



doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.08.016
http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1005-6947.2016.08.016
Chinese Journal of General Surgery, 2016, 25(8):1180-1185.

· 临床研究 ·

肝切除术后第3天 ICG-R15 对肝细胞肝癌术后肝功能不全的预测价值

梅理祥, 李增博, 谢艳会, 王栋, 周乐杜

(中南大学湘雅医院 普通外科, 湖南 长沙 410008)

摘要

目的: 探讨术后第3天吲哚菁绿 15 min 滞留率(ICG-R15)预测肝细胞肝癌术后肝功能不全发生的价值。
方法: 回顾2015年1月—2016年2月期间行肝切除的119例肝细胞肝癌患者资料,分析患者术后肝功能不全的发生与术前及术后第3天 ICG-R15 的关系,并比较术前与术后 ICG-R15 在预测术后肝功能不全发生的差异。

结果: 119例患者中共有33例(27.7%)术后发生肝功能不全。发生与未发生肝功能不全患者术前 ICG-R15 平均值分别为9.7%、5.2%,术后第3天 ICG-R15 平均值分别为11.8%、5.3%,术前与术后 ICG-R15 在发生与未发生肝功能不全患者间差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。分层分析显示,术后肝功能不全的发生率均随术前或术后第3天的 ICG-R15 增加而升高,且均在 ICG-R15 $< 10\%$ 与 $> 20\%$ 的患者间有明显统计学差异(均 $P < 0.05$)。术后第3天 ICG-R15 预测术后肝功能不全发生的 ROC 曲线下面积较术前 ICG-R15 大,前者的临界值为7.75(灵敏度为66.7%,特异度为83.7%),后者为3.35(灵敏度为84.8%,特异度为46.5%)。

结论: 术后第3天 ICG-R15 与术前 ICG-R15 一样可预测肝细胞肝癌术后肝功能不全的发生,且可能优于术前 ICG-R15。

关键词

癌, 肝细胞; 肝切除术; 肝功能不全; 吲哚花青绿
中图分类号: R735.7

Value of ICG-R15 on postoperative day 3 in predicting liver dysfunction after hepatectomy for hepatocellular carcinoma

MEI Lixiang, LI Zengbo, XIE Yanhui, WANG Dong, ZHOU Ledu

(Department of General Surgery, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

Abstract

Objective: To investigate the value of indocyanine green retention test at 15 minutes (ICG-R15) on postoperative day (POD) 3 in predicting the occurrence of liver dysfunction after hepatectomy for hepatocellular carcinoma (HCC).

Methods: The clinical data of 119 HCC patients undergoing hepatectomy from January 2015 to February 2016 were reviewed. The relations of the occurrence of postoperative liver dysfunction with preoperative and POD 3 ICG-R15 were analyzed, and the difference in predicting the occurrence of postoperative liver dysfunction

收稿日期: 2016-03-28; 修订日期: 2016-07-15。

作者简介: 梅理祥, 中南大学湘雅医院硕士研究生, 主要从事肝脏肿瘤方面的研究。

通信作者: 周乐杜, Email: csuzld@126.com

between preoperative and POD 3 ICG-R15 was also compared.

Results: Postoperative liver dysfunction occurred in 33 (27.7%) of the 119 patients. In patients with and without liver dysfunction, the average preoperative ICG-R15 was 9.7% and 5.2%, and POD 3 ICG-R15 was 11.8% and 5.3% respectively, and either the preoperative or POD 3 ICG-R15 was significantly different between patients with and without liver dysfunction (both $P < 0.05$). Results of stratified analysis showed that the incidence of postoperative liver dysfunction was increased with the elevation of either preoperative or POD 3 ICG-R15, with statistical difference noted between patients with ICG-R15 $< 10\%$ and $> 20\%$ (both $P < 0.05$). The area under the curve of ROC of POD 3 ICG-R15 for prediction of preoperative liver dysfunction was larger than that of preoperative ICG-R15, and the cut-off value for the former was 7.75 (sensitivity: 66.7%; specificity: 83.7%) and for the latter was 3.35 (sensitivity: 84.8%; specificity: 46.5%), respectively.

