

# 三维可视化影像技术在肝肿瘤应用的研究进展

刘晓旌<sup>1</sup> 阳丹才让<sup>2\*</sup>

1 青海大学研究生院 2 青海大学附属医院肝胆胰外科

DOI:10.12238/bmtr.v6i5.10096

**[摘要]** 医学三维可视化影像技术是指通过以计算机断层扫描CT等获得的二维影像资料为基础,再经过计算机特定的技术处理,最终得到肝脏三维立体模型的影像重建技术。近年来,医学三维可视化影像技术已经广泛应用于临床,特别是在肝脏疾病的诊断和治疗过程中发挥着重要作用,三维可视化影像技术可清晰显示肝内各级门静脉、肝动脉、肝静脉及胆管走行及变异情况;还可显示肿瘤大小、空间位置及与肝脏内脉管系统复杂的毗邻关系。通过肝脏三维立体模型评估肝脏内解剖变异、明确肿瘤的侵犯范围、模拟手术入路、预测术后剩余肝体积等,设计合理的治疗方案,达到缩短手术时间、减少术中出血量、减少术后并发症的发生和增加手术安全性,最终提高患者生存率。

**[关键词]** 三维可视化; 肝肿瘤; 外科治疗

**中图分类号:** R575.2 **文献标识码:** A

## Advances in Three-dimensional Visualisation Imaging Techniques for Liver Tumour Applications

Xiaojing Liu<sup>1</sup> Cairang Yangdan<sup>2\*</sup>

1. Graduate School of Qinghai University

2. Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, The Affiliated Hospital of Qinghai University

**[Abstract]** Medical three-dimensional visualization imaging technology refers to the reconstruction technology of three-dimensional liver model based on two-dimensional image data obtained by computed tomography and CT, and then processed by computer specific technology. In recent years, medical 3D visualization imaging technology has been widely used in clinical practice, especially in the diagnosis and treatment of liver diseases. 3D visualization imaging technology can clearly display the progression and variation of portal vein, hepatic artery, hepatic vein and bile duct at all levels of the liver. The tumor size, spatial location and complex proximity to the vascular system in the liver can also be shown. The three-dimensional three-dimensional model of the liver was used to evaluate the anatomic variation in the liver, determine the invasion scope of the tumor, simulate the surgical approach, predict the postoperative residual liver volume, etc., and design a reasonable treatment plan to shorten the operation time, reduce the amount of intraoperative blood loss, reduce the occurrence of postoperative complications, increase the surgical safety, and ultimately improve the survival rate of patients.

**[Key words]** Three-dimensional visualization; Liver tumor; Surgical treatment

最新研究数据表明,原发性肝癌(primary carcinoma of liver, PHC)的发病率和死亡率均位于全球恶性肿瘤疾病的前列<sup>[1]</sup>,在我国位列第4位和第2位<sup>[2]</sup>。肝脏也是最常见恶性肿瘤转移脏器之一,尤其是来自消化道器官的原发肿瘤经门静脉系统进行肝内转移,例如直肠癌、结肠癌、胃癌等<sup>[3]</sup>。约50%以上的原发性结直肠癌恶性肿瘤患者都会转移至肝脏形成肝转移恶性肿瘤,且肝内转移瘤的数量是肿瘤复发的独立预测因素<sup>[4]</sup>。由于肝脏独特的解剖结构,肝脏解剖复杂且变异较为多见。肝切除

术后常见并发症有胆道出血、凝血功能障碍、胆汁漏、胸腔积液、肺部感染、肝衰竭<sup>[5]</sup>等。术前评估不充分,既影响手术的决策更影响手术治疗效果,最终将影响患者术后康复。三维可视化影像技术是应用特定计算机技术对肝脏CT扫描所得图像进行分析和立体重建,它能清晰地还原肝脏及肝脏内脉管系统立体特征,从而为临床诊断及治疗提供可视、客观、准确的指导<sup>[6]</sup>。现就三维可视化影像技术在肝脏外科的最新应用进展做一总结。

