

利用吲哚菁绿荧光显像技术的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝段切除



张鹏亮, 黄纪伟, 曾勇, 吴泓

四川大学华西医院肝脏外科(成都 610041)

【摘要】 目的 探讨利用吲哚菁绿荧光显像技术的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝段切除的效果及安全性。方法 回顾性分析四川大学华西医院肝脏外科收治的 1 例利用吲哚菁绿荧光显像技术的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝段切除治疗的肝细胞肝癌患者的术前临床资料、手术治疗过程及术后情况。结果 结合患者术前病史、影像学及实验室检查结果考虑诊断为肝细胞肝癌,术中探查发现肿瘤只有 1 个,位于 IV 段且较表浅,遂利用 ICG 荧光显像技术行 Glisson 蒂横断式解剖性肝段切除术,术后病理诊断符合肝细胞肝癌,无严重并发症发生,恢复良好,随访至今 6 个月未见复发。结论 利用吲哚菁绿荧光显像技术的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝切除术可被作为一种用以解决手术过程中出血、肿瘤边界难确定、手术切缘是否有残余肿瘤等问题的安全、精准的治疗手段。

【关键词】 吲哚菁绿荧光显像技术;腹腔镜肝切除术;解剖性肝切除

Laparoscopic Glisson pedicle transverse anatomical hepatectomy using indocyanine green fluorescence imaging technology

ZHANG Pengliang, HUANG Jiwei, ZENG Yong, WU Hong

Department of Liver Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, P. R. China

Corresponding author: HUANG Jiwei, Email: huangjiweimd@hotmail.com

【Abstract】 Objective To evaluate efficacy and safety of laparoscopic Glisson pedicle transverse anatomical hepatectomy using indocyanine green (ICG) fluorescence imaging. **Method** The retrospective analysis was made on the preoperative clinical data, surgical treatment and postoperative status of a patient with hepatocellular carcinoma who underwent the laparoscopic Glisson pedicle transverse anatomical hepatectomy using the indocyanine green fluorescence imaging technology in the Department of Liver Surgery, West China Hospital, Sichuan University. **Results** According to the preoperative history, imaging and laboratory examinations, the diagnosis of hepatocellular carcinoma was considered. The intraoperative exploration revealed that there was only one tumor located in the segment IV and was superficial. The ICG fluorescence imaging was used to perform the Glisson pedicle transverse anatomical hepatectomy. The postoperative pathological diagnosis was consistent with hepatocellular carcinoma without serious complications. The patient recovered well. No recurrence was found in the follow-up period up to 6 months. **Conclusions** Laparoscopic Glisson pedicle transection anatomic hepatectomy using ICG fluorescence technology can be used as a safe and precise treatment to solve problems such as bleeding during operation, difficult determination of tumor boundary and whether having residual tumor in surgical margin.

【Keywords】 Indocyanine green fluorescence imaging; laparoscopic hepatectomy; anatomic hepatectomy

肝切除手术是目前肝脏肿瘤的主要治疗方式,腹腔镜肝切除因其微创的优势而备受国内外肝脏外科医生的关注。自 1991 年 Reich 等^[1]报道首例腹腔镜肝切除以来,术中出血、肿瘤边界难确定等问

题便一直悬而未决。Glisson 蒂横断式肝切除术是由日本著名肝胆外科专家 Takasaki^[2]首先应用于开腹肝切除术中,目前该技术已被应用于腹腔镜肝切除手术^[3-7]。在手术过程中,静脉注射后保留在肝脏中的药物使肝脏肿瘤可通过近红外荧光成像被可视化识别^[8-10]。吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)是一种用来检查肝脏功能和肝脏有效血流量

DOI: 10.7507/1007-9424.201809064

通信作者:黄纪伟, Email: huangjiweimd@hotmail.com

的染料, ICG 入血后快速与血清蛋白结合并被肝细胞摄取, 然后以原形由胆道排泄^[11], 但是其可以在肝脏肿瘤中累积并被荧光检测出来^[12], 由于这种特点, 使其可应用于荧光成像可视化识别肝脏肿瘤。利用 ICG 荧光显像技术的腹腔镜肝切除术被证实是一种更为精准的肝脏手术技术^[1], 但利用 ICG 的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝切除的病例报道在国内外仍较少。笔者现报道 1 例于四川大学华西医院肝脏外科利用 ICG 的腹腔镜下 Glisson 蒂横断式解剖性肝切除术, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 病史简介

