



doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.07.004
http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2018.07.004
Chinese Journal of General Surgery, 2018, 27(7):818-825.

· 专题研究 ·

3D 技术在中央型肝肿瘤术前规划中的临床应用

袁荣发, 闵家祺, 邬林泉, 雷钧, 朱宝林, 王恺, 邵江华

(南昌大学第二附属医院 肝胆胰外科, 江西 南昌 330006)

摘要

目的: 探讨 3D 可视化技术在中央型肝肿瘤患者术前规划中的应用价值。

方法: 回顾性分析 2016 年 1 月—2017 年 11 月 28 例采用 3D 可视化技术行术前评估的中央型肝肿瘤患者临床资料。术前患者获取二维 CT 图像, 导入 3D 可视化软件中, 分别对肝脏、肝动脉系统、门静脉系统、肝静脉系统及肿瘤行图像分割和 3D 重建, 随后进行肝脏分段及中央型肝肿瘤分型、个体化体积计算; 依据 3D 重建结果进行手术规划, 选择合理的手术路径及方式。

结果: 28 例患者均完成 3D 可视化模型的建立, 3D 技术可显示肝内各血管系统解剖、肿瘤具体部位、大小及毗邻关系, 进行肝脏个体化分段及肝中叶肿瘤分型。患者全肝体积中位数为 1 532 (1 025~1 864) mL, 肝肿瘤体积 466 (45~558) mL, 拟切除肝体积为 595 (108~806) mL。28 例患者均行肿瘤根治性切除术, 实际手术路径及方式与术前手术规划符合率 100%。术中出血量和输血量中位数分别为 700 (100~2 000) mL 和 600 (0~1 400) mL, 输血率为 71.42% (20/28), 并发症发生率为 28.57% (8/28), 术后无严重肝功能不全病例, 住院病死率为 0。

结论: 3D 可视化技术可以计算剩余肝脏体积, 并可提高中央型肝肿瘤肝切除手术前规划的准确率及帮助术中精确操作。

关键词

肝肿瘤; 肝切除术; 成像, 三维
中图分类号: R735.7

Clinical application of 3D technology in preoperative surgical planning for central liver tumor

YUAN Rongfa, MIN Jiaqi, WU Linquan, LEI Jun, ZHU Baolin, WANG Kai, SHAO Jianghua

(Department of Hepatobiliary Surgery, the Second Affiliated Hospital, Nanchang University, Nanchang 330006, China)

Abstract

Objective: To investigate the application value of 3D visualization technique in the preoperative planning of patients with central liver tumor.

Methods: The clinical data of 28 patients with central liver tumor that underwent preoperative evaluation by 3D visualization technique during January 2016 to November 2017 were analyzed retrospectively. Before operation, the two-dimensional CT images of the patients were obtained and imported into 3D visualization software. In the liver, hepatic artery system, portal vein system, hepatic venous system and tumor, image

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81560396); 江西省自然科学基金资助项目 (20171BAB205060); 江西省教育厅科学技术基金资助项目 (GJJ150142)。

收稿日期: 2018-02-20; **修订日期:** 2018-06-18。

作者简介: 袁荣发, 南昌大学第二附属医院主治医师, 主要从事消化道肿瘤的基础和临床方面的研究。

通信作者: 邬林泉, Email: wulqnc@163.com

segmentations and 3D reconstructions were performed respectively. Then the subsection of the liver, the classification of the central liver tumor and calculation of the individual liver volume were performed. Based on the results of 3D reconstruction, the surgical planning was made, and the rational surgical approaches and procedures were selected.

Results: The 3D visualization model was successfully established in all of the 28 patients. The anatomies of the intrahepatic vascular system and the exact site, size and adjacent relations of the tumor were displayed, and the individual liver segmentation and classification of the central liver tumor were made through 3D technique. The median total liver volume was 1 532 (1 025–1 864) mL, volume of liver tumor was 466 (45–558) mL and volume of virtual resection liver was 595(108–806) mL. Radical resection of tumor was performed in all of the 28 patients. The coincidence rate between the actual surgical approaches and preoperative surgical planning was 100%. The median intraoperative blood loss and amount of blood transfusion were 700 (100–2 000) mL and 600 (0–1400) mL, the rate of blood transfusion was 71.42% (20/28) and the incidence of complications was 28.57% (8/28). No postoperative liver failure occurred and the in-hospital mortality rate was 0.

Conclusion: 3D visualization technique can calculate the volume of residual liver, improve the accuracy and safety of the preoperative planning of hepatectomy for central liver tumor, and is helpful for the precise operation during surgery.

