

# 基于计算机辅助手术系统的儿童肝脏肿瘤与门静脉关系的影像学分析



赵 静<sup>1</sup> 董 倩<sup>1</sup> 周显军<sup>1</sup> 邢茂青<sup>1</sup> 郝希伟<sup>1</sup> 崔楷悦<sup>1</sup> 魏 斌<sup>2</sup>  
罗文娟<sup>3</sup> 王金湖<sup>3</sup>

【摘要】 目的 对儿童肝脏肿瘤与门静脉重要分支的位置关系、压迫、侵袭情况进行医学数字影像分析,探讨海信 CAS 系统在儿童肝脏肿瘤手术中的临床价值。 方法 收集 2015 年 1 月至 2016 年 12 月间由青岛大学附属医院及浙江大学医学院附属儿童医院收治的 56 例肝脏肿瘤患儿的 CT 数据。其中男童 30 例,女童 26 例,年龄 1 个月至 12 岁,平均年龄 5.5 岁;肝母细胞瘤 42 例,肝细胞癌 5 例,婴儿型血管内皮细胞瘤 5 例,间叶性错构瘤 1 例,未分化肉瘤 1 例,畸胎瘤肝转移 2 例;运用海信 CAS 系统对其增强 CT 数据进行三维重建,对肝脏肿瘤及门静脉分支的位置关系、压迫、侵蚀情况进行分析,虚拟手术切除肿瘤,测量残余肝脏体积并计算残余肝脏体积百分比。 结果 56 例患儿中,肿瘤位于肝左叶 7 例,其中肿瘤侵犯门静脉左支主干(门静脉 2 级分支)6 例,肿瘤侵犯门静脉左支 3 级分支 1 例;肿瘤位于肝右叶 40 例,其中肿瘤侵犯门静脉右支主干(门静脉 2 级分支)33 例,肿瘤侵犯门静脉右支 3、4 级分支 7 例;肿瘤位于肝中叶 8 例,其中肿瘤侵蚀门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支)5 例,肿瘤未侵蚀门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支),仅对门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支)形成压迫 3 例;全肝病变 1 例。 结论 利用海信 CAS 系统进行三维重建所得的数字模型能够清晰、准确地显示小儿肝脏肿瘤与门静脉分支的关系,对儿童肝脏手术有重要的指导意义。

【关键词】 外科手术,计算机辅助;肝肿瘤;儿童

**Digital imaging analysis of relationship between liver tumors and portal veins based on computer-assisted surgery system.** Zhao Jing<sup>1</sup>, Dong Qian<sup>1</sup>, Zhou Xianjun<sup>1</sup>, Xiong Maoqing<sup>1</sup>, Hao Xiwei<sup>1</sup>, Cui Kairui<sup>1</sup>, Wei Bin<sup>2</sup>, Luo Wenjuan<sup>3</sup>, Wang Jinhui<sup>3</sup>. 1. Department of Pediatric Surgery, Qingdao University, Qingdao 266000, China; 2. Key Digital Medical Laboratory of Shandong Province, Qingdao 266000, China; 3. Department of Oncological Surgery, Affiliated Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003, China. Corresponding author: Dong Qian, Email: 18661801885@163.com

【Abstract】 **Objective** To analyze the relationship between liver tumors and portal veins and explore the clinical value of Hisense computer-assisted surgery system (CAS) during pediatric liver surgery. **Methods** The clinical data of 56 cases with liver tumors from January 2015 to December 2016 was analyzed. There were 30 boys and 16 girls with an age range of 1 month to 12 years. There were hepatoblastoma ( $n=42$ ), hepatocellular carcinoma ( $n=5$ ), hemangioendothelioma ( $n=5$ ), mesenchymalhamartoma ( $n=1$ ), undifferentiated sarcoma ( $n=1$ ) and hepatic metastases of teratoma ( $n=2$ ). Hisense CAS was used for three-dimensional reconstructing based upon thin-layer computed tomography (CT). Contrast operation planning was based on common CT imaging along with three-dimensional reconstructing results. Residual liver volume was measured after virtual tumor resection. **Results** In left lobe of liver ( $n=7$ ), tumors invaded left portal vein trunk (secondary branches of portal vein) ( $n=6$ ) and the third branches of portal vein ( $n=1$ ); in right lobe of liver ( $n=40$ ), tumors involved the right portal vein trunk (secondary branches of portal vein) ( $n=33$ ) and the third or forth branches of portal vein ( $n=7$ ); in medial lobe of liver ( $n=8$ ), tumors infiltrated right or left

doi:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.06.006

基金项目:十二五国家科技支撑计划课题(编号:2013BAI01B03)

