

计算机辅助手术系统指导小儿肝脏肿瘤精准手术



董 蓓 周显军

随着小儿肿瘤学研究的深入,肿瘤患儿的生存率和生存质量得到明显改善^[1]。小儿原发性肝脏肿瘤占小儿肿瘤总发病率的 1%~4%,居第 10 位^[2]。由于肝脏解剖的复杂性以及小儿的特殊性,小儿肝脏肿瘤的治疗较成人更具挑战性,对手术精细度的要求也更高。肝脏肿瘤按照性质分为良性肿瘤和恶性肿瘤。良性肿瘤约占 40%,主要以血管瘤、肝脏错构瘤、肝细胞腺瘤等为主;恶性肿瘤约占 60%,常见的有肝母细胞瘤、肝细胞癌、恶性肝脏间叶瘤和横纹肌肉瘤^[2]。肝脏肿瘤的治疗是一个综合性过程,根治性手术切除是重要的治疗环节。由于不同患儿的体重、肝容积差别较大,肝脏功能发育不完善,解剖结构精细及其特殊的肿瘤生物学特性,临床上多表现为瘤体巨大、病理种类多、部位复杂和生长较快等特点。

一、影像学检查在术前评估中的应用

基于小儿肝脏解剖及肿瘤部位的复杂性,当肿瘤巨大累及多个部位时,若术中不慎伤及相关血管,将发生难以控制的大出血,增加手术难度,甚至部分肿瘤难以切除。这就要求手术者在术前对患儿的肝脏解剖结构有深入了解,并明确肝脏肿瘤与其周围组织及脉管系统的位置关系。

随着现代影像学技术的发展,影像学检查在术前诊断及评估肿瘤状况、手术可行性和制定手术方案中起到了不可替代的作用^[3-5]。血管造影对于明确肝内血管走形及各分支间解剖关系有重要意义,可为手术提供有效的参考,但其专业技术要求较高,操作复杂,属于有创检查,给患者带来一定的痛苦;CT 技术的应用为医师提供了部分影像学支持,但其提供的是二维形态学资料,只能从不同平面观

察肿瘤的部位,不能直观进行肿瘤的定位,也无法精确判断肿瘤与周围结构的层次。手术规划主要依据二维影像学数据,手术者凭借术前查看的二维 CT 资料在脑海中形成立体的三维肝脏图像,进而手术,可交流性差,手术质量更多取决于医师的决断力^[6,7];术中超声等可协助手术医师确定切除范围,避开大血管等重要组织,但操作困难,需要大型器械等,对于临床经验的要求也是限制其推广的重要原因^[8,9]。当面对复杂病例时,剖腹探查往往成为仅有的选择^[10]。伴随数字医学技术研究的深入,三维医学影像处理软件应时而生,使得肝脏可视化、手术规划、虚拟手术、术中导航等成为可能^[11,12]。

二、计算机辅助手术系统的研发与应用

计算机辅助外科手术(Computer assisted surgery 或 Computer aided surgery, CAS)是一种新的外科手术概念,指利用计算机技术进行手术前规划,并指导或辅助进行手术^[13]。一般认为 CAS 包括:①创建虚拟的病变部位的图像;②病变部位图像的分析与深度处理;③诊断、手术前规划、手术步骤的模拟;④手术导航;⑤机器人手术。青岛大学附属医院与海信集团联合研发的海信计算机辅助手术系统(Hisense CAS)交叉融合了 CT 数据三维重建、虚拟仿真等技术,配合手术控制智能显示术中导航,更有力促进了精准外科的发展,尤其在精准肝切除领域的作用更为凸显。精准肝切除术要求手术医生对肝脏解剖了解透彻,尤其对于肿瘤的定位及肿瘤毗邻结构(肝动脉、肝静脉、门静脉以及胆管系统等)之间的关系要做到心中有数,只有这样才能在术中有条不紊地解剖肝脏,进行肝段及亚段精准切除^[14,15]。

以在儿童肝脏肿瘤中占据首位的肝母细胞瘤的肝切除术为例。首先,进行肝脏、肿瘤及血管的三维重建。将所扫描增强 CT 的动脉期、静脉期及平衡期 DICOM 格式文件导入计算机辅助手术系统,包括以下 4 个步骤:①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

doi:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.06.003

基金项目:1. 国家十二科技支撑计划项目(2013BAI01B03);
2. 基于数字肝脏大数据分析的新一代海信 CAS 的研发(2016GGB14019)

作者单位:青岛大学附属医院,山东省数字医学与计算机辅助手术重点实验室(山东省青岛市,266003)