Key words Liver Neoplasms; Hepatectomy; Imaging, Three-Dimensional

CLC number: R735.7

中央型肝癌的定义目前尚无统一标准。依据Wu等^[1-2]报道中央型肝肿瘤指位于按照Couinaud分段法的I、IV、V、VIII段或位于IV、V段和V、VIII段交界处的肿瘤。手术切除可为患者提供治愈的机会,但肝脏含有高度复杂的血管系统,且肿瘤部位特殊,因此这类手术难度大,风险高^[3-4]。为了安全可靠的切除肿瘤,外科医师术前必须掌握肝脏血管与肿瘤位置的关系。此外,术前还必须评估剩余肝脏的体积,特别是对肝功能受损的患者,以便安全肝切除。3D可视化技术(3D visualization technology)可以个体化的显示肝脏血管的分布及评估剩余肝体积^[5-6]。近年,3D可视化技术运用于肝脏外科逐年增多。研究已经报道采用3D技术可进行肝脏手术规划、模拟肝切除及评估剩余肝体积,并取得了比较满意的效果^[7-9]。因此,将3D技术运用于中央型肝肿瘤术前规划中尤为重要。本研究回顾性分析2016年1月—2017年11月我科收治的28例中央型肝肿瘤患者的临床资料,分析3D技术在中央型肝肿瘤可切除性评估及手术规划中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2016年1月—2017年11月在南昌大学第二附属医院接受外科手术治疗28例中央型肝肿瘤患者临床病理资料。其中男20例,女8例;平均年龄(48±5)岁;HBsAg(+)22例,无HCV感染患者;甲胎蛋白升高23例;肝硬化23例;肝功能Child-Pugh分级A级26例,B级2例;肿瘤单发22例,多发6例;肿瘤位于肝V段7例、位于肝VIII段6例,位于肝IV段5例,位于肝V和VIII段6例,位于肝IV、V和VIII段4例;门静脉左支癌栓2例,右支癌栓1例;ICG 15 min滞留率<10%者24例。本研究由医院伦理委员会批准,所有患者均签署的知情同意书。

纳入标准:(1)肿瘤主要位于肝中叶(I、IV、V、VIII段或位于IV、V段和V、VIII段交界处);(2)术前影像学检查提示,肿瘤的最大直径>3 cm;(3)无肝内外转移;(4)术前患者肝功能Child-Pugh分级为A或B级;(5)剩余肝脏体积至少为50%。

1.2 方法

1.2.1 数据采集及三维重建 所有患者术前经64排螺旋CT薄层扫描,收集平扫期、动脉期、门静

脉期和肝静脉期的CT亚毫米数据,将其导入旭东3D+人体可视化手术规划系统软件,然后对肝脏、下腔静脉、肝静脉、门静脉、肝动脉、肿瘤以及肝周围器官进行分割和3D可视化重建。精准定位肝肿瘤所在肝段位置,观察肝脏脉管走行,及其与肝脏肿瘤之间的空间关系。另外,通过3D技术获取的模型图像,可进行肝内脉管结构与瘤体的任意组合及合适的可视透明化处理,同时可旋转,放大、多方位立体观察。

1.2.2 肝脏分段及体积计算 3D重建完成后,针对每个患者采用旭东3D+人体可视化软件进行基于Couinaud肝分段原理的肝分段,利用不同的颜色描绘不同的肝段,另外,肝段可透明化,最后我们可观察肿瘤具体部位,进行模拟肝切除过程,计算肝体积(liver volume, LV)、虚拟切除肝体积(excision liver volume, ELV)、残肝体积(residual liver volume, RLV)和肿瘤体积(tumor volume, TV)。

1.2.3 肝中叶肿瘤的3D可视化分型及手术规划制定 根据肿瘤的位置、肿瘤与肝内管道的关系及需要切除的肝段,同时参照复杂性肝脏肿瘤三维可视化精准诊治专家共识,将肝中叶肿瘤分成5个亚型^[10],每种分型均有其对应的手术方式。I型:肿瘤位于肝V、VIII段或右前区。它的特点是肿瘤靠近或侵犯一些门静脉分支,但是并不黏附或者侵犯门静脉右支主干。II型:肿瘤位于肝IVa、IVb段或左内区。其特点是肿瘤靠近或侵犯门静脉分支,但并不黏附或者侵犯门静脉左支主干。III型:肿瘤位于肝IV、V和VIII段。其特点是肿瘤范围较大、在肝实质的位置较深,或十分贴近肝中静脉的主干,靠近或侵犯了一些门静脉分支,但并不黏附或者侵犯门静脉右支/左支主干。IV型:肿瘤位于肝IV、V和VIII段。它的特点是肿瘤范围较大、在肝实质的位置较深,并且贴近或者直接侵犯门静脉右支或左支主干,或者贴近、直接侵犯肝右或肝左静脉主干。V型:肿瘤位置位于肝IV、V和VIII的表面。其特点是肿瘤没有贴近或者没有直接侵犯门静脉或肝静脉的主干。

