

• 论著-临床研究 •

# 三维可视化重建技术在机器人辅助巨大嗜铬细胞瘤/ 副节瘤切除术中的应用价值\* (附 11 例报告)

帕热和·阿力木<sup>1</sup> 马文明<sup>1</sup> 冒永鑫<sup>1</sup> 戴军<sup>1</sup> 赵菊平<sup>1</sup> 方晨<sup>1</sup> 何威<sup>1</sup> 徐丹枫<sup>1</sup> 孙福康<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨三维可视化重建技术在机器人辅助腹腔镜下巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术中的应用价值。**方法:**回顾性分析 2019 年 7 月—2020 年 1 月我院收治的 11 例嗜铬细胞瘤/副节瘤患者的临床资料。其中男 5 例,女 6 例,中位年龄 44(21~68)岁;肿瘤最大径中位值 7.1(6.2~10.2) cm;病变位于右肾上腺 3 例,左肾上腺 5 例,右肾门旁腔静脉后方 2 例,左肾门旁 1 例。术前所有患者均行 CT 增强扫描,并采集 dicom 数据通过 VitaWorks 重建技术完成三维可视化模型。借助模型,观察肿瘤大小、受累脏器以及术中可能干涉的组织器官和血管,模拟手术路径,指定三维可视化指导的手术方案。**结果:**利用 VitaWorks 技术得到了所有肿瘤的精细、完整的三维可视化模型,结合肿瘤大小、部位指定精准手术方案。8 例行机器人辅助经腹腔镜嗜铬细胞瘤切除术;2 例行机器人辅助经腹腔镜副节瘤切除术;1 例行机器人辅助经腹腔镜左肾上腺嗜铬细胞瘤切除术加左肾切除术。所有手术均顺利完成,无术中转开放。**结论:**基于 CT 增强扫描检查的三维可视化重建技术在机器人辅助腹腔镜下巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术方面具有应用价值,帮助术者制订精准的个体化手术方案,减少了围手术期间并发症的发生风险,提高了手术的成功率及安全性。

**[关键词]** 三维影像重建;机器人手术;嗜铬细胞瘤;副节瘤

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2021.01.001

**[中图分类号]** R736.6 **[文献标志码]** A

## Value of three-dimensional image reconstruction in robotic operation of massive pheochromocytoma and paraganglioma(Report of 11 cases)

Parehe · Alimu MA Wenming MAO Yongxin DAI Jun ZHAO Juping FANG Chen  
HE Wei XU Danfeng SUN Fukang

(Department of Urology, Ruijin Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200025, China)

Corresponding author: SUN Fukang, E-mail: sunfukang6@126.com

**Abstract Objective:** To discuss the value of three-dimensional image reconstruction in robotic operation of pheochromocytoma/paraganglioma (PHEO/PGL). **Methods:** From July 2019 to January 2020, the clinical data of 11 patients with PHEO/PGL were retrospectively analyzed. This study included 5 male patients and 6 female patients and the median age was 44 years old (21 to 68 years old). The median value of maximum diameter of tumor was 7.1 cm (ranged 6.2 to 10.2 cm); with 8 cases on adrenal and 3 cases on other retroperitoneal space. All patients underwent four-phase enhanced CT scanning preoperatively. The two-dimensional CT images were collected and reconstructed into a three-dimensional images model through the VitaWorks system. With the help of these 3D images, the size and location of the tumor, as well as the relationship between tumor and vessels and peripheral organs were observed directly, so that surgeons can locate tumor and plan the operation. **Results:** After three-dimensional reconstruction, the 3D image clearly showed the location of tumor and its relationship with surrounding vessels and organs. All patients underwent robot assisted laparoscopic surgery without intra-operative conversion to open surgery. **Conclusion:** Three-dimensional image construction is valuable for surgery of massive PHEO/PGL and provides an objective basis for decision of surgeon to acquire better perioperative results.

**Key words** three-dimensional image construction; robotic surgery; pheochromocytoma; paraganglioma

随着医学影像学及数字化技术的发展,三维重建技术已广泛应用于医学领域。三维重建图像比

二维图像更加清晰、直观,对临床工作有更多实际辅助作用。此项技术在骨科及牙科方面应用比较成熟<sup>[1]</sup>。由于软组织血供、空间结构复杂,所以软组织的重建难度大、精细度差<sup>[1]</sup>。目前临床上常用的增强 CT 或 MR 图像能够为肿瘤的诊断与手术提供一定的帮助<sup>[2-3]</sup>,但这种二维图像存在一定的

\*基金项目:国家自然科学基金资助项目(No:81972494);上海市卫生计生委智慧医疗专项研究项目(No:2018ZHYL0205)

