

# 计算机辅助手术系统在儿童肝脏肿瘤根治术中的应用研究



刘翔琪 董焱然 肖现民 李 凯 姚 伟 柳龚堡

**【摘要】 目的** 研究计算机辅助手术系统(Computer-assisted surgery system, CAS)在儿童肝脏肿瘤根治术中的临床应用价值。**方法** 对 2015 年 10 月至 2017 年 3 月在复旦大学附属儿科医院行肝脏肿瘤切除术的 19 例患儿术前利用 CAS 对 CT 图像进行三维重建。分析 19 例患儿的手术时间、术中出血量、术后 ICU 住院天数、肿瘤累及肝段数、血管变异以及肝脏体积剩余情况。**结果** 19 例患儿手术时间为 3.5(3.0, 4.0)h, 术中出血量为 100(35, 350)mL, 术后 ICU 住院天数为 1(1, 2.7)d。在重建的 19 例患儿中存在门静脉变异, 包括 3 例 I 型, 1 例 II 型, 1 例 III 型。计算术后残留肝脏体积得出两段切除术的患儿剩余肝脏体积为 68% ~ 80%, 左半肝切除术后患儿为 57% ~ 68%, 右半肝切除术后患儿为 53% ~ 63%。**结论** 术前三维模型重建能够为术者提供更加直观的解剖结构信息, 提高手术切除的精准性, 使得更多复杂肝脏肿瘤患儿获得手术根治切除的机会。

**【关键词】** 三维模型; 计算机辅助; 肝脏肿瘤; 手术

## The Study of the Clinical Application of Computer-assisted Surgery System for Pediatric Liver Tumor.

Liu Xiangqi, Dong Kuiran, Xiao Xianmin, Li Kai, Yao Wei, Liu Gongbao. Department of Pediatric Surgery, Children's Hospital of Fudan University. Corresponding author: Dong Kuiran, Email: kuirand@fudan.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To explore the clinical application of the Computer-assisted surgery system (CAS) on liver tumor resection surgery. **Methods** The clinical data of 19 liver tumor patients whose CT scan images were transferred to CAS to generate the 3-dimensional (3D) model that provided the anatomy of liver, tumor, hepatic vein, portal vein and the volume of the liver. The involving hepatic segments, surgical time, bleeding volume and the time of ICU-stay of these patients were collected. **Results** The median time of surgery was 3.5(3.0, 4.0) h, the amount of surgical bleeding was 100 (35, 350) ml and the ICU-stay time was 1 (1, 2.7) d. There were portal veins variations in those patients: type I ( $n=3$ ), type II ( $n=1$ ) and type III ( $n=1$ ). The residual liver volume ranged from 53% ~ 80%. **Conclusion** The 3D model generated by the CAS contributed to the surgical plan for children with complex hepatic tumors. With the aid of 3D model, the surgeons could have the more detailed information of the anatomy of the tumor, liver and the vessels which improves the safety of the tumor resection.

**【Key words】** Three-dimensional model; Computer-assisted; Liver Tumor, Surgery

手术切除是大部分小儿肝脏肿瘤的主要治疗手段。因为儿童肝脏肿瘤常呈巨块型, 且肝脏体积在不同年龄段差异较大, 血管较细小, 术前对肿瘤的位置、与周围血管的解剖关系, 以及肝脏剩余体积的评估十分重要。随着影像学技术的发展, 肝脏肿瘤三维可视化技术已逐步广泛应用于复杂肝脏

肿瘤的术前评估。三维可视化基于二维的 CT 或 MRI 数据, 对肝脏、血管以及肿瘤进行计算、分割以及重建, 为术者提供这些解剖结构更加直观的模式以及体积计算模拟手术等功能<sup>[1]</sup>。本研究通过回顾计算机辅助手术系统(Computer-assisted surgery system, CAS, Hisense)在本中心的运用经验, 探讨 CAS 对儿童肝脏肿瘤手术的辅助意义。

doi:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.06.005

基金项目:1. 十二五国家科技支撑计划课题(2013BAI01803); 2. 上海市申康发展中心联合攻关项目(SHDC.12014106); 3. 上海市重点学科(2017ZZ02022)