作者单位:1. 青岛大学附属医院小儿外科(山东省青岛市,266000);

2. 山东省数字医学重点实验室(山东省青岛市,266000);3. 浙江大学医学院附属儿童医院肿瘤外科(浙江省杭州市,310003)

通信作者:董倩,Email:18661801885@163.com

portal vein trunk (secondary branches of portal vein) ( $n=5$ ) and right or left portal vein trunk (secondary branches of portal vein) ( $n=3$ ); diffuse liver tumor ( $n=1$ ). Six cases had no chance of one-stage surgery.

**Conclusion** Hisense CAS can delineate distinctly vascular system and adjacent relationship of tumor so as to improve the accuracy and safety during pediatric liver surgery.

**【Key words】** Surgery, Computer – Assisted; Liver Neoplasms; Child

在全部儿童恶性实体肿瘤中,发生于肝脏的恶性肿瘤稳居前四位<sup>[1]</sup>。对于儿童肝脏肿瘤,手术完整切除肿瘤仍是目前最重要、最有效的治疗手段。现代肝脏肿瘤手术治疗的原则是在保留足够的肝脏功能有效代偿的前提下,根治性、完整地切除肿瘤<sup>[1]</sup>。根治性切除肿瘤需要详细了解肿瘤与血管的关系,其中门静脉是最主要的血管系统。传统的二维 CT 不能立体、形象地显示肿瘤与门静脉、肝静脉的位置关系<sup>[2]</sup>。海信计算机辅助手术系统 (Hisense Computer Assisted Surgery System, Hisense CAS) 能够解决上述问题,有助于优化手术方案,减少术中出血,降低术后肝衰竭等并发症的发生率<sup>[2]</sup>。

## 材料与方法

### 一、临床资料

研究对象为 2015 年 1 月至 2016 年 12 月作者收治的 56 例肝脏肿瘤患儿,病人来源于青岛大学附属医院小儿外科和浙江大学医学院附属儿童医院。其中男童 30 例,女童 26 例,年龄 1 个月至 12 岁,平均年龄 5.5 岁;肝母细胞瘤 42 例,肝细胞癌 5 例,血管内皮细胞瘤 5 例,间叶性错构瘤 1 例,未分化肉瘤 1 例,畸胎瘤肝转移 2 例。

### 二、研究设备及材料

1. 上腹部增强 CT:美国 GE 64 层螺旋 CT;飞利浦 MX 4000 双层螺旋 CT;美国 GEBRIGHTSPEED ELITE 16 层 CT;西门子 siemens。

2. 海信计算机辅助手术系统:型号 JIGEMI-MS,系统版本 2.1.2,是青岛大学附属医院在国家“十二五”科技计划课题支持下与青岛海信集团联合研发的手术规划系统。Hisense CAS 能兼容 (0.625–2)mm 厚度的图片,通过人工智能及传统图像分割算法,精确分割肝脏边缘。分割结果通过透明掩膜方式,附在原始影像学数据上对比验证,并提供交互工具,局部微调分割结果。分割结果结合影像扫描参数(像素间距,层间距),可以精确计算肝脏体积及各分支体积。选取肝内管道的标识点,确定生成血管的范围,通过识别敏感度进行调整。将肝脏的二

维影像学资料重建为三维可视化模型,可半透明、交互式显示真实的肝内立体解剖关系和空间管道变异。

3. 非离子对比剂碘海醇[北京,北陆药业股份有限公司,100 mL:35 g(I)]。

### 三、研究方法

1. 上腹部增强 CT 检查方法:采用 CT 检查仪器进行三期(动脉期、延迟期、静脉期)增强薄层扫描。扫描参数:管电压为 120 kV,电流为 100 mAs;应用  $0.6 \times 64$  排探测器,层厚为 0.625 mm、间距为 5 mm,准直 40 mm,机架转速 30 r/min,球管旋转速度为 0.5 r/s,床速 27.5 mm/r,矩阵  $512 \times 512$ 。