患者, 男, 42 岁。因“体检发现肝脏占位后半个月”入院。患者入院前半个月体检发现肝脏占位, 20 年前诊断为慢性乙型病毒性肝炎。体格检查未见异常。

1.2 实验室检查

术前查血结果示: 血红蛋白 149 g/L, 血小板计数 $203 \times 10^9/L$, 总胆红素 22.9 $\mu\text{mol/L}$, 直接胆红素 6.7 $\mu\text{mol/L}$, 丙氨酸氨基转移酶 44 U/L, 门冬氨酸氨基转移酶 31 U/L, 凝血酶原时间 11.5 s, 国际标准化比值 0.97, 肝功能 Child 分级 A 级, 乙肝五项 HBsAg (+)、HBcAb (+)、余阴性, 乙肝病毒 DNA 实时荧光检测 (HBV-DNA) $< 1.00 \times 10^3$ U/mL。甲胎蛋白 (AFP) 1.81 $\mu\text{g/L}$, 异常凝血酶原 1 233.00 mAU/mL。肝功能储备检测示: ICG15 min 滞留率 (ICGR15) 为 16.5% ($> 10\%$)。

1.3 影像学检查

术前行上腹部增强 CT 示: 肝脏形态、大小失常, 肝叶比例失调, 肝脏表面呈浅波浪状改变, 肝左内外叶交界区见一约 $3.9 \text{ cm} \times 3.7 \text{ cm}$ 大肿块影 (图 1a、1b), 密度欠均匀, 边界欠清, 增强不均匀强化。胆囊内见数个稍高密度影, 囊内密度增高。脾脏增大, 脾静脉增粗。

1.4 术前评估

1.4.1 患者状况评估 (手术耐受性评估) 患者为中年男性, 既往体健, 心电图、胸片未见异常; 既往吸烟 10 余年, 4 支/d, 入院前未戒烟; 同时患者未合并糖尿病、肾功能不全等其他疾病。

1.4.2 手术可行性评估 临床上对肝癌进行可切除性评估最常用的依据为肝癌分期。根据 2017 年版原发性肝癌诊疗规范^[13], 可切除标准为: 肝功能 Child 分级 A 级, ICGR15 20% ~ 30% 的 III a 期及以下的原发性肝癌。本例患者肝功能 Child 分级 A

级, ICGR15 为 16.5%, 肝癌分期为 I a 期; 本治疗小组结合患者年龄、一般状况、临床症状、血清学及影像学检查结果完成诊断及鉴别诊断及评估病灶符合可能切除标准, 拟行腹腔镜下解剖性肝切除手术。

1.5 手术方法

1.5.1 术前准备及戳孔布置 患者于术前 2 d 行 ICG 肝功能储备检测。腹腔镜手术采用气管插管及全身麻醉。患者取平卧位, 待麻醉生效后常规消毒铺巾。取脐下约 1 cm 处置入穿刺鞘, 建立观察孔, 注入 CO_2 气体建立气腹, 控制腹内压为 12 ~ 14 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 kPa)。分别于剑突下 4 cm、右锁骨中线、右腋中线、左锁骨中线建立操作孔。

1.5.2 探查腹腔 肝脏表面呈结节样肝硬化表现, 肝脏萎缩, 于 IV b 段和 III 段交界处可见一大大小约 $4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ 的包块 (图 1c), 包膜完整, 与周围组织轻度粘连, 利用 ICG 荧光显像探头 (美国 Stryker 公司) 查看肿瘤组织, 可见术前 2 d 行 ICG 肝功能储备检测时注射的 ICG 仅对肿瘤组织染色 (图 1d)。

1.5.3 解剖分离 Glisson 蒂 离断肝圆韧带, 钝性分离肝脏包块与膈肌, 顺逆法结合切除胆囊。向上提拉肝圆韧带, 显露出肝十二指肠韧带, 切开部分前层腹膜, 降低肝门, 沿肝脏表面与 Glisson 鞘之间的间隙向上钝性分离, 逐步显露出左肝蒂和右肝蒂汇合部的 Glisson 蒂, 分离出尾状叶左支并夹闭切断 (图 1e)。