### 1 三维可视化影像技术概述

三维可视化影像技术指通过在特定计算机软件分析和处理传统二维CT或MRI扫描所得的脏器图像,再进行定量及定性研究,通过分析二维数据,然后对分析所得的数据进行空间上的汇总,最终得到三维图像和立体模型。与二维平面图像对比,三维立体模型能更直观、更精确地了解器官内部结构和病变部位,更能详细观察各解剖结构的相对位置及毗邻关系<sup>[7]</sup>,为外科医师进行术前手术规划提供更有价值的信息。

### 2 三维可视化影像技术在肝肿瘤MWA手术中的应用

目前,外科根治性手术切除仍然是肝恶性肿瘤的主要治疗手段。然而存在很多因素,如由于肝硬化导致肝功能严重不良、肝内多灶性肿瘤且不局限在同一肝段、肝外转移等原因,限制了手术的适应证,仅有不足30%的患者能够进行手术切除<sup>[8]</sup>,在这种情况下,局部热消融治疗手段为控制肿瘤进展提供了一种新的治疗选择。

微波消融技术(Microwave ablation, MWA)是指利用微波发生器产生高频电磁场,通过微波天线将微波电能传输至治疗器械的末端,从而使器械末端所在组织一定范围内的极性分子发生相互摩擦产生热量,引起消融局部组织温度在较短时间内达到50°C~100°C左右,所产生的热量导致肿瘤组织的蛋白质发生不可逆凝固性坏死,最终达到杀灭肿瘤细胞和治疗疾病的目的<sup>[9-10]</sup>。与传统的射频消融相比<sup>[11]</sup>,微波消融有加热速度快、热稳定性好、热效率高等特点。由于微波消融的协同效应,术中多次调节进针次数、消融功率和时间等参数,可以形成更大范围消融面积,这种消融方式可适用较大病灶的治疗以及不可手术切除的姑息性治疗<sup>[12]</sup>。近年来以微波消融为代表的局部热消融技术发展迅速,因其侵袭性小、短期内疗效较好、能很大程度保护正常肝脏功能、可短期内多次重复性治疗等优点成为外科手术切除和肝脏移植之后的另一种新型肝癌治疗的方法<sup>[13-14]</sup>。近年来,微波消融用于治疗原发和继发性肝癌已经被美国国立综合癌症网络指南(National Comprehensive Cancer Network, NCCN)、巴塞罗那临床肝癌指南(Barcelona Clinic Liver Cancer)、中国肝癌诊疗指南等多个指南推荐为早期肝癌的常规治疗方法<sup>[14-17]</sup>。对于直径小于3 cm的肝恶性肿瘤,经微波消融治疗后可以达到与手术切除相媲美的治疗效果,并且还有创伤小、术后并发症发生率低、恢复快等优点<sup>[18-19]</sup>。尤其是单发且肿瘤小于2.5cm时,术后复发率低,可作为首选治疗方法<sup>[20]</sup>;对于较大直径3~5cm的肿瘤,微波消融治疗也具有较好的控制肿瘤进展的目的<sup>[18]</sup>,对直径小于5cm的肝肿瘤可以达到71%~95%的完全消融率<sup>[21]</sup>。此外,微波消融也适用于经手术治疗后尤其是≤3个且在3cm以内的复发性肝癌病灶<sup>[19]</sup>。超声引导的肝癌经皮微波消融治疗<sup>[18]</sup>具有操作简单、创伤小等优势,此种引导方式多被应用于肝癌的治疗。