Conclusion: POD 3 ICG-R15 can be used for predicting liver dysfunction after hepatectomy for HCC similar to that of preoperative ICG-R15, and may even be superior to the latter.

Key words

Carcinoma, Hepatocellular; Hepatectomy; Hepatic Insufficiency; Indocyanine Green

CLC number: R735.7

肝细胞肝癌(以下简称肝癌)患者术前肝脏储备功能的评估对治疗方案及手术方式选择、术后肝功能不全的发生有决定性作用。术前肝脏功能可通过血生化指标、吲哚菁绿排泄试验、CT计算肝脏体积等方法进行评估。术后肝功能的评估方法报道稀少,本研究回顾性分析我院119例肝癌患者的临床资料,探讨术后第3天吲哚菁绿15 min滞留率(indocyanine green retention test at 15 minutes, ICG-R15)与术前ICG-R15在评估术后肝功能不全上的差异,分析术后ICG-R15作为术后肝功能评估项目的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析中南大学湘雅医院肝脏外科2015年1月—2016年2月收治的肝癌患者。符合以下所有标准者考虑纳入研究:(1)符合肝细胞肝癌临床诊断标准;(2)术前肝功能Child-Pugh评分A级;(3)病理证实为肝细胞肝癌;(4)术前未行TACE、化疗、放射治疗。符合以下任何一项者,本研究将其剔除:(1)有胆道肿瘤、结石或癌栓等胆道梗阻或继发性肝癌病例;(2)既往接受过脾切除或脾栓塞术、因肝病接受过断流术、分流术或联合术式;(3)碘过敏史或皮试试验阳性。经筛选后119例患者满足本研究,其中男90例,女29例;年龄16~78岁,平均年龄(52.7 ± 11.1)岁。

1.2 术后肝功能不全的诊断标准

本研究评估患者术后肝功能不全按照肝脏外科国际协作组(International Study Group of Liver Surgery, ISGLS)2011年提出的标准^[1]。具体为:术前肝功能正常或异常,排除胆道梗阻等明显影响生化指标和临床表现的因素,术后第5天和(或)之后国际化标准比值(INR)过高,或需要静脉输注新鲜冰冻血浆才能维持正常INR,并伴有高胆红素血症。按我院检验科标准,胆红素 $> 17.1 \mu\text{mol/L}$ 为高胆红素血症,INR > 1.20 为异常。

1.3 研究方法

1.3.1 检查方法 (1)血生化及影像检查。所有患者术前接受以下检查:三大常规、肝肾功能、肿瘤标志物、凝血功能等生化检验;肝脏彩超、肝脏CT平扫+增强、肝脏MRI平扫+增强影像学检查,术后第1、3、5日均常规检验血常规、肝功能、凝血功能。(2)吲哚菁绿排泄试验:试验前所有患者禁食6 h,禁水4 h,将其体质量、身高、空腹血红蛋白数值输入肝功能储备分析仪(术前按入院时体质量、入院后第1次血红蛋白;术后按术后第3天体质量、血红蛋白);取平卧位,保持安静状态,在肘正中静脉常规行静脉穿刺、置留置针;按0.5 mg/kg给药剂量,无菌生理盐水配置ICG溶液(50 mg/L);正确连接DDG-3300K肝脏储备功能分析仪,经肘正中静脉留置针快速向受检者体内一次性注入稀释后的ICG溶液;按DDG-3300K检测仪的Start键,6 min后肝功能储备功能分析

仪测定体内 ICG 浓度，自动计算 ICG-R15。ICG 药物：辽宁丹东医创有限责任公司，注射用吡啶菁绿试剂（25 mg/瓶）；肝功能储备分析仪：日本光电工业株式会社研发的 DDG-3300K 分析仪及相应的系统分析软件。

