



doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.07.004
http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2017.07.004
Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(7):831-837.

· 专题研究 ·

3D 打印技术在精准肝切除术前评估的应用

张鹏飞¹, 于松宁², 雷鹏², 卜阳², 王新青², 李海波¹, 逢淑东¹, 李海明¹

(1. 宁夏医科大学 研究生院, 宁夏 银川 750004; 2. 宁夏医科大学总医院 肝胆外科, 宁夏 银川 750004)

摘 要

目的: 探讨医学 3D 打印技术在精准肝切除术前评估的应用价值。

方法: 回顾性分析 2016 年 1 月—2016 年 12 月在宁夏医科大学总医院肝胆外科 7 例复杂性肝脏肿瘤患者临床资料。其中男 5 例, 女 2 例, 平均年龄 55 岁。患者术前经上腹部增强 CT 扫描, 使用三维可视化软件 (MI-3DVS) 进行三维重建, 导入 3D 打印机, 打印出 1:1 肝脏物理模型, 分析肝脏解剖、进行术前模拟, 确定手术方案。

结果: 全部患者的肝脏 3D 模型能清晰显示肝内脉管系统、肝脏及肿瘤组织解剖形态、肿瘤与肝内血管结构毗邻关系, 计算出肝脏平均体积为 $(1\ 872.2 \pm 753.7)$ mL, 肝脏肿瘤体积中位数为 316.96 mL。根据 3D 打印结果, 1 例患者因肿瘤侵犯门静脉不适宜外科手术, 建议行经肝动脉化疗栓塞术, 其余 6 例均行精准肝切除, 实际手术过程与术前手术规划完全符合 (6/6), 无围手术期死亡。

结论: 医学 3D 打印技术可应用于肝脏肿瘤的手术规划, 在精准肝切除的术前评估有一定的指导意义。

关键词

肝肿瘤; 肝切除术; 打印, 三维; 临床方案

中图分类号: R735.7

Application of 3D printing technology in preoperative assessment of precise hepatectomy

ZHANG Pengfei¹, YU Songning², LEI Peng², BO Yang², WANG Xinqing², LI Haibo¹, PANG Shudong¹, LI Haiming¹

(1. Graduate School of Ningxia Medical University, Yinchuan, 750004, China; 2. Department of Hepatobiliary Surgery, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China)

Abstract

Objective: To investigate the value of medical 3D printing in preoperative assessment before precise hepatectomy.

Methods: The clinical data of 7 patients with complex hepatic tumors from January 2016 to December 2016 in the Department of Hepatobiliary Surgery of General Hospital of Ningxia Medical University were retrospectively analyzed. Of the patients, 5 cases were male and 2 cases were female, with an average age of 55 years. All patients underwent upper-abdominal CT scan with three-dimensional reconstructions by three-dimensional visualization system (MI3DVS), which were imported into the 3D printer to create the exactly same size printed models of the livers. And then, the anatomical features of the livers were analyzed, preoperative simulations were performed and treatment plans were designed.

基金项目: 宁夏科技攻关计划资助项目 (2012/01-2017/12)。

收稿日期: 2016-12-28; 修订日期: 2017-06-03。

作者简介: 张鹏飞, 宁夏医科大学研究生院硕士研究生, 主要从事肝胆外科方面的研究。

通信作者: 于松宁, Email: ysn_nxyc@163.com

Results: The 3D-printed liver models for all patients clearly showed the intrahepatic vasculature, anatomical morphology of hepatic and tumor tissues, and the adjoining relationship between the tumor and the intrahepatic vascular structures. The calculated average liver volume was (1 872.2±753.7) mL and median tumor volume was 316.96 mL. According to the results of 3D printing, one patient was not suitable for surgical resection due to portal vein tumor invasion, for whom transarterial chemoembolization was recommended, and all the remaining 6 patients underwent precise liver resection. All the actual surgical procedure was completely in accordance with the preoperative operation planning (6/6). No death occurred during the perioperative period.

