

❖腹部影像学

Bedside color and pulse Doppler (duplex) ultrasound for evaluating post orthotopic liver transplantation complications

HUANG Yuan, WANG Zhihui, LIU Yani, CUI Xinwu*

(Department of Medical Ultrasound, Tongji Hospital, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of bedside color and pulse Doppler (duplex) ultrasound for evaluating post orthotopic liver transplantation (OLT) complications. **Methods** Data of 65 patients who underwent OLT and bedside abdominal duplex ultrasound were retrospectively analyzed. On the first day, the third day and seventh day post OLT, hepatic parenchymal echo and blood flow tracts such as proper hepatic artery and portal vein were observed, portal venous peak velocity (PVPV), peak systolic velocity (PSV) and resistance index (RI) of graft portal hepatic artery were measured. According to abdominal enhanced CT, CT angiography (CTA), contrast-enhanced ultrasound (CEUS), clinical intervention (including immunosuppressant enhancement and secondary transplantation) or pathological results, receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn, and area under the curve (AUC) was calculated to evaluate the efficacy of PSV ($PSV_{7th\ day}$) and RI ($RI_{7th\ day}$) in the first week after OLT for diagnosing OLT complications. **Results** For all 65 cases, on the first day, the third day and seventh day after OLT, PVPV was 71.00 (45.50, 96.50), 57.50 (42.00, 71.00) and 50.00 (33.00, 66.00) cm/s, respectively, RI was 0.68 ± 0.16 , 0.69 ± 0.17 and 0.66 ± 0.13 , respectively, both were not significantly different among different time points ($H=5.475$, $P=0.065$; $F=0.964$, $P=0.501$). Meanwhile, PSV was 63.00 (44.50, 89.00), 47.00 (31.50, 64.50) and 50.00 (38.25, 64.75) cm/s, respectively, being significantly different among different time points ($H=7.313$, $P=0.026$). One week after OLT, normal PSV was found in 46 cases, while decreased PSV (<25 cm/s) and increased PSV (>100 cm/s) was noticed in 1 and 18 cases, respectively, whereas normal RI, decreased RI (<0.5) and increased RI (>0.7) was noticed in 18, 11 and 36 cases, respectively. Post OLT complications occurred in 36 cases. AUC of $PSV_{7th\ day}$ for diagnosing post OLT complications was 0.561, of $RI_{7th\ day}$ was 0.699, and of $PSV_{7th\ day}$ combined with $RI_{7th\ day}$ was 0.732, and the latter was not significantly different with AUC of $RI_{7th\ day}$ alone ($Z=0.290$, $P>0.05$). **Conclusion** Bedside duplex ultrasound could be used to monitor arterial flow signals and transplanted hepatic artery RI after OLT, hence effectively diagnose post OLT complications.

[Keywords] liver transplantation; ultrasonography, Doppler, duplex; postoperative complications

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.03.013

床旁彩色及脉冲多普勒(双功能)超声评估 原位肝移植术后并发症

黄媛, 王志辉, 刘娅妮, 崔新伍*

(华中科技大学附属同济医院超声影像科, 湖北 武汉 430030)

[摘要] **目的** 观察床旁彩色及脉冲多普勒(双功能)超声评估原位肝移植(OLT)术后并发症的价值。**方法** 回顾性分析 65 例接受 OLT 患者术后第 1、3、7 天床旁腹部双功能超声检查资料, 评估肝脏实质回声及肝固有动脉及门静脉等血流束, 测量门静脉峰值流速(PVPV)、肝动脉主干收缩期血流峰值流速(PSV)及血流阻力指数(RI)。根据腹部 CT 增强、CT 血管成