1.5.4 确定肿瘤切缘 经温氏孔置入第一肝门血管阻断带并戳孔穿出左侧腹壁, 以备必要时阻断入肝血流。向左侧牵拉肝十二指肠韧带, 钝性分离并显露左侧 Glisson 蒂、肝左内叶支及其分支及肝固有动脉左支和左外叶分支 (图 1f)。打通左内叶支第一、二分支之后的隧道 (图 1g), 并通过该隧道阻断左内叶支的 Glisson 蒂血流, 此时肝缺血线清晰可见 (图 1h), 使用荧光显像探头查看肝脏缺血情况, 与肝缺血线几乎重合 (图 1i)。

1.5.5 离断肝实质 根据 Couinaud 8 段分段法^[14]及 Takasaki 分段法^[15], 肝左内叶的第一、二分支支配肝 IV 段的血供, 形成独特的锥形单元, 锥形单元是构成 Glisson 系统三级分支可被解剖性切除的最小单位。在此基础上, 将 Glisson 蒂作为一个解剖整体横断后再行肝切除术, 即是 Glisson 蒂横断式解剖性肝切除术 (该术式中仅阻断预切除部分的入肝血流, 保证了其余肝脏的血供)。沿荧光显像边界线划出的预切割线, 利用超声刀结合百克钳离断肝

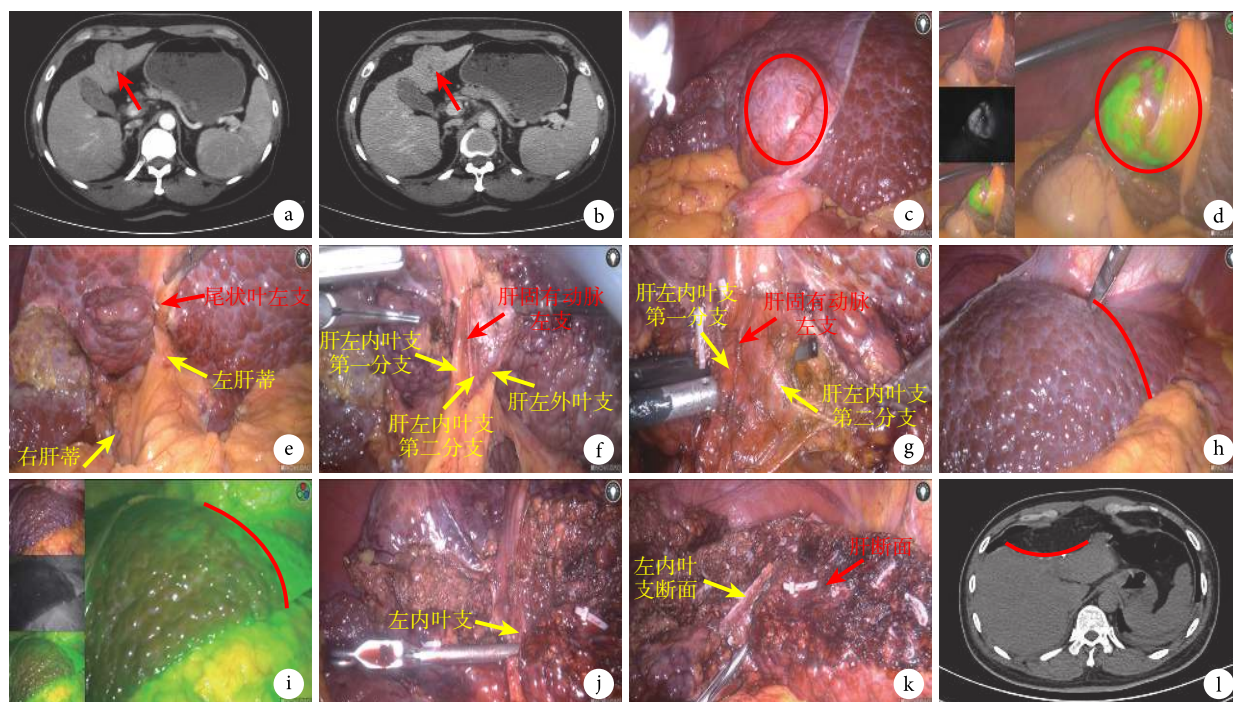


图 1 示术前、术中部分手术图片及术后影像学检查结果

a: 动脉期肿块影(红箭); b: 静脉期肿块影(红箭); c: 术中见肝脏肿块(红圈内); d: 已被 ICG 染色的肝脏肿块(红圈内); e: 左、右肝蒂及尾状叶; f: 左肝蒂及其分支; g: 打通左内叶支第一、二分支之后的隧道; h: 肝缺血线(红色标记); i: ICG 荧光显像技术下的肝缺血线; j: 左内叶支及肝断面; k: 左内叶支断面及肝断面; l: 示术后 2 d 的影像学检查结果(红色为手术切缘)

