

· 论著 ·

多模态影像技术在肝移植术后急性肝动脉闭塞的诊断及治疗价值*

赵宁波¹ 张瑜¹ 苏瑞¹ 冯凯² 曹义² 姜楠³ 董常峰^{1,*}

1.深圳市第三人民医院超声科 (广东 深圳 518112)

2.深圳市第三人民医院放射科 (广东 深圳 518112)

3.深圳市第三人民医院肝脏外科 (广东 深圳 518112)

【摘要】目的 评价多模态影像技术(彩色多普勒、超声造影、CTA、MRCP、DSA)在诊断和治疗肝移植术后急性肝动脉闭塞(HAO)的作用。**方法** 对5例肝移植术后急性HAO病例的诊断和介入治疗过程进行回顾性分析。**结果** 5例肝移植术后急性HAO病例均由彩色多普勒超声首先提示未见肝动脉血流信号及频谱,超声造影和增强CT亦未见肝动脉增强,5例全部经DSA确诊为HAO。5例患者在经导管给予持续小剂量溶栓治疗后,再次行血管造影检查,肝动脉完全开通,其中3例进行了血管内支架植入治疗。6~16个月后随访,4例患者肝功能指标完全恢复正常,1例患者肝功能指标逐步接近正常,肝实质均未见坏死,但其中4例出现胆道并发症,3例患者胆管壁超声造影提示血供差。**结论** 多模态影像技术对肝移植术后急性HAO的诊断、治疗及预后评估具有重要价值,经导管持续小剂量溶栓治疗是处理肝移植术后急性HAO的有效方法。

【关键词】 多模态影像技术; 肝移植; 肝动脉闭塞**【中图分类号】** R657.3**【文献标识码】** A**【基金项目】** 国家自然科学基金项目(81570552); 深圳市医学重点学科建设经费资助(No.SZXK079)**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2021.03.026

Value of Multimodal Imaging in the Diagnosis and Treatment of Acute Hepatic Artery Occlusion after Liver Transplantation*

ZHAO Ning-bo¹, ZHANG Yu¹, SU Rui¹, FENG Kai², CAO Yi², JIANG Nan³, DONG Chang-feng^{1,*}.

1.Department of Ultrasound, The Third People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518112, Guangdong Province, China

2.Department of Radiology, The Third People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518112, Guangdong Province, China

3.Department of Liver Surgery, The Third People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518112, Guangdong Province, China

Abstract: Objective To evaluate the value of multimodal imaging techniques (color Doppler, contrast-enhanced ultrasound, CTA, MRCP, DSA) in the diagnosis and treatment of acute hepatic artery occlusion (HAO) after liver transplantation. **Methods** Retrospective analysis was made on the diagnosis and treatment process of 5 cases of acute HAO after liver transplantation. **Results** All the 5 cases of acute HAO after liver transplantation were confirmed by DSA after ultrasonography, contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) and CTA., which indicated that there was no hepatic artery blood flow signal, After receiving continuous low dose thrombolytic therapy through catheter, 5 patients underwent angiography again, and the hepatic artery was completely opened. Three patients underwent endovascular stent implantation. After 6-16 months of follow-up, liver function indexes of 4 patients completely returned to normal, 1 patient gradually approached normal, liver parenchymal necrosis was not observed, but biliary complications occurred in 4 patients, and poor blood supply in bile duct wall was indicated by contrast-enhanced ultrasound in 3 patients. **Conclusion** Multimodal imaging technique is of great value in the diagnosis, treatment and prognosis evaluation of acute HAO after liver transplantation. Continuously low-dose transcatheter thrombolysis is an effective method for the management of acute HAO after liver transplantation.

Keywords: Multimodal Image Technology; Liver Transplantation; Hepatic Artery Occlusion

肝移植术后急性肝动脉闭塞(hepatic artery occlusion, HAO)是肝移植术后最严重的并发症之一,多由肝动脉血栓(hepatic artery thrombosis, HAT)、肝动脉狭窄(hepatic artery stenosis, HAS)发展而来。常导致胆道并发症、早期移植肝失功甚至患者死亡。但是关于HAO最有效管理的争论却很多。再次移植是早期HAO的首选治疗方法,但血管介入治疗也是一种极有价值的治疗方法^[1-2]。本研究系列报告了5例肝移植术后早期HAO形成,采用多模态影像技术对HAO患者进行早期诊断及介入治疗,均未行再次肝移植,而这5例患者在术后16个月、15个月、15个月、6个月、14个月的随访中均存活,且移植肝功能基本正常。现就我院2017年至今共