[第一作者] 黄媛(1988—), 女, 湖北咸宁人, 硕士, 主治医师。研究方向: 超声弹性成像。E-mail: huang9yuan12@163.com

[通信作者] 崔新伍, 华中科技大学附属同济医院超声影像科, 430030。E-mail: cuixinwu@live.cn

[收稿日期] 2023-10-30 [修回日期] 2023-12-30

像(CTA)、超声造影(CEUS)、临床干预(包括增强免疫抑制剂和二次移植手术)或病理结果,绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC),评估以 OLT 后第 7 天内超声所测 PSV($PSV_{第7天}$)及 RI($RI_{第7天}$)判断有无并发症的效能。结果 65 例 OLT 后第 1、3 及 7 天,PVPV 分别为 71.00(45.50,96.50)、57.50(42.00,71.00)及 50.00(33.00,66.00)cm/s,RI 分别为 0.68 ± 0.16 、 0.69 ± 0.17 、 0.66 ± 0.13 ,各时间点间 PVPV 及 RI 差异均无统计学意义($H=5.475$ 、 $P=0.065$ 、 $F=0.964$ 、 $P=0.501$);PSV 分别为 63.00(44.50,89.00)、47.00(31.50,64.50)及 50.00(38.25,64.75)cm/s,各时间点差异有统计学意义($H=7.313$ 、 $P=0.026$)。65 例中,PSV 正常 46 例、偏低($PSV < 25$ cm/s)1 例、偏高($PSV > 100$ cm/s)18 例;RI 正常 18 例、偏低($RI < 0.5$)11 例、偏高($RI > 0.7$)36 例。36 例出现 OLT 后并发症。以 $PSV_{第7天}$ 诊断 OLT 后并发症的 AUC 为 0.561, $RI_{第7天}$ 为 0.699, $PSV_{第7天}$ 联合 $RI_{第7天}$ 为 0.732,与单独 $RI_{第7天}$ 差异无统计学意义($Z=0.290$ 、 $P>0.05$)。结论 利用床旁双功能超声监测移植肝动脉主干血流信号及 RI 可有效评估 OLT 后并发症。

[关键词] 肝移植; 超声检查,多普勒,双功能; 手术后并发症

[中图分类号] R575; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2024)03-0383-04

原位肝移植(orthotopic liver transplantation, OLT)是治疗终末期肝脏疾病的有效方法之一^[1]。彩色多普勒超声检查因具有无创灵活、实时动态等特点,为观察移植前后及术中移植肝血流动力学提供重要方法^[2]。OLT 患者术后需制动管理,床旁超声^[3]成为监测围手术期患者移植肝血管(如肝动脉微血栓或出血、门静脉梗阻或栓塞)及非血管并发症(如血肿、胆管病变、排斥反应)的首选方法,彩色及脉冲多普勒(双功能)超声能测量病变动脉收缩期、舒张期峰值流速及加速时间等多普勒血流频谱参数,从而获得其阻力指数(resistance index, RI)^[4]及波形特征,可为评估移植排斥反应及早期血管并发症等提供线索^[5]。本研究评估床旁双功能超声对评估 OLT 术后并发症的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集 2014 年 11 月—2023 年 9 月于华中科技大学附属同济医院 65 例因原发性肝癌、肝硬化或经反复治疗无效爆发性肝炎而接受 OLT 患者,男 58 例、女 7 例,年龄 12~76 岁、平均(48.4 ± 13.3)岁;均于 OLT 后第 1、3 天及 7 天接受床旁腹部双功能超声检查。本研究经院伦理委员会批准(TJ-C20180801),检查前患者家属均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Philips CX50 彩色多普勒超声仪或 Vivid i 便携式超声诊断仪、频率 1~5 MHz 腹部探头 C5-1 行床旁腹部超声检查,使声束与血管夹角 $< 60^\circ$,观察肝脏实质回声及肝固有动脉及门静脉等血流束有无异常,测量门静脉峰值流速(portal venous peak velocity, PVPV)、肝固有动脉收缩期血流峰值速度(peak systolic velocity, PSV)(正常参考范围 25~100 cm/s)及 RI(正常参考范围 0.50~0.70)^[6-7];若任意次 PSV 或 RI 测值异常,则判定该指标异常。对肝功能异常者增加超声检查频率。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 27.0 统计分析软件。以

$\bar{x} \pm s$ 表示正态分布的计量资料,组间行单因素方差检验;以中位数(上下四分位数)描述偏态分布的计量资料,组间行 Kruskal-Wallis H 检验及两两多重比较。以同期腹部 CT 增强、CT 血管成像(CT angiography, CTA)、超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)、临床干预(包括增强免疫抑制剂和二次手术)或移植肝病理结果为参考,绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC),评估以 OLT 后第 7 天超声所获 $PSV_{第7天}$ 及 $RI_{第7天}$ 判断有无术后并发症的效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

65 例 OLT 后第 1、3 天及 7 天,床旁双功能超声所测 PVPV 分别为 71.00(45.50,96.50)、57.50(42.00,71.00)及 50.00(33.00,66.00)cm/s,动脉 RI 分别为 0.68 ± 0.16 、 0.69 ± 0.17 、 0.66 ± 0.13 ,各时间点 PVPV 及 RI 差异均无统计学意义($H=5.475$ 、 $P=0.065$ 、 $F=0.964$ 、 $P=0.501$);肝固有动脉 PSV 分别为 63.00(44.50,89.00)、47.00(31.50,64.50)及 50.00(38.25,64.75)cm/s,各时间点总体差异有统计学意义($H=7.313$ 、 $P=0.026$),OLT 后第 1 天肝固有动脉 PSV 低于 OLT 后第 3 天($P < 0.05$),其余时间点差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。