Conclusion: The medical 3D printing technology can be applied in surgical planning for liver tumors, and has certain guiding significance in preoperative evaluation of accurate liver resection.

Key words

Liver Neoplasms; Hepatectomy; Printing, Three-Dimensional; Clinical Protocols

CLC number: R735.7

现代科技在肝脏外科领域的综合应用与集成创新推动着21世纪的肝脏外科进入了精准肝切除时代^[1]。精准肝切除追求目标为最小创伤侵袭、最大肝脏保护、获取最佳康复效果^[2-3]，因此精细的术前评估和合理的手术规划是精准肝切除的重要保证和前提。作为一种全新的评估手段，医学3D打印技术、医学三维可视化技术因其对个体化肝脏进行三维重建，自动进行肝脏体积计算，实施虚拟手术等应用，在肝脏切除术前评估及手术规划得到初步推广并日显重要^[4-6]。本研究采用三维可视化软件(MI-3DVS)，对7例肝脏肿瘤患者的上腹部64排螺旋CT数据进行三维重建，并进行肝脏物理模型的3D打印，在此基础上评估手术风险及术后并发症发生概率，对拟行精准肝切除患者进行模拟手术操作，将自动测算的模拟数据与真实手术情况进行对比，以评价医学3D打印技术在精准肝切除术前评估的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本回顾性研究对象为2016年1月—2016年12月在宁夏医科大学总医院肝胆外科收治的7例复杂型肝脏肿瘤患者。根据相关文献^[7-8]，将复杂性肝脏肿瘤评估标准为：(1) 肝脏肿瘤直径>10 cm；(2) 肿瘤位于第一肝门、第二肝门或第三肝门附近；(3) 既往行TACE术，或考虑肝脏肿瘤位置欠佳，手术难度大患者，符合上述条件其中1条或1条以上的患者。本研究收集患者中男5例，女2例；年龄26~68岁，平均年龄(55±13.49)岁；

HBsAg(+) 2例；肝功能Child-Pugh分级A级6例，B级1例；肝细胞性肝癌5例，肝脏局部结节性增生1例，肝海绵状血管瘤1例；肿瘤位于II、III、IV段1例，V段1例，V、VIII段3例，VIII段1例，V、VI、VII、VIII 1例；肿瘤直径最大15 cm。

1.2 方法

1.2.1 CT数据采集与3D打印 本组患者均使用64排西门子螺旋CT分别行上腹部平扫、动脉期、门静脉期、延时期扫描，必要时增加1期静脉期扫描，层厚为1 mm。造影剂为碘佛醇注射液(350 mg:100 mL)，浓度为350 mgI/mL，使用20号留置针，用高压注射器上肢静脉灌注，剂量为90 mL，注射速率4 mL/s。将获得的上腹部CT影像学DICOM数据导入MI-3DVS软件，分别进行肝脏、肿瘤、周围脉管系统(包括门静脉系统、下腔静脉和肝静脉系统、肝动脉系统)以及周围毗邻器官的三维重建。精确定位肿瘤所在肝段及与周围脉管系统的毗邻关系。同时进行全肝体积、肿瘤大小的计算。将三维重建STL格式文件导入3D打印机，进行3D彩色半透明打印，采用树脂或石膏材料打印出肝脏1:1物理模型。

1.2.2 手术规划制定 根据肝脏肿瘤的三维重建结果，模拟精准肝脏切除，尽可能保留残余肝脏且不伤及周围血管，计算模拟肝脏切除体积与残余肝体积。仔细观察模拟切除平面与周围组织血管关系，在肝脏物理模型直接模拟手术操作。结合患者实验室检查评估肝功能，结合患者是否合并乙肝、肝硬化，是否高血压、糖尿病等基础疾病以及实验室凝血全套和生化全套检查结果评估肝功能，根据模拟手术测算结果，最终确定手术方案，若评