1.2.4 观察指标 (1)三维重建情况。(2)模拟手术评估肝癌可切除性情况:TV、ELV、RLV、肝切除率[肝切除率=(ELV-TV)/(LV-TV)]。

(3)手术及术后情况:手术方式及切除范围、手术时间、术中出血量、并发症发生情况(包括出血、胆汁漏、腹腔感染、肝功能不全、胸腔积液、腹腔积液、膈下积液及切口感染等)、术后住院时间。

1.3 统计学处理

采用SPSS 13.0软件进行统计学分析。正态分布数据的均数采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布数据采用中位数(最大值,最小值)表示。

2 结果

2.1 肝肿瘤3D重建结果

28例患者均完成3D重建,结果可以显示肝肿瘤的具体位置、直径、形状、个数,以及肝内血管结构(肝动脉、肝静脉系统和门静脉系统)的分布及走行。3D重建图像可以清晰地展示肝肿瘤与肝脏血管的三维解剖关系,能选择性使肝脏可视透明化,可多视角反映肿瘤与管道间的关联,有助于进行手术规划(图1)。

2.2 3D可视化个体化肝脏Couinaud分段

依据肝静脉和门静脉的走形以及每例患者的血流拓扑关系行3D可视化肝脏Couinaud分段。利用不同的颜色填充已划分的肝段,另外,将肝段透明化处理,可精准定位肿瘤在肝段内分布部位(图2)。

2.3 肝中叶肿瘤分型

28例肝中叶肝肿瘤患者,根据3D可视化分型,I型患者占17.86%(5/28),手术方式为V、VIII段肝切除术;II型患者占14.29%(4/28),手术方式为IV段肝切除术;III型患者占21.42%(6/28),手术方式为肝中叶切除术;IV型患者占14.29%(4/28),2例手术方式为右三区肝切除,2例手术方式为左三区肝切除;V型患者占32.14%(9/28),手术方式为肿瘤局部切除术。

2.4 个体化体积计算

28例患者个体化体积计算见表1。全肝体积中位数为1 532(1 025~1 864)mL,肝肿瘤体积466(45~558)mL,拟切除肝体积为595(108~806)mL。