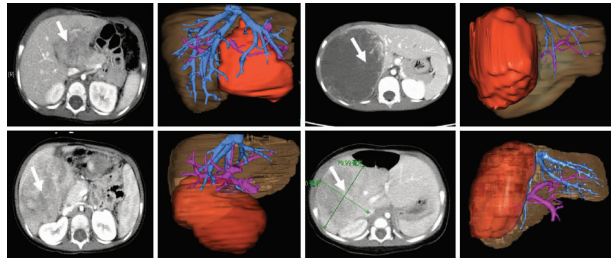
作者单位:复旦大学附属儿科医院儿外科(上海市, 201102)

通信作者:董焱然, Email: kuirand@fudan.edu.cn

## 材料与方法

### 一、临床资料

研究对象为 2015 年 10 月至 2017 年 3 月在复旦大学附属儿科医院行肝脏肿瘤切除术且术前通过 CAS 进行术前评估及手术规划的 19 例患儿。收集患儿的年龄、病理类型、肿瘤累及范围、手术方式、手术时间、出血及输血情况、术后 ICU 住院天数等以及术前肝脏肿瘤的三维图像。19 例患儿均在术前行 64 层螺旋 CT 的肝脏增强扫描,扫描完成后将动脉期、静脉期及平衡期的薄层图像传至 CAS 系统,分别提取肝脏、肿瘤、门静脉以及肝静脉信息进行重建,存档(图 1)。术前在 CAS 软件的模拟手术版块进行评估,包括确定手术切除范围、术中需要处理的重要血管以及计算术后剩余肝脏体积。



注:白色箭头所指为肿瘤,蓝色为肝静脉,紫红色为门静脉,橘色为肿瘤,棕色为肝脏

图 1 4 例患儿 CT 扫描图像与相应三维重建结果  
Fig.1 The CT scan and 3D images of four patients

二、手术方法

麻醉满意后,取上腹部肋缘下弧形切口进腹,游离肝脏周围韧带。在第一、二肝门处置橡皮管备阻断用。在第二肝门处找到相应肝静脉切断缝扎。根据术前模拟手术,在拟切除的肝脏表面做牵引线。解剖第一肝门,找到 Glisson 鞘,找到供应相应肝段的分支予切断,结扎缝扎。用水刀分离肝脏实质,期间注意对相应肝静脉分支的结扎缝扎。创面用氩气刀止血。对于右半肝切除术者需要注意 IV 段肝静脉以及第三肝门的解剖。

三、统计学处理

采用 Excel 软件进行数据收集,对于服从正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,对于不服从正态分布的手术时间和出血量采用  $P_{50}$

( $P_{25}, P_{75}$ ) 表示。

结 果

一、病人基本信息及手术情况

19 例患儿平均手术年龄( $3 \pm 2.4$ ) 岁,病理结果回报:肝母细胞瘤 14 例,肝脏未分化肉瘤 3 例,淋巴瘤 1 例,肝脏结节性增生 1 例。

按照 Couinaud 分段法,累及两个肝段的患儿有 6 例,累及三个肝段的患儿有 3 例,肿瘤同时累及 ≥ 4 个肝段的患儿共 10 例。其中 3 例行 V、VI 段切除术,1 例行 IV、VIII 段切除术,1 例行左外叶切除术,1 例行 IV, VIII, V 及部分 VII 段切除术,6 例行右半肝切除术,3 例行左半肝切除术,1 例行扩大右半肝切除术,2 例行扩大左半肝切除术,1 例行 APPLS 术。

19 例患儿手术时间为 3.5 (3.0, 4.0)h,术中出血量为 100 (35, 350) mL,术后 ICU 住院天数为 1 (1, 2.7) d。患儿随访至 2017 年 1 月,均存活,且无肿瘤复发的影像学证据。

二、三维重建提示血管变异情况

第一肝门的门静脉解剖对于肝切除起到关键作用,根据既往文献报道门静脉可分为:正常型,主干在第一肝门处分为左右分支; I 型,主干在肝门处直接分出左支,右前支及右后支; II 型,主干先分出右后支进而分出右前支及左支; III 型门脉右支水平分出前后支; IV 型门脉左支水平段缺如,左支来源于右前支<sup>[1,2]</sup>。对重建的 19 例患儿的门静脉三维图像进行分析,发现在本组患儿中,有 3 例 I 型,1 例 II 型,1 例 III 型,其余患儿为正常型(图 2)。