通信作者:董蓓,Email:18661801885@163.com

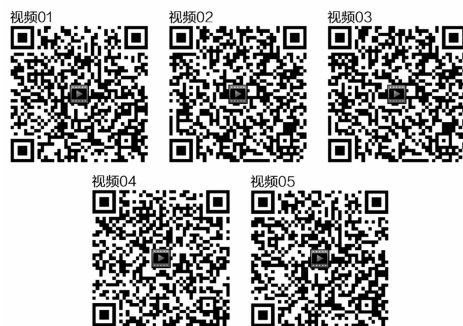
拽,调整横断面视窗中 CT 序号,多次选择种子点,启动快速分割算法,分割肝脏,分解结果显示在三维视窗中;②肿瘤的提取,在横断面中肿瘤区域绘制闭合曲线,标记肿瘤,并在冠状面、矢状面不同的断面对肿瘤分割,系统自动生成立体的肿瘤;③肝内管道信息提取,包括对肝动脉、门静脉、肝静脉、下腔静脉的信息提取。通过选取肝内管道的标识点,确定生成血管的范围,对肝内管道信息自动提取,通过调节识别敏感度进行调整;④三维结果整合,通过对肝脏、肿瘤及肝内管道进行整合,基于 CT 数据的三维重建能立体、清晰显示管道系统走行及与肿瘤的毗邻关系,且能分别自动计算肿瘤以及肝脏的体积。其次根据门静脉、肝静脉血管的走行,基于四级门静脉血管供应区域进行个体化的精准肝脏分段,自动计算各个肝段的体积。虽然通过人工分段以后的肝段与肝段之间的面比较平整,与肝脏实际的血供及其引流区域有所差别,但是对于术前制定可行的手术方案较为符合肝脏的解剖和生理^[16]。手术者术前可以直观、形象地观察肿瘤与其周围组织的复杂位置关系^[17]。根据个性化的肝脏分段,准确判断出肿瘤所在肝段,术前模拟肝切除术,分别计算不同手术方案的剩余肝体积,评估各个方案剩余肝体积是否满足术后肝脏功能的代偿需要,通过对不同手术方案进行比较、筛选和优化,寻找最优手术方案。实施手术时,术者依据术前的模拟及制定的最优手术方案在术中可结扎供应肿瘤所累及肝段的血管,从而将肿瘤及其所在肝段一同切除,这种解剖性肝切除术不但可以精准地将肿瘤切除,而且使残余肝体积达到了最大化,从而降低因功能性残肝体积过小而引起肝衰竭的发生率,有利于术后肝功能的恢复^[18-19]。

三、计算机辅助手术系统在巨大肝脏肿瘤及肝移植中的应用

对于部分巨大小儿肝脏恶性肿瘤,术前可应用计算机辅助手术系统进行虚拟手术,评估剩余肝脏体积,董蒨曾对各年龄段儿童肝脏体积进行相应研究,通过对不同年龄段正常儿童肝脏体积的测量与相同年龄段患肝脏肿瘤的患儿进行对比,可在术前手术模拟中判断肿瘤可切除性,评估残肝体积的代偿功能^[20]。对于一期切除困难者于明确病理类型后先行化疗,经过化疗后的肿瘤体积较前明显缩小,手术中更易与周围肝脏组织分离切除,这样可以减少术中出血及术后并发症的发生,可更加安全、准确地切除肿瘤^[21]。对于无法手术的肝脏肿瘤及终

末期肝病患儿,肝移植为其有效的解决方案^[16]。肝母细胞瘤是儿童期最常见的原发性肝脏恶性肿瘤,这种肿瘤常局部浸润性生长,远处转移发生较晚,其肝移植后长期生存率超过 50%。其他上皮样血管内皮瘤和肉瘤也可考虑肝移植,而肝细胞癌由于恶性程度较高,较早转移,常无法做肝移植手术^[22]。由于肝脏解剖结构的复杂性以及肝内管道系统的特殊变异性,肝移植术前必须准确掌握肝移植供体和受体的解剖特点,防止术中伤及肝脏相关血管而发生大出血,因此术前精确的影像学检查及精准的手术技巧和丰富的临床经验是手术成功的关键^[23,24]。海信 CAS 系统可以在术前通过三维重建得到手术患儿的肝脏及其管道系统的数字化模型,有助于手术医生充分了解血管的分支及走形,评估供体肝脏体积,结合供体和受体情况通过术前模拟比较不同切割层面效果,评估不同切取平面是否满足术后肝脏功能代偿需要,最终制定最佳供肝切取方案,降低术中血管和胆管损伤的风险,减少术中出血量,同时最大限度减少无效肝组织量,增加残余肝体积^[25]。可见,计算机辅助手术系统在小儿肝移植中发挥着重要作用,可评估手术可行性,辅助外科医生制定最佳手术方案,确保小儿肝移植手术的安全进行。