<sup>1</sup>上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科(上海,200025)  
通信作者:孙福康,E-mail:sunfukang6@126.com

缺陷,如不直观、组织器官之间的关系显示的不够清楚等。对疑难复杂的嗜铬细胞瘤/副节瘤的手术治疗,二维影像学图像只能提供非常有限的辅助作用<sup>[4-6]</sup>。三维可视化重建技术既能重建肿瘤、毗邻脏器及血管的立体关系,又通过全方位无死角的旋转透视,呈现其位置的交错关系,帮助术者制定严密的手术方案,提高手术效率和安全性。近年来,Uromedix-3D、Synapse Vincent、VitaWorks 等基于 CT 增强扫描的三维可视化重建技术已在各种复杂的泌尿外科手术当中得到应用<sup>[6-8]</sup>。VitaWorks 是一款医学专用三维影像重建与文件查看工具。用户通过输入提取码下载 VitaWorks 著作的人体各组织器官的三维数字模型,模型准确度高、案例丰富、操作简单。工程师利用 CT 或核磁共振的薄层增强扫描得到的 dicom 数据,通过 VitaWorks 智能器官识别算法建立三维模型。本研究回顾性分析 2019 年 7 月—2020 年 1 月我院收治的 11 例术前采用 VitaWorks 技术三维可视化重建的嗜铬细胞瘤/副节瘤患者的临床资料,探讨术前三维影像重建技术在机器人辅助巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术中的应用价值。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本组患者共 11 例,其中男 5 例,女 6 例,中位年龄 44(21~68)岁;病变位于右肾上腺 3 例,位于左肾上腺 5 例,位于右肾门旁腔静脉后方 2 例,位于左肾门旁另 1 例;肿瘤最大径中位值 7.1(6.2~10.2) cm;平均肿瘤体积 187.9(72.8~297.1) mL;术前平均血色素 127(105~154)g/L,平均血变肾上腺素(MN)627.0(13.8~2 291.6) pg/mL,去甲变肾上腺素(NMN)1 407.1(34.3~2 847.9) pg/mL(表 1)。所有手术均由同一个手术团队完成。

表 1 11 例肾及腹膜后巨大肿瘤患者术前/术后血儿茶酚胺情况

| 病例   | MN/(pg · mL <sup>-1</sup> ) | NMN/(pg · mL <sup>-1</sup> ) |
|------|-----------------------------|------------------------------|
| 例 1  | 1 500.3/14.7                | 2 847.9/42.3                 |
| 例 2  | 343.4/31.2                  | 1 145.4/40.6                 |
| 例 3  | 2 291.6/62.0                | 1 915.9/64.1                 |
| 例 4  | 13.8/62.0                   | 1 759.5/41.6                 |
| 例 5  | 311.8/22.3                  | 691.4/63.4                   |
| 例 6  | 1 136.8/39.6                | 34.3/44.2                    |
| 例 7  | 1 499.1/53.3                | 695.9/44.5                   |
| 例 8  | 47.9/23.7                   | 2 022.7/91.5                 |
| 例 9  | 67.6/32.7                   | 512.3/47.7                   |
| 例 10 | 245.1/18.2                  | 1 948.7/56.8                 |
| 例 11 | 439.2/35.7                  | 1 904.4/68.3                 |

1.2 技术方法

1.2.1 平扫 患者取仰卧位,采用西门子 64 排 128 层螺旋 CT 机,从膈肌顶部扫描至第三腰椎体下缘,采集层厚 5.0 mm。

1.2.2 上腹部多期动态扫描 60%的碘对比剂用量 1.0~1.5 mL/kg,注射器以 3~5 mL/s 的速度静脉注射,然后分别于注射后 25~30 s、60~70 s、110~120 s 采集动脉期、静脉期和延迟期的肿瘤图像,采集层厚为 2.0 mm。

1.2.3 重建方法 四期扫描图像经过本院影像科医生进行影像诊断,采集 CT 检查数据并用 dicom 数据格式保存。将 CT 检查数据与诊断数据上传至 VitaWorks 工作站,由同一位专业工程师重建成三维可视化模型。再进一步数字化处理后,三维影像模型可进行旋转、缩放、透明化、任意器官的去除、组合、拆分等操作,展示器官、病灶、血管之间的解剖关系。