2. CT 扫描方法:检查前常规禁饮食 4~6 h,建立静脉通道,不能配合者,给予 10% 水合氯醛灌肠 (0.5 mL/kg)。扫描用碘海醇 (1.5~2.0) mL/kg,上腹部常规扫描范围为肝上膈顶至胰腺下缘;动脉期为开始注药后 25 s,静脉期为 50 s。扫描结束时将图像数据传至工作站并以 Dicom 格式刻盘存储。

3. 海信 CAS 对肝脏血管的三维重建:Hisense CAS 能兼容 (0.625~2) mm 厚度的图片,将所扫描 CT 的三期图像(动脉期、静脉期、平衡期)Dicom 格式文件导入海信 CAS 系统,进行三维重建(图 3)。步骤如下:肝脏的提取,在横断面视窗中肝脏区域选择分割种子点,通过在矢状图中拖拽,调整横断面视窗中 CT 序号,多次选择种子点,启动快速分割算法,分割肝脏,分解结果显示在三维视窗中;肿瘤的提取,在横断面中肿瘤区域绘闭合曲线,标记肿瘤,并在冠状面、矢状面不同的断面对肿瘤分割,系统自动生成立体的肿瘤;肝内管道信息提取,包括对肝动脉、门静脉、肝静脉、下腔静脉的信息提取。通过选取肝内管道的标识点,确定生成血管的范围,对肝内管道信息自动提取,通过调节识别敏感度进行调整;三维结果整合,通过对肝脏、肿瘤及肝内管道进行整合,基于 CT 数据的三维重建能立体、清晰显示管道系统走行及与肿瘤的毗邻关系。

4. 海信 CAS 对肝脏体积的测量方法:基于腹部 CT/核磁扫描数据,通过人工智能及传统图像分割算法,精确分割肝脏边缘,1:1 反映影像信息。分

割结果通过透明掩膜方式,附在原始影像数据上对比验证,并提供交互工具,局部微调分割结果。分割结果结合影像扫描参数(像素间距,层间距),可以精确计算肝脏体积。根据肝脏肝左、中、右静脉及其回流区域的边界,对各个静脉分别选择,系统以不同颜色显示各回流区域的肝脏,并测量各部分肝体积。

#### 四、肝脏体积的测算方法

海信 CAS 系统能够自动测算肝脏肿瘤的体积、除肿瘤外正常肝脏的体积。①残余肝脏体积百分比的计算方法:残余肝脏体积百分比 = 残余肝脏体积/标准化肝脏体积;②标准化肝脏体积 =  $706.2 \times \text{体表面积} + 2.4$ ;  $> 30 \text{ kg}$  小儿体表面积( $\text{m}^2$ ) =  $[\text{体重}(\text{kg}) - 30] \times 0.02 + 1.05$ ;  $< 30 \text{ kg}$  小儿体表面积( $\text{m}^2$ ) =  $\text{体重}(\text{kg}) \times 0.035 + 0.1$ 。