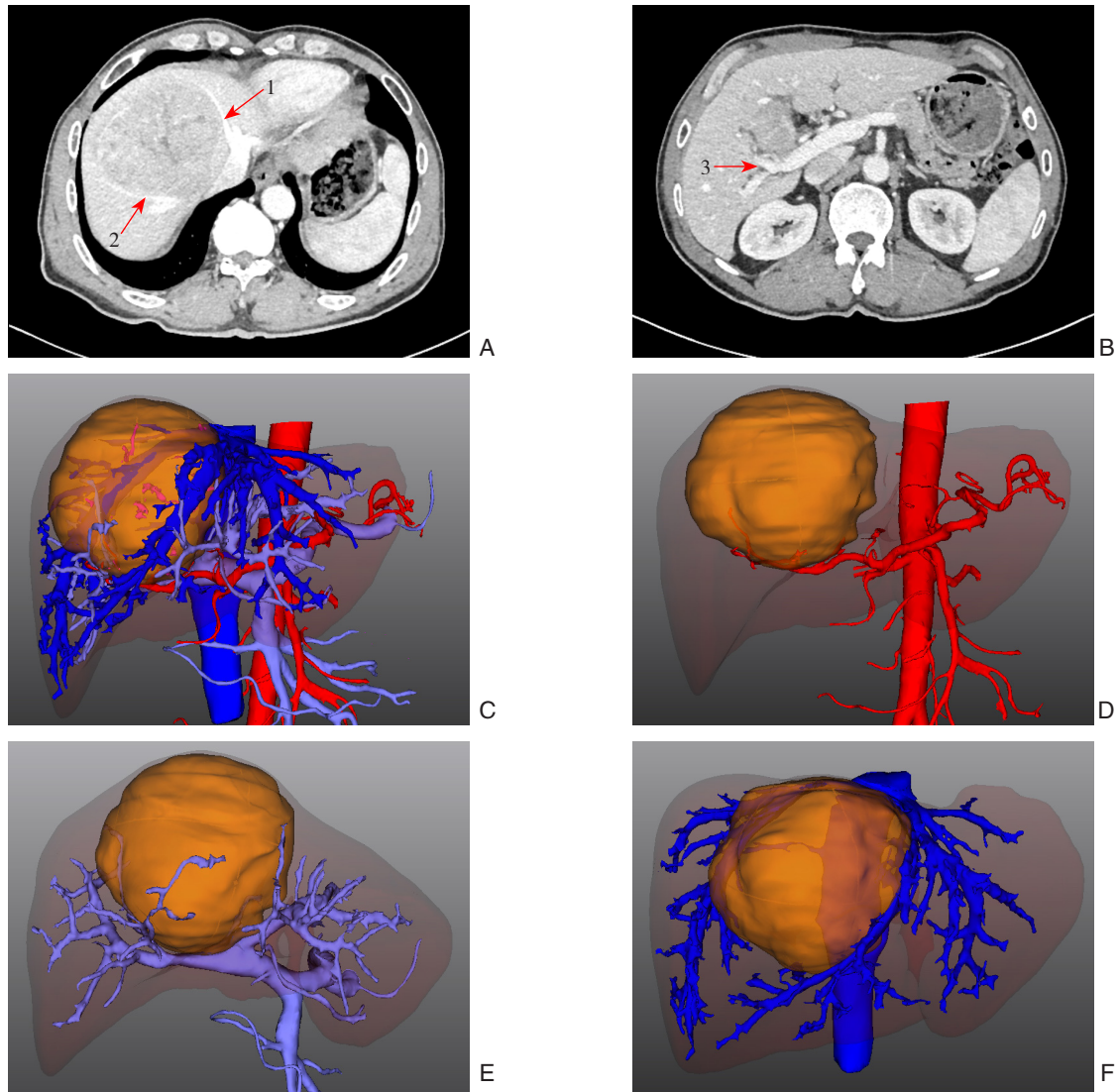


图 1 基于术前 CT 的 3D 可视化分析 A-B: 上腹部增强 CT 扫描 (1: 肝中静脉; 2: 肝右静脉; 3: 门静脉右前支); C: 3D 重建结果显示肿瘤与周围血管的三维关系; D: 肿瘤与肝动脉的空间关系; E: 肿瘤与门静脉的空间关系; F: 肿瘤与肝静脉的空间关系

Figure 1 3D visualization analysis based on preoperative CT images A-B: Enhanced CT scan of the upper abdomen (1: Middle hepatic vein; 2: Right hepatic vein; 3: Right anterior branch of the portal vein); C: Relations of tumor with surrounding vessels displayed by 3D reconstruction; D: Spatial relationship between tumor and hepatic artery; E: Spatial relationship between tumor and portal vein; F: Spatial relationship between tumor and hepatic vein

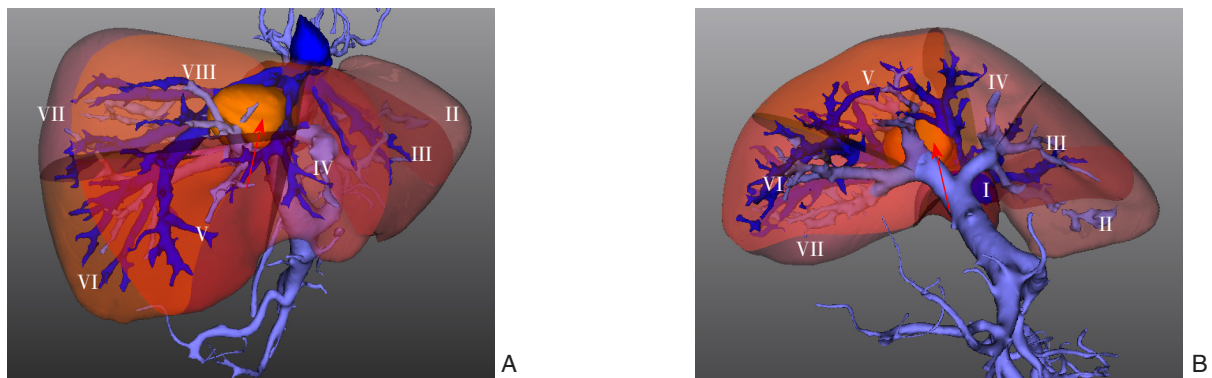


图 2 3D 可视化个体化肝脏 Couinaud 分段 (红色箭头表示肿瘤) A: 肝脏膈面观; B: 肝脏脏面观

Figure 2 Couinaud classification of hepatic segments by 3D visualization technique (Red arrow showing the tumor) A: View of the liver in the diaphragmatic surface; B: View of the liver in the visceral surface

表1 28例中央型肝肿瘤患者术前的3D重建肝脏数据

Table 1 Data from the preoperative 3D reconstruction of the 28 patients with central liver tumor