1.3 治疗方法

术前准备,给予 α 受体阻滞剂可多华,每日 4 mg,服用 14 d 以上,以调整循环容量及血压以避免术中心血管意外的发生。11 例患者均采用机器人辅助经腹腔镜下嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术。按常规机器人手术流程,患者全麻成功后,患者取侧卧位,建立气腹后,以 5 孔法进入腹腔,链接机械臂,进入腹腔切开结肠旁沟及 Gerota 筋膜,进入后腹腔,探查肿瘤及周围组织和血管,实时与重建模型对比判断血管类型及走行,按照术前结合三维可视化模型制定的手术方案,沿着肿瘤包膜游离肿瘤,缓慢分离肿瘤与腔静脉、腹主动脉、肾动静脉及肾脏等组织器官的粘连,阻断肿瘤供应血管,充分游离肿瘤并切除,填塞止血材料,并留置引流管。

2 结果

采用 VitaWorks 影像重建技术,得到了 11 例肿瘤患者的精细、完整的三维可视化模型。其中每一个脏器、血管、输尿管等均用不同的颜色填充,清晰显示了肿瘤位置以及与周围血管、组织器官的毗邻关系。其中动脉重建至第 3~4 级分支,静脉重建至第 2~3 级分支,并且可以用裁剪功能切除器官组织、切断血管来模拟手术过程。我们按照重建模型策划手术入路并讨论可能出现并发症,制定个体化手术方案。充分做好术前准备后,11 例患者手术均顺利完成。手术过程中实际看到的组织器官的位置关系、血管粗细及走行与重建模型基本相符,三维模型能够重建出肿瘤供血血管,术中以超声刀头作为参照,可知肿瘤血管直径 2~6 mm。中位手术时间为 132 min(四分位距 102~144 min),术中平均出血量 305(50~2700) mL,其中 1 例患者出血较多,为 2700 mL,主要是因为肿瘤比较大(9.0 cm×8.0 cm)且紧紧粘连于肝脏及肾静脉、腔

静脉,在剥离过程中创面渗血较多,该患者术中自体血回输 700 mL+2 U 少浆和 2 U 血浆,手术时间为 498 min。另外有 2 例患者术中出血 1000 mL,术中均输了 2~4 U 少浆及 400 mL 血浆,其余患者出血量少,均未输血。其中有 2 例患者手术时间较长。第 1 例患者手术耗时 312 min(见典型病例 1)术中肿瘤受刺激,患者血压一过性升高,继发室颤,紧急行胸外按压、电除颤后心跳恢复,继续手术,阻断肿瘤血管后完整切除肿瘤。第 2 例患者手术耗时 498 min,肿瘤位于右侧肾门处腔静脉后方,与腔静脉及肾动静脉关系密切,肿瘤

与腔静脉后壁粘连并包绕部分肾静脉和肾动脉分支,分离肿瘤与血管的难度较大,逐一游离各血管,完整切除肿瘤。术后均未出现出血、发热、肠梗阻及心血管相关并发症,无中转开放,术后住院天数为 3~6 d,平均 5 d。术后病理显示有 8 例为嗜铬细胞瘤、3 例副神经节细胞瘤(表 2)。术后患者血 MN 及血 NMN 均恢复至正常范围(表 1)。术后对患者进行了半年至 1 年的随访,11 例患者均未发现肿瘤复发或转移。其中 1 例患者免疫组化结果提示有复发转移潜能。对此患者进行预防性局部放疗后严密随访,暂未发现复发转移。

表 2 11 例肾及腹膜后巨大肿瘤患者的临床资料

| 病例   | 性别 | 年龄<br>/岁 | 病理诊断  | 肿瘤位置          | 肿瘤长径<br>/cm | 肿瘤体积<br>/mL | 手术方式                 | 手术时间<br>/min | 出血量<br>/mL | 术后住院<br>天数/d |
|------|----|----------|-------|---------------|-------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------------|
| 例 1  | 女  | 68       | 嗜铬细胞瘤 | 左肾上腺区         | 10.3        | 267.1       | R-经腹腔镜嗜铬细胞瘤切除术+左肾切除术 | 312          | 1000       | 6            |
| 例 2  | 女  | 29       | 嗜铬细胞瘤 | 左肾上腺区         | 8.0         | 297.1       | R-经腹腔镜嗜铬细胞瘤切除术       | 96           | 50         | 4            |
| 例 3  | 男  | 62       | 副神经节瘤 | 左肾门处<br>腹主动脉旁 | 7.4         | 93.5        | R-经腹腔镜腹膜后<br>肿瘤切除术   | 120          | 250        | 6            |
| 例 4  | 男  | 29       | 副神经节瘤 | 右肾门处<br>腔静脉后方 | 10.2        | 96.4        | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 138          | 300        | 4            |
| 例 5  | 女  | 61       | 嗜铬细胞瘤 | 左肾上腺区         | 6.2         | 183.2       | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 138          | 1000       | 6            |
| 例 6  | 男  | 47       | 副神经节瘤 | 右肾门处<br>腔静脉后方 | 9.0         | 206.2       | R-经腹腔镜腹膜后<br>肿瘤切除术   | 498          | 2700       | 6            |
| 例 7  | 女  | 44       | 嗜铬细胞瘤 | 右肾上腺区         | 6.7         | 172.1       | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 84           | 100        | 5            |
| 例 8  | 男  | 21       | 嗜铬细胞瘤 | 右肾上腺区         | 7.0         | 230.5       | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 66           | 50         | 4            |
| 例 9  | 女  | 44       | 嗜铬细胞瘤 | 左肾上腺区         | 6.4         | 72.8        | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 108          | 50         | 4            |
| 例 10 | 女  | 39       | 嗜铬细胞瘤 | 右肾上腺区         | 7.1         | 163.1       | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 150          | 200        | 5            |
| 例 11 | 男  | 33       | 嗜铬细胞瘤 | 左肾上腺区         | 7.0         | 169.4       | R-经腹腔镜嗜铬<br>细胞瘤切除术   | 132          | 50         | 3            |