1.3.2 研究分组与研究内容 根据术后肝功能恢复情况，将患者分为肝功能不全组和肝功能良好组，分析两组间年龄、性别、手术方式、术前及术后 ICG-R15 的差异性。(1) 根据术前 ICG-R15，将患者分为：ICG-R15<10%、10%~20%、>20% 3 组，其中 ICG-R15<10% 组 97 例，男 72 例，女 25 例；平均年龄（51.4±10.5）岁。ICG-R15 10%~20% 组 16 例，男 13 例，女 3 例；平均年龄（50.4±9.6）岁。ICG-R15>20% 组 6 例，男 5 例，女 1 例；平均年龄（55.0±7.3）岁。各组间性别、年龄无统计学差异（均 $P>0.05$ ）；比较各组间术后肝功能发生率的差异。(2) 根据术后 ICG-R15，将患者分为：ICG-R15<10%、10%~20%、>20% 3 组，其中 ICG-R15<10% 组 92 例，男 69 例，女 23 例，平均年龄（51.2±10.5）岁；ICG-R15 10%~20% 组 19 例，男 15 例，女 4 例，平均年龄（52.0±10.3）岁；ICG-R15>20% 组 8 例，男 6 例，女 2 例，平均年龄（53.8±8.2）例。各组间性别、年龄无统计学差异（均 $P>0.05$ ）；比较各组间术后肝功能发生率的差异。(3) 根据术前、术后 ICG-R15 及术后肝功能恢复情况，绘制受试者工作特征（ROC）曲线图，分析术前、术后 ICG-R15 在预测术后肝功能不全发生的差异性。

1.4 手术方式

根据术前 ICG-R15、肝脏 CT、肝脏 MRI 及肝脏三维重建、术中超声定位共同决定手术方案（手术肝切除范围参考东京大学肝脏安全限量切除的评估标准^[2-4]）。根据术中情况决定是否阻断第一肝门，选择阻断则用 Pringle 手法。开腹手术则用钳夹法或剪凝法，腹腔镜手术则采用超声刀、强生 EC60A 离断肝实质及肝蒂。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计学软件处理数据。各组连续变量资料用均数±标准差（ $\bar{x}\pm s$ ）表示，组间率比较采用 χ^2 检验，组间均数比较采用 t 检验；诊断性试验采用受试者工作特征（ROC）曲线分析。检验水准 α 定为 0.05。

2 结果

2.1 肝功能良好组和肝功能不全组间术前、术后 ICG-R15 的差异

119 例手术患者中共有 33 例术后发生肝功能不全，86 例术后肝功能恢复良好，肝功能不全发生率 27.7%。肝功能良好组中术前 ICG-R15 平均值为（5.2±4.1）%，术后 ICG-R15 平均值为（5.3±4.4）%，肝功能不全组则分别为（9.7±7.9）%和（11.8±8.7）%。术前及术后 ICG-R15 在肝功能良好组和肝功能不全组间存在差异，差异存在统计学意义（ $P<0.05$ ）；肝功能恢复良好组 86 例患者中，11 例行腹腔镜手术，75 例行开腹手术；33 例肝功能不全患者中，2 例行腹腔镜手术，31 例行开腹手术。两组患者手术方式、年龄、性别无统计学差异（ $P>0.05$ ）（表 1）。

表 1 临床病理因素及 ICG-R15 与术后肝功能不全发生的关系（ $\bar{x}\pm s$ ）

Table 1 Relations clinicopathologic factors and ICG-R15 with postoperative liver dysfunction ($\bar{x}\pm s$)