出现的5例肝移植术后HAO病例,利用多模态影像技术对其诊断及治疗过程、预后进行回顾性分析,报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2017年7月至2020年12月,深圳市第三人民医院共进行234例肝移植手术。所有研究对象均已知情并签署知情同意书,且通过医院伦理委员会伦理审查批准。其中5例患者发生了术后急性HAO,发生率2.14%(5/234)。男性4例,女性1例。平均年龄(48±13.91)岁。原发疾病中乙型肝炎后肝硬化4例,原发性肝癌1例。术式中4例采用改良背驮术式,1例采用劈离术式。基本资料见表1。纳入标准:彩色多普勒

*【第一作者】赵宁波,男,主治医师,主要研究方向:器官移植超声诊断与介入治疗。E-mail: drzhaoningbo@163.com

【通讯作者】董常峰,男,主任医师,主要研究方向:腹部超声及移植肝、肾的超声诊断。E-mail: chaosheng-02@szy.sustech.edu.cn

表1 基本资料

	病例1	病例2	病例3	病例4	病例5
性别	男	男	男	女	男
年龄	46	30	49	69	46
原发疾病	肝硬化	肝硬化	肝硬化	肝癌	肝硬化
MELD评分	11	21	33	9	12
手术时长	10小时18分	9小时	11小时	14小时26分	9小时30分
术式	全肝	全肝	全肝	右半肝	全肝
闭塞原因	肝动脉夹层	肝动脉狭窄	肝动脉血栓	肝动脉过短	不明
肝动脉吻合方式	搭桥	搭桥	未搭桥	搭桥	未搭桥
随访时间	15月	15月	16月	6月	14月

超声未见肝动脉血流信号且无法探及肝动脉频谱；超声造影均未见肝动脉显影；DSA确诊为HAO；血生化资料完整。排除标准：DSA未能明确肝动脉是否闭塞；肝移植术1个月后发现HAO；对造影剂过敏，不能完成造影检查者。

1.2 仪器与检查方法

1.2.1 超声检查方法 采用Mindray昆仑7超声诊断设备，彩色多普勒模式下采用SC6-2U腹部探头，频率1.2~6.0MHz。所有患者术中血管吻合完毕后，即刻应用无菌探头套包裹探头，在血管表面探查肝动脉通畅情况，选用腹部血管模式，术后7d内每日常规扫描移植肝及血管，术后7天~1月每3天检查移植肝及血管。

1.2.2 超声造影检查方法 采用Mindray昆仑7超声诊断设备，造影模式下采用SC6-2U腹部探头，频率1.2~3.6MHz，机械指数0.08。

1.3 肝动脉超声造影 当彩色多普勒未能显示肝动脉血流，立即行超声造影检查，造影剂SonoVue(声诺维)，用量2.0mL，经颈内静脉或肘正中静脉团注。超声造影时机械指数：0.08。当第一次造影对肝动脉显示不理想时，可在第一次造影5min后进行第二次超声造影检查，肝动脉走行区仍未见造影剂充盈可诊断为HAO^[3]。

1.4 胆管壁超声造影 在二维条件下选取肝门部胆管为观察对象，以周边正常肝实质为对照，切换至造影模式，嘱患者尽量屏住呼吸，团注法注入造影剂SonoVue(声诺维)混悬液2.4mL，推注造影剂完成时，即启动计时器和动态存储按键，实时动态观察胆管壁增强情况。观察时长大于2min。造影结束后回放录像，并记录胆管壁血供状况。胆管壁血流灌注良好的声像图特征为：动脉期与周围肝实质比较呈高或等增强，门静脉期及延迟期呈等或低增强。胆管壁血流灌注较差的特征为动脉期、门静脉期均为低增强。而胆管壁无血流灌注时，超声造影表现为造影各期胆管壁均无增强^[4]。

1.5 MRCP检查方法 采用GE 3.0T磁共振。线圈选择腹部体线圈。检查前空腹6~8h，训练病人屏气。利用呼吸门控、脂肪抑制及空间预置饱和技术采集图像。将各参数进行以下设定：T₁WI扫描参数：TR 500ms、TE 2.5ms；T₂WI扫描参数：TR 4000ms、TE 85ms；层厚7mm、层间距1.0mm；FOV38cm、矩阵320×220。2D-MRCP参数设置为：TR