肝癌经皮热消融治疗前要进行术前合理规划、术中精确定位、术后实时评估是微波消融治疗过程中的重要步骤。术前合理的规划是保证热消融疗效、预防并发症的前提,对于提高肝癌

热消融治疗的精准性及疗效具有决定性作用<sup>[22]</sup>。目前临床上肝癌热消融治疗主要依据超声、CT、MRI等二维影像资料进行手术前的规划,这种规划手术方案的制定具有很大的不确定性,绝大多数肿瘤外形是不规则的,更容易导致肿瘤边缘消融不完全或损伤周围重要血管结构,从而影响消融的疗效<sup>[23]</sup>。部分通过微波消融治疗后的肝恶性肿瘤患者在远期随访中出现了肿瘤的局部进展(local tumor progress, LTP)<sup>[24]</sup>。较多的研究结果提示,肝恶性肿瘤微波消融术后出现LTP包括肿瘤大小结构不规则、肿瘤与正常组织边界显示不清、治疗后空间结构未能达到安全的消融边界(safety ablation margin, SAM)等影响因素,其中术后远期发生LTP最重要的影响因素是未能达到安全的消融边界<sup>[25]</sup>。SAM是指肝恶性肿瘤>5mm的肝组织范围,理想情况下在进行微波消融治疗时应将该范围内组织完全灭活<sup>[26]</sup>。为了提高肝恶性肿瘤消融术后评估疗效的准确性,许多医疗研究机构在二维影像融合等方面进行了大量分析,主要通过CT、MRI或CEUS等两种及以上影像融合图像数据对比来判断消融范围是否完全,这种评估方式对消融术后治疗效果的准确性有了一定程度的提高<sup>[27]</sup>。

随着肝癌热消融治疗的逐步推广,怎样实现术前多角度全方位观察肿瘤空间结构及和周围重要组织的毗邻关系,帮助治疗医师更好选择安全的进针路线及科学的治疗方案,提高肿瘤消融的安全性和准确性,最终降低消融治疗的复杂性仍是急需解决的难题之一<sup>[28]</sup>。

随着医学影像技术的发展,在进行微波消融治疗术前,将患者的二维图像数据导入能制作三维可视化图像的计算机软件,通过分析、融合、计算等处理,实现对肝脏内部脉管系统及肿瘤组织的分割,在计算机模板上创建不同的模块,如正常肝、门静脉、肝内病灶等模块,对肝内外胆管系统及动静脉系统重建,通过对生成所需的三维图像进行旋转、缩放、隐藏、断面显示等操作,有利于从多角度进行观察,以便临床医师更为直观获得肿瘤与肝脏内部关系的相关数据信息<sup>[29]</sup>,在模型上模拟进针路径,选择合适的穿刺路径,术中需要消融的针数、消融时间,计算肿瘤体积、残肝体积,使热场范围能够完全覆盖肿瘤和形成足够的安全边界<sup>[30]</sup>,这样就可以保证消融范围完全覆盖肿瘤及边缘组织,进而保证在尽量不损害进针路线上肝组织和肿瘤完整性的情况下,避免了癌周微浸润灶的残留和肿瘤的转移<sup>[31]</sup>,术后也可以根据三维定量来评价消融疗效,根据术后二维影像结果导入系统,由系统分析消融病灶范围,可明确肿瘤及消融区域的范围,明确肿瘤边缘有无残余<sup>[32]</sup>。通常将安全边界设定为至少5mm<sup>[33]</sup>,结合多针叠加热场完全覆盖肿瘤及形成安全边界,消融热场叠加原则是效能应用最大化,用较少的进针次数和消融时间实现肿瘤的完全消融<sup>[18]</sup>,从而达到在个体化三维模型上进行手术规划和术后评估消融疗效的目的。

经皮肝肿瘤热消融治疗需要实时影像学引导,由于B超比CT、MRI相比具有操作简单、可随时动态观察及无辐射等优势,经B超引导肝肿瘤微波消融是目前最常用的引导方式<sup>[18]</sup>。

### 3 三维可视化影像技术在解剖性肝切除中的应用

Glisson最早在1642年就提出了肝脏分段的概念<sup>[34]</sup>。Bismuth等<sup>[35]</sup>提出肝段切除术并成功实施了解剖性肝段切除术。近年来,随着各种影像技术和三维可视化技术的不断发展,其临床应用越来越广泛。解剖性肝切除术治疗原发性肝癌在于肝细胞癌主要沿着门静脉及其分支进行播散的特性<sup>[35]</sup>,其通过侵犯癌旁门静脉形成肝内门静脉癌栓和卫星转移灶,进一步形成肝内播散和转移。而解剖性肝切除是以肿瘤主病灶为中心,完整的切除肿瘤组织及其肝段潜在的癌栓和转移灶,既保证手术完整切除肿瘤,又可以尽可能多地保留剩余肝组织<sup>[36-37]</sup>,减少术后肝脏功能衰竭的发生。解剖性肝切除病灶所在的肝段组织,完整保留剩余肝脏的血供,避免了无血供肝组织的残留,因此更符合肝脏的解剖和生理基础<sup>[38]</sup>。