估患者病情不适合外科手术,则建议行介入治疗或保守治疗方案。

1.2.3 进行精准肝脏切除 采用右肋缘下反L型切口或人字型切口,根据手术探查情况,采用常规游离肝脏后,预置第一肝门阻断带,切除胆囊,离断或阻断患侧的肝动脉及门静脉,阻断第一肝门后沿肿瘤边缘将肿瘤完整切除,所遇管道均给与结扎,断肝主要使用电刀、超声刀等由浅入深逐渐离断肝脏,根据病情需要进行肝段切除,或半肝切除。采取排水法测量切除的肝脏体积。

1.2.4 观察指标 外科手术数据(实际手术方案与模拟手术符合率、肝脏及肿瘤体积、肝门阻断时间、住院时间)、实验室数据(术前及术后血清转氨酶水平,血清总胆红素水平,血清白蛋白水平)、早期术后并发症(依次为胆汁漏、出血、肝功能衰竭等)。

1.3 统计学处理

采用SPSS 17.0统计软件进行数据分析。临床观察指标采用中位数(四分位间距)[$M(QR)$]表示。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术情况

7例患者中1例患者术前行肝脏三维重建后发现肝脏肿瘤已侵犯门静脉,已无根治性手术切除指征,建议行TACE术;6例患者术前模拟手术方案与术中实际手术方案的吻合率为100%(6/6)。3D打印肝脏体积为($1\ 872.2\pm 753.7$)mL,肝脏肿瘤中位体积316.96(118.56, 495.73)mL。

2.2 术后情况

患者平均住院时间为(19.8 ± 5.6)d。全组患者无围手术期死亡。术后6例患者无明显胆汁漏、大量出血、肝功能衰竭等严重并发症,术后病理

切缘均未见肿瘤细胞(表1)。

表1 6例手术患者手术及术后相关指标

Table 1 The main variables of the 6 operated patients

指标	数据
手术方式(n)	
肝V、VIII段切除、肝右静脉取栓术	1
右半肝切除术、右尾状叶切除	1
右半肝切除术	2
肝脏肿瘤切除术	1
扩大左半肝切除术	1
肝门阻断时间(min, $\bar{x}\pm s$)	50.0 \pm 18.3
住院时间(d, $\bar{x}\pm s$)	19.8 \pm 5.6
ALT峰值(U/L, $\bar{x}\pm s$)	397.1 \pm 190.8
AST峰值(U/L, $\bar{x}\pm s$)	365.9 \pm 123.1
ALB峰值(g/L, $\bar{x}\pm s$)	24.5 \pm 6.9
总胆红素峰值($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x}\pm s$)	33.1 \pm 13.4

2.3 典型病例

患者女,63岁。主因“间断腹胀、气短1年余,加重2个月入院。HBsAg阴性。术前肝功能评分Child-Pugh A级,术前CT检查提示:肝右叶巨块型肝癌,大小约10.3 cm \times 8.8 cm;肝门区及腹主动脉旁可见散在淋巴结(图1A-D)。三维重建模型可自动测得肝脏体积1 406.03 mL,肿瘤体积440.42 mL(图1E-H)。术前模拟右半肝切除术,患者残余肝脏体积不足30%。完整打印3D物理后,可立体展示肝脏、肿瘤及肝内血管关系。仔细观察患者肝脏物理模型,肝脏VI、VII可由肝右静脉回流,且肿瘤未侵袭肝右静脉,故拟行肝脏V、VIII段切除(图1I-L),患者于2016年10月15日全麻下行肝脏V、VIII段切除、肝右静脉切开取栓术(图1M-P)。实际手术与模拟手术方式一致,手术时间为5 h,术中出血400 mL,肝门阻断4次,总时间为40 min。术后切除肝脏体积约600 mL。术后病理:(肝右叶)肝细胞性肝癌,癌灶最大直径约10 cm,病理切缘阴性。