8000ms；TE 900ms；矩阵320×288；层厚5cm；FOV 32cm，二维冠状投射扫描，以横断面胆总管为中心点，屏气状态下扫描6层图像，每层之间间隔60°；3D-MRCP参数设置为：TR 1884ms，TE 641ms，矩阵260×160，层厚3.4mm，FOV 30cm，行三维薄层冠状位容积扫描，3D-MRCP所有采集数据传输到ADW4.7后处理工作站，进行MIP、MPR多角度重建图像。

1.6 CTA检查方法 采用GE双源256排CT。将各参数进行以下设定：管电压120kV，层厚及层间距均为5mm，重建层厚及层间距均<1mm。所用对比剂为优维显，注射剂量1.5mL/kg。经肘静脉通道以4.0~5.0mL/s高压注入，随后注射生理盐水40mL。动脉期采用触发扫描模式，门静脉期和静脉期延迟时间分别为30~35、55~60s。将扫描数据传至GE工作站进行后处理。主要观察肝动脉起源及走行情况，并同时观察肝实质病变。

1.7 DSA检查方法及溶栓方法 发现HAO后立即行DSA检查。利用Seldinger穿刺技术对右股动脉穿刺插管，将4~5F造影导管沿留置血管鞘送至肝动脉，确定闭塞部位后，将微导管置于血栓闭塞处，连续注射尿激酶10万~20万单位，15min后再次造影。如肝内动脉未显影，再次重复溶栓操作。开通血管后留置微导管于肝动脉内，右股动脉留置鞘管局部包扎固定，返回病房持续尿激酶溶栓治疗(尿激酶24h用量不超过100万单位)；溶栓24h后复查超声造影了解肝内血流情况，若血流通畅，可在DSA下造影及拔管；若血流不通畅，继续溶栓，一般连续溶栓时间不超过1周。

2 结果

2.1 彩色多普勒显示情况 234例肝移植患者均按照肝动脉超声检查方案进行常规超声检查，其中222例(91.35%)提示肝动脉内可探及血流。超声检查提示有12例(5.13%)患者肝动脉探测困难，可疑闭塞。

2.2 超声造影结果 对12例肝动脉显示困难患者进行超声造影，7例患者超声造影提示肝动脉增强，5例患者超声造影未见肝动脉增强(见图1)，发生闭塞时间为术后1~9d。

2.3 CTA及DSA情况 对2例(2/5)超声造影未能显示肝动脉的患者即刻行CTA检查，CTA也未能明确显示肝动脉，随后急诊行



图1 HAO超声造影表现。图2 HAO DSA表现。图3 CTA表现。

DSA血管造影。另3例(3/5)经超声造影诊断为HAO后直接行血管造影。血管造影均证实了肝动脉吻合口处血栓形成的诊断,血管造影微导管未能通过闭塞部位(见图2)。采用DSA下将微导管放置于动脉闭塞处进行血管内溶栓,血管造影显示闭塞处虽然实现再通,但可见持续血栓形成。于是持续滴注

尿激酶(10~120)万单位/天,2例患者肝动脉溶栓成功,3例患者溶栓效果不佳,进行了狭窄处支架植入。经过2~8d溶栓,5例患者肝内动脉血流均恢复通畅,予以拔除微导管(见表2)。

表2 多模态影像诊断及治疗资料

	病例1	病例2	病例3	病例4	病例5
左肝动脉多普勒超声	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示
右肝动脉多普勒超声	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示
肝动脉超声造影	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示	未见显示
CTA	未查	未见显示	未查	未查	未见显示
DSA确诊时间	第1天	第9天	第1天	第1天	第1天
是否支架植入	有	有	有	无	无
溶栓持续时间(d)	2	8	4	4	2
溶栓剂量(万/天)	120	20	10	100	100

2.4 随访结果 经过6~16个月的规范随访,所有患者均存活,一般情况良好(见表3)。

表3 随访结果

	病例1	病例2	病例3	病例4	病例5
ALT(mmol/l)	17	32	18	54	24
AST(mmol/l)	22	22	20	89	22
TB(mmol/l)	9.6	7.4	3.6	62.8	9.4
DB(mmol/l)	6.0	2.6	1.8	38.0	3.7
ID(mmol/l)	3.6	4.8	1.8	24.8	5.7
GGTmmol/l)	264	104	61	225	132
溶栓后肝动脉	通畅,但狭窄	闭塞,胰十二指肠动脉供血	通畅,但狭窄	闭塞,右肾动脉及十二指肠动脉供血	通畅,但狭窄
胆道并发症	胆管结石,胆管炎	肝内胆管轻度扩张	胆管扩张,胆管壁增厚	胆漏,未见扩张	未见扩张
胆管壁超声造影	差	差	好	好	差