肝脏肿瘤的外科治疗首先要精准定位病灶位置及大小,以及对患者自身肝内脉管系统的详细了解,三维可视化技术术前模拟切除的肝脏体积以及残肝体积,并能规划保证切缘的阴性,从而避免切除过多的正常肝组织。三维可视化技术是根据二维图像经过计算机特殊处理后生成的三维立体图像,可完整呈现肝脏整体外形及分段、显示肿瘤的位置与大小及肿瘤与肝内外脉管系统的空间位置关系,通过术前模拟,找到最佳手术入路指导手术<sup>[39]</sup>。很多学者对于原发性肝细胞癌患者行解剖性肝切除是否优于非解剖性肝切除术仍有争议,存在这种争议的主要原因是由于肝脏分段法与实际肝脏脉管解剖学上解剖变异有关,导致术中未能完全根除肿瘤所在肝段门静脉流域的肝组织。评价肝癌的手术治疗效果,包括很多因素,例如肝细胞癌肝内播散的机制,肿瘤血流引流理论,肝细胞癌的复发模式,肝内局部浸润转移,全身转移<sup>[40]</sup>。但仍有大量研究证明<sup>[41]</sup>,解剖性肝切除相比于非解剖性肝切除术还是可以明显降低肝癌患者经门静脉在肝内转移的风险<sup>[42]</sup>,从而减少术后肝内残留和复发。少数学者也从基因学角度印证了解剖性肝切除可明显减少肝癌术后肝内的复发<sup>[43]</sup>。

### 4 三维可视化影像技术在肝恶性肿瘤腹腔镜手术中的应用

由于腹腔镜下手术具有创伤小、术后恢复快等优势,因此在肝脏外科中广泛应用于原发性肝癌的治疗中。近些年来,腹腔镜下手术已经在许多外科领域中得到了广泛应用。随着微创手术治疗理念以及医疗技术的发展,共同推动着新型腹腔镜的普及<sup>[44]</sup>,进一步使得腹腔镜在临床的使用也越来越广泛,首先考虑使用微创手术进行治疗<sup>[45]</sup>。

三维可视化影像技术在腹腔镜肝切除中可以进行术前规划,腹腔镜下解剖性肝切除术治疗肝脏肿瘤逐渐形成标准术式<sup>[46]</sup>。腹腔镜下解剖性肝切除术具有创伤小、恢复快、并发症发生率低等优势<sup>[47]</sup>,逐渐成为肝脏微创手术的代表。肝脏恶性肿瘤的外科手术治疗目的是彻底切除癌病灶、最大程度地保留剩余肝脏功能体积,延长患者生存时间。

### 5 三维可视化影像技术在肝移植手术中的应用

各种原因导致的终末期肝病患者能够达到治愈疾病的唯一治疗手段就是肝移植手术<sup>[48]</sup>。随着医学的不断发展,异体肝移植手术已经成为了现实,这种手术区别于传统的外科切除可以实现真正的R0切除,能够完全去除肝内所有潜在的原发及转移病灶<sup>[49]</sup>。在肝移植术前,了解肝脏内部解剖结构至关重要,直接关系到移植手术的成败。通过生成肝脏三维立体图像,使手术医师在术前可以多方位多角度地熟悉肝脏脉管解剖等情况。肝门部和肝脏内部脉管系统复杂且变异较多,所以必须在术前就要制定精确的手术方案<sup>[50]</sup>。术前生成的三维立体肝脏可以更加清晰显示肝动静脉及门脉系统等重要结构,还可以通过肝Couinad分段,观察肝脏各段脉管结构的解剖关系<sup>[51]</sup>。肝移植术前通过三维可视化影像进行规划,可以从三维空间多个角度更准确地观察和熟悉肝脏及周围重要结构,进而帮助主刀医生制定手术方案和指导手术。在接受活体供肝移植中,使用三维可视化成像数据对肝脏模型进行三维重建,有助于预测供肝切除后移植物的实际体积,可以预防大尺寸综合征,提高肝移植安全性。