实质组织至左内叶支 Glisson 蒂根部,以丝线结扎 Glisson 蒂并以直线切割闭合器离断,顺利并完整切除病灶及其所在肝叶(图 1j、1k)。检查无活动性出血后将切下的组织放入组织袋,脐下戳孔延长切口后取出,关腹,手术结束。手术时间 280 min,术中出血量约 200 mL。

2 术后过程

该患者术后未出现感染、胆汁漏、肝功能衰竭等并发症,术后肝功能恢复情况良好,术后 2 d CT 检查见肝脏开始生长,未见腹水(图 1l)。术后住院时间为 4 d,出院时患者胆红素及转氨酶已经恢复正常。术后 6 个月时患者生存情况良好,未见肿瘤复发,血清 AFP 水平正常。患者术后病理结果为肝硬化、肝细胞肝癌、无脉管浸润及无癌栓,手术切缘无癌细胞残留,达到 R0 切除。

3 讨论

原发性肝癌是发病率和死亡率均较高的恶性肿瘤疾病^[16]。目前,我国原发性肝癌每年新发人数及死亡人数约占全球原发性肝癌每年新发人数及死亡人数的一半左右,是我国排名第 2 位的恶性肿瘤疾病,为我国医疗卫生事业带来沉重的疾病负担^[17]。虽然原发性肝癌有多种治疗方式,但手术切除

和肝移植仍是最为有效的治疗方式,而其他治疗方式如射频消融、经肝动脉化疗栓塞(TACE)等,即使是在肝癌的早期阶段,其治疗效果也不能令人满意。

肝移植手术又因为我国供体肝源的供给量远远小于受体的需求量以及高昂的手术费用,使其不能作为最常规的治疗方式。因此,肝切除术是目前我国治疗肝癌的主要治疗方式。自从 20 世纪 90 年代初开始采用腹腔镜手术,腹腔镜肝切除术在肝脏肿瘤治疗中的应用也逐渐增加^[18]。随着腹腔镜手术器械的改进和手术经验的积累,腹腔镜下的 Glisson 蒂横断式解剖性肝切除越来越被重视^[19-20]。Glisson 蒂横断式解剖性肝切除术对于减少术中出血、延长患者术后生存期及无癌生存期有积极作用^[21-25],并能更多地切除肝内微转移病灶,进而减少肿瘤复发^[26];而且该术式无需 Pringle 法全肝血流阻断,降低对残肝造成的缺血-再灌注损伤以及术后肝功能衰竭的可能性^[27-29]。

对于 III、IV 段的肝脏肿瘤,我们常常行腹腔镜左半肝切除,这种切除方式对于小肝癌来说,会切除除肿瘤外的大量正常肝脏,增加术后肝功能衰竭发生的风险,对于患者的预后不利。以前采取的办法主要是依靠术中超声及预阻断入肝血流,根据术中彩超结果及肝脏表面缺血线来判定切肝范围^[30],

但这种在腹腔镜下利用超声探头紧贴肝脏表面行超声检查对于超声医生来说要求较高,且术中超声在诊断直径<1 cm 以下的微小病灶上仍有局限性^[31],对浅表病灶的检出也较为困难,在肿瘤切除过程中也不能为术者提供实时导航。因此,如何实现外科手术中肝段的区分及肿瘤的可视化越来越受到关注。

ICG 荧光显像技术首先是应用在乳腺癌和结肠癌前哨淋巴结活检中^[32-33],后来其广泛应用于各种肿瘤的诊断及治疗过程中^[34]。在肝脏外科领域,ICG 荧光显像技术主要用于手术中辨认肿瘤^[35-37]、肝段及亚肝段^[38-40],这将对我们实现肝切除手术可视化有重大意义。

