外科手术需切除部分肝组织, 术前明确切除肝体积及术后残肝体积可有效预防术后肝衰竭的发生<sup>[16-17]</sup>。近年来, 随着医学影像学发展, 计算机三维重建逐渐应用于临床工作中。计算机三维重建技术通过对CT/MRI数据进行处理, 立体、全方位、动态显示结石、占位等目标的大小、数量、形态、空间分布、毗邻关系、脉管走行等<sup>[18]</sup>。通过三维重建技术建立肝胆管结石的三维模型, 可形成数字化诊断, 达到术前精确评估、了解各管道的空间位置关系, 有助于制定合理的手术方案, 可以对于患者做出最佳的手术入路设计, 同

时三维重建技术可以精准测量肝体积,有效预防术后肝衰竭的发生。计算机三维重建技术可进行术前虚拟仿真手术,术前可模拟、预测手术当中可能出现的复杂情况,有助于制定更加合理的个体化手术方案<sup>[19]</sup>,这些也符合目前微创外科理念的开展,特别是近年来逐渐流行并开展的腹腔镜肝叶(段)切除术,术前精准的评估可以最大程度的达到微创化理念<sup>[20-25]</sup>。

根据本研究统计数据结果,计算机三维重建技术在门脉主干、胆(肝)总管诊断符合率为100%,这可能与门脉主干和胆(肝)总管变异率低、内径大、增强CT显影良好有关。而右肝动脉诊断符合率只有78.95%,这可能与右肝动脉变异率高、右肝血管分支多等相关。结石在胆管分布、肝脏体积测定的符合率均为84.21%,可以术前准确描述结石分布、精准测量肝脏体积,为术中精准手术、减少术后肝衰竭的发生提供了有效的帮助。同时本研究中,我们均在术前评估结石的位置以及肝内胆管的狭窄程度以及变异率等情况,在实际的临床应用中,应用三维重建可以很清楚清晰的明确上述问题,这样可为术中手术的方案的决定以及选择提供理论依据。

近年来,计算机三维重建技术逐渐在肝胆胰外科中应用,主要应用在肝脏肿瘤、肝胆管结石、肝门部占位等方面,根据近年来的应用体会,笔者总结出计算机三维重建具有以下优点:(1)建立三维模型,可清晰、立体显示目标的位置、大小、空间分布;(2)清晰的显示胆管树、血管树,可动态、旋转观察个管道结构之间的位置关系及变异情况,对脉管结构精确分型;(3)精准测量肝脏体积及术后残余肝体积,有效避免术后并发症的发生。(4)计算机三维重建在处理肝内胆管结石特别是复杂的肝内外胆管结石过程中,可以帮助临床医师一次性利用外科手术解除患者的病痛,可以达到“一站式”清除结石的目的,同时符合微创化理念<sup>[20-25]</sup>,同时较少的手术并发症也符合加速康复外科理念<sup>[26-30]</sup>。但是,由于计算机三维重建技术是基于CT/MRI的数据进行图像处理,因此对术前增强CT/MRI的数据采集要求较高,这就需要临床医生与影像学医师共同优化扫描参数、采集高质量图像,同时对于肝内胆管结石,如结石性质为泥沙样结石可能术前的CT检查无法发现结石,这是三维重建的一个弊端之一,因为三维重建的准确程度严重的依赖于CT数据的

质量,同时我们也应该知道,虽然计算机三维重建技术对手术方案有重要参考意义,但它仍是基于术前相关影像学数据的影像学检查技术,具体手术方案还需术中探查决定。

综上所述,计算机三维重建技术直观、准确地显示结石的大小、分布,对术前精确诊断、手术方案的规划有重要的临床应用价值。同时通过三维可视化技术结合术中B超、病理学检查结果,从而最终实施精确、合理的手术方案,最大程度的可以“一站式”的清除患者的肝内胆管结石<sup>[31-33]</sup>,使患者达到最大的临床远期治愈疗效。当然,关于计算机三维重建技术的应用价值的评估,仍需大样本、高质量、多中心的研究去验证。