### 6 总结

三维可视化影像技术的应用是医学影像学 and 计算机两个学科的结合,结合成果成功应用于医学外科领域,表现出这项技术广阔的发展前景。其已经成为当代医学诊断和制定治疗方案的重要辅助工具。由于目前的计算机三维重建软件对于二维影像脏器内部血管显影的效果及拍照时像把控要求严格,此外,现在常用的计算机三维重建系统大多为国外团队研发,并且三维重建软件系统价格较高,因此,以上种种原因导致了这项技术普及于临床工作较为困难。但是这项技术所显示出来的优势已经逐渐认可,相信今后三维可视化重建技术可以冲破重重阻力,普及于科研及临床,为外科手术保驾护航。

### 【参考文献】

- [1]Sung H,Ferlay J,Siegel R L,etal.Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA: a cancer journal for clinicians,2021,71(3):209-249.
- [2]Cao W, Chen H D, Yu Y W, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020[J]. Chinese medical journal, 2021,134(07):783-791.
- [3]Hernandez-Alejandro R, Ruffolo L I,Sasaki K,etal.Recipient and donor outcomes after living-donor liver transplant for unresectable colorectal liver metastases[J]. JAMA surgery, 2022,157(6):524-530.
- [4]Filippiadis D K, Velonakis G, Kelekis A, et al. The role of percutaneous ablation in the management of colorectal cancer liver metastatic disease[J].Diagnostics,2021,11(2):308.
- [5]Zhao Z, Li K, Ma Q, et al. Observation on the Curative Effect of Microsurgery in 154 Children with Strabismus and

Analysis of Its Influencing Factors[J].Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine,2021,2021.

[6]Rumgay H, Ferlay J, de Martel C, et al. Global, regional and national burden of primary liver cancer by subtype[J]. European Journal of Cancer,2022,161:108–118.

[7]Sheng W, Yuan C, Wu L, et al. Clinical application of a three-dimensional reconstruction technique for complex liver cancer resection[J].Surgical endoscopy,2021:1–8.

[8]Maki H, Hasegawa K. Advances in the surgical treatment of liver cancer[J]. BioScience Trends,2022,16(3):178–188.

[9]Filippiadis D K, Velonakis G, Kelekis A, et al. The role of percutaneous ablation in the management of colorectal cancer liver metastatic disease[J].Diagnostics,2021,11(2):308.

[10]Deng M,Li S H,Guo R P.Recent advances in local thermal ablation therapy for hepatocellular carcinoma[J].The American Surgeon™,2023,89(5):1966–1973.

[11]Li Z,Wang C,Si G,etal.Image-guided microwave ablation of hepatocellular carcinoma ( $\leq 5.0$  cm): is MR guidance more effective than CT guidance?[J].BMC cancer,2021,21(1):1–9.

[12]CazzatoRL,DeMariniP,LeclercL,etal.Large nearly spherical ablation zones are achieved with simultaneous multi-antenna microwave ablation applied to treat liver tumours [J].EuropeanRadiology,2020,30:971–975.

[13]Sadigh G, Abi-Jaoudeh N. Surgery Versus Ablation for Small Hepatocellular Carcinoma Treatment and Role of Personalized Medicine[J].Journal of the American College of Radiology, 2022,19(11):1224–1225.

[14]储心昀,王峻峰,杨超,等.腹腔镜超声引导下微波消融在肝脏肿瘤治疗中的应用进展[J].中国现代普通外科进展,2023,26(06):456–459.