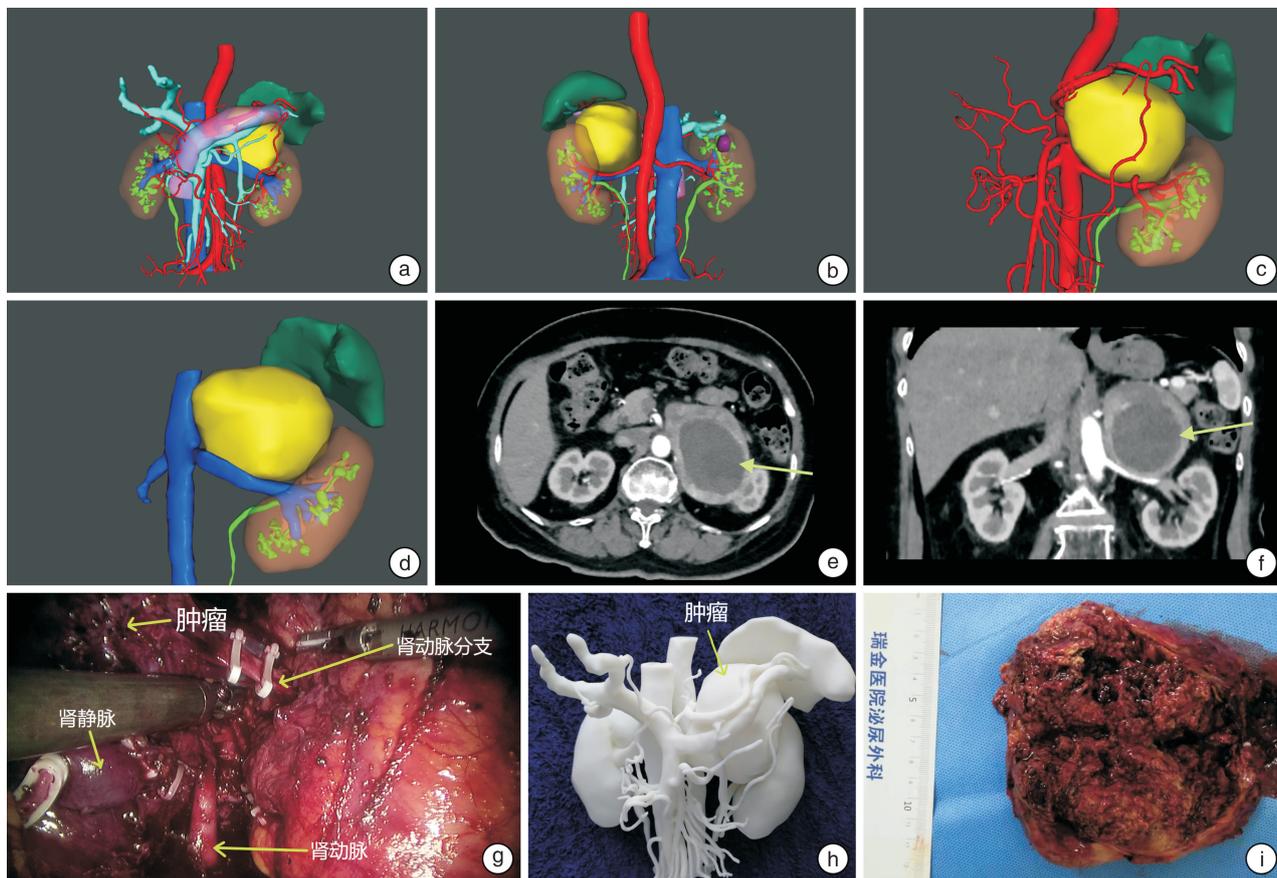
注:R 代表机器人辅助。

典型病例(例 1):患者,女,68 岁,因“体检发现左肾上腺肿物”入院,肿瘤 CT 增强扫描提示左肾上腺区占位,与左肾上腺、左肾动静脉分界不清、左肾局部受压;MIBG 示:左肾上腺占位,MIBG 摄取增高;内分泌化验结果显示 MN 1 500.3 pg/mL(正常值 14~90 pg/mL)、NMN 2847 pg/mL(正常值 10~121 pg/mL),结合内分泌化验指标以及影像学检查结果,初步诊断为嗜铬细胞瘤。术前利用 VitaWorks 三维可视化重建技术获得三维模型并用 3D 打印机打印;观察重建模型发现肿瘤紧贴于

左肾,左肾静脉与肿瘤关系密切,左肾动脉变异,肾动脉远端分成两个分支,其中一条穿过肿瘤,肠系膜有一分支静脉与脾静脉汇合膨大并紧贴于肿瘤。结合模型讨论并制定手术方案。因肿瘤腹侧中段紧贴于脾动静脉及肾静脉,为减少游离过程中大血管的干扰以及避免因触碰挤压过多导致血管损伤,术前讨论并决定选择从肿瘤的下端、沿着肾静脉上缘游离肿瘤。术中可观察到肿瘤位置、血管分布、肿瘤与毗邻脏器的位置关系完全符合重建模型,按照术前制定的方案,依次游离肾静脉、肾动脉、脾静

脉及周围结缔组织。尝试分离肿瘤与肾脏时肿瘤受压刺激分泌大量儿茶酚胺导致患者术中发生室颤。经过处理使患者生命体征恢复正常后充分游离肿瘤,及时阻断肾动静脉及其分支,完整切除肿瘤及左肾,切开肿瘤组织标本可见瘤组织内出血坏死灶,见图 1。突发室颤后病情即时得到控制,考