#### 参考文献

- [1] 何小东,刘乔飞.肝胆管结石病的诊断与治疗[J].中华消化外科杂志,2015,14(4):275-279. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2015.04.004.  
He XD, Liu QF. Diagnosis and treatment of hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2015, 14(4):275-279. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2015.04.004.
- [2] 卢绮萍.肝胆管结石病外科治疗的历史与现状[J].中华消化外科杂志,2015,14(4):265-267. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2015.04.002.  
Lu QP. History and current status of surgical treatment for hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2015, 14(4):265-267. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2015.04.002.
- [3] Sugiyama M, Atomi Y, Takahara T, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography for diagnosing hepatolithiasis[J]. Hepatogastroenterology, 2001, 48(40):1097-1101.
- [4] Li HY, Zhou SJ, Li M, et al. Diagnosis and cure experience of hepatolithiasis-associated intrahepatic cholangiocarcinoma in 66 patients[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2012, 13(2):725-729. doi:10.7314/apjcp.2012.13.2.725.
- [5] 中华医学会外科学分会胆道外科学组.肝胆管结石病诊断治疗指南[J].中华消化外科杂志,2007,6(2):156-161. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2007.02.028.  
Biliary Surgery Group of the Society of Surgery of Chinese Medical Association. Guidelines for diagnosis and treatment of hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2007, 6(2):156-161. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2007.02.028.
- [6] 梁力建.“解除梗阻、去除病灶、通畅引流”至今仍是治疗肝胆管结石病的基本原则[J].中华消化外科杂志,2016,15(4):316-318. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.04.003.  
Liang LJ. Basic principle of "Relieve obstruction, Remove lesions,