[15]WangYM,QianGJ,XuY,etal.Efficacyofmicrowave ablation in treatment of hepatocellular carcinoma within the Milan criteria:a report of 696 cases[J].Chinese Journal of Hepatology,2017,25(5):344–348.

[16]王俊东,魏达友,吴绍锋,等.超声新技术辅助特殊部位小肝癌微波消融与手术切除的疗效对比研究[J].中国超声医学杂志,2019,35(06):506–510.

[17]LamS, Cheng K C.Long-term survival outcome of laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. World Journal of Gastrointestinal Surgery,2021,13(10):1110.

[18]袁迎春,袁晓春,王琦,等.三维可视化术前规划系统辅助超声引导微波消融联合肝动脉化疗栓塞治疗大肝癌效果的初步研究[J].中华医学超声杂志(电子版),2020,17(04):315–319.

[19]Ryu T, Takami Y, Wada Y, et al. Efficacy of surgical microwave ablation for recurrent hepatocellular carcinoma after curative hepatectomy[J].HPB, 2020,22(3):461–469.

[20]Glassberg M B, Ghosh S, Clymer J W, et al. Microwave ablation compared with radiofrequency ablation for treatment of hepatocellular carcinoma and liver metastases: a systematic review and meta-analysis[J]. OncoTargets and therapy, 2019,12:6407.

[21]Song I,Rhim H,Lim H K,etal.Percutaneous radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma abutting the diaphragm and gastrointestinal tracts with the use of artificial ascites: safety and technical efficacy in 143 patients[J]. European radiology,2009,19:2630–2640.

[22]Rai P, Ansari M Y, Warfa M, et al. Efficacy of fusion imaging for immediate post - ablation assessment of malignant liver neoplasms:A systematic review[J].Cancer Medicine,2023.

[23]申文凤,冯志强,张洪义,等.超声联合三维影像技术在微波消融治疗大肝癌中的应用[J]中华肝胆外科杂志,2016,22(8):509–512.

[24]Dou J P,Yu J,Yang X H,etal.Outcomes of microwave ablation for hepatocellular carcinoma adjacent to large vessels: a propensity score analysis. Oncotarget 8 (17): 28758–28768[J]. 2017.

[25]Wang J,Wu S,Wu Z,etal.Influences of blood flow parameters on temperature distribution during liver tumor microwave ablation[J].Frontiers in Bioscience-Landmark,2021,26(9):504–516.

[26]An C, Li X, Liang P, et al. A tumor map generated from three-dimensional visualization of image fusion for the assessment of microwave ablation of hepatocellular carcinoma: a preliminary study[J]. Cancer Management and Research, 2019: 1569–1578.

[27]龙颖琳,许尔蛟,郑荣琴.融合成像技术在肝癌消融中的应用进展[J].中华医学超声杂志(电子版),2017,14(01):19–22.

[28]Chevallier O, Zhao K, Marinelli B, et al. Image-guided percutaneous locoregional therapies for hepatocellular carcinoma[J].Chinese Clinical Oncology,2023:cco–22.

[29]赵勤显,于杰,董立男,等.三维可视化辅助经皮微波消融治疗复发性肝癌价值分析[J].中国实用外科杂志,2019,39(10):1068–1070+1076.

[30]Ran B, Chang Y L, Qi J, et al. The clinical effects of ultrasound-guided microwave ablation in the treatment of primary hepatic carcinoma: Protocol for a retrospective clinical observation[J]. Medicine,2021,100(48).

[31]Petrusca L,Cattin P,De Luca V,etal.Hybrid ultrasound/magnetic resonance simultaneous acquisition and image fusion for motion monitoring in the upper abdomen[J].Investigative radiology,2013,48(5):333–340.

[32]Laimer G, Schullian P, Bale R. stereotactic thermal

ablation of liver tumors:3D planning,multiple needle approach, and intraprocedural image fusion are the key to success—a narrative review[J].Biology,2021,10(7):644.