在右半肝切除术中, IV 段肝静脉以及右肝后下静脉的变异需要注意, IV 段肝静脉可回流入肝左、肝中或直接汇入下腔静脉<sup>[3,4]</sup>。在本组重建的 1 例行包括肝中静脉在内的右半肝切除术的患儿,术后可见 IV 段肝静脉不汇入肝中静脉(图 3),这样可以预测术中切除肝中静脉不影响 IV 段回流。

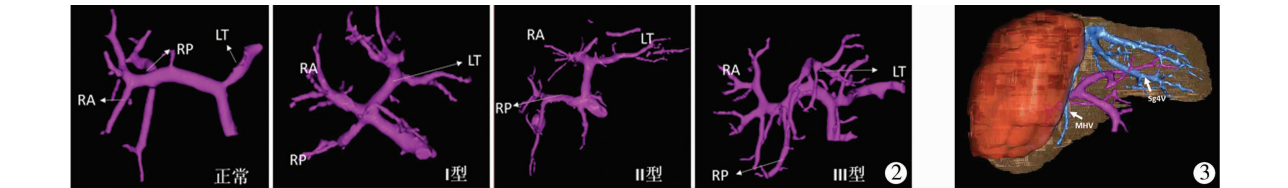


图 2 重建患儿中门静脉变异情况(RA:门静脉右前支;RP:门静脉右后支;LT:门静脉左支) 图 3 IV 段肝静脉直接汇入下腔静脉(Sg4V: IV 段肝静脉; MHV:肝中静脉)

Fig.2 The variations of portal vein Fig.3 The drainage of Segment IV went to inferior vena cava

### 三、计算肝脏体积

重建的 19 例患儿均进行了术前 CAS 系统的模拟手术,评估了术后剩余肝脏体积是否能满足切除后的需求。两段切除术的患儿剩余肝脏体积为  $(72 + 6.4)\%$ ,左半肝切除术后患儿剩余肝脏体积范围为  $(64 + 6.3)\%$ ,右半肝切除术后患儿剩余肝脏体积为  $(56 + 3.6)\%$ 。一例患儿为中央型的肝母细胞瘤,术前评估只能保留 V、VI 段,如行一期切除术,术后剩余肝脏体积仅为 34%,因此决定行 AL-PPS 术。第一次手术行门脉左支的结扎和肝脏的分割,术后 9 d 再次行 CT 检查,通过 CAS 系统计算 V、VI 段体积由占原肝 32% 增长到 85%,因此保证了第 2 次行肿瘤根治术后患儿的肝功能。

## 讨 论

三维重建技术较传统的 CT 及 MRI 提供的二维影像可提供更加直观的组织结构之间的解剖关系,并提供体积计算、模拟手术等信息。已有许多文献报道三维成像及打印技术在小儿外科手术中的辅助作用,如胆总管囊肿切除术,婴儿胸腔镜肺叶切除术,以及肝脏肿瘤根治术等<sup>[5-11]</sup>。

董倩等<sup>[12]</sup>研究显示利用 CAS 系统为 21 例肝脏肿瘤患儿进行术前三维成像,能够精确地反映肿瘤与周围血管的关系,明确术中需要断离的血管,进行虚拟的手术操作。在 Warmann SW 等<sup>[8]</sup>的研究中利用 CAS 系统为 20 例肿瘤累及 3~4 个肝段的患儿进行术前重建。发现患儿之间每个肝段的体积所占总体积的百分比存在差异,这也提示通过术前用 CAS 系统进行残肝体积计算的必要性<sup>[12]</sup>。且通过术前三维重建的规划,进行精准的肝脏肿瘤切除,让 12 例本有肝移植指征的患儿避免了肝移植。提示术前三维重建可在一定条件下使得复杂肝脏肿瘤的患儿获得根治性肿瘤切除的机会,降低肝移植比例。另外,本研究收集了自 2014 年 12 月至 2015 年 9 月在本院由同一位外科医生主刀进行的肝脏肿瘤切除术,但术前未使用 CAS 系统进行三维重建的 19 例患儿临床资料,发现在 19 例使用 CAS 系统重建组的患儿中同时累及  $\geq 4$  个肝段的患儿占 52%,而非重建组中只有 31%,我们可以看到在 CAS 的辅助下,外科医生对解剖结构了解更加精确,使得本中心复杂肝肿瘤的患儿较既往手术比例增加,虽无统计学差异 ( $P = 0.19$ ),但考虑与本研究样本量较小有关,需要进一步扩大样本量以验证。