65 例中,PSV 正常 46 例、偏低($PSV < 25$ cm/s)1 例、偏高($PSV > 100$ cm/s)18 例;RI 正常 18 例、偏低($RI < 0.5$)11 例、偏高($RI > 0.7$)36 例。

根据同期腹部增强 CT、CTA、CEUS、临床或病理学检查结果,65 例中,36 例出现 OLT 后并发症,包括增强免疫抑制剂 18 例、血管异常灌注 3 例、肝内感染 3 例、肝内缺血灶 2 例、弥散性血管内凝血 2 例、吻合口出血、移植肝动脉起始段狭窄合并胆总管狭窄和近端胆管扩张、胆管扩张、胆瘘、排斥反应、疑诊胆瘘、急性

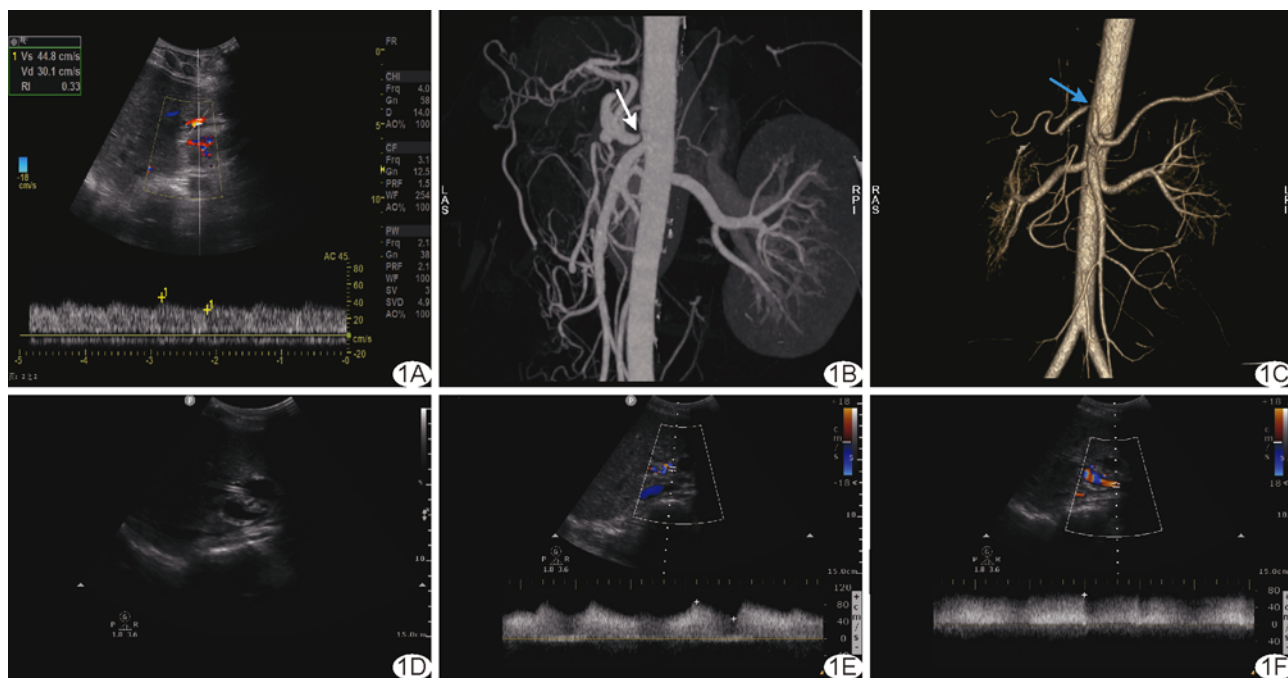


图 1 患者男, 30 岁, OLT 术后第 7 天移植肝动脉狭窄合并胆总管狭窄和近端胆管扩张 A. 床旁脉冲多普勒图示移植肝吻合口近端胆管扩张, 肝固有动脉频谱呈小慢波, PSV 为 92.30 cm/s, RI 为 0.27; B, C. 腹主动脉 CTA 原始图(B)及三维重建图(C)示肝动脉起始处稍狭窄(箭示狭窄); D. 予激素治疗及胆管引流 1 周后二维超声图示胆管扩张稍改善; E, F. 治疗 1 周后脉冲多普勒频谱图, 肝固有动脉 PSV 为 88.30 cm/s, RI 为 0.46; 门静脉吻合口处 PVPV 为 70.10 cm/s