参数	肝功能良好 (n=86)	肝功能不全 (n=33)	$t/\chi^2/Z$	P
年龄(岁)	50.7±10.2	53.2±10.4	0.236	>0.05
性别[n(%)]				
男	65(75.6)	25(84.8)	0.984	>0.05
女	21(24.4)	8(24.2)		
手术方式[n(%)]				
开腹	75(87.2)	31(93.9)	-1.049	>0.05
腹腔镜	11(12.8)	2(6.1)		
术前 ICG-R15	5.2±4.1	9.7±7.9	4.25	<0.05
术后 ICG-R15	5.3±4.4	11.8±8.7	5.39	<0.05

2.2 术前 ICG-R15 与术后肝功能不全的关系

术前 ICG-R15 10%~20% 组和 ICG-R15>20% 组术后肝功能不全发生率较 ICG-R15<10% 组高，ICG-R15>20% 组又高于 ICG-R15 10%~20% 组，随 ICG-R15 增加，术后肝功能不全发生率增加，差异具有统计学意义（ $P<0.05$ ）；两两比较显示，ICG-R15<10% 组与 ICG-R15>20% 组肝功能不全发生率的差异存在统计学意义（ $P<0.05$ ）（表 2）。

2.3 术后 ICG-R15 与术后肝功能不全的关系

术后 ICG-R15<10%、ICG-R15 10%~20% 组、ICG-R15>20% 术后肝功能不全发生率分别为 18.5%、52.6%、75.0%；随 ICG-R15 升高，

术后肝功能不全发生率增加,差异具有统计学意义($P<0.05$);两两比较,ICG-R15 $<10\%$ 组与ICG-R15 $>20\%$ 组间术后肝功能不全发生率差异有统计学意义($P<0.05$)(表3)。

表2 术前 ICG-R15 与肝功能不全发生率的关系 [n (%)]
Table 2 Relationship between preoperative ICG-R15 and postoperative liver dysfunction [n (%)]

ICG-R15 (%)	肝功能不全
<10 ($n=97$)	22 (22.7)
10~20 ($n=16$)	6 (37.5)
>20 ($n=6$) ¹⁾	5 (83.3)
χ^2	11.25
P	<0.05

注:1) 6例患者中,5例术前 ICG-R15 20%~30%,其中2例行开腹S2、3段切除术(其中1例术后发生肝功能不全),2例行S8段部分切除术,1例行S4段切除术;1例术前 ICG-R15 35.7%,行S5段部分切除术

Note: 1) Of the 6 patients, 5 cases had preoperative ICG-R15 20%-30%, of whom 2 cases underwent open S2 and S3 resection (postoperative liver dysfunction occurred in one of them), 2 cases underwent S8 resection and one case underwent S4 resection; one case with ICG-R15 35.7% underwent S5 resection

表3 术后 ICG-R15 与肝功能不全发生率的关系 [n (%)]
Table 3 Relationship between postoperative ICG-R15 and postoperative liver dysfunction [n (%)]

ICG-R15 (%)	肝功能不全
<10 ($n=92$)	17 (18.5)
10~20 ($n=19$)	10 (52.6)
>20 ($n=8$)	6 (75.0)
χ^2	18.72
P	<0.05

2.4 术前、术后 ICG-R15 预测术后肝功能不全的 差异性分析

将术前、术后 ICG-R15 作为诊断指标,进行诊断试验,绘制 ROC 曲线,分别寻找术前、术后 ICG-R15 灵敏度和特异度最优组合。从 ROC 曲线上可以直观看出,术后 ICG-R15 曲线下面积明显较术前 ICG-R15 大(图1)。当术前 ICG-R15=3.35 时,术前 ICG-R15 曲线下面积最大,此时灵敏度为 84.8%,特异度为 46.5%(查阅当术后 ICG-R15=3.35 左右时,灵敏度为 90.9%,特异度为 40.1%)。当术后 ICG-R15=7.75 时,术后 ICG-R15 曲线下面积最大,此时灵敏度为 66.7%,特异度为 83.7%(查阅当术前 ICG-R15=7.75 左右时,灵敏度为 39.4%,特异度为 74.4%)。