- Build unobstructed drainage" for hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2016, 15(4):316-318. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.04.003.
- [7] 中华医学会数字医学分会, 中国研究型医院学会数字医学临床外科专业委员会. 肝胆管结石三维可视化精准诊治专家共识[J]. 中国实用外科杂志, 2017, 37(1):60-66. doi:10.19538/j.cjps.issn.1005-2208.2017.01.19.
- Society of Digital Medicine of Chinese Medical Association, Specialized Committee of Clinical Surgery of Chinese Research Hospital Association. Expert consensus on three-dimension visualized precise diagnosis and treatment of hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2017, 37(1):60-66. doi:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2017.01.19.
- [8] Li G, Fang CH, Fan YF, et al. A comparative study of the diagnostic accuracy of the medical image three-dimensional visualization system, MRCP, CT and US in hepatolithiasis[J]. Hepatogastroenterology, 2014, 61(135):1901-1907.
- [9] Guan T, Fang C, Mo Z, et al. Long-Term Outcomes of Hepatectomy for Bilateral Hepatolithiasis with Three-Dimensional Reconstruction: A Propensity Score Matching Analysis[J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2016, 26(9):680-688. doi:10.1089/lap.2016.0165.
- [10] 项楠, 方驰华. 三维可视化指导肝段切除联合胆道硬镜治疗复杂肝胆管结石[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(5):335-339. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.05.004.
- Xiang N, Fang CH. Application of hepatic segment resection combined with rigid choledochoscope in the treatment of complex hepatolithiasis guided by three-dimensional visualization technology[J]. Chinese Journal of Surgery, 2015, 53(5):335-339. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.05.004.
- [11] Dong CC, Fang CH, Wu TC, et al. Management complicated hepatolithiasis with operative rigid choledochoscope guided by computed tomography (CT)-based 3D reconstruction technique[J]. Hepatogastroenterology, 2014, 61(134):1556-1562.
- [12] Um EH, Hwang S, Song GW, et al. Calculation of standard liver volume in Korean adults with analysis of confounding variable[J]. Korean J Hepatobiliary Pancreat Surg, 2015, 19(4):133-138. doi:10.14701/kjhbps.2015.19.4.133.
- [13] Suzuki K, Epstein ML, Kohlbrenner R, et al. Quantitative radiology: automated CT liver volumetry compared with interactive volumetry and manual volumetry[J]. Am J Roentgenol, 2011, 197(4):W706-712. doi: 10.2214/AJR.10.5958.
- [14] Bégin A, Martel G, Lapointe R, et al. Accuracy of preoperative automatic measurement of the liver volume by CT-scan combined to a 3D virtual surgical planning software (3DVSP) [J]. Surg Endosc, 2014, 28(12):3408-3412. doi:10.1007/s00464-014-3611-x.
- [15] 陈昆仑, 李仁锋, 周闯, 等. 胆道镜探查及影像学检查在胆道残留结石诊断与治疗中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2019, 18(2):165-168. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.02.011.
- Chen KL, Li RF, Zhou C, et al. Application value of choledochoscopy and imaging examination in the diagnosis and treatment of residual bile duct stones[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2019, 18(2):165-168. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.02.011.
- [16] 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 J Surg, 2007, 31(8):1643-1651. doi: 10.1007/s00268-007-9123-2.
- [17] 韩秀国, 马宽生, 夏锋, 等. 肝硬化肝癌和无肝硬化肝癌患者围术期肝衰竭和死亡的相关因素分析[J]. 中华消化外科杂志, 2016, 15(6):605-614. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.06.016.
- Han XG, Ma KS, Xia F, et al. Prognostic factors resulting in the perioperative liver failure and death for the hepatocellular carcinoma patients with or without cirrhosis[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2016, 15(6):605-614. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2016.06.016.
- [18] 祝文, 方驰华, 方兆山, 等. 三维可视化技术在肝胆管结石诊断和手术规划中的应用研究[J]. 腹部外科, 2014, 27(5):325-329. doi:10.3969/j.issn.1003-5591.2014.05.003.
- Zhu W, Fang CH, Fang ZS, et al. Application of three-dimensional visualization in the diagnosis and surgery planning of hepatolithiasis[J]. Journal of Abdominal Surgery, 2014, 27(5):325-329. doi:10.3969/j.issn.1003-5591.2014.05.003.
- [19] Fang CH, Li G, Wang P, et al. Computer-aided rigid choledochoscopy lithotripsy for hepatolithiasis[J]. J Surg Res, 2015, 195(1):105-112. doi:10.1016/j.jss.2015.01.011.
- [20] 尤楠, 李靖, 郑璐. 肝实质优先入路的腹腔镜解剖性肝切除技术及应用[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(7):775-784. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.07.001.
- You N, Li J, Zheng L. Technique and application of laparoscopic anatomical hepatectomy via hepatic parenchymal transection-first approach[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(7):775-784. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.07.001
- [21] 雷焦, 黄隽敏, 杨小波, 等. 微创肝切除与开腹肝切除治疗肝内结石的Meta分析[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(8):1007-1018. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.009.
- Lei J, Huang JM, Yang XB, et al. Minimally invasive hepatectomy versus open hepatectomy for hepatolithiasis: a Meta-analysis[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(8):1007-1018. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.08.009.
- [22] 王笛乐, 屈碧辉, 胡敏, 等. 3D腹腔镜肝切除术治疗原发性肝癌的临床应用价值[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(1):13-17. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.01.003.
- Wang DL, Qu BH, Hu M, et al. Clinical application value of three-