序列	LV (cm ³)	TV (cm ³)	ELV (cm ³)	RLV (cm ³)	肝切除率 (%)	序列	LV (cm ³)	TV (cm ³)	ELV (cm ³)	RLV (cm ³)	肝切除率 (%)
1	1 025	45	108	917	6.43	15	1 453	485	564	889	8.16
2	1 143	47	412	731	33.30	16	1 466	464	547	919	8.28
3	1 258	96	352	906	22.03	17	1 598	468	618	980	13.27
4	1 263	172	520	743	31.90	18	1 600	490	752	848	23.60
5	1 285	88	471	814	32.00	19	1 598	472	785	813	27.80
6	1 310	223	489	821	24.47	20	1 600	483	803	797	28.65
7	1 344	288	421	923	12.59	21	1 603	472	805	798	29.44
8	1 378	362	514	864	14.96	22	1 613	527	800	813	25.14
9	1 743	512	805	938	23.80	23	1 658	426	792	866	29.71
10	1 395	324	512	883	17.55	24	1 612	488	800	812	27.76
11	1 417	351	572	845	20.73	25	1 722	550	786	936	20.14
12	1 422	146	529	893	30.02	26	1 624	536	792	832	23.53
13	1 818	497	800	1 018	22.94	27	1 795	547	769	1 026	17.79
14	1 447	210	572	875	29.26	28	1 864	558	806	1 058	18.99

2.5 手术及术后情况

28例患者均成功完成手术,依据3D重建结果进行术前手术规划,实际实施的手术方式与术前规划相同,所有手术均为同组医师操作完成。16例采用Pringle法阻断肝门,8例采用区域性肝门血管阻断,4例未行肝门阻断。手术时间的中位数为290(160~395)min,术中出血量和输血量中位数分别为700(100~2 000)mL和600(0~1 400)mL,输血率为71.42%(20/28),并发症发生率为28.57%(8/28),其中4例患者术后出现肝断面胆漏,经引流通畅后治愈出院,4例患者术后出

现胸腔积液,经引流治愈,术后无出血、腹腔感染、膈下积液及切口感染等并发症发生,无发生围手术期死亡。另外,28例患者肝切除术后谷草转氨酶(AST)于第1天达最高值,其中中位数为292(108~681)U/L,然后迅速下降,术后第7天基本恢复正常25.5(16~46)U/L;总胆红素(TBIL)在术后第5天达最大值22(14.9~50.5) μ mol/L,随后逐渐降低;血清白蛋白(Alb)在术后第3天下降至最低28.35(23.2~40.2)g/L,随后逐渐增加,术后第7天水平达34.5(25.1~47.8)g/L(表2)。术后无严重肝功能不全发生。

表2 28例中央型肝肿瘤患者行肝切除术前术后肝功能指标变化

Table 2 Changes in liver function parameters of the 28 patients with central liver tumor before and after liver resection

例序	AST (U/L)					TBIL (μ mol/L)					Alb (g/L)				
	术前	术后				术前	术后				术前	术后			
		1 d	3 d	5 d	7 d		1 d	3 d	5 d	7 d		1 d	3 d	5 d	7 d
1	35	178	153	64	34	11.2	15.8	18.3	25.5	16.2	43.4	32.4	29.1	35.2	41.6
2	42	282	242	32	28	10.1	13.6	17.6	21.4	14.1	46.6	33.8	27.7	30.5	45.2
3	53	413	283	23	35	21.2	36.4	21.4	28.3	30.2	48.3	45.1	40.2	41.1	47.8
4	38	302	214	28	24	35.1	48.1	16.7	22.8	34.6	45.3	29.6	28.2	28.8	44.1
5	45	435	253	38	23	12.5	20.8	15.1	21.3	18.2	36.5	31.8	27.3	27.6	42.4
6	33	154	154	83	30	10.1	15.1	16.2	23.0	13.3	39.6	30.8	29.2	30.4	34.6
7	32	138	124	62	25	10.9	13.3	15.4	19.1	12.1	44.1	35.6	30.1	32.2	33.4
8	36	178	178	84	33	11.5	18.6	10.8	14.9	15.8	42.5	41.3	37.2	38.1	40.8
9	57	362	253	120	28	12.3	21.4	13.6	18.1	17.6	42.9	38.7	30.4	31.2	37.4
10	38	237	182	92	25	13.8	18.8	14.2	20.3	13.3	40.2	38.3	31.8	32.7	37.4
11	36	174	157	76	18	10.5	21.3	13.3	17.5	18.4	37.7	30.4	29.2	29.8	33.9
12	45	603	357	125	22	8.3	12.5	11.5	15.3	6.3	46.2	40.1	40.2	41.2	41.3
13	48	282	287	110	24	12.4	21.7	12.4	17.1	14.3	32.4	27.3	26.5	27.4	27.3
14	44	425	239	92	21	10.4	20.9	26.4	28.6	17.8	36.8	28.4	23.3	24.1	29.3
15	32	236	127	62	38	30.5	25.8	28.1	30.4	23.3	40.4	38.5	30.2	31.5	36.4
16	45	336	283	137	46	12.8	12.2	14.1	18.5	10.5	38.3	30.2	27.6	29.8	33.3
17	52	681	453	213	24	14.9	13.2	20.3	26.3	12.9	33.9	26.3	23.9	24.6	25.1