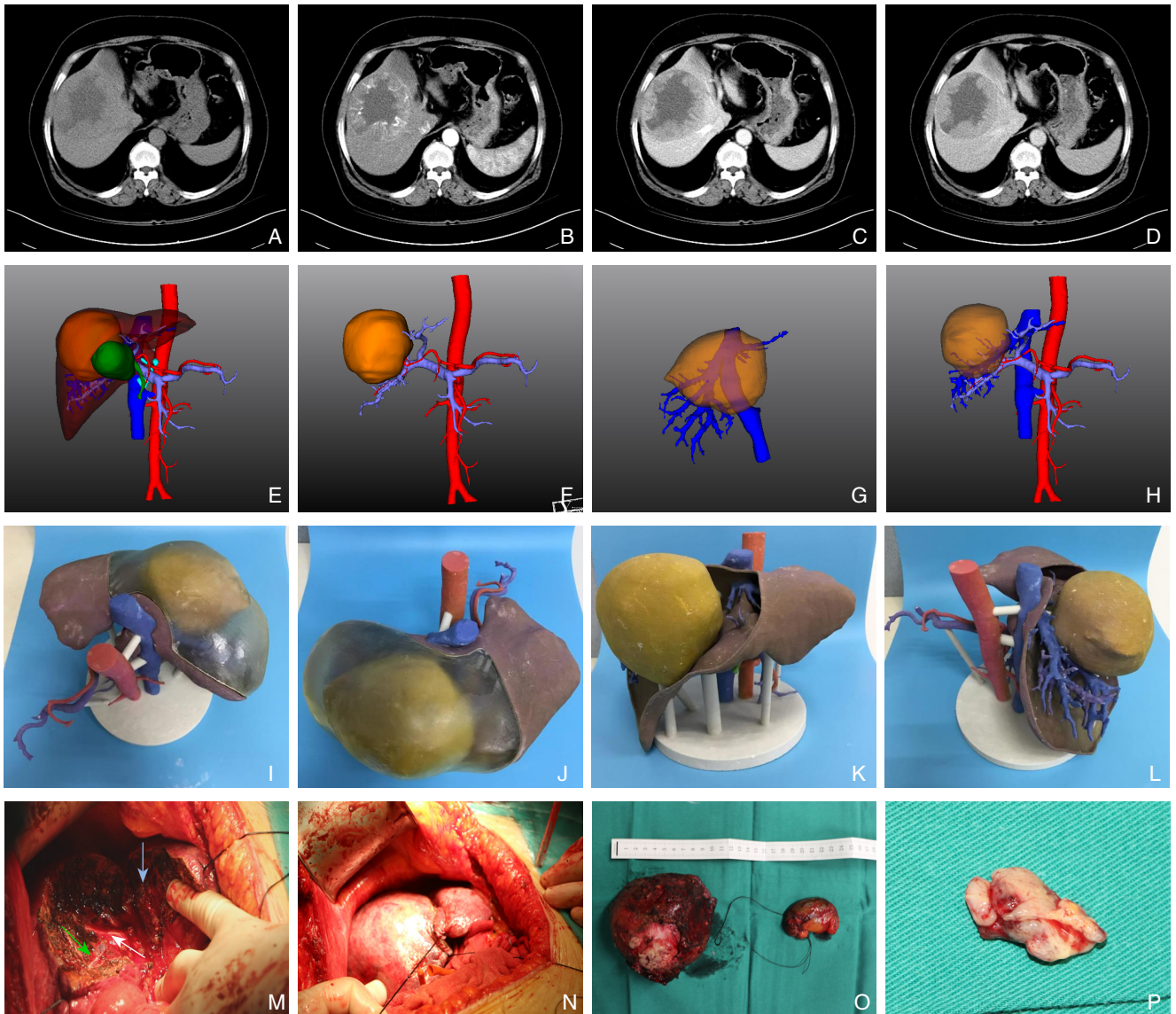


图 1 患者图片资料 A-D: CT 表现; E-H: 三维重建模型; I-L: 3D 打印肝脏模型; M: 绿色箭头示肝右静脉, 白色箭头示门静脉右支, 蓝色箭头示为肝中静脉; N: 肝脏切除 V 段、VIII 段后残余肝脏; O: 切除肝脏直径 10 cm; P: 肝右静脉内取出的癌栓