肝衰竭及肝动脉吻合口狭窄(二次手术)各 1 例; 见图 1。36 例中, 27 例 PSV_{第7天} 正常、1 例 PSV_{第7天} 偏低、8 例 PSV_{第7天} 偏高, 提示 9 例存在 OLT 后并发症; 4 例 RI_{第7天} 正常、7 例 RI_{第7天} 偏低、25 例 RI_{第7天} 偏高, 提示 32 例发生 OLT 后并发症。

ROC 曲线显示, 以 PSV_{第7天} 诊断 OLT 后并发症的敏感度 25.00% (9/36), 特异度为 65.52% (19/29), AUC 为 0.561; RI_{第7天} 的敏感度为 88.89% (32/36), 特异度为 48.28% (14/29), AUC 为 0.699; 二者联合敏感度为 91.67% (33/36), 特异度为 86.21% (25/29), AUC 为 0.732。单独 RI_{第7天} 与其联合 PSV_{第7天} 的 AUC 差异无统计学意义 ($Z=0.290, P>0.05$)。见图 2。

3 讨论

排斥反应是 OLT 后常见并发症, 而在接受免疫抑制药物治疗的 OLT 后患者中, 急性排斥症状可不明显。OLT 后, 临床常以急诊床旁超声动态监测移植肝存活情况。超声可检出门静脉高压或血管梗阻部位流速改变等^[5-6,8], 有助于敏感识别移植肝异常, 对判断 OLT 后有无并发症有较高价值, 有利于临床及时采取干预措施帮助患者平稳度过围手术期。

OLT 后 2 周内, 在监测排斥反应的同时早期发现肝动脉狭窄可避免缺血所致移植肝失功^[9], 且有助于及

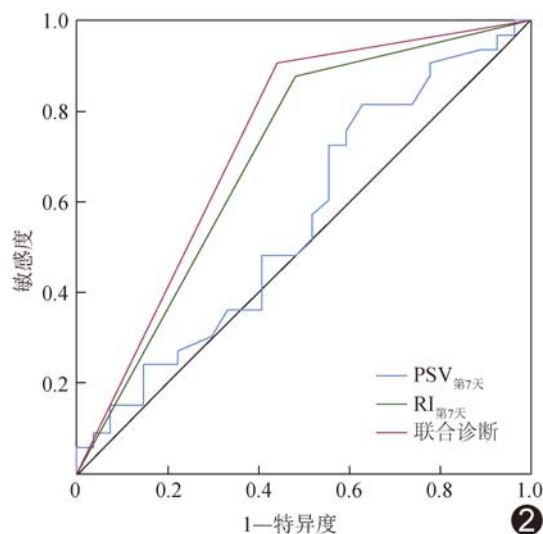


图 2 单独 PSV_{第7天}、RI_{第7天} 及其联合诊断 OLT 后发生并发症的 ROC 曲线

时处理动脉血栓、压迫及胆道感染等并发症^[10]。既往研究^[5]根据 RI 评估移植肾排斥反应, 发现在常规超声判断移植肾正常患者中, 频谱多普勒超声检出急性排斥反应的敏感度高达 92%。有学者^[2]认为测量肝动脉主干或肝内动脉峰值流速能为评估移植肝缺血提供有效参考。OLT 后门静脉及肝动脉血流速度变化可能与汇管区急性期水肿有关, 需注意分析门静脉低灌

注原因^[11]。本研究,OLT 后第 3 天肝动脉 PSV 及 PVPV 下降,至第 7 天 PSV 有所回升而 PVPV 仍下降,但术后 1 周内各时间点 PVPV 及 PSV 差异均无统计学意义;术后第 3 天肝动脉 RI 升高而第 7 天稍降,但总体差异无统计学意义,可能与术后早期急性排斥反应不明显有关。

本研究 ROC 曲线显示,以 PSV_{第7天} 诊断 OLT 后并发症的 AUC 为 0.561,RI_{第7天} 的 AUC 为 0.699;二者联合的 AUC 为 0.732。单独 RI_{第7天} 诊断效能与其联合 PSV_{第7天} 相当,提示 OLT 后移植肝动脉 PSV 不能单独用于判断有无肝动脉狭窄或肝移植排异反应等并发症,需结合 RI 进行诊断。