## 结 果

### 一、三维重建肿瘤与门静脉分支关系

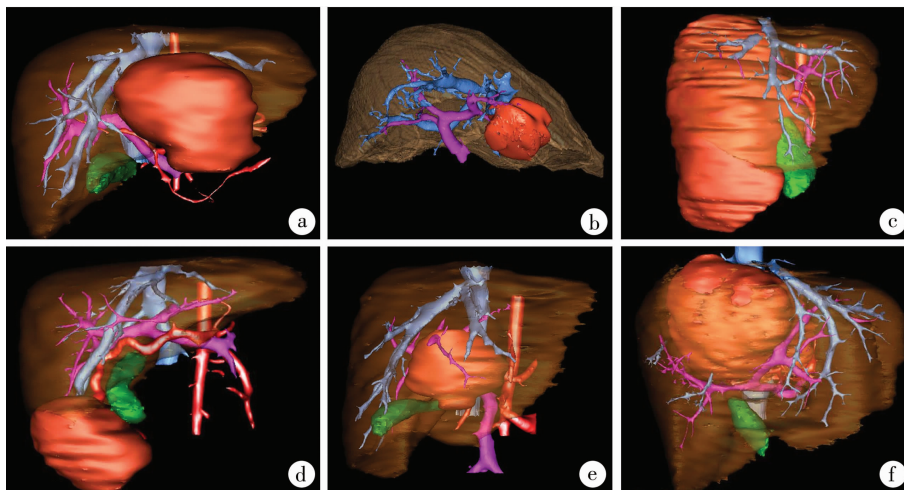


图 1 a. 肿瘤侵犯门静脉左支主干; b. 肿瘤侵犯门静脉左支 3 级分支; c. 肿瘤侵犯门静脉右支主干; d. 肿瘤侵犯门静脉右支 4 级分支; e. 肿瘤侵蚀门静脉左支、右支主干; f. 肿瘤仅对门静脉左支、右支主干形成压迫。

**Fig. 1** a. Tumor invading left main branch of portal vein; b. Tumor invading third-class left branch of portal vein; c. Tumor invading right main branch of portal vein; d. Tumor invading fourth-class right branch of portal vein; e. Tumor invading left or right main branch of portal vein; f. Tumor compressing left or right main branch of portal vein.

### 二、剩余肝脏体积及剩余肝脏体积百分比

海信计算机辅助手术系统能够自动计算残余肝脏体积。患儿残余肝脏体积范围 127 ~ 1405 mL, 残余肝脏体积百分比范围 22% ~ 88%。

### 三、海信 CAS 对手术的具体指导结果

1. 病例 1, 三维重建后可见门静脉右前支自门静脉左支发出, 肿瘤位于肝左叶, 结扎门静脉左支

56 例均应用海信 CAS 系统对肿瘤、肝脏及肝静脉、门静脉、肝动脉进行三维重建, 肝脏、肿瘤、重要血管的位置关系及重要血管的变异情况得到清楚立体地再现, 外科医生可以 360° 对图像进行旋转、动态的观察。

56 例中, 肿瘤位于肝左叶 7 例, 其中肿瘤侵犯门静脉左支主干(门静脉 2 级分支)6 例(图 1a), 肿瘤侵犯门静脉左支 3 级分支 1 例(图 1b); 肿瘤位于肝右叶 40 例, 其中肿瘤侵犯门静脉右支主干(门静脉 2 级分支)33 例(图 1c), 肿瘤侵犯门静脉右支 3、4 级分支 7 例(图 1d); 肿瘤位于肝中叶 8 例, 其中肿瘤侵蚀门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支)5 例(图 1e), 肿瘤未侵蚀门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支), 仅对门静脉左支、右支主干(门静脉 2 级分支)形成压迫 3 例(图 1f); 全肝病变 1 例。

时应注意避免误将门静脉右前支一并结扎(图 2)。

2. 病例 2, 门静脉右支在二级分支后分为右前支和右后支, 右前支在三级分支后向肝右叶内上方并列发出 2 个同等大小的分支 P8 和 P9(门静脉 4 级分支), 肿瘤位于 P9 的供应区域, 故手术切除肿瘤时可仅切除 P9 供应的肝脏区域(图 3)。