虑到开放手术对患者创伤较大,术后并发症多,术中未转开放。术中出血 1000 mL,输注 4 U 少浆和 400 mL 血浆,手术时间为 312 min,见表 2。术后未出现出血、感染及心血管相关并发症,患者顺利恢复并于术后第 6 天出院。术后病理证实了嗜铬细胞瘤的诊断。



a、b:模型整体正面观及背面观;c:肿瘤与动脉之间的位置关系;d:肾静脉及左肾与肿瘤的位置关系;e、f:增强 CT 扫描水平面及冠状面(→为肿瘤);g:术中画面;h:基于三维重建的 3D 打印模型(正面);i:肿瘤标本切面(黄色为肿瘤)。

图 1 典型病例(例 1) CT、三维可视化模型及标本

### 3 讨论

#### 3.1 嗜铬细胞瘤/副节瘤特点及手术方法

嗜铬细胞瘤/副节瘤是比较少见的神经内分泌肿瘤,其中嗜铬细胞瘤特指起自肾上腺髓质嗜铬细胞的肿瘤,副节瘤是指源自肾上腺外嗜铬细胞的肿瘤,该病发病率大约为 0.2~0.8/10 万<sup>[9]</sup>,肿瘤分泌儿茶酚胺使血儿茶酚胺水平升高,进而患者出现高血压、心悸、多汗等临床表现。嗜铬细胞瘤/副节瘤一般体积比较大,形态规则,有包膜,血供比价丰富,与周围大血管及重要脏器关系密切<sup>[9-10]</sup>。

嗜铬细胞瘤/副节瘤的手术方法有开放手术、普通腹腔镜及机器人辅助的腹腔镜手术。开放手术虽然能完整切除肿瘤,但手术创伤大,术后并发症多,患者恢复时间长。当肿瘤直径较小时(< 6 cm),相比于开放手术,普通腹腔镜手术创伤少,