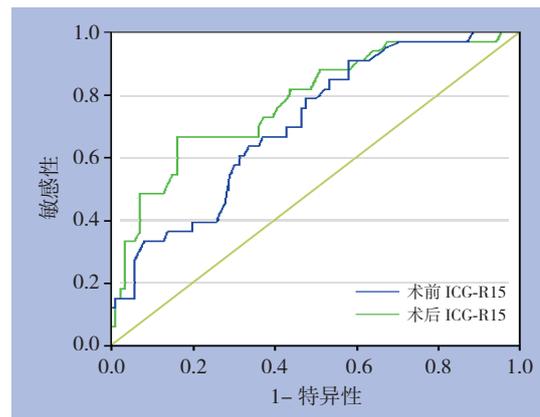


图1 术前、术后 ICG-r15 预测后肝功能不全发生的 ROC 曲线图

Figure 1 ROC curves of pre- and postoperative ICG-r15 for predicting postoperative liver dysfunction

3 讨论

肝癌为全世界常见恶性肿瘤之一,2015年我国流行病学统计,预计该年我国肝癌的新发病例46.6万,死亡病例为42.2万^[5],是病死率仅次于胃癌、肺癌的第3大恶性肿瘤^[6]。自1887年德国医生完成世界首例肝脏切除术以来,在100多年的肝癌外科治疗历程中,以“外科手术为主的综合治疗”仍是治疗肝癌的基本原则,包括肝部分切除及肝移植在内的手术治疗仍是公认的治疗肝癌的首选方法^[7]。随着术前肝脏三维重建、术中B超定位以及为使残肝体积增大、肿瘤体积缩小行联合肝脏离断和门静脉结扎的二步肝切除术(ALPPS)^[8-9]的开展,肝癌的外科治疗在手术技术上已不存在绝对意义上手术禁区^[10]。相比于肝脏肿瘤的可切除性,肝脏外科医生更关心术后肝功能不全甚至肝衰竭的发生。肝切除术前、术后准确及时的肝脏储备功能评估,以期早发现、早处理肝功能不全,对术后肝功能不全甚至肝衰竭的发生具有很好的防治作用^[11]。

术前肝脏的储备功能主要从血清生化指标、临床综合评分系统、肝细胞代谢排泄功能测定、影像学4个方面进行评估^[12]。ICG由于几乎全部由肝脏排泄,肝细胞的量和细胞的功能决定其排泄的快慢,通常以其ICG-R15评估肝脏的储备功能。研究^[13-14]发现ICG-R15不仅可评估肝脏的储备功能,还能预测术后肝功能不全的发生、指导肝癌的治疗方案或手术方案的制定^[15-16]、预测脾

切除术后深静脉血栓形成^[17]。日本学者^[2-4]根据腹腔积液、胆红素水平及 ICG-R15 3 个参数, 确立了肝脏储备功能的分级标准, 并基于不同层级肝脏储备功能状态, 推测其可耐受的肝段切除数量, 建立了东京大学肝脏安全限量切除的评估标准。Harada 等^[18]回顾性分析 502 例原发性肝癌合并食管静脉曲张行根治性肝切除术患者, 发现 ICG-R15 是唯一的独立预测术后患者总生存期的预测因子。Song 等^[19]对 384 例原发性肝细胞性肝癌患者行根治性肝切除进行回顾性分析, 发现术前高水平的 ICG-R15 和 γ -谷氨酰转移酶 (GGT) 是术后肿瘤复发的高危因素。本研究结果显示, 肝功能恢复良好组术前 ICG-R15 平均值 (5.2 ± 4.1)%, 明显低于肝功能不全组的 (9.7 ± 7.9)%, 且术前 ICG-R15 > 20% 组患者术后肝功能不全发生率明显高于 ICG-R15 < 10% 组患者, 与文献报道相符。许多大型肝脏外科中心已将 ICG-R15 列为术前常规检验项目, 中华医学会外科学分会肝脏外科学组^[20]将其列为腹腔镜肝切除术术前检验项目, 且要求其评估的肝脏储备功能需在正常范围内。