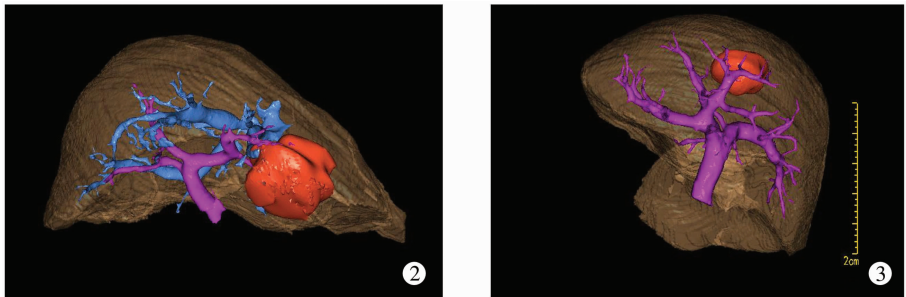


图 2 特殊病例 1, 三维重建后可见门静脉右前支自门静脉左支发出, 肿瘤位于肝左叶, 结扎门静脉左支时应注意避免误将门静脉右前支一并结扎; 图 3 特殊病例 2, 门静脉右支在二级分支后分为右前支和右后支, 右前支在三级分支后向肝右叶内上方并列发出 2 个同等大小的分支 P8 和 P9 (门静脉 4 级分支), 肿瘤位于 P9 的供应区域, 故手术切除肿瘤时可仅切除 P9 供应的肝脏区域。

Fig. 2 Special case I. Three-dimensional reconstruction showed that right anterior branch of portal vein originated from left branch of portal vein. Tumor was located in left lobe of liver. While ligating left branch of portal vein, a surgeon should be extremely careful to avoid mistakenly ligating right anterior branch of portal vein; Fig. 3 Special case II. The second-class right branch of portal vein was divided into right and right posterior branches. The right anterior branch gave off two parallel equal-sized branches, i. e P8 and P9 (fourth-class branches of portal vein), towards the inner top of liver right lobe. Tumor was located in the supply zone of P9. Therefore, when performing surgical tumor resection, a surgeon could only remove the supply zone of P9.

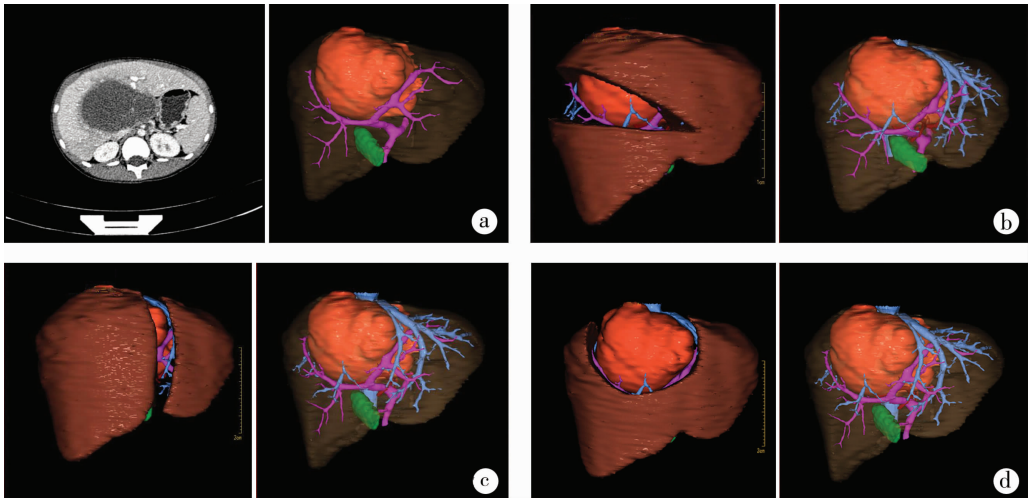


图 4 a. 二维 CT 判断右半肝切除, 经三维评估后门静脉左支、门静脉右支及肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉显示良好, 未被肿瘤侵蚀; b. 三维重建手术方案一 右半肝切除术 剩余肝脏体积 322.7 mL; c. 三维重建手术方案二左半肝切除术剩余肝脏体积 329.5 mL; d. 三维重建手术方案三肿瘤切除术剩余肝脏体积 693.2 mL, 遂决定行肿瘤切除术。

Fig. 4 a Normal CT suggested right hemihepatectomy. While three-dimensional assessment showed that left branch of portal vein, right branch of portal vein, left hepatic vein, right hepatic vein and middle hepatic vein were all free from tumor invasion; b. Three-dimensional reconstruction surgery program I: the residual liver volume was 322.7 mL during right hemihepatectomy; c. Three-dimensional reconstruction surgery program II: the residual liver volume was 329.5 mL during left hemihepatectomy; d. Three-dimensional reconstruction surgery program III: the residual liver volume was 693.2 mL during tumor nucleation. Thus tumor nucleation was finally adopted.