能顺利切除肿瘤,已成为肾上腺肿瘤手术治疗的“金标准”<sup>[9]</sup>。但对巨大肾上腺嗜铬细胞瘤及副节瘤(肿瘤最大径 $\geq 6$  cm),普通腹腔镜手术由于操作空间小、器械自由度有限,分离肿瘤过程中为暴露而挤压肿瘤或周围脏器,容易引发瘤体破裂或肿瘤供血血管损伤,使肿瘤种植转移的风险增加或导致大出血,不能得到一个良好的手术效果<sup>[9,11-12]</sup>。开放巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术可充分暴露肿瘤及周围脏器,可以避免气腹压刺激肿瘤引起的术中血压波动,能够完整切除肿瘤。随着腹腔镜技术的发展,机器人辅助腹腔镜手术在泌尿外科领域得到更多的应用。在嗜铬细胞瘤手术中,精细和轻柔操作非常重要,因此避免过度按压肿瘤,从而有助于减少儿茶酚胺大量释放。根据目前的指南,只有一半的巨大嗜铬细胞瘤患者适合采取腹腔镜手术治

疗,但有很多文献报道了腹腔镜下顺利安全切除巨大嗜铬细胞瘤的案例<sup>[13]</sup>。手术机器人机械臂有 7 个方向自由度,活动范围超过 90°,操作更加灵活,可深入狭小空间进行精细操作,稳定性高。文献报道机器人辅助经腹腔镜手术在肾上腺区及其他腹膜后肿瘤的治疗中具有安全、疗效高等优点,尤其在巨大嗜铬细胞瘤等血供丰富的巨大肿瘤的手术治疗方面更加安全<sup>[11,14-15]</sup>。本研究中 11 例患者肿瘤最大径中位值 7.1(6.2~10.2) cm,瘤体紧贴于肝脏、肾脏、胰腺等重要器官以及肾动静脉、腔静脉、腹主动脉等大血管。顺利完整地切除全部肿瘤,进一步验证了机器人辅助腹腔镜手术的安全性和高效性。

### 3.2 三维影像重建技术的应用

三维影像重建技术能够对术前评估提供一个直观的参考。有研究表明,相比于二维图像,三维重建图像可将肿瘤的定位准确率提高 37%<sup>[16]</sup>,可以多角度观察腹部血管走行、肿瘤大小、位置和形状,了解肿瘤、血管以及毗邻脏器间的位置和交错关系。重建技术大幅提高了放射影像数据的临床利用率。无需依赖通过阅读二维 CT 图像在大脑中建立三维结构,消除了二维图像带来的主观误差,更加可靠、便利。既往有文献报道三维可视化技术在精准肝切除手术、肾部分切除术、腹壁肿瘤切除术等外科手术中的应用<sup>[17-18]</sup>。Zhang 等<sup>[19]</sup>回顾了 36 例行腹腔镜下嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术的患者,其中 14 例患者术前利用 3DVT 进行三维可视化重建,以便了解肿瘤与血管及组织器官之间的位置关系,另 22 例患者作为未重建组,只用传统 CT 扫描进行肿瘤定位,结果显示,两组患者术中出血量、术后住院天数、术中血压峰值、术后血压最低值等无明显差异,但手术时间方面重建组显著短于未重建组,另外重建组术中血压波动明显小于未重建组。毛全宗等<sup>[7]</sup>探讨了基于 CT 影像数据的三位可视化成像在肾及腹膜后巨大肿瘤手术中的应用价值,7 例患者术前均完成基于 CT 影像数据的三位可视化重建,包括肿瘤、受累器官、腹主动脉下腔静脉腹段,以及手术可能涉及的肝、胆、胰、脾和淋巴结等,肿瘤最大径平均值为 8.2 cm,结合肿瘤大小、部位制订精准手术方案,7 例手术均顺利完成。1 例行后腹腔镜肾癌根治术加腹膜后淋巴结清扫术;1 例先行后腹腔镜处理肾动脉,然后经腹开放根治性肾切除术;2 例经腹开放根治性肾切除术;2 例后腹腔镜腹膜后肿瘤切除术;1 例经腹开放保留肾单位肾肿瘤切除术。胡操阳等<sup>[8]</sup>分析了 29 例接受腹腔镜下择性肾动脉阻断肾部分切除术的患者,其中 18 例术前行基于 CT 扫描数