数字医学与三维可视化技术的发展,使小儿肝脏外科向着个体化精准手术迈进。未来,小儿肝脏的三维可视化研究将向立体导航、远程干预、机器人医学、互联数据库组建等方向发展^[21],进而推动小儿外科医疗走向个性化、精准化、微创化、远程化。



视频 1 计算机辅助手术系统与外科智能显示系统参加国家十二五科技创新成就展; 视频 2 正常肝脏可视化三维重建; 视频 3 术中应用 SID 显示三维重建; 视频 4 肝母细胞瘤三维重建; 视频 5 肝脏巨大错构瘤三维重建

Video 1 Computer-assisted surgery system (CAS) and Surgical Intelligent Display System (SID) for the Technical innovation achievement exhibition of 12th five-year plan; **Video 2** Visual 3D reconstruction for normal liver; **Video 3** Application of 3D reconstruction using Surgical Intelligent Display System (SID) in surgery; **Video 4** 3D reconstruction for hepatoblastoma; **Video 5** 3D reconstruction for huge hamartoma of liver

参考文献

- 1 蔡威,孙宁,魏光辉. 小儿外科学(第 5 版)[M]. 北京:人民卫生出版社,2014. 120-126.
Cai W, Sun N, Wei GH. Pediatric surgery 5th[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014. 120-126.
- 2 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 oncological surgery[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009. 508-546.
- 3 Horton JD, Lee S, Brown SR, et al. Survival trends in children with hepatoblastoma[J]. *Pediatr Surg Int*, 2009, 25(5):407-412. DOI: 10.1007/s00383-009-2349-3.
- 4 Karski EE, Dvorak CC, Leung W, et al. Treatment of hepatoblastoma with high-dose chemotherapy and stem cell rescue: the pediatric blood and marrow transplant consortium experience and review of the literature[J]. *J Pediatr Hematol Oncol*, 2014, 36(5):362-368. DOI: 10.1097/MPH.0000000000000130.
- 5 Qiao GL, Chen Z, Wang C, et al. Pure fetal histology subtype was associated with better prognosis of children with hepatoblastoma: A Chinese population-based study[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2016, 31(3):621-627. DOI: 10.1111/jgh.13165.
- 6 Lautz TB, Ben-Ami T, Tantemsapya N, et al. Successful non-transplant resection of POST-TEXT III and IV hepatoblastoma[J]. *Cancer*, 2011, 117:1976-1983.
- 7 Mise Y, Tani K, Aoki T, et al. Virtual liver resection: computer-assisted operation planning using a three-dimensional liver representation[J]. *Journal of hepato-biliary-pancreatic sciences*, 2013, 20:157-164.
- 8 苏英姿,白凤森,袁新宇,等. 小儿肝母细胞瘤的超声表现与手术病理对照分析[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(6):1209-1212.
Su YZ, Bai FS, Yuan XY, et al. Infantile hepatoblastoma: Comparative analysis of ultrasonographic and surgical pathologic manifestations[J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2011, 27(6):1209-1212.
- 9 顾胜利,朱云开. 超声引导下穿刺活检诊断小儿肝母细胞瘤[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2012, 09(2):142-145. DOI:10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2012.02.010.
Gu SL, Zhu YK. Clinical value of ultrasound-guided core needle biopsy in diagnosis of hepatoblastoma in children[J]. *Chin J Med Ultrasound (Electronic Edition)*, 2012, 09(2):142-145. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2012.02.010.
- 10 李梦迪,陈勇,陈宇欣,等. 基于 Couinaud 分段多层螺旋 CT 全肝灌注成像在肝硬化血流状态评价中的应用[J]. *中华肝脏病杂志*, 2014, 22(11):817-821. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-3418.2014.11.004.
Li MD, Chen Y, Chen XY, et al. Whole-liver perfusion imaging by multi-slice spiral computed tomography based on Couinaud segments for evaluation of the blood flow state in patients with hepatitis B cirrhosis[J]. *Chin J Hepatol*, 2014, 22(11):817-821. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-3418.2014.11.004.
- 11 Dong Q, Xu W, Jiang B, et al. Clinical applications of computerized tomography 3-D reconstruction imaging for diagnosis and surgery in children with large liver tumors or tumors at the hepatic hilum[J]. *Pediatric surgery international*, 2007, 23:1045-1050.
- 12 Simpson AL, Geller DA, Hemming AW, et al. Liver planning software accurately predicts postoperative liver volume and measures early regeneration[J]. *Journal of the American College of Surgeons*, 2014, 219:199-207.
- 13 董蓓,陈永健,卢云,等. 数字医学与计算机辅助手术的发展及临床应用[J]. *中国信息界-e 医疗*, 2013, (9):58-61.