[33]Vogl T J, Nour-Eldin N E A, Hammerstingl R M, et al. Microwave ablation (MWA): basics, technique and results in primary and metastatic liver neoplasms – review article[C]// RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren. © Georg Thieme Verlag KG, 2017, 189(11):1055–1066.

[34]Yamamoto M, Ariizumi S. Glissonean pedicle approach in liver surgery[J]. Annals of Gastroenterological Surgery, 2018,2(2):124–128.

[35]Fang C,An J,Bruno A, et al. Consensus recommendations of three-dimensional visualization for diagnosis and management of liver diseases[J].Hepatology international,2020,14:437–453.

[36]肖亮,谭盛,米星宇,等.三维可视化技术联合荷瘤门静脉流域分析在腹腔镜解剖性肝切除中的应用[J].中国普通外科杂志,2023,32(01):30–39.

[37]Fang C H,Zhang P,Zhou W P,etal.Efficacy of three-dimensional visualization technology in the precision diagnosis and treatment for primary liver cancer: a retrospective multicenter study of 1 665 cases in China[J]. Zhonghua wai ke za zhi [Chinese Journal of Surgery],2020,58(5):375–382.

[38]罗树宾,毛家奎,刘聪等.三维可视化技术在肝癌肝切除术前评估中的应用[J].中华肝脏外科手术学电子杂志,2020,9(2): 131–136.

[39]Sun Y F,Wu L,Liu S P,etal.Dissecting spatial heterogeneity and the immune-evasion mechanism of CTCs by single-cell RNA-seq in hepatocellular carcinoma[J].Nature Communications,2021,12(1):4091.

[40]Fang C,An J,Bruno A, et al. Consensus recommendations of three-dimensional visualization for diagnosis and management of liver diseases[J]. Hepatology international, 2020, 14: 437–453.

[41]Takamoto T.Improvement and development in anatomical hepatectomy for hepatocellular carcinoma[J]. Hepatobili-

ary Surgery and Nutrition,2021,10(4):545.

[42]Liu Y, Wang Q, Du B,etal.A meta-analysis of the three-dimensional reconstruction visualization technology for hepatectomy[J].Asian Journal of Surgery,2023,46(2):669–676.

[43]Niu Z S, Wang W H, Niu X J. Recent progress in molecular mechanisms of postoperative recurrence and metastasis of hepatocellular carcinoma[J].World Journal of Gastroenterology, 2022,28(46):6433.

[44]刘鹏,李涛,王斌.腹腔镜技术在胃肠外科急腹症患者治疗中的效果分析[J].中外医疗,2023,42(13):42–45.

[45]刁言青.腹腔镜下肠粘连松解术治疗粘连性肠梗阻的临床疗效分析[J].系统医学,2020,5(18):102–104.

[46]王旭升,王石枫,刘荣梁.血清MIF、AFP水平与原发性肝癌患者腹腔镜肝切除术治疗预后的相关性[J].吉林医学,2022,43(11):3035–3038.

[47]丛鹏,屈岳育,杨红春.腹腔镜精准肝切除术治疗原发性肝癌的疗效及对应激指标的影响[J].中西医结合肝病杂志,2022,32(01):82–84.

[48]Mittal S, Bhardwaj M, Shekhrjka P, et al. An overview of unresolved issues in the perioperative management of liver transplant patients[J].Korean Journal of Transplantation,2023, 37(4):221.

[49]Maspero M,Sposito C,Virdis M,etal.Liver Transplantation for Hepatic Metastases from Colorectal Cancer: Current Knowledge and Open Issues[J].Cancers,2023,15(2):345.

[50]Wang P,Que W,Zhang M,etal.Application of 3-dimensional printing in pediatric living donor liver transplantation: a single-center experience[J].Liver Transplantation,2019,25 (6):831–840.

[51]Samuel D, Coilly A. Management of patients with liver diseases on the waiting list for transplantation:a major impact to the success of liver transplantation[J]. BMC medicine, 2018,16(1):1–5.

#### 作者简介:

刘晓旌(1997--),男,汉族,山西省平遥县人,硕士研究生,医师,研究方向:肝胆胰肿瘤。