血生化结果随访:4例患者肝功能完全正常(ALT、AST、TB、ID),另1例肝功能轻度异常。但所有患者GGT均出现不同程度升高。

MRCP结果随访:5例患者中3例患者出现肝内胆管扩张,其中2例出现胆管炎改变,1例患者并发胆管结石。

CTA随访:1例患者肝内出现多发低密度病灶,内部未见增强,考虑肝脓肿形成,2例患者CTA提示肝动脉吻合口段完

全闭塞,但是肝内动脉可正常显示,通过追踪肝动脉血供来源,发现右肾动脉或胰十二指肠动脉发育出侧枝动脉给予肝脏供血(见图3)。余3例患者肝动脉吻合口段通畅,但均可见不同程度狭窄。

胆管壁超声造影:5例患者中3例患者出现胆管壁血供差,动脉期胆管壁呈低增强改变。

3 讨论

早期HAO的定义为肝移植术后1个月内发现的HAO。HAO与术后并发症显著增加相关,是造成移植物失功和患者死亡的主要原因^[5],应被视为肝移植术后危急值之一。早期HAO不仅与外科因素如血管扭曲、吻合口狭窄及血管内膜剥离有关,也与诸多非手术因素有关,包括:低供者/受者体重比、感染、免疫、凝血功能、吸烟、脑死亡供肝、年龄、性别等^[6-7]因素。早期诊断HAO并及时采取干预措施恢复肝动脉供血对于肝移植术后患者的预后具有重要积极意义。基于本研究中5例肝移植术后HAO确诊患者的诊断、治疗、预后资料,总结经验如下。

彩色多普勒超声检查已成为肝移植术后早期的常规检查,对HAO的形成有重要的预测价值。HAO发生前肝动脉血流速度及频谱可表现为正常,而后肝动脉频谱变圆钝,峰值血流速度开始减低,当肝动脉完全闭塞后,肝动脉血流信号消失^[8]。但是,传统彩色多普勒检查在诊断HAO时也存在一定局限性,例如术后早期移植肝肿大、肝动脉管径细小或痉挛、腹腔胀气等因素将导致肝动脉显示不清,从而导致结果假阳性。我院曾有多例彩色多普勒未能探及肝动脉血流信号的患者,进一步行超声造影和CT增强检查均能显示正常肝动脉。

超声造影利用Sono Vue作为对比剂来增强血液的背向散射,并利用造影谐波成像和低机械指数成像等成像技术,极大提高了血流检测的敏感度。超声造影能明显提高肝动脉的显示成功率,甚至可以避免动脉造影等有创检查。武江涛^[9]认为超声造影诊断血管栓塞的准确性甚至优于增强CT。正常肝动脉超声造影表现为显影时间和强度均高于门静脉。而HAO则表现为肝动脉走行区域始终未见显影^[10]。肝移植术后一旦发现肝动脉彩色血流信号缺失,频谱多普勒无法探及肝内肝动脉血流频谱,应立即急诊行肝脏超声造影检查,重点关注肝动脉有无显影,如仍未发现肝动脉血流灌注,应立刻报告肝移植术后超声危急值,避免一切不必要检查,争分夺秒,尽快直接行DSA检查。

DSA是诊断移植术后HAO的“金标准”,不仅能够清晰地显示HAO的部位、程度和侧支循环的情况,还可在诊断的同时进行介入溶栓治疗。HAO的治疗选择包括肝动脉重建和再移植。肝动脉重建是手术再吻合、取栓或血管内治疗,如动脉内溶栓和经皮腔内血管成形术,包括/不包括支架置入或球囊扩张。虽然再移植是传统的HAO治疗方案,但在器官短缺的我国,及时进行再移植可能是不可行的。

Zhang等^[11]对34例HAT患者在DSA下接受尿激酶溶栓治疗。溶栓治疗技术的临床成功率为91%(31/34),肝动脉在1年、2年、3年和5年的通畅率分别为96%、93%、83%和83%。Murata等^[12]对9例HAT患者进行血管内溶栓治疗,其中77.8%(7/9)患者取得了溶栓成功。本研究中,采用DSA下将微导管放置于动脉闭塞处进行血管内溶栓,血管造影显示闭塞处虽然实现再通,但可见持续性血栓形成。于是持续滴注尿激酶(10~120)万单位/天,3例患者溶栓效果不佳,进行