表2 28例中央型肝肿瘤患者行肝切除术前后肝功能指标变化(续)

例序	AST (U/L)					TBIL ($\mu\text{mol/L}$)					Alb (g/L)				
	术前	术后				术前	术后				术前	术后			
		1 d	3 d	5 d	7 d		1 d	3 d	5 d	7 d		1 d	3 d	5 d	7 d
18	40	237	153	73	21	21.7	13.8	18.1	22.6	15.6	32.2	17.2	23.2	26.1	27.7
19	45	201	183	65	20	36.9	21.9	14.4	18.5	12.2	35.4	25.6	24.3	25.5	28.4
20	40	192	153	48	16	18.5	20.2	20.7	26.8	18.1	32.3	38.3	26.3	26.4	28.6
21	42	333	258	105	35	26.3	35.4	42.2	50.5	30.8	39.2	28.2	24.9	25.9	30.4
22	39	108	154	49	26	17.4	25.3	16.3	23.9	15.2	30.8	37.4	34.6	34.8	25.6
23	35	331	237	181	18	25.5	17.6	14.4	20.4	13.6	42.2	29.1	23.4	24.6	30.8
24	40	305	215	135	42	31.4	24.3	21.1	28.3	20.6	35.6	26.8	25.7	26.1	26.5
25	42	504	382	162	36	10.8	18.4	16.5	19.8	10.6	41.3	39.7	34.4	35.1	37.4
26	38	262	278	122	27	32.6	26.4	17.8	21.3	13.2	37.5	22.3	24.4	29.5	34.4
27	46	433	204	67	18	21.8	18.2	24.2	32.5	24.5	36.7	35.8	30.1	31.5	35.2
28	58	671	458	241	32	15.5	13.3	20.5	26.4	14.3	38.6	30.5	28.5	29.3	34.8

2.6 随访

所有患者均获得随访,术后1年肿瘤复发率为21.43% (6/28),1年的生存率为89.29% (25/28)。

3 讨论

肝脏脉管系统的复杂性和多变性是引起肝脏手术技术困难的主要原因。对肿瘤和血管解剖关系的充分了解是肝脏手术安全和可行的必要条件,但是由于每个肝脏外科医师都会对CT图像进行人脑的3D重建,以至于整个手术团队对个体化肝脏的解剖和切缘线达成共识非常困难。近来,3D可视化模拟技术快速发展,它可以处理通过先进的影像学技术获取的大量肝脏成像数据^[11-15]。基于3D模拟,外科医生可以获取肝脏关键解剖位置的准确信息,其中包括单独或联合观察肝动脉、门静脉系统、肝静脉系统及肿瘤的解剖毗邻关系,以及掌握是否有血管解剖变异等情况^[16],最终可将重建的个体化精准的术前肝脏3D成像呈现给手术团队。

临床上将累及肝I、IV、V、VIII区段内的肿瘤称为中央型肝肿瘤,当肿瘤侵犯或紧邻肝门部的主干较大血管时,实施手术过程中发生大出血的风险较高。另外,中央型肝肿瘤的手术方式已从早期的扩大范围肝切除(肝右三叶或左三叶切除)发展到中肝叶切除,然后到目前的个体化中央型肝肿瘤切除术^[17]。该演变过程不但是肝脏切除范围的变小,还进一步体现了精准肝切除的手

术理念。因此,中央型肝肿瘤较其他部位的肝肿瘤手术切除难度大,手术过程复杂,是肝脏外科手术中的难点。实施手术过程前及术中需要充分了解以下几方面:肿瘤的供血情况(肝动脉和门静脉)、肿瘤具体部位及其与周围血管的关系、剩余肝脏的血液回流情况(肝静脉)、肿瘤的根治性(肿瘤切缘)及残余肝体积等。

肝脏3D成像可以清晰观察肿瘤的供血动脉、门静脉及回流的肝静脉,测量其与肝动脉和门静脉二级分支、三级分支之间的距离,从而决定手术方式及肝切除范围,评估是否影响剩余肝脏静脉回流等^[18-21]。研究发现3D成像技术辅助的肝切除术治疗肝肿瘤可减少手术损伤、降低术后并发症发生率,防止术后肝衰竭的发生,提高手术的有效性和安全性^[22-23]。另外,研究证实基于CT的3D成像技术术前可以精确判断肿瘤的解剖位置及肝静脉间的变异血管^[24]。本组所有患者3D重建图像对肝动脉、门静脉、肝静脉分支显示均达到三级以上,精准清晰的展现了个体化肝脏内脉管系统三维形态及其与肿瘤的空间毗邻关联,同时每个患者进行了个体化肝脏分段和体积测量。以前的研究中也报道3D模拟能在手术前计算出精确的肝体积,同时减少了残肝的血液供应阻断,进行精准的解剖性切除,减少了术后肝衰竭的危险^[25]。