Figure 1 Image data of the patient A-D: CT images; E-H: Three-dimensional reconstruction; I-L: 3D printed model of the liver; M: Green arrow, white arrow and blue arrow showing the right hepatic vein, right portal vein and middle hepatic vein respectively; N: Liver remnant after V and VIII segmentectomy; O: The resected liver with 10 cm in diameter; P: Tumor embolus extracted from the right hepatic vein

3 讨论

肝脏外科的发展经历了楔形肝切除、规则性肝叶切除、不规则局部切除、解剖性肝段切除等发展阶段^[9-10], 随着计算机技术、三维影像学、数字化肝脏外科的不断探索与发展, 肝脏外科进入了精准肝切除的新时代。精准肝切除的理念和技术适用于所有适合肝切除治疗的良恶性肝脏疾病, 并贯穿术前评估、手术规划、手术操作和术

后管理等外科治疗全过程^[11-12]。医学 3D 打印技术的临床开展, 使得精准肝切除理念在肝脏切除手术中获得更好的诠释和应用。

目前肝脏切除术仍是治疗肝脏肿瘤最为重要的治疗方式^[3], 肝脏是由肝实质和一系列管道结构组成, 血液供应非常丰富, 由于肝脏解剖以及肝内 Glisson 系统和肝静脉系统错综复杂^[13-15], 盲目进行肝脏切除易导致术后肝脏出血、缺血、胆汁漏以及小肝综合征, 严重时可导致患者死亡^[11, 16]。因

此,精细的术前评估和合理的手术规划仍是提高手术安全性、减少手术并发症、降低围手术期病死率的重要保证^[17]。既往肝脏切除术前评估是基于外科医师临床经验,将连续的CT、MRI等二维平面图像在脑中进行三维重建,形成立体图像,从而判断具体的肝内病变部位,了解肿瘤与脉管系统的毗邻关系,粗略估算残余肝脏比例,然而对于年轻医师及医学生而言,由于缺乏熟练的二维图像阅片基础,实际外科手术操作经验不足,肝脏解剖学认识欠缺等,无法有效的判断出肝脏复杂的血管的空间走形和功能结构^[5, 18]。术中超声在可进行肝脏切除实时导航,但容易遗漏小病灶,Igami等^[19]报道肝脏3D技术对于术中超声不可见的小肿瘤方面也积累了初步经验。

为了更好地进行肝脏切除术的精细术前评估和手术操作,解决既往二维图像术前评估的局限性等问题^[20-21],我院与深圳旭东公司合作,将薄层CT二维图像的DICOM文件进行处理和分割,利用MI-3DVS进行三维重建,将三维图像采用软件建模后,导入到3D打印机,获得透明肝脏3D物理模型。本研究显示,外科医师可通过该模型可以全方位、多角度、多感官了解肝脏、脉管解剖结构及肿瘤位置,准确有效地掌握肿瘤与肝内脉管系统的毗邻关系,从而提高术者及助手对肿瘤可切除性评估和切除范围的把握,满足了精准肝切除的精准术前评估及手术规划的基本要求。本研究中6例手术患者外科手术难度均较大,术者充分利用肝脏模型指导手术操作,有效提高了安全性。打印出器官或组织的3D模型不仅能应用于临床手术操作,而且对医学教育、科学研究、病例分析都起到积极的指导作用。3D模型可以帮助医学生及年轻住院医师轻松掌握肝脏解剖结构,利用肝脏物理模型进行术前病例讨论及分析,也可使学术交流更加方便,另外利用3D物理模型与患者家属进行医患沟通时,亦具有简单明了的效果,对于改善医患之间信息不对称、加强医患交流、减少医患矛盾也具有一定的意义。