3. 病例 3, 患儿普通 CT 判断右半肝切除, 经三维评估后门静脉左支、门静脉右支及肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉显示良好, 未被肿瘤侵蚀, 遂设计 3 套手术方案: ①行右半肝切除术; ②行左半肝切除术; ③肿瘤切除术。比较 3 种手术方案, 第 3 种方案可保留的肝脏剩余体积多于前两种, 且有相应的肝静脉回流, 遂决定行肿瘤剜除 (特殊病例 3, 图 4a, b, c, d); 1 例经普通 CT 判断无法一期切除肿瘤者, 经三维评估后行右三叶切除 (图 5)。

讨 论

近年来, 随着儿童感染性疾病死亡率的下降和先天性畸形治愈率的提高, 小儿恶性实体肿瘤已成为儿童的主要病死原因。在全部儿童恶性实体肿瘤中, 发生于肝脏的恶性肿瘤居第三或第四位<sup>[1]</sup>。

对于儿童肝脏肿瘤, 手术完整切除肿瘤仍是目前最重要、最有效的治疗手段。现代手术治疗的原则是在保留足够的肝脏功能有效代偿的前提下, 根



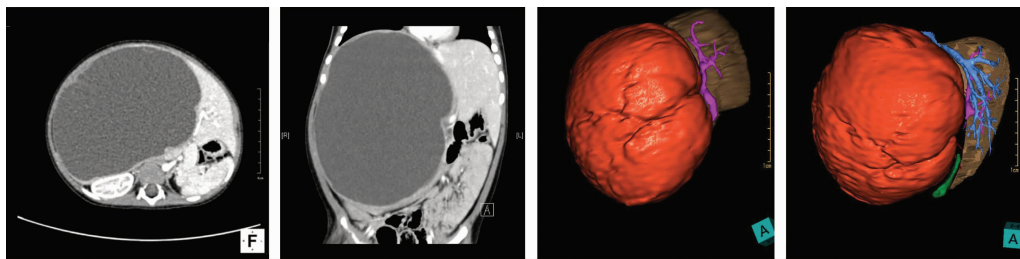


图 5 外院建议患儿行肝移植治疗,将该患儿的肝脏 CT 数据导入海信 CAS 系统,对肝脏肿瘤的增强 CT 数据进行三维重建。显示肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉汇成短干后汇入下腔静脉;供应肝脏 II、III 段的门静脉显示良好,未被肿瘤侵蚀,其他门静脉无法显示,故根据 CAS 重建的结果我们考虑可行保留肝脏 II、III 段的手术方式。

**Fig. 5** Another hospital recommended liver transplantation. The liver CT data were imported into Hisense CAS for three-dimensional reconstruction. It clearly showed that left hepatic vein, right hepatic vein and middle hepatic vein converged into inferior vena cava after a short branch; portal vein supplying liver segments II and III was well-visualized without tumor invasion and other portal veins were absent. Therefore, according to the **Results** of CAS reconstruction, the surgical approach of retaining liver segments II & III was adopted.

治性地、完整地切除肿瘤<sup>[1,8]</sup>。这就要求儿童肝脏外科医生术前详细了解肿瘤大小、肿瘤与肝内门静脉、肝静脉等重要血管的位置关系,肝内门静脉的变异情况,以及除肿瘤外剩余正常肝脏的体积<sup>[2,3]</sup>。

小儿肝脏肿瘤往往巨大,呈膨胀性生长,推挤肝内重要脉管的正常走行,使肝内脉管系统走行发生变异,偏离原来的解剖位置。传统 CT、MRI 检查仅能提供简单的二维图像,肝脏外科医生只能在脑中形成一个大概的三维构像,大体判断肿瘤的大小、位置,及与重要血管的关系,而且是不可视的,不便于交流<sup>[4,6]</sup>。数字医学技术的发展使三维、动态、可视化的显示肝脏肿瘤和肝脏血管成为现实。青岛大学附属医院在国家“十二五”科技计划课题(编号:2013BAI01B03)支持下与青岛海信集团联合研发的海信计算机辅助手术系统(Hisense CAS)能够对 CT 原始数据进行三维重建,得到的数字模型清晰、准确地显示肿瘤在肝脏的具体位置、侵及范围及肿瘤与肝内血管的毗邻关系<sup>[5]</sup>。本组特殊病例 3 中,通过患儿二维 CT 判断行半肝切除,经海信 CAS 三维重建评估可见:门静脉左支、门静脉右支及肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉显示良好,未被肿瘤侵蚀,遂决定行肿瘤剔除。这样就优化了手术方案,保留更多的肝脏体积,减少术后肝功能衰竭的发生。