OLT 术后进行超声扫查时,应使取样线方向与目标血管走行方向一致,选择测量部位时,应避开曲度较大血管段,以免影响 RI 测值。OLT 后 RI 偏高且 PSV 明显增高提示移植肝动脉狭窄,如疑诊肝脏缺血,应行血管造影进一步检查^[9]。移植肝动脉管径偏宽但血流灌注充足亦可造成单纯 RI 偏低,本组 1 例术后出血表现为肝动脉 RI 减低而 PSV 升高。OLT 后 RI 降低且 PSV 偏低提示肝动脉狭窄(若动脉加速时间延长,频谱变钝提示发生急性排斥反应),或因门静脉窃血量增大而致胆管血供减少,或出现胆管瘢痕、胆道瘘及胆系感染等继发改变^[12]。OLT 后单纯 RI 偏高但 PSV 正常提示轻度排异反应,多可在监测过程恢复正常。OLT 后 1 周,RI 偏高且血白细胞增多提示移植排异反应,通过加强免疫抑制剂治疗^[13] 或将全身用药改为局部外用免疫抑制剂可在减轻肝外感染的同时维持移植肝抗排异治疗。OLT 后早期 RI 增高并 PSV 或 PVPV 明显增高提示移植肝动脉壁水肿并致狭窄,可予激素冲击治疗;若 RI 持续降低,则需排除肝脏灌注不足可能,密切监测以明确诊断^[14]。本组 1 例因肝门静脉及胆管吻合口相对狭窄致 PVPV 降低,CTA 显示肝动脉狭窄,予激素治疗并行胆管引流,之后 1 周门静脉血流速度有所恢复、引流管通畅,肝功能逐步恢复。

总之,OLT 后早期以床旁双功能超声监测动脉主干血流信号及移植肝动脉 RI 可评估并发症,为临床提供治疗决策信息。但本研究为单中心回顾性观察,样本量小、并发症类型少,有待进一步分析。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:黄媛查阅文献、数据分析、统计分析、撰写文章;王志辉查阅文献、指导;刘娅妮和崔新伍审阅文章。

[参考文献]

- [1] CHUNG H S, LEE Y J, JO Y S. Proposal for a new predictive model of short term mortality after living donor liver transplantation due to acute liver failure[J]. *Ann Transplant*, 2017, 22:101-107.
- [2] ABDELAZIZ O, ATTA H. Doppler ultrasonography in living donor liver transplantation recipients: Intra- and post-operative vascular complications[J]. *World J Gastroenterol*, 2016, 22(27): 6145-6172.
- [3] MILLER D L, ABO A, ABRAMOWICZ J S, et al. Diagnostic ultrasound safety review for point-of-care ultrasound practitioners[J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(6):1069-1084.
- [4] 王天驰,唐缨,王众,等.超声监测移植肾功能及鉴别肾功能异常组织学类型[J]. *中国医学影像技术*, 2023, 37(4):577-581.
- [5] TEEGEN E M, DENECKE T, EISELE R, et al. Clinical application of modern ultrasound techniques after liver transplantation[J]. *Acta Radiol*, 2016, 57(10):1161-1170.
- [6] RUBENTHALER J, PAPROTTKA K J, HAMEISTER E, et al. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) prediction of focal liver lesions in patients after liver transplantation in comparison to histopathology results[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2017, 66(4):303-310.
- [7] JAMIESON L H, ARYS B, LOW G, et al. Doppler ultrasound velocity an resistive indexes immediately after pediatric liver transplantation: Normal ranges and predictors of failure[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 203(1):W110-W116.
- [8] 卢春雨,唐少珊.彩色多普勒超声联合超声造影评价 TIPS 术后支架通畅性[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2019, 16(5):275-279.
- [9] FRONGILLO F, LIROSI M C, NURE E, et al. Diagnosis and management of hepatic artery complications after liver transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2015, 47(7):2150-2155.
- [10] BALCI D, AHN C S. Hepatic artery reconstruction in living donor liver transplantation[J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2019, 24(5):631-636.
- [11] MA L, LU Q, LUO Y. Vascular complications after adult living donor liver transplantation: Evaluation with ultrasonography[J]. *World J Gastroenterol*, 2016, 22(4):1617-1626.
- [12] TEEGEN E M, DENECKE T, SCHMUCK R B, et al. Impact of Doppler ultrasound on diagnosis and therapy control of lienalis steal syndrome after liver transplantation[J]. *Ann Transplant*, 2017, 22:440-445.
- [13] HAN E S, NA G H, CHOI H J, et al. Effectiveness of perioperative immunologic markers monitoring for predicting early acute cellular rejection after living donor liver transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2019, 51(8):2648-2654.
- [14] 何颖倩,杜联芳,邢晋放,等.常规超声及超声造影评价不同肾功能移植肾的血流灌注[J]. *中国医学影像技术*, 2009, 25(10): 1856-1859.