目前我们检测手术切缘是否有肿瘤残余的主要方法是依靠术中冰冻病理结果或术后病理结果回示,而术中冰冻病理结果不能作为常规检查手段,术后病理结果回示又不能帮助我们及时调整切除范围。有研究^[41]表明,ICG 荧光显像技术除了可以在手术中辨认肿瘤外,还可以联合术中超声帮助确定手术切缘是否有肿瘤残余以及及时调整切除范围,提高手术效果,降低复发率。ICG 荧光显像技术不仅能够在手术中确认肿瘤的切除范围以及手术切缘是否有残余肿瘤,还能够发现术前影像学未能检测到的病灶,彻底切除肿瘤,提高生存率及降低复发率。梁宾勇等^[42]在研究小肝癌切除患者1年生存率和复发率的报道中也可以印证上述观点,但因其观察时间较短,病例数较少,还需要扩大研究例数和延长研究时间来印证上述观点。在本病例中,因肿瘤的位置较表浅,我们在切除肝脏之前利用 ICG 荧光显像技术确认了肿瘤的数量仅有 1 个,再结合术中超声及缺血线的位置划定了肿瘤的切除线,保证了 R0 切除。

虽然利用 ICG 荧光显像技术可以帮助我们提升肝切除手术效率及效果,但该技术确定肿瘤界限及切除范围仍不可避免地具有局限性,一是该技术只能针对肝脏的浅表肿瘤,ICG 荧光显像只能穿透 5~10 mm 的肝脏组织^[43],即使联合术中超声共同探查肿瘤,也只能在一定程度上增加肝脏实质深部肿瘤探测精度^[44],但效果仍不算理想;二是该技术不可避免地存在一定的假阳性,如肝硬化结节等,这与 ICG 在这些良性病变细胞中排除障碍有关^[45]。因此,严重的肝硬化患者会严重影响该技术的准确性,而如何提高 ICG 荧光显像技术的探测深度和在 ICG 荧光显像下如何辨别良恶性病灶,依旧是下一步我们研究的重点。

4 小结

自 Ishizawa 等^[46]首次利用 ICG 荧光显像技术进行肝脏肿瘤切除以来,国外对于 ICG 荧光显像技术在肝切除手术中的研究越来越多,并已经推进到腹腔镜解剖性肝段切除手术中^[47],但我国即使是利用 ICG 荧光显像技术的腹腔镜肝切除术的报道都仍属少数。目前腹腔镜下肝切除术最大的问题就是术中出血量较大、肿瘤边界的确定、手术时间长入肝血流阻断时间长等。根据我们的经验,虽然有一定的局限性,但利用 ICG 荧光显像技术可以提升肝切除手术的精确性,再结合腹腔镜下的 Glisson 蒂横断式解剖性肝段切除术则可作为一种安全、精准的治疗手段,用以解决位置表浅的小肝癌腹腔镜切除手术过程中出血、肿瘤边界难确定、手术切缘是否有残余肿瘤等问题。

参考文献

- 1 Reich H, McGlynn F, DeCaprio J, *et al.* Laparoscopic excision of benign liver lesions. *Obstet Gynecol*, 1991, 78(5 Pt 2): 956-958.
- 2 Takasaki K. Glissonean pedicle transection method for hepatic resection: a new concept of liver segmentation. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 1998, 5(3): 286-291.
- 3 Topal B, Aerts R, Penninckx F. Laparoscopic intrahepatic Glissonian approach for right hepatectomy is safe, simple, and reproducible. *Surg Endosc*, 2007, 21(11): 2111.
- 4 Cho A, Asano T, Yamamoto H, *et al.* Laparoscopy-assisted hepatic lobectomy using hilar Glissonean pedicle transection. *Surg Endosc*, 2007, 21(8): 1466-1468.
- 5 Ikeda T, Yonemura Y, Ueda N, *et al.* Pure laparoscopic right hepatectomy in the semi-prone position using the intrahepatic Glissonian approach and a modified hanging maneuver to minimize intraoperative bleeding. *Surg Today*, 2011, 41(12): 1592-1598.
- 6 Machado MA, Surjan RC, Makdissi FF. Video: intrahepatic Glissonian approach for pure laparoscopic right hemihepatectomy. *Surg Endosc*, 2011, 25(12): 3930-3933.
- 7 Machado MA, Kalil AN. Glissonian approach for laparoscopic mesohepatectomy. *Surg Endosc*, 2011, 25(6): 2020-2022.
- 8 Ishizawa T, Fukushima N, Shibahara J, *et al.* Real-time identification of liver cancers by using indocyanine green fluorescent imaging. *Cancer*, 2009, 115(11): 2491-2504.
- 9 Lim C, Vibert E, Azoulay D, *et al.* Indocyanine green fluorescence imaging in the surgical management of liver cancers: current facts and future implications. *J Visc Surg*, 2014, 151(2): 117-124.
- 10 Ishizawa T, Masuda K, Urano Y, *et al.* Mechanistic background and clinical applications of indocyanine green fluorescence imaging of hepatocellular carcinoma. *Ann Surg Oncol*, 2014, 21(2): 440-448.
- 11 Landsman ML, Kwant G, Mook GA, *et al.* Light-absorbing properties, stability, and spectral stabilization of indocyanine green. *J Appl Physiol*, 1976, 40(4): 575-583.