了狭窄处支架植入。经过2~8天溶栓,肝内血流通畅,予以拔除微导管。

血管内溶栓或外科血管重建术常常是HAO的一线治疗方案。通过血管内溶栓或外科手术进行动脉血管重建术可以快速恢复肝动脉血供,避免移植肝失功,并改善肝移植术后早期HAO患者的预后^[13]。大多数研究显示,肝移植术后HAT患者使用血管内尿激酶或肝素治疗,溶栓成功率较高,但存在腹腔出血的风险^[14]。本研究5例病例中,早期经过DSA血管溶栓均取得较好的效果,但是经过6~16个月的随访,通过CTA发现,2例患者肝动脉吻合口处完全闭塞,但是肝内动脉显影良好,肝内动脉与右肾动脉及十二指肠动脉形成了侧支循环。3例患者肝动脉吻合口通畅,但是均存在50%以上的狭窄。

侧支循环的建立具有重要的代偿意义,又称为“代偿性循环”。肝动脉血流通路除了经典的腹腔动脉-肝总动脉,还可能存在10个该通道以外的肝外侧支循环^[15],侧支循环正常情况下并不开放。肝移植术后HAO/HAT导致远端肝组织供血不足,在乳酸等代谢产物的刺激下,侧支循环血管壁平滑肌发生松弛、扩张、延长等适应性改变,使原来细小的血管增粗增大,但值得注意的是,侧支循环的建立是渐进性的,既往研究发现,HAT后肝动脉侧支动脉最早可在术后2~3周被影像学技术发现^[16-17],侧支动脉多发来自于膈下动脉、肠系膜上动脉、腹腔动脉、胃左动脉及胰背动脉^[18]。

HAS或HAO可诱发胆道系统缺血性损伤,导致胆道扩张、坏死和感染^[19]。本研究5例患者中,胆道特异性指标GGT均有不同程度升高。通过MRCP观察,4例患者(4/5)发生了胆管扩张,1例患者(1/5)出现胆漏,1例患者(1/5)出现胆管结石并胆管炎、胆汁瘤。1例患者(1/5)出现单纯胆管炎。胆管壁超声造影提示,3例患者胆管壁血供差。

肝动脉完全闭塞并不总是会严重的肝缺血性损伤^[20],本研究中5例患者,除了早期经历短暂的肝功能异常,长期随访发现4例患者术后1年肝功能指标(ALT、AST、TB、ID)均完全正常,1例患者随访6个月,肝功能也逐步接近正常,移植物功能良好,不需要再次移植。

与择期肝移植和择期再移植相比,急诊肝移植特别是急诊再移植往往与较低的患者生存率和移植物存活率相关^[21-23]。考虑到本研究5例HAO患者介入溶栓的结局没有想象中的那么糟糕,预后均较好,患者可能并不需要常规进行高风险的紧急再移植。因此,本研究建议当患者彩色多普勒无法探及肝动脉血流信号时,立刻进行肝动脉超声造影,当超声造影仍然不能观察到肝动脉显影时,应当果断进行DSA检查,并进行肝动脉溶栓治疗。

肝动脉持续性恢复血供后的一周内,仍要坚持每天行超声检查,前后对比肝动脉血流信号的充盈情况、频谱测量肝动脉血流动力学指数是否在正常范围,如肝内肝动脉血流灌注正常,则至少还要行一次胆管壁超声造影检查,观察胆管壁的血供情况。肝动脉保持一定程度的持续性灌注对于肝移植术后患者极为重要,从本研究5例病例的预后来看,即使其

中2例最终仍然不可避免地发生了HAO，但是，维持移植术后肝动脉至少2周左右的肝动脉灌注为胰十二指肠动脉、右肾动脉等肝动脉侧支循环的建立争取了宝贵的时间窗口期，使得移植肝脏顺利完成了侧支循环替代肝动脉主干供血的任务，从而保证了移植肝功能的稳定，决定了最终患者预后的良好。