肝脏肿瘤根治术前详细了解血管与肿瘤的位置关系,肿瘤对血管的侵袭情况对手术的顺利完成至关重要。乔国梁等<sup>[14]</sup>通过术前 CT 三维重建评估第二肝门处肝左、肝中、肝右静脉与肿瘤的关系,顺利对 41 例累及第二、三肝门的肝母细胞瘤患儿实行肿瘤切除术。Keigo Tani 等<sup>[15]</sup>通过术前增强 CT 和 MRI 评估血管与肿瘤关系,对 26 位肿瘤位于肝右静脉及门脉右支起始部包围的肝右叶核心区域的恶性肿瘤实行不规则的保留肝实质的肿瘤切除术,为肝功能无法满足半肝切除术的患者提供了手术机会。三维成像较二维 CT 或 MRI 更能直观反映相关血管及变异情况。在《复杂性肝脏肿瘤三维可视化精准诊治专家共识》中指出通过三维可视化模型建议肝动脉、肝静脉、门静脉模型,有利于发现相应的血管变异<sup>[1]</sup>。本研究 19 例重建患儿通过 CAS 重建发现门静脉 I 型、II 型以及 III 型变异,有利于术者术前对门脉解剖的了解和术中的判断。此外在指南中同样指出了解 IV 段肝静脉可直接汇入下腔静脉或汇入肝中或肝左静脉,有利于确定右半肝切除术的范围。在本研究中,1 例肝右叶占位患儿,肿瘤在第二肝门与肝中静脉紧贴,术前三维模型提示 IV 段肝静脉未回流入肝中静脉,因此术中行包括肝中静脉的右半肝切除术。

目前多数 CAS 合成图像依赖原始 CT 或 MRI 图像的质量,因此需要更加规范的 CT 或 MRI 扫描流程,以保证最终生成的三维模型的准确性。合成过程中各类软件的程序设计不一致,对 CT 图像上组织结构分割获取的准确性不一致,有时需人工矫正,在应用 CAS 系统合成三维图像时需要有经验丰富的影像科医师及外科医师对图像把关。CAS 系统未来中应朝缩短合成时间,更加智能获取组织结构信息信号的方向发展。

综上所述,儿童肝脏肿瘤的手术切除常面临着肿瘤巨大、血管细小、解剖结构变异等情况,术前三维模型的重建能够为术者提供更加丰富、立体以及直观的解剖结构信息,提供模拟手术操作以及不同范围下残留肝脏的体积的计算,这对术前精准判断、术中准确切割、肿瘤的完整切除以及术后病人的恢复提供重要的帮助。

## 参 考 文 献

- 1 刘允怡,张绍祥,姜洪池,等. 复杂性肝脏肿瘤三维可视化精准诊治专家共识[J]. 中国实用外科杂志,2017(01):