- dimensional laparoscopic liver resection for primary liver cancer[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(1):13-17. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.01.003.
- [23] 张汉洋, 庄志彬, 林春冬, 等. 经皮射频消融术与腹腔镜肝切除术治疗原发性小肝癌的疗效及预后比较[J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(1):24-30. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.01.004. Zhang HY, Zhuang ZB, Lin CD, et al. Efficacy and prognosis comparison of percutaneous radiofrequency ablation and laparoscopic hepatectomy in treatment of small hepatocellular carcinoma[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2019, 28(1):24-30. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.01.004.
- [24] 刘剑鸣, 易为民, 彭创, 等. 肝方叶切除联合肝门胆管高位劈开整形在肝门胆管狭窄合并结石中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(2):198-203. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.02.011. Liu JM, Yi WM, Peng C, et al. Application of quadrate lobectomy combined with high-level splitting and plasty of the hilar bile ducts in treatment of hilar bile duct stricture with hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(2):198-203. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.02.011.
- [25] 吴柯, 李靖, 尤楠, 等. 基于肝实质优先离断的腹腔镜右半肝切除流程优化及应用[J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(7):857-863. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.07.012. Wu K, Li J, You N, et al. Process optimization and application of laparoscopic right hemihepatectomy based on liver parenchyma transection-first approach[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2019, 28(7):857-863. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.07.012.
- [26] 谢伟选, 方征, 刘洪, 等. 加速康复外科理念在腹腔镜精准肝切除术治疗肝血管瘤中的临床应用[J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(7):864-870. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.07.013. Xie WX, Fang Z, Liu H, et al. Clinical application of enhanced recovery after surgery in precise laparoscopic hepatectomy for hepatic hemangioma[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2019, 28(7):864-870. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.07.013.
- [27] 于江涛, 任魁梧, 吴盼盼, 等. 加速康复外科理念在肝切除术中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2019, 28(8):989-994. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.08.012. Yu JT, Ren KW, Wu PP, et al. Application of concept of enhanced recovery after surgery in hepatectomy[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2019, 28(8):989-994. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.08.012.
- [28] 林德新, 李旋, 张勇, 等. 加速康复外科程序在肝胆管结石肝切除术中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2018, 27(2):169-174. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.02.006. Lin DX, Li X, Zhang Y, et al. Application of enhanced recovery after surgery protocols in liver resection for hepatolithiasis[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2018, 27(2):169-174. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.02.006.
- [29] 宋伟, 邹书兵. 加速康复外科在肝脏手术围手术期应用的Meta分析[J]. 中国普通外科杂志, 2016, 25(1):115-125. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.01.018. Song W, Zou SB. Application of enhanced recovery after surgery in setting of liver surgery: a Meta-analysis[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2016, 25(1):115-125. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.01.018.
- [30] 潘树波, 吴春利, 侯辉, 等. 基于倾向性评分匹配的开腹和腹腔镜肝切除术治疗肝左叶胆管结石的队列研究[J]. 中华外科杂志, 2020, 58(7):530-538. doi:10.3760/cma.j.cn112139-20191114-00561. Pan SB, Wu CL, Hou H, et al. Open hepatectomy versus laparoscopic in the treatment of primary left-sided hepatolithiasis: a propensity, long-term follow-up analysis at a single center[J]. Chinese Journal of Surgery, 2020, 58(7):530-538. doi:10.3760/cma.j.cn112139-20191114-00561.
- [31] 刘臣海, 黄强, 朱成林, 等. 区域型肝胆管结石病的“一站式”处理:附74例报告[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(2):133-138. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.02.001. Liu CH, Huang Q, Zhu CL, et al. "One-stop" treatment of regional hepatolithiasis: a report of 74 cases[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(2):133-138. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.02.001.
- [32] 王程, 黄强, 杨骥. 三维可视化技术在肝脏恶性肿瘤手术中应用价值Meta分析[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(1):19-26. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.01.003. Wang C, Huang Q, Yang J. Meta-analysis of application value of three-dimensional visualization technique in liver cancer surgery[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(1):19-26. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.01.003.
- [33] 张化玉. 三维可视化技术指导肝段切除联合胆道硬镜在复杂肝胆管结石治疗中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2018, 27(6):796-800. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.06.022. Zhang HY. Application value of 3-D visualization guidance combined with rigid choledochoscope in treatment of complicated hepatic bile duct stones[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2018, 27(6):796-800. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.06.022.

( 本文编辑 姜晖 )

本文引用格式: 杨骥, 黄强, 王成, 等. 计算机三维重建技术在复杂肝胆管结石诊治中的临床应用[J]. 中国普通外科杂志, 2020, 29(8):916-923. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.08.002  
Cite this article as: Yang J, Huang Q, Wang C, et al. Clinical application of computer-based three-dimensional reconstruction in diagnosis and treatment of complicated hepatolithiasis[J]. Chin J Gen Surg, 2020, 29(8):916-923. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.08.002