3D物理模型是基于患者本人CT扫描数据整体复制,它不仅可以在精准的显示患者的肝脏动脉、门静脉、肝静脉及腔静脉的空间走形及个体化变异^[22-23],还能进行根据肝内门静脉及肝静脉分布准确的个体化分段,明确肿瘤所在的肝段。通过计算肝脏体积、肿瘤体积、模拟切除肝脏体积和残余肝脏体积,进行精准的术前评估,模拟外科

手术操作,进而预判手术操作难度及危险性,增强手术的安全性,减少手术时间,避免术后并发症,缩短住院时间^[24]。本研究3D物理模型精准打印出患者肝脏、肿瘤及脉管结构,模型的体积与形态和患者肝脏高度一致,肝内及肝周结构清晰明了,实际手术过程与术前手术规划完全符合(6/6),7例患者肝静脉为3种类性,其中3例患者肝左静脉、肝右静脉、肝中静脉分别单独汇入下腔静脉,另4例患者存在肝静脉的变异,其中1例为肝中静脉与肝左静脉汇成1支短干汇入下腔静脉,其中2例为肝中静脉与肝右静脉汇合成1支短干共同汇入下腔静脉,1例患者存在1支肝右静脉,1支肝右副静脉。7例患者中肝脏动脉、门静脉未发现血管变异。患者平均住院时间为(19.8±5.6)d,全组患者无围手术期死亡,术后6例患者无明显胆汁漏、大量出血、肝功能衰竭等严重并发症,术后病理切缘均未见肿瘤细胞。然而,作为一种全新的数字化肝脏外科学技术,3D打印技术也存在一定不足,3D模型的质量取决于CT扫描的2D图像质量,CT图像的厚度、血管显影质量、行CT检查时患者呼吸情况等均对3D打印物理模型有一定影响,计算机处理过程也存在部分数据的偏移,同时,3D打印技术的耗时较长、费用较高,这也导致该技术不能常规应用于肝脏外科手术,本研究中,打印一个同实际大小一样的肝脏模型需耗70h,根据不同材料花费不同,一般树脂透明材料要比石膏材料价格高,所以对于复杂性肝脏肿瘤或者存在血管变异的患者应用价值更大。基于上述限制,3D打印技术目前仍处于临床实验阶段,但其作为一门新型的多学科交叉的边缘性学科,有着直观、可靠、精准等优势,在肝脏外科领域具有广泛的应用前景。

综上所述,三维可视化技术、3D打印技术能对肝脏肿瘤进行精准的术前评估,术前手术规划使肝切除更加精准、安全、有效,在精准肝脏外科手术的实施中提供了一定的指导意义,在临床上有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 董家鸿,杨世忠.精准肝切除的技术特征与临床应用[J].中国实用外科杂志,2010,30(8):638-640.
Dong JH, Yang SZ. Technical characteristics and clinical application of precision liver resection[J]. Chinese Journal of Practical Surgery,