肝切除术后, 残肝功能的评估方法较少, 主要依靠胆红素、白蛋白、凝血功能等血清生化指标, 初步应用 Child-Pugh 分级对患者肝功能进行粗略判断, 无法对术后肝功能进行准确评估^[21], 再者国内外尚未对术后肝功能不全或肝功能衰竭进行明确定义, 目前大多数诊断是基于术后第 5 天乃至第 7 天后的胆红素、国际化标准比值 (INR)、腹腔积液等进行定义^[1, 22], 不能识别术后早期肝功能不全。Stockmann 等^[23-24]将最大肝功能容量 (maximum liver function capacity, LiMax) 试验用于评估肝脏的储备功能, 使用 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 表示肝功能。Lock 等^[25]分析 111 例行解剖学肝切除患者术后肝功能恢复情况, 应用 LiMax 试验评估术后肝功能恢复情况, 发现术后肝功能的恢复始于术后第 3 天。本研究采用术后第 3 天 ICG-R15 作为研究对象, 正是基于此考虑。本研究发现, 术后 ICG-R15 在肝功能恢复良好组与肝功能不全组间存在统计学差异, 与术前结果类似, 提示术后 ICG-R15 与术前 ICG-R15 一样, 可预测术后肝功能不全的发生, 可作为评估术后肝功能的检验项目。通过分层分析术后 ICG-R15 与肝功能不全的关系, 结果发现随 ICG-R15 的增加, 术后肝功能不全发生率增加, 证实术后 ICG-R15 同术前 ICG-R15 一样, 可预测术后肝功能不全的发生。将术前、术后 ICG-R15 作诊断

性试验分析, ROC 曲线上直观看术后 ICG-R15 曲线下面积明显较术前 ICG-R15 曲线下面积大, 提示术后 ICG-R15 在预测术后肝功能不全的发生上优于术前 ICG-R15。

吲哚菁绿排泄试验作为肝功能定量试验之一, 已明确将其作为术前肝脏储备功能评估的检验项目, 但其用于肝切除术后残余肝脏功能评估的检验项目相关报道稀少, 我们正在探索性的将其用于评估残肝的储备功能。术前术后联合的吲哚菁绿排泄试验是否较单独术前或术后吲哚菁绿排泄试验更据优势, 尚待进一步研究明确。诚然, 由于吲哚菁绿排泄试验受肝脏有效血流量、高胆红素血症等因素影响^[26], 肝切除术后肝脏再生机制尚未明了^[27], 目前尚无评估或预测术后肝功能不全的标准, 临床医生应综合多种检验项目对患者进行综合评估, 方能减少肝功能不全的发生, 改善患者预后。

综上, 术后第 3 天 ICG-R15 同术前 ICG-R15 一样可预测术后肝功能不全的发生, 且优于术前。术后第 3 天 ICG-R15 可评估术后肝功能恢复情况, 可作为早期识别肝功能不全的检验项目, 于术后第 3 天识别术后肝功能不全的发生, 以便临床医师尽早进行干预。