- 53–59. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005–2208.2017.01.18.
- Liu YY, Zhang SX, Jiang HC, et al. The Specialists' Consensus on the Precise Treatment for Complicated Hepatic Liver Tumor with the Aid of Three Dimensional Visualization [J]. Chin J Prac Surg, 2017(01):53–59. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005–2208.2017.01.18.
- 2 Khamanarong K, Woraputtaporn W, Amarttayakong P, et al. Classification of portal vein tributaries in Thai cadavers including a new type V [J]. Surgical and Radiologic Anatomy, 2016, 38(6):735–739. DOI:10.1007/s00276–015–1592–7.
  - 3 Fang C, You J, Lau WY, et al. Anatomical Variations of Hepatic Veins; Three-Dimensional Computed Tomography Scans of 200 Subjects [J]. World Journal of Surgery, 2012, 36(1):120–124. DOI:10.1007/s00268–011–1297–y.
  - 4 Radtke A, Sotiropoulos GC, Sgourakis G, et al. Hepatic Venous Drainage: How Much Can We Learn From Imaging Studies? Anatomic-Functional Classification Derived From Three-Dimensional Computed Tomography Reconstructions [J]. Transplantation, 2010, 89(12):1518–1525. DOI:10.1097/TP.0b013e3181dd6bac.
  - 5 Hoang D, Perrault D, Stevanovic M, et al. Surgical applications of three-dimensional printing: a review of the current literature & how to get started [J]. Ann Transl Med, 2016, 4(23):456. DOI:10.21037/atm.2016.12.18.
  - 6 Burdall OC, Makin E, Davenport M, et al. 3D printing to simulate laparoscopic choledochal surgery [J]. J Pediatr Surg, 2016, 51(5):828–831. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2016.02.093.
  - 7 Barsness KA, Rooney DM, Davis LM, et al. Preliminary evaluation of a novel thoracoscopic infant lobectomy simulator [J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2015, 25(5):429–434. DOI:10.1089/lap.2014.0364.
  - 8 Warmann SW, Schenk A, Schaefer JF, et al. Computer-assisted surgery planning in children with complex liver tumors identifies variability of the classical Couinaud classification [J]. Journal of Pediatric Surgery, 2016, 51(11):1801–1806. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2016.05.018.
  - 9 Takagi K, Nanashima A, Abo T, et al. Three-dimensional printing model of liver for operative simulation in perihilar cholangiocarcinoma [J]. Hepatogastroenterology, 2014, 61(136):2315–2316.
  - 10 吴莹, 周显军, 孙兆旭, 等. 计算机辅助手术系统在小儿巨大肝间叶性错构瘤诊治中的应用 [J]. 临床小儿外科杂志, 2016, 15(4):379–382. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2016.04.020.
- Wu Y, Zhou XJ, Sun ZX, et al. Usefulness of computer assisted surgical system for hepatic mesenchymal hamartoma in children [J]. J Clin Ped Sur, 2016, 15(4):379–382. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2016.04.020.
- 11 Ryota Souzaki, Yoshiaki Kinoshita, Satoshi Ieiri, et al. Three-dimensional liver model based on preoperative CT images as a tool to assist in surgical planning for hepatoblastoma in a child [J]. Pediatr Surg Int, 2015, 31:593–596. DOI:10.1007/s00383–015–3709–9.
  - 12 周显军, 苏琳, 董倩, 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.
- 13 方驰华, 冯石坚, 范应方, 等. 三维可视化技术在评估残肝体积及指导肝切除中的应用研究 [J]. 肝胆外科杂志, 2012(02):95–98. DOI:10.3969/j.issn.1006–4761.2012.02.007.
- Fang CH, Feng SJ, Fan YF, et al. Study on the application of three-dimensional visualization technique in evaluation of residual liver volume and guidance for hepatectomy [J]. Journal of Hepatobiliary Surgery, 2012(02):95–98. DOI:10.3969/j.issn.1006–4761.2012.02.007.
- 14 乔国梁, 李龙, 葛军涛, 等. 累及第二、三肝门巨大肝母细胞瘤手术切除 41 例 [J]. 临床小儿外科杂志, 2014, 13(2):99–102. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2014.02.004.
- Qiao GL, Li L, Ge JT, et al. Surgical resection of huge hepatoblastoma involving the second and third hepatic hilums [J]. J Clin Ped Sur, 2014, 13(2):99–102. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2014.02.004.
- 15 Keigo Tani, Takeaki Ishizawa, Yoshihiro Sakamoto, et al. Surgical Approach to “Right Hepatic Core”: Deepest Region Surrounded by Major Portal Pedicles and Right Hepatic Vein [J]. Dig Surg, 2017. DOI:10.1159/000485138.
- (收稿日期:2017–7–15)

**本文引用格式:**刘翔琪, 董岩然, 肖现民, 等. 计算机辅助手术系统在儿童肝脏肿瘤根治术中的应用研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2017, 16(6):542–545. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2017.06.005.

**Citing this article as:** Liu XQ, Dong KR, Xiao XM, et al. The Study of the Clinical Application of Computer-assisted Surgery System for Pediatric Liver Tumor [J]. J Clin Ped Sur, 2017, 16(6):542–545. DOI:10.3969/j.issn.1671–6353.2017.06.005.