另外,为了制定更合理的手术方案,笔者依据解剖学的原理,同时参照复杂性肝脏肿瘤三维可视化精准诊治专家共识对28例中央型肝肿瘤进行了3D可视化分型^[10],每一种类型均对应相适应的手术方式。结果显示28例患者均成功完成肿瘤

根治术，实际手术与术前规划一致。手术并发症发生率为21.42%（6/28），其中2例患者术后出现肝断面漏胆，经引流通畅后治愈出院，4例患者术后出现胸腔积液，经引流治愈，无发生围手术期死亡。

综上所述，中央型肝肿瘤的术前精准评估具有非常重要的意义。3D可视化技术建立在传统医学影像的基础之上，具备可视化、精确定位及可量化等功能，在术前评估过程中能够精确反映肿瘤与肝内血管的关系、进行模拟肝切除及测量预切除的肝体积和剩余的肝体积，使手术变得流程化、规范化，从而有利于提高肝肿瘤诊治的效率，降低手术风险，具有广泛的临床应用价值。

参考文献

- [1] Wu CC, Ho WL, Chen JT, et al. Mesohepatectomy for centrally located hepatocellular carcinoma: an appraisal of a rare procedure[J]. *J Am Coll Surg*, 1999, 188(5):508-515.
- [2] Yu WB, Rao A, Vu V, et al. Management of centrally located hepatocellular carcinoma: Update 2016[J]. *World J Hepatol*, 2017, 9(13):627-634. doi: 10.4254/wjh.v9.i13.627.
- [3] 袁荣发, 雷钧, 邬林泉, 等. 肝正中裂劈开切除中央型肝癌1例报告并文献复习[J]. *中国普通外科杂志*, 2016, 25(9):1341-1345. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.09.020.
Yuan RF, Lei J, Wu LQ, et al. Central hepatocellular carcinoma resection via separation of middle hepatic fissure: a report of one case and review of literature[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2016, 25(9):1341-1345. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.09.020.
- [4] Chen CH, Huang TH, Chang CC, et al. Central Hepatectomy Still Plays an Important Role in Treatment of Early-Stage Centrally Located Hepatocellular Carcinoma[J]. *World J Surg*, 2017, 41(11):2830-2837. doi: 10.1007/s00268-017-4096-2.
- [5] Cai W, Fan Y, Hu H, et al. Postoperative liver volume was accurately predicted by a medical image three dimensional visualization system in hepatectomy for liver cancer[J]. *Surg Oncol*, 2017, 26(2):188-194. doi: 10.1016/j.suronc.2017.03.006.
- [6] Nakayama K, Oshiro Y, Miyamoto R, et al. The Effect of Three-Dimensional Preoperative Simulation on Liver Surgery[J]. *World J Surg*, 2017, 41(7):1840-1847. doi: 10.1007/s00268-017-3933-7.
- [7] 陈琳, 罗鸿萍, 董水林, 等. 三维重建技术在评估大肝癌手术安全性中的作用[J]. *中华外科杂志*, 2016, 54(9):669-674. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2016.09.005.
Chen L, Luo HP, Dong SL, et al. Safety assessment of hepatectomy for huge hepatocellular carcinoma by three dimensional reconstruction technique[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2016, 54(9):669-674. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2016.09.005.
- [8] 方驰华, 刘星星, 范应方, 等. 3D技术在复杂性肝切除术中的安全性评价[J]. *南方医科大学学报*, 2012, 32(8):1116-1121. doi:10.3969/j.issn.1673-4254.2012.08.09.
Fang CH, Liu XX, Fan YF, et al. Safety of three-dimensional technique in patients undergoing complicated hepatectomy[J]. *Journal of Southern Medical University*, 2012, 32(8):1116-1121. doi:10.3969/j.issn.1673-4254.2012.08.09.
- [9] Hu M, Hu H, Cai W, et al. The Safety and Feasibility of Three-Dimensional Visualization Technology Assisted Right Posterior Lobe Allied with Part of V and VIII Sectionectomy for Right Hepatic Malignancy Therapy[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2018, 28(5):586-594. doi: 10.1089/lap.2017.0479.
- [10] 中华医学会数字医学分会, 中国研究型医院学会数字医学临床外科专业委员会. 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, 37(1): 53-59.
Society of Digital Medicine of Chinese Medical Association, Committee of Digital Medical and Clinical Surgery of Research Hospital Association. Expert Consensus on precise diagnosis and treatment of complex liver tumor by three-dimensional visualization[J]. *Chinese Journal of Practical Surgery*, 2017, 37(1): 53-59.
- [11] Kawaguchi Y, Honda G, Endo I, et al. Current Technical Issues for Surgery of Primary Liver Cancer[J]. *Liver Cancer*, 2016, 6(1):51-58. doi: 10.1159/000449345.
- [12] Takamoto T, Hashimoto T, Ogata S, et al. Planning of anatomical liver segmentectomy and subsegmentectomy with 3-dimensional simulation software[J]. *Am J Surg*, 2013, 206(4):530-538. doi: 10.1016/j.amjsurg.2013.01.041.
- [13] Lamadé W, Glombitza G, Fischer L, et al. The impact of 3-dimensional reconstructions on operation planning in liver surgery[J]. *Arch Surg*, 2000, 135(11):1256-1261.
- [14] Selle D, Preim B, Schenk A, et al. Analysis of vasculature for liver surgical planning[J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2002, 21(11):1344-1357.
- [15] Hiroshige S, Shimada M, Harada N, et al. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography[J]. *Transplantation*, 2003, 75(9):1561-1564. doi: 10.1097/01.TP.0000053755.08825.12.
- [16] Yamanaka J, Okada T, Saito S, et al. Minimally invasive laparoscopic liver resection: 3D MDCT simulation for preoperative planning[J]. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2009, 16(6):808-815. doi: 10.1007/s00534-009-0112-8.