参考文献

- [1] Rahbari NN, Garden OJ, Padbury R, et al. Posthepatectomy liver failure: a definition and grading by the International Study Group of Liver Surgery (ISGLS)[J]. *Surgery*, 2011, 149(5):713-724.
- [2] Imamura H, Sano K, Sugawara Y, et al. Assessment of hepatic reserve for indication of hepatic resection: decision tree incorporating indocyanine green test[J]. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2005, 12(1):16-22.
- [3] Kamath PS, Wiesner RH, Malinchoc M, et al. A model to predict survival in patients with end-stage liver disease[J]. *Hepatology*, 2001, 33(2):464-470.
- [4] Makuuchi M, Kokudo N, Arii S, et al. Development of evidence-based clinical guidelines for the diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma in Japan[J]. *Hepatol Res*, 2008, 38(1):37-51.
- [5] Chen W, Zheng R, Baade PD, et al. Cancer statistics in China, 2015[J]. *CA Cancer J Clin*, 2016, 66(2):115-132.
- [6] Siegel R, Ma J, Zou Z, et al. Cancer statistics, 2014[J]. *CA Cancer J Clin*, 2014, 64(1):9-29.
- [7] 陈孝平, 朱鹏. 以手术治疗为主的肝癌个体化综合治疗[J]. *中国实用外科杂志*, 2016, 36(6):596-598.
Chen XP, Zhu P. Hepatocellular carcinoma: individualized comprehensive treatment based on surgical operation[J]. *China*