参考文献

- [1] Li Z W, Wang M Q, Zhou N X, et al. Interventional treatment of acute hepatic artery occlusion after liver transplantation[J]. *Hepatobiliary, Pancreat Dis Int*, 2007, 6(5): 474-478.
- [2] Rogowska M, Krawczyk M, Patkowski W, et al. Percutaneous angioplasty for early hepatic artery thrombosis after orthotopic liver transplantation--case report[J]. *Przegl Lek*, 2012, 69(7): 390-392.
- [3] 卢强, 钟晓绯, 凌文武, 等. 超声造影在肝移植术后肝动脉血栓诊断中的应用[J]. *器官移植*, 2014, 5(2): 79-84.
- [4] 任杰, 郑荣琴. 肝移植术后胆道并发症的超声诊断进展[J]. *器官移植*, 2016, 7(3): 167-170.
- [5] 李志伟, 王茂强, 刘哲, 等. 肝移植术后急性肝动脉闭塞的介入治疗[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2006(5): 303-305.
- [6] 鲍邦和, 张帆, 木塔力甫·斯莱曼, 等. 成人肝移植术后早期肝动脉血栓形成的非手术因素[J]. *腹部外科*, 2020, 33(6): 474-477, 487.
- [7] Li Y, Nieuwenhuis L M, Werner M J M, et al. Donor tobacco smoking is associated with postoperative thrombosis after primary liver transplantation[J]. *J Thromb Haemost*, 2020, 18(10): 2590-2600.
- [8] 周涛, 江峰. 彩色多普勒超声在肝移植术后血管并发症中的临床应用[J]. *安徽医学*, 2011, 32(7): 1029-1032.
- [9] 武红涛. 器官移植术后超声监测的影像学分析[J]. *实用器官移植电子杂志*, 2019, 7(6): 482.
- [10] 刘龙, 杜联芳, 史秋生. 超声造影评价儿童活体肝部分移植术中及术后血栓形成的应用价值[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2016, 13(9): 646-650.
- [11] Zhang H, Qian S, Lin R, et al. Interventional Treatment for Hepatic Artery Thrombosis after Liver Transplantation[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2017, 28(8): 1116-1122.
- [12] Murata Y, Mizuno S, Kato H, et al. Technical Feasibility and Clinical Outcomes of Interventional Endovascular Treatment for Hepatic Artery Thrombosis After Living-donor Liver Transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2016, 48(4): 1142-1148.
- [13] Hsiao C Y, Ho C M, Wu Y M, et al. Management of early hepatic artery occlusion after liver transplantation with failed rescue[J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(44): 12729-12734.
- [14] Lee I J, Kim S H, Lee S D, et al. Feasibility and midterm results of endovascular treatment of hepatic artery occlusion within 24 hours after living-donor liver transplantation[J]. *J Vasc Intervent Radiol*, 2016, 28(2): 269-275.
- [15] 邹英华, 李松年. 肝动脉血供与其侧支循环[J]. *国外医学(临床放射学分册)*, 1988(4): 193-195.
- [16] Gu L H, Li F H, Xia Q, et al. Diagnosis and outcomes of collateral arterial formation after irreversible early hepatic artery thrombosis in pediatric liver recipients[J]. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*, 2017, 16(1): 39-44.
- [17] Stringer M D, Marshall M M, Muiesan P, et al. Survival and outcome after hepatic artery thrombosis complicating pediatric liver transplantation[J]. *J Pediatr Surg*, 2001, 36(6): 888-891.
- [18] Yang L, Zhang X M, Ren Y J, et al. The features of extrahepatic collateral arteries related to hepatic artery occlusion and benefits in the transarterial management of liver tumors[J]. *Radiol Res Pract*, 2013, 2013: 535272.
- [19] 姜楠, 汪根树, 张剑, 等. 肝移植术后肝动脉狭窄的防治策略[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2010(10): 745-747.
- [20] Qian H G, Leng J H, et al. Ischemic liver injury after complete occlusion of hepatic artery in the treatment of delayed postoperative arterial bleeding[J]. *J Gastrointest Surg*, 2015, 19(12): 2235-2242.
- [21] Takeda K, Tanaka K, Kumamoto T, et al. Emergency versus elective living-donor liver transplantation: a comparison of a single center analysis[J]. *Surgery Today*, 2012, 42(5): 453.
- [22] Montenovolo M I, Hansen R N, Dick, AAS. Outcomes of adult liver re-transplant patients in the model for end-stage liver disease era: is it time to reconsider its indications?[J]. *Clin Transplant*, 2015, 28(10): 1099-1104.
- [23] 白洋, 宋世兵, 修典荣, 等. 再次肝移植手术临床病例分析: 附六例[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2008(10): 688-690.