海信 CAS 系统重建的肝脏数字模型能够真实地显示肿瘤与门静脉 4 级血管的位置关系,这是传统 CT 无法识别的。在特殊病例 2 中,门静脉右支在二级分支后分为右前支和右后支,右前支在三级分支后向肝右叶内上方并列发出 2 个同等大小的分支 P8 和 P9(门静脉 4 级分支),肿瘤位于 P9 的供应区域,故手术切除肿瘤时可仅切除 P9 供应的肝脏

区域;如果按照目前常用的 Couinaud 肝脏分段法对肿瘤进行定位,肿瘤位于 VIII 段(右前叶上部),应行 VIII 段切除<sup>[9,10]</sup>;我们根据海信 CAS 系统制定的、仅切除 P9 供应的肝脏区域的手术方案,减少了肝脏切除范围。在临床实践中,基于人类数字肝脏大数据库的统计,我们发现中国人群中右前支并列发出 2 个同等大小的 P8 和 P9 的患者不在少数,这为进一步提出更符合我国人群的、以门静脉分支为基础的 Dong's 肝脏分段法提供了理论依据<sup>[5,6]</sup>。

海信 CAS 系统重建的肝脏数字模型能够清晰显示门静脉的重要变异情况,这也是传统 CT 无法识别的<sup>[5]</sup>。在特殊病例 1 中,通过三维重建后肝脏模型可见门静脉右前支自门静脉左支发出,肿瘤位于肝左叶,手术时结扎门静脉左支应注意避免误将门静脉右前支一并结扎。

在临床工作中,小儿肝脏肿瘤往往巨大,呈膨胀性生长,推挤肝内重要脉管的正常走行,使肝内脉管系统走行发生变异,偏离原来的解剖位置,在这种情况下,肝脏表面的解剖学标志已不能体现其应有的指示作用。数字化肝脏分段可完整展现发生变形或移位的肝脏形状、内部变异的脉管走行以及周围的毗邻关系,将占位与毗邻关系真实再现。更有利于临床医生为术前规划提供有利的指导。数字化个体化肝脏分段指导肝脏占位病变的切除。本研究显示三维手术方案可以保留更多的剩余肝脏体积,使二维评估需要肝移植的患儿接受一期手术切除。特殊病例 4 中,外院建议行肝移植,仅通过 64 排增强 CT 薄层扫描结果无法清楚地判断肿瘤与肝静脉、门静脉、下腔静脉的关系,无法贸然手术。将该患儿的肝脏 CT 数据导入海信 CAS 系统,对肝脏肿瘤的增强 CT 数据进行三维重建。我

们可以清晰地看到,肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉汇成短干后汇入下腔静脉;供应肝脏Ⅱ、Ⅲ段的门静脉显示良好,未被肿瘤侵蚀,其他门静脉无法显示,故根据 CAS 重建结果我们行保留肝脏Ⅱ、Ⅲ段的手术方式,真实手术与三维手术方案符合。

通过海信 CAS 系统进行三维重建所得的数字模型能够清晰、准确地显示小儿肝脏肿瘤与肝内重要血管的关系,发现重要血管变异情况;海信计算机辅助手术系统(Hisense CAS)可以优化手术方案,计算肝脏体积,降低手术风险,减少手术后肝功能衰竭的发生,是小儿肝脏肿瘤手术的重要辅助工具。