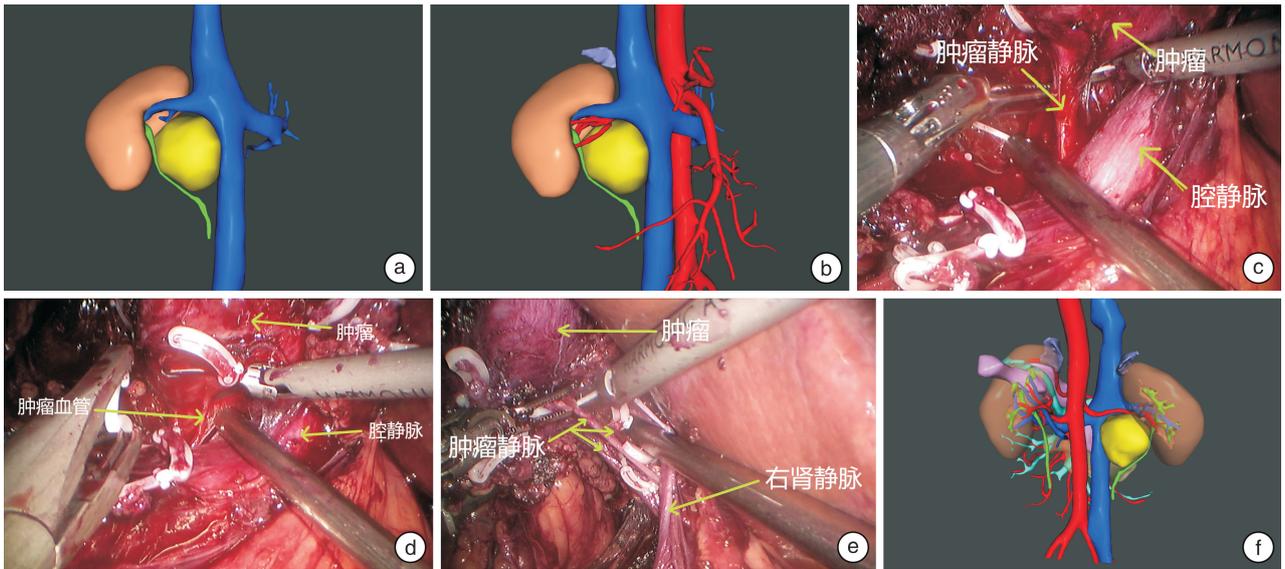
据的手术区域三维影像重建(试验组),以了解肾动静脉情况,肾血管及集合系统与肿瘤的关系,肿瘤与周围组织器官的关系等,11 例作为对照组术前未行三维重建。结果显示在寻找肾动脉的时间以及总手术时间方面,试验组明显短于对照组。

本次研究中,11 例患者肿瘤平均体积为 187.9 mL、平均肿瘤直径>5 cm,肿瘤与周围脏器与血管之间的解剖关系均比较复杂。我们利用 VitaWorks 三维可视化重建技术还原了人体局部组织器官真实的三维结构,并借助模型对肿瘤形态特征以及与毗邻脏器和血管之间位置关系进行系统分析,评估手术难度与风险,制定安全、高效的个体化手术方案。本研究将三维可视化模型用于指导巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤切除术均获得了良好的手术效果,在部分案例中,术者在术前通过模型了解肿瘤重要血管走行,对中央静脉的解剖位置有一个初步的判断,术中快速找到这些血管后,即时阻断,有效避免了术中肿瘤分泌的儿茶酚胺入血及其引起的血压波动,使手术更加安全、高效。11 例手术均顺利完成,无一例中转开放,进一步证实了三维可视化重建技术的可行性和安全性。

### 3.3 展望

目前在临床上用的三维可视化重建技术仍然存在一些不足,如对细小血管的重建精准度不高,肿瘤血管没有在三维模型上完整呈现,如:本研究中 1 例腔静脉后方副节瘤患者的三维重建模型未重建出肿瘤供血血管,术中发现多支汇入腔静脉及右肾静脉的肿瘤静脉,管径约 1~3 mm,未呈现三维模型当中(图 2)。另外,模型仅限于局部结构的重建,缺少对皮肤、皮下组织、肌层、网膜、系膜及韧带等结构的重建,这使得模拟手术的过程过于简单。我们可以通过更薄的扫描层厚(1 mm 甚至更小),调整采集静脉像和动脉像的时间,得到更精细的二维扫描数据,并用此数据重建出精准度更高的模型。将来在精准重建模型的基础上添加手术操作过程中所涉及的器械及其效果,设计可选择的虚拟手术环境,使模拟手术更加真实化。本研究中病例数量较少,属于前期回顾性研究,在未来的研究中,我们将增加病例数量并纳入对照组,并完善重建技术,进一步验证三维可视化重建技术在巨大嗜铬细胞瘤及腹膜后肿瘤切除术中的应用价值。

综上所述,巨大嗜铬细胞瘤/副节瘤血供丰富、解剖位置较深、毗邻重要脏器与血管,手术难度及风险大。基于 CT 增强扫描的 VitaWorks 三维可视化重建技术将肿瘤及其周围解剖结构体现得更直观、立体化,帮助术者制定个体化手术方案,使手术更高效、安全,减少了围手术期间并发症的风险。



a:腔静脉于肿瘤的关系斜视图(图中未见到肿瘤静脉);b:动静脉及输尿管于肿瘤关系斜视图;c~e:术中画面(c与d显示的是回流至腔静脉的肿瘤静脉,e显示的是回流至肾静脉的肿瘤静脉);f:模型背面观(黄色为肿瘤)。

图 2 患者术中实图及重建模型

参考文献

[1] Huang J, Lü S, Hu Z, et al. Three-dimensional reconstruction of human kidney based on UroMedix-3D system and its application in kidney surgery[J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2019, 39(5): 614-620.