- 2010, 30(8):638-640.
- [2] 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]. Chinese Journal of Surgery, 2009, 47(21):1601-1605. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2009.21.001.
- [3] 荚卫东. 精准肝切除治疗肝细胞癌关键技术[J]. 中国普通外科杂志, 2014, 23(1):1-5. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2014.01.001.
- Jia WD. Key techniques in precise hepatectomy for hepatocellular carcinoma[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2014, 23(1):1-5. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2014.01.001.
- [4] Okumura K, Sugimachi K, Kinjo N, et al. Risk factors of bileleakage after hepatectomy for hepatocellular carcinoma[J]. Hepatogastroenterology, 2013, 60(127):1717-1719.
- [5] Watson RA. A low-cost surgical application of additive fabrication[J]. J Surg Educ, 2014, 71(1):14-17. doi: 10.1016/j.jsurg.2013.10.012.
- [6] 陈康, 熊力, 郑砚文. 3D打印技术在肝脏外科应用现状及展望[J]. 中国普通外科杂志, 2017, 26(1):90-95. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.01.015.
- Chen K, Xiong L, Zheng YW. 3D printing technology in hepatic surgery: current status and perspectives[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2017, 26(1):90-95. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.01.015.
- [7] 张新俊, 莫一我, 王彦坤, 等. 三维手术模拟系统在复杂性肝脏肿瘤精准肝切除中的应用[J]. 中国现代医学杂志, 2016, 26(4):48-53. doi:10.3969/j.issn.1005-8982.2016.04.010.
- Zhang XJ, Mi YW, Wang YK, et al. Application of 3D surgery simulation system in precise hepatectomy for patients with complicated liver tumor[J]. China Journal of Modern Medicine, 2016, 26(4):48-53. doi:10.3969/j.issn.1005-8982.2016.04.010.
- [8] 董家鸿, 杨世忠, 段伟东, 等. 精准肝脏外科技术在复杂肝脏占位性病变切除中的应用[J]. 中华外科杂志, 2009, 47(21):1610-1615. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2009.21.003.
- Dong JH, Yang SZ, Duan WD, et al. Clinical application of precise liver resection techniques in patients with complicated liver space-occupying lesions[J]. Chinese Journal of Surgery, 2009, 47(21):1610-1615. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2009.21.003.
- [9] 李勋, 汤地, 彭宝岗, 等. 精准肝切除在巨大肝细胞癌中的应用价值[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2015, 4(1):17-20. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.01.005.
- Li X, Tang D, Peng BG, et al. Application value of precise hepatectomy in huge hepatocellular carcinoma[J]. Chinese Journal of Hepatic Surgery, 2015, 4(1):17-20. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.01.005.
- [10] Wei XB, Xu J, LiN, et al. The role of three-dimensional imaging in optimizing diagnosis, classification and surgical treatment of hepatocellular carcinoma with portal vein tumor thrombus[J]. HPB (Oxford), 2016, 18(3):287-295. doi: 10.1016/j.hpb.2015.10.007.
- [11] Du ZG, Li B, Wei YG, et al. A new scoring system for assessment of liver function after successful hepatectomy in patients with hepatocellular carcinoma[J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2011, 10(3):265-269.
- [12] 王新青, 卜阳, 于松宁, 等. 精准肝切除治疗原发性肝癌近期疗效的Meta分析[J]. 中国普通外科杂志, 2016, 25(1):57-67. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.01.010.
- Wang XQ, Bo Y, Yu SN, et al. Short-term efficacy of precise hepatectomy for primary liver cancer: a Meta-analysis[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2016, 25(1):57-67. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.01.010.
- [13] Jemal A, Bray F, Center MM, et al. Global cancer statistics[J]. CA Cancer J Clin, 2011, 61(2): 69-90. doi: 10.3322/caac.20107.
- [14] Rahbari NN, Mehrabi A, Mollberg NM, et al. Hepatocellular carcinoma: current management and perspectives for the future[J]. Ann Surg, 2011, 253(3):453-469. doi: 10.1097/SLA.0b013e31820d944f.
- [15] 陈孝平. 外科学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2013:432-435.
- Chen XP. Surgery[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013:432-435.
- [16] 苏琳, 董蓓, 张虹, 等. 3D可视化技术在婴幼儿复杂肝肿瘤精准肝切除中的应用[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2015, 4(5):274-278. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.05.005.
- Su L, Dong Q, Zhang H, et al. Application of 3D visualization technology in precise hepatectomy for complex liver tumors in infants[J]. Chinese Journal of Hepatic Surgery, 2015, 4(5):274-278. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.05.005.
- [17] 苏昭杰, 李文岗, 黄军利, 等. 三维可视化技术在巨大肝癌术前精准评估中的应用[J]. 中华普通外科学文献: 电子版, 2016, 10(3):188-191. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-0793.2016.03.006.
- Su ZJ, Li WG, Huang JL. Et al. Application of three-dimensional visualization technology in preoperative precise assessment for huge hepatic carcinoma[J]. Chinese Archives of General Surgery: Electronic Edition, 2016, 10(3):188-191. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-0793.2016.03.006.
- [18] Esses SJ, Berman P, Bloom AI, et al. Clinical applications of physical 3D models derived from MDCT data and created by rapid prototyping[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 196(6):W683-688. doi: 10.2214/AJR.10.5681.
- [19] Igami T, Nakamura Y, Hirose T, et al. Application of a three-