- [17] 李志民, 杨甲梅, 李滨, 等. 中肝叶切除术治疗中央型肝肿瘤: 九例报告并系统综述[J]. 中华肝胆外科杂志, 2010, 16(12):900-902. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2010.12.002.
- Li ZM, Yang JM, Li B, et al. Mesohepatectomy for treatment of centrally located liver tumors: a report of 9 cases and systematic literature review[J]. Chinese Journal of Hepatobiliary Surgery, 2010, 16(12):900-902. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2010.12.002.
- [18] 陈闯, 毛谅, 郝立俊, 等. 三维可视化技术在肝细胞癌术前评估中的应用[J]. 中华普通外科杂志, 2018, 33(2):114-117. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.02.005.
- Chen C, Mao L, Hao LJ, et al. Application of three-dimensional visualization technology in preoperative assessment for hepatocellular carcinoma[J]. Zhong Hua Pu Tong Wai Ke Za Zhi, 2018, 33(2):114-117. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2018.02.005.
- [19] Huntington JT, Royall NA, Schmidt CR. Minimizing blood loss during hepatectomy: a literature review[J]. J Surg Oncol, 2014, 109(2):81-88. doi: 10.1002/jso.23455.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 方驰华, 陈青山, 方程, 等. 三维可视化技术辅助的肝切除术治疗原发性肝癌的疗效分析[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(8):574-579. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.08.004.
- Fang CH, Chen QS, Fang C, et al. Efficacy of three dimensional visualization technique assisted hepatectomy for the treatment of primary liver cancer[J]. Chinese Journal of Surgery, 2015, 53(8):574-579. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.08.004.
- [23] 李鹏鹏, 王志恒, 黄罡, 等. 肝脏三维可视化技术在肝脏恶性肿瘤治疗规划中的应用研究[J]. 中华外科杂志, 2017, 55(12):916-922. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2017.12.008.
- Li PP, Wang ZH, Huang G, et al. Application of liver three-dimensional visualization technologies in the treatment planning of hepatic malignant tumor[J]. Chinese Journal of Surgery, 2017, 55(12):916-922. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2017.12.008.
- [24] Togo S, Shizawa R, Kanemura E, et al. Usefulness of 3-dimensional computed tomography for caudate lobectomy by transhepatic anterior approach[J]. Hepatogastroenterology, 2002, 49(44):461-466.
- [25] Yamanaka J, Saito S, Fujimoto J. Impact of preoperative planning using virtual segmental volumetry on liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. World J Surg, 2007, 31(6):1249-1255. doi: 10.1007/s00268-007-9020-8.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 袁荣发, 闵家祺, 邬林泉, 等. 3D技术在中央型肝肿瘤术前规划中的临床应用[J]. 中国普通外科杂志, 2018, 27(7):818-825. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.07.004

Cite this article as: Yuan RF, Min JQ, Wu LQ, et al. Clinical application of 3D technology in preoperative surgical planning for central liver tumor[J]. Chin J Gen Surg, 2018, 27(7):818-825. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2018.07.004