[2] 许华权. CT 增强扫描在腹膜后肿瘤和肿瘤样病变中的诊断价值[J]. 中国高等医学教育, 2016, 6: 132-133.

[3] 张伟. CT、MR 对腹膜后原发肿瘤诊断临床价值分析[J]. 中国医疗器械信息, 2018, 24(4): 143-145.

[4] Fang CH, Tao HS, Yang J, et al. Impact of three-dimensional reconstruction technique in the operation planning of centrally located hepatocellular carcinoma[J]. J Am Coll Surg, 2015, 220(1): 28-37.

[5] Silberstein JL, Maddox MM, Dorsey P, et al. Physical models of renal malignancies using standard cross-sectional imaging and 3-dimensional printers: a pilot study[J]. Urology, 2014, 84(2): 268-272.

[6] Komai Y, Sakai Y, Gotohda N, et al. A novel 3-dimensional image analysis system for case-specific kidney anatomy and surgical simulation to facilitate clampless partial nephrectomy[J]. Urology, 2014, 83(2): 500-506.

[7] 毛全宗, 张震宇, 郭雪涛, 等. 基于 CT dicom 数据 3D 全息可视化成像在肾及腹膜后巨大肿瘤精准手术的应用[J]. 北京医学, 2019, 41(7): 535-537.

[8] 胡操阳, 王东文, 张彬, 等. 三维重建辅助 3D 腹腔镜在高选择性肾动脉阻断肾部分切除术中的应用[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(4): 517-519.

[9] 朱国栋, 汤聪, 宋文斌, 等. 肾上腺嗜铬细胞瘤/副神经节瘤患者 137 例手术疗效分析[J]. 现代泌尿外科杂志, 2017, 22(8): 598-602.

[10] 赵磊, 江山, 周骏, 等. 嗜铬细胞瘤术中发生血流动力学不稳定相关术前危险因素研究(附 125 例报告)[J]. 临床泌尿外科杂志, 2019, 34(9): 699-703.

[11] 汪金荣, 何乐业, 刘斌. 应用达芬奇机器人切除原发性腹膜后巨大肿瘤的临床研究[J]. 中国内镜杂志, 2019, 25(8): 80-84.

[12] 张小华, 王先进, 高逢彬, 等. 经腹腔镜途径机器人辅助腹腔镜下肾上腺手术的经验总结(附 243 例报告)[J]. 中华泌尿外科杂志, 2017, 38(4): 277-280.

[13] Nel D, Panieri E, Malherbe F, et al. Surgery for Pheochromocytoma: A Single-Center Review of 60 Cases from South Africa[J]. World J Surg, 2020, 44(6): 1918-1924.

[14] Tsuboi M, Noda H, Watanabe F, et al. Complete resection of a complicated huge mesenteric lymphangioma guided by mesenteric computed tomography angiography with three-dimensional reconstruction: report of a case[J]. Int Surg, 2015, 100(3): 574-578.

[15] Yiannakopoulou E. Robotic assisted adrenalectomy: Surgical techniques, feasibility, indications, oncological outcome and safety[J]. Int J Surg, 2016, 28: 169-172.

[16] 陆洪炳. 三维可视化技术在特殊肝段肝癌切除术中的应用研究[J]. 肝脏, 2019, 24(12): 1458-1460.

[17] 杨悦, 曹智, 张超, 等. IQQA 三维立体成像导航技术支持下最大限度保留肾门结构的肾门肿瘤腹腔镜下肾部分切除术的初步体会[J]. 中华泌尿外科杂志, 2017, 38(7): 493-497.

[18] Arfi A, Arfi-Rouche J, Barrau V, et al. Three-dimensional computed tomography angiography reconstruction of the origin of the uterine artery and its clinical significance[J]. Surg Radiol Anat, 2018, 40(1): 85-90.

[19] Zhang B, Chen Z, Hu X, et al. Application of Three-Dimensional Visualization Technology in Laparoscopic Surgery for Pheochromocytoma/Paraganglioma: A Single-Center Experience [J]. J Laparoendosc Adv Surg Tech A, 2018, 28(8): 997-1002.

(收稿日期: 2020-06-27)