# 参考文献

- 董蓓. 小儿肿瘤外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009;508-546.  
Dong Q. Pediatric Oncology surgery [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2009;508-546.
- 董蓓,周显军. 计算机辅助手术系统在小儿精准肝胆胰外科手术中的意义[J]. 中华小儿外科杂志, 2016, 37(11): 801-803. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2016. 11. 001.  
Dong Q, Zhou XJ. Significance of computer-assisted surgery system in precise hepatobiliary surgery of children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2016, 37(11): 801-803. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2016. 11. 001.
- 董蓓,王宝磊. 小儿肝脏肿瘤的诊治挑战和计算机辅助肝切除手术[J]. 临床外科杂志, 2013, 21(8): 585-587. DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-6483. 2013. 08. 004.  
Dong Q, Wang BL. Diagnosis and treatment challenge of liver tumor for children and computer-assisted hepatectomy[J]. J Clin Surg, 2013, 21(8): 585-587. DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-6483. 2013. 08. 004.
- 赵静,董蓓,江布先,等. CT 三维重建及肝脏体积测定在小儿肝脏肿瘤手术中的应用[J]. 临床小儿外科杂志, 2009, 8(4): 13-16. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2009. 04. 004.  
Zhao J, Dong Q, Jiang BX, et al. Application of three-dimensional computerized tomography reconstruction and hepatic volume measurement in liver tumor operation in children [J]. J Clin Ped Surg, 2009, 8(4): 13-16. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2009. 04. 004.
- 吴莹,朱呈瞻,周显军,等. 小儿门静脉分型及肝脏体积测定的数字化研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2016, 37(11): 804-809. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2016. 11. 002.  
Wu Y, Zhu CZ, Zhou XJ, et al. Digital research of classifica-

tion of portal vein and measurement of liver volume for children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2016, 37(11): 804-809. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2016. 11. 002.

- 方驰华,张永祥,范应方,等. 个体化肝静脉、门静脉三维重建在肝切除术中的应用[J]. 中华外科杂志, 2014, 52(1): 45-49. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0529-5815. 2014. 01. 011.  
Fang CH, Zhang YX, Fang YF, et al. Three-dimensional reconstruction of individual hepatic veins and portal veins system in hepatectomy[J]. Chin J Surg, 2014, 52(1): 45-49. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0529-5815. 2014. 01. 011.
- 周显军,苏琳,董蓓,等. 计算机辅助手术系统在小儿复杂性肝脏肿瘤精准手术中的应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2015, 36(4): 244-248. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2015. 04. 002.  
Zhou XJ, Su L, Dong Q, et al. Application and clinical significance of computer-assisted surgical system in precise surgery for complex pediatric liver tumors[J]. Chin J Pediatr Surg, 2015, 36(4): 244-248. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253-3006. 2015. 04. 002.
- Wakabayashi H, Ishimura K, Izuishi K, et al. Evaluation of liver function for hepatic resection for hepatocellular carcinoma in the liver with damaged parenchyma[J]. J Surg Res, 2004, 116(2): 248-252. DOI: 10. 1016/j. jss. 2003. 09. 015.
- Couinaud C. Surgical anatomy of the liver revisited Ch 4. Anatomy of the dorsal sector of the liver. New considerations on liver anatomy[J]. Paris: Pers Ed, 1989;26-39.
- 刘学静,武乐斌,柳澄,等. 多层螺旋 CT 门静脉成像及其在肝脏解剖分段中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2002, 12(5): 398-400. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-9011. 2002. 05. 023.  
Liu XJ, Wu LB, Liu C, et al. multi-slice spiral CT portography and the application in segmental anatomy of the liver [J]. Journal of Medical Imaging, 2002, 12(5): 398-400. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-9011. 2002. 05. 023.

(收稿日期:2017-07-27)

**本文引用格式:**赵静,董蓓,周显军,等. 基于计算机辅助手术系统(海信 CAS)的儿童肝脏肿瘤与门静脉关系的医学数字影像分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2017, 16(6): 546-551. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2017. 06. 006.

**Citing this article as:** Zhao J, Dong Q, Zhou XJ, et al. Digital imaging analysis of relationship between liver tumors and portal veins based on computer-assisted surgical system[J]. J Clin Ped Surg, 2017, 16(6): 546-551. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2017. 06. 006.