- dimensional print of a liver in hepatectomy for small tumors invisible by intraoperative ultrasonography: preliminary experience[J]. *World J Surg*, 2014, 38(12):3163–3166. doi: 10.1007/s00268-014-2740-7.
- [20] Ventola CL. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses[J]. *P T*, 2014, 39(10):704–711.
- [21] 祝文, 方驰华, 范应方, 等. 原发性肝癌三维可视化诊治平台的构建及临床应用[J]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2015, 4(5):268–273. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.05.004.
- Zhu W, Fang CH, Fan YF, et al. Construction and clinical application of three-dimensional visualization platform in diagnosis and treatment of primary liver cancer[J]. *Chinese Journal of Hepatic Surgery*, 2015, 4(5):268–273. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2015.05.004.
- [22] 范应方, 项楠, 蔡伟, 等. 三维可视化技术在精准肝切除术前规划中的应用[J]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2014, 3(5):271–275. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2014.05.003.
- Fan YF, Xiang N, Cai W, et al. Three-dimensional visualization technology in preoperative planning of precise hepatectomy[J]. *Chinese Journal of Hepatic Surgery*, 2014, 3(5):271–275. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2014.05.003.
- [23] 朱云峰, 李建生, 马金良, 等. 三维重建技术在肝门部胆管癌术前评估中的价值[J]. *中国普通外科杂志*, 2016, 25(2):175–180. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.02.003.
- Zhu YF, Li JS, Ma JL, et al. Value of three-dimensional reconstruction in preoperative assessment of hilar cholangiocarcinoma[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2016, 25(2):175–180. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.02.003.
- [24] Xiang N, Fang C, Fan Y, et al. Application of liver three-dimensional printing in hepatectomy for complex massive hepatocarcinoma with rare variations of portal vein: preliminary experience[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(10):18873–18878.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 张朋飞, 于松宁, 雷鹏, 等. 3D打印技术在精准肝切除术前评估的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2017, 26(7):831–837. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.07.004

Cite this article as: Zhang PF, Yu SN, Lei P, et al. Application of 3D printing technology in preoperative assessment of precise hepatectomy[J]. *Chin J Gen Surg*, 2017, 26(7):831–837. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.07.004

本刊 2018 年各期重点内容安排

本刊 2018 年各期重点内容安排如下, 欢迎赐稿。

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 第 1 期 肝脏肿瘤的临床与基础研究 | 第 7 期 肝脏外科手术技术及方法 |
| 第 2 期 胆道疾病的外科诊治 | 第 8 期 胆道肿瘤的临床与基础 |
| 第 3 期 胰腺疾病的外科治疗 | 第 9 期 胰腺肿瘤的临床与基础 |
| 第 4 期 胃肠肿瘤及腹部外科 | 第 10 期 胃肠道肿瘤的临床与基础 |
| 第 5 期 乳腺、甲状腺肿瘤的外科治疗 | 第 11 期 乳腺、甲状腺疾病的临床与基础 |
| 第 6 期 血管疾病的外科与介入治疗 | 第 12 期 血管外科疾病及其他 |

中国普通外科杂志编辑部