- 12 Abo T, Nanashima A, Tobinaga S, *et al.* Usefulness of intraoperative diagnosis of hepatic tumors located at the liver surface and hepatic segmental visualization using indocyanine green-photodynamic eye imaging. *Eur J Surg Oncol*, 2015, 41(2): 257-264.
- 13 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 原发性肝癌诊疗规范 (2017 年版). 临床肝胆病杂志, 2017, 33(8): 114-126.
- 14 Couinaud C, Le Foie. Etudes anatomiques et chirurgicales. Paris: Masson, 1957: 284-289.
- 15 Takasaki K. New concept of liver segmentation on the basis of the Glissonean pedicle (Takasaki's segmentation)//Takasaki K. Glissonean pedicle transection method for hepatic resection. Japan: Springer, 2007: 7-16.
- 16 El-Serag HB. Hepatocellular carcinoma. *N Engl J Med*, 2011, 365(12): 1118-1127.
- 17 Wang FS, Fan JG, Zhang Z, *et al.* The global burden of liver disease: the major impact of China. *Hepatology*, 2014, 60(6): 2099-2108.
- 18 Hashizume M, Shimada M, Sugimachi K. Laparoscopic hepatectomy: new approach for hepatocellular carcinoma. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2000, 7(3): 270-275.
- 19 Kang SH, Kim KH, Shin MH, *et al.* Surgical outcomes following laparoscopic major hepatectomy for various liver diseases. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(43): e5182.
- 20 Kim WJ, Kim KH, Shin MH, *et al.* Totally laparoscopic anatomical liver resection for centrally located tumors: A single center experience. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(4): e5560.
- 21 Hasegawa K, Kokudo N, Imamura H, *et al.* Prognostic impact of anatomic resection for hepatocellular carcinoma. *Ann Surg*, 2005, 242(2): 252-259.
- 22 Viganò L, Tayar C, Laurent A, *et al.* Laparoscopic liver resection: a systematic review. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2009, 16(4): 410-421.
- 23 Buell JF, Cherqui D, Geller DA, *et al.* The international position on laparoscopic liver surgery: The Louisville Statement, 2008. *Ann Surg*, 2009, 250(5): 825-830.
- 24 Nguyen KT, Gamblin TC, Geller DA. World review of laparoscopic liver resection-2804 patients. *Ann Surg*, 2009, 250(5): 831-841.
- 25 Koffron AJ, Aufferberg G, Kung R, *et al.* Evaluation of 300 minimally invasive liver resections at a single institution: less is more. *Ann Surg*, 2007, 246(3): 385-392.
- 26 刘允怡, 余俊豪. 肝段为本的肝切除手术. *中华普通外科杂志*, 2003, 18(2): 123-125.
- 27 杨甲梅, 谢峰. 肝切除术中肝血流阻断方法的选择. *中国普通外科杂志*, 2009, 18(7): 657-660.
- 28 李秀军, 李文晓, 耿建利, 等. Glisson 蒂横断式肝切除术的临床应用体会. *中国现代普通外科进展*, 2013, 16(10): 803-805.
- 29 刘允怡, 赖俊雄, 刘晓欣. 肝血流阻断技术在肝切除中的应用. *中国实用外科杂志*, 2010, 30(8): 625-626.
- 30 Takasaki K. Glissonean pedicle transection method for hepatic resection: a new concept of liver segmentation. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 1998, 5(3): 286-291.
- 31 Numata K, Morimoto M, Ogura T, *et al.* Ablation therapy guided by contrast-enhanced sonography with Sonazoid for hepatocellular carcinoma lesions not detected by conventional sonography. *J Ultrasound Med*, 2008, 27(3): 395-406.