Dong Q, Chen YJ, Lu Y, et al. Developments and clinical applications of digital medicine and computer-assisted operations[J]. *e-healthcare*, 2013, (9):58-61.
- 14 杜豪,李恺. 精准外科数字可视化研究进展[J]. *局解手术学杂志*, 2016, (2):128-131. DOI: 10.11659/jjssx.09E015124.
Du H, Li K. Advances in the digital visualization of precision surgery[J]. *J Reg Anat Oper Surg*, 2016, (2):128-131. DOI:10.11659/jjssx.09E015124.
- 15 方驰华,李克晓,范应方,等. 医学图像三维可视化系统在精准肝切除中的应用价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2011, 10(1):29-32. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2011.01.008.
Fang CH, Li KX, Fan YF, et al. Value of medical image three-dimensional visualization system in precise hepatectomy[J]. *Chin J Dig Surg*, 2011, 10(1):29-32. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2011.01.008.
- 16 李龙,余奇志,黄柳明,等. 小儿肝移植的探讨[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2004, 10(5):301-303. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2004.05.005.
Li L, Yu QZ, Huang LM, et al. Liver transplantation in children with end-stage liver disease[J]. *Chin J Hepatobiliary Surg*, 2004, 10(5):301-303. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2004.05.005.
- 17 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. The significance of computer aided surgical system in the surgical operation of infantile precision hepatobiliary surgery [J]. Chin J Pediatr Surg, 2016, 37 (11): 801–803. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0253–3006. 2016. 11. 001.
- 18 董家鸿, 黄志强. 精准肝切除—21 世纪肝脏外科新理念 [J]. 中华外科杂志, 2009, 47 (21): 1601–1605. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0529–5815. 2009. 21. 001.
 - Dong JH, Huang ZQ. Precise liver resection—new concept of liver surgery in 21st century [J]. Chin J Surg, 2009, 47 (21): 1601–1605. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0529–5815. 2009. 21. 001.
 - 19 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 (04): 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 (04): 379–382. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671–6353. 2016. 04. 020.
 - 20 耿耿, 崔楷悦, 朱呈瞻, 等. 计算机辅助手术系统对各年龄段小儿肝脏体积的大数据分析及临床意义 [J]. 临床小儿外科杂志, 2017, 16 (4): 335–340. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671–6353. 2017. 04. 007.
 - Geng G, Cui KY, Zhu CZ, et al. Aging and liver volume, big data analysis based on Hisense computer assisted surgery system and its clinical application [J]. J Clin Ped Sur, 2017, 16 (4): 335–340. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671–6353. 2017. 04. 007.
 - 21 袁晓军. 儿童肝母细胞瘤治疗进展 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2016, (3): 171–175. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095–428X. 2016. 03. 003.
 - Yuan XJ. Advance in the treatment of children with hepatoblastoma [J]. Chin J Clin Pediatr, 2016, (3): 171–175. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095–428X. 2016. 03. 003.
 - 22 董蓓. 小儿肝胆外科学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 552–560.
 - Dong Q. Pediatric hepatobiliary surgery [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005: 552–560.
 - 23 Fujimoto J, Yamanaka J. Liver resection and transplantation using a novel 3D hepatectomy simulation system [J]. Adv Med Sci, 2006, 51: 7–14.
 - 24 Yoon JH, Lee JM, Jun JH, et al. Feasibility of three dimensional virtual surgical planning in living liver donors [J]. Abdom Imaging, 2015, 40 (3): 510–520. DOI: 10. 1007/s00261–014–0231–9.
 - 25 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.

(收稿日期: 2017–09–19)

本文引用格式: 董蓓, 周显军. 小儿肝脏肿瘤的精准手术 [J]. 临床小儿外科杂志, 2017, 16 (6): 533–536. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671–6353. 2017. 06. 003.

Citing this article as: Dong Q, Zhou XJ. Precise surgery for pediatric liver tumors [J]. J Clin Ped Sur, 2017, 16 (6): 533–536. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671–6353. 2017. 06. 003.