- Journal of Practical Surgery, 2016, 36(6):596-598.
- [8] Schnitzbauer AA, Lang SA, Goessmann H, et al. Right portal vein ligation combined with in situ splitting induces rapid left lateral liver lobe hypertrophy enabling 2-staged extended right hepatic resection in small-for-size settings[J]. *Ann Surg*, 2012, 255(3):405-414.
- [9] Zhang GQ, Zhang ZW, Lau WY, et al. Associating liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy (ALPPS): a new strategy to increase resectability in liver surgery[J]. *Int J Surg*, 2014, 12(5):437-441.
- [10] 王志明, 陶一明, 黄云, 等. 联合肝脏离断和门静脉切断二步肝切除术在肝炎后肝硬化肝癌中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2014, 23(7):867-872.
- Wang ZM, Tao YM, Huang Y, et al. Associating liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy procedure in treatment of hepatocellular carcinoma with post-hepatic cirrhosis[J]. *China Journal of general surgery*, 2014, 23 (7): 867-872.
- [11] 侯刘进, 赵红川. 肝切除术后肝功能不全诊治进展[J]. *肝胆外科杂志*, 2015, 23(3):235-237.
- Hou LJ, Zhao HC. Research progress on diagnosis and treatment of post-hepatectomy liver dysfunction[J]. *Journal of Hepatobiliary Surgery*, 2015, 23(3):235-237.
- [12] Ge PL, Du SD, Mao YL. Advances in preoperative assessment of liver function[J]. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*, 2014, 13(4):361-370.
- [13] Fung J, Poon RT, Yu WC, et al. Use of liver stiffness measurement for liver resection surgery: correlation with indocyanine green clearance testing and post-operative outcome[J]. *PLoS One*, 2013, 8(8):e72306. doi: 10.1371/journal.pone.0072306.
- [14] 秦华, 万红, 吴晓庆, 等. 吲哚菁绿清除试验对肝硬化及肝衰竭患者肝脏储备功能的评估及预后的判断[J]. *中华肝脏病杂志*, 2015, 23(7):540-542.
- Qin H, Wan H, Wu XQ, et al. Indocyanine green clearance test assessment of liver reserve function and estimation of prognosis in patients with cirrhosis and liver failure [J]. *Chinese Journal of Hepatology*, 2015, 23(7)::540-542.
- [15] 董家鸿, 郑树森, 陈孝平, 等. 肝切除术前肝脏储备功能评估的专家共识(2011版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2011, 10(1):20-25.
- Dong JH, Zheng SS, Chen XP, et al. Consensus on evaluation of hepatic functional reserve before hepatectomy (2011 edition) [J]. *Chinese Journal of Digestive Surgery*, 2011, 10(1):20-25.
- [16] 苏昭然, 荚卫东, 许戈良, 等. 乙肝相关性肝癌肝脏储备功能评估方案的初步探讨[J]. *中国普通外科杂志*, 2012, 21(7):783-786.
- Su ZR, Jia WD, Xu GL, et al. Liver functional reserve estimation in hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma: a preliminary study of three methods[J]. *Chinese Journal of General Surgery*, 2012, 21(7):783-786.
- [17] 邱越, 熊杰, 彭英, 等. 吲哚菁绿清除试验对丙肝肝硬化脾切除术后门静脉血栓形成风险的预测价值[J]. *中国普通外科杂志*, 2014, 23(1):87-90.
- Qiu Y, Xiong J, Peng Y, et al. Value of indocyanine green clearance test for predicting the risk of portal vein thrombosis after splenectomy in patients with hepatitis C cirrhosis [J]. *Chinese Journal of general surgery*, 2014, 23(1):87-90.
- [18] Harada N, Shirabe K, Maeda T, et al. Surgical Resection for Hepatocellular Carcinoma with Concomitant Esophageal Varices[J]. *World J Surg*, 2015, 39(10):2510-2518.
- [19] Song P, Inagaki Y, Wang Z, et al. High levels of gamma-glutamyl transferase and indocyanine green retention rate at 15 min as preoperative predictors of tumor recurrence in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(21):e810. doi: 10.1097/MD.0000000000000810.
- [20] 中华医学会外科学分会肝脏外科学组. 腹腔镜肝切除专家共识与手术操作指南(2013版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2013, 12(3):161-165.
- Group of Liver, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association. Expert consensus on laparoscopic hepatectomy and guideline for operative procedure (2013 edition)[J]. *Chinese Journal of Digestive Surgery*, 2013, 12(3):161-165.
- [21] Mullin EJ, Metcalfe MS, Maddern GJ. How much liver resection is too much?[J]. *Am J Surg*, 2005, 190(1):87-97.
- [22] 荚卫东, 许戈良, 李建生, 等. 吲哚菁绿排泄试验预测肝切除术后肝功能衰竭的价值[J]. *中华消化外科杂志*, 2011, 10(1):60-63.
- Jia WD, Xu GL, Li JS, et al. Value of indocyanine green excretion test in predicting hepatic failure after hepatectomy[J]. *Chinese Journal of Digestive Surgery*, 2011, 10(1):60-63.
- [23] Stockmann M, Lock JF, Riecke B, et al. Prediction of postoperative outcome after hepatectomy with a new bedside test for maximal liver function capacity[J]. *Ann Surg*, 2009, 250(1):119-125.
- [24] Stockmann M, Lock JF, Malinowski M, et al. The LiMAX test: a new liver function test for predicting postoperative outcome in liver surgery[J]. *HPB (Oxford)*, 2010, 12(2):139-146.
- [25] Lock JF, Malinowski M, Seehofer D, et al. Function and volume recovery after partial hepatectomy: influence of preoperative liver function, residual liver volume, and obesity[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2012, 397(8):1297-1304.
- [26] Halle BM, Poulsen TD, Pedersen HP. Indocyanine green plasma disappearance rate as dynamic liver function test in critically ill patients[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2014, 58(10):1214-1219.
- [27] Lai S, Yuan J, Zhao D, et al. Regulation of mice liver regeneration by early growth response-1 through the GGPPS/RAS/MAPK pathway[J]. *Int J Biochem Cell Biol*, 2015, 64:147-154. doi: 10.1016/j.biocel.2015.04.003.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 梅理祥, 李增博, 谢艳会, 等. 肝切除术后第3天 ICG-R15对肝细胞肝癌术后肝功能不全的预测价值[J]. *中国普通外科杂志*, 2016, 25(8):1180-1185. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.08.016

Cite this article as: Mei LX, Li ZB, Xie YH, et al. Value of ICG-R15 on postoperative day 3 in predicting liver dysfunction after hepatectomy for hepatocellular carcinoma[J]. *Chin J Gen Surg*, 2016, 25(8):1180-1185. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.08.016