- 32 Kitai T, Inomoto T, Miwa M, *et al.* Fluorescence navigation with indocyanine green for detecting sentinel lymph nodes in breast cancer. *Breast Cancer*, 2005, 12(3): 211-215.
- 33 Kusano M, Tajima Y, Yamazaki K, *et al.* Sentinel node mapping guided by indocyanine green fluorescence imaging: a new method for sentinel node navigation surgery in gastrointestinal cancer. *Dig Surg*, 2008, 25(2): 103-108.
- 34 Marano A, Piora F, Lenti LM, *et al.* Application of fluorescence in robotic general surgery: review of the literature and state of the art. *World J Surg*, 2013, 37(12): 2800-2811.
- 35 Ishizawa T, Fukushima N, Shibahara J, *et al.* Real-time identification of liver cancers by using indocyanine green fluorescent imaging. *Cancer*, 2009, 115(11): 2491-2504.
- 36 Gotoh K, Yamada T, Ishikawa O, *et al.* A novel image-guided surgery of hepatocellular carcinoma by indocyanine green fluorescence imaging navigation. *J Surg Oncol*, 2009, 100(1): 75-79.
- 37 Kudo H, Ishizawa T, Tani K, *et al.* Visualization of subcapsular hepatic malignancy by indocyanine-green fluorescence imaging during laparoscopic hepatectomy. *Surg Endosc*, 2014, 28(8): 2504-2508.
- 38 Aoki T, Yasuda D, Shimizu Y, *et al.* Image-guided liver mapping using fluorescence navigation system with indocyanine green for anatomical hepatic resection. *World J Surg*, 2008, 32(8): 1763-1767.
- 39 Aoki T, Murakami M, Yasuda D, *et al.* Intraoperative fluorescent imaging using indocyanine green for liver mapping and cholangiography. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*, 2010, 17(5): 590-594.
- 40 Uchiyama K, Ueno M, Ozawa S, *et al.* Combined intraoperative use of contrast-enhanced ultrasonography imaging using a sonazoid and fluorescence navigation system with indocyanine green during anatomical hepatectomy. *Langenbecks Arch Surg*, 2011, 396(7): 1101-1107.
- 41 刘冰, 董家鸿. ICG 荧光显像技术在肝脏恶性肿瘤切除手术中的应用研究. 解放军医学院, 2016.
- 42 梁宾勇, 黄志勇. 原发性肝癌外科治疗方法选择及术后肿瘤复发防治的临床和实验研究. 华中科技大学, 2012.
- 43 梁宾勇. 原发性肝癌外科治疗方法选择及术后肿瘤复发防治的临床和实验研究. 华中科技大学 2012.
- 44 Miyata A, Ishizawa T, Kamiya M, *et al.* Photoacoustic tomography of human hepatic malignancies using intraoperative indocyanine green fluorescence imaging. *PLoS One*, 2014, 9(11): e112667.
- 45 Tanaka R, Nakashima K, Fujimoto W. Sentinel lymph node detection in skin cancer using fluorescence navigation with indocyanine green. *Dermatol*, 2009, 36(8): 468-470.
- 46 Nakamura Y, Fujisawa Y, Nakamura Y, *et al.* Improvement of the sentinel lymph node detection rate of cervical sentinel lymph node biopsy using real-time fluorescence navigation with indocyanine green in head and neck skin cancer. *J Dermatol*, 2013, 40(6): 453-457.
- 47 Ishizawa T, Zuker NB, Kokudo N, *et al.* Positive and negative staining of hepatic segments by use of fluorescent imaging techniques during laparoscopic hepatectomy. *Arch Surg*, 2012, 147(4): 393-394.
- 48 Sakoda M, Ueno S, Iino S, *et al.* Anatomical laparoscopic hepatectomy for hepatocellular carcinoma using indocyanine green fluorescence imaging. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2014, 24(12): 878-882.

收稿日期: 2018-09-28 修回日期: 2018-11-28

本文编辑: 蒲素清

