

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.09.003
文章编号: 1005-8982 (2023) 09-0012-06

急性肾损伤专题·论著

超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测价值*

刘小蓝, 张亚庆, 麦湘湘, 孙章秀

(海南医学院第二附属医院 超声医学科, 海南 海口 570311)

摘要: **目的** 探究超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测价值。**方法** 选取2019年1月—2022年1月在海南医学院第二附属医院57例接受肾移植治疗的肾衰竭患者。采用彩色多普勒超声检测肾椎体叶间动脉、肾段动脉、肾主动脉的相关血流参数(搏动指数、阻力指数和峰值流速);采用实时剪切波弹性成像检查肾皮质、髓质、肾窦的弹性模量。术后随访6个月,根据患者是否发生急性肾损伤分为急性肾损伤组和非急性肾损伤组。采用多因素Logistic逐步回归模型分析肾移植后急性肾损伤的危险因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测效能。**结果** 57例接受肾移植治疗的肾衰竭患者术后发生急性肾损伤14例,发生率为24.56%。急性肾损伤组肾长径短于非急性肾损伤组($P < 0.05$)。急性肾损伤组肾椎体叶间动脉的搏动指数、阻力指数、肾皮质弹性模量均高于非急性肾损伤组($P < 0.05$)。多因素Logistic逐步回归分析结果显示,肾椎体叶间动脉搏动指数增加[OR = 3.522(95% CI: 1.203, 10.304)]、阻力指数增加[OR = 3.294(95% CI: 1.125, 9.637)]、肾皮质弹性模量增加[OR = 3.016(95% CI: 1.031, 8.825)]均是肾移植后急性肾损伤的危险因素($P < 0.05$),肾长径增加[OR = 3.418(95% CI: 1.168, 9.998)]是肾移植后急性肾损伤的保护因素($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果显示,肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量单一及联合预测肾移植后急性肾损伤的敏感性分别为71.4%(95% CI: 0.420, 0.904)、60.7%(95% CI: 0.326, 0.836)、71.4%(95% CI: 0.420, 0.904)、85.7%(95% CI: 0.562, 0.975);特异性分别为74.4%(95% CI: 0.585, 0.859)、60.5%(95% CI: 0.445, 0.746)、60.5%(95% CI: 0.446, 0.746)、72.1%(95% CI: 0.561, 0.842);AUC分别为0.740(95% CI: 0.575, 0.905)、0.648(95% CI: 0.477, 0.818)、0.718(95% CI: 0.573, 0.862)、0.803(95% CI: 0.642, 0.964)。**结论** 超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数可用于预测肾移植后急性肾损伤,尤其肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量对肾移植后急性肾损伤的预测效能较高。

关键词: 肾移植;急性肾损伤;实时剪切波弹性成像;搏动指数;阻力指数;弹性模量

中图分类号: R692.6

文献标识码: A

Evaluation of ultrasound hemodynamic parameters and real-time shear wave elastography quantitative parameters for acute renal injury after renal transplantation*

Liu Xiao-lan, Zhang Ya-qing, Mai Xiang-xiang, Sun Zhang-xiu

(Department of Ultrasound Medicine, The Second Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou, Hainan 570311 China)

Abstract: Objective To explore the value of ultrasound hemodynamic parameters and real-time shear wave elastography quantitative parameters in evaluating acute renal injury after renal transplantation. **Methods** Between January 2019 and January 2022, 57 patients with renal failure who received renal transplantation in the Second

收稿日期: 2022-09-27

* 基金项目: 海南省自然科学基金(No:819MS114); 海南省卫生健康行业科研项目(No:20A200366)

Affiliated Hospital of Hainan Medical College received color Doppler ultrasound to detect the blood flow signals (pulsation index, resistance index, and peak flow rate) of the interlobar artery, segmental artery and aorta, and to examine the modulus of elasticity values of the renal sinus, renal column, medulla, and renal cortex through real-time shear wave elastography. The patients were followed up for 6 months. They were divided into acute renal injury group and non acute renal injury group according to whether the patients had acute renal injury. To analyze the risk factors of acute renal injury after renal transplantation, and evaluate the predictive efficacy of ultrasound hemodynamic parameters and real-time shear wave elastography quantitative parameters for acute renal injury after renal transplantation. **Results** Among 57 patients with renal failure receiving renal transplantation, 14 had acute renal injury after operation, the incidence was 24.56%. The renal length and diameter in the acute renal injury group were shorter than those in the non acute renal injury group ($P < 0.05$). The pulsation index, resistance index, and elastic modulus of renal cortex in the acute renal injury group were higher than those in the non acute renal injury group ($P < 0.05$). Multivariate results showed that the increased pulsation index [$\hat{OR} = 3.522$ (95% CI: 1.203, 10.304)], resistance index [$\hat{OR} = 3.294$ (95% CI: 1.125, 9.637)], and modulus of elasticity [$\hat{OR} = 3.016$ (95% CI: 1.031, 8.825)] of renal cortex were all risk factors for acute renal injury after renal transplantation ($P < 0.05$). The increase of renal length [$\hat{OR} = 3.418$ (95% CI: 1.168, 9.998)] was the protective factor of acute renal injury after renal transplantation ($P < 0.05$). The results of ROC analysis showed that the sensitivity of the pulsation index, resistance index, and modulus of elasticity of renal cortex in predicting acute renal injury after renal transplantation were 71.4% (95% CI: 0.420, 0.904), 60.7% (95% CI: 0.326, 0.836), 71.4% (95% CI: 0.420, 0.904), and 85.7% (95% CI: 0.562, 0.975), respectively; The specificity was 74.4% (95% CI: 0.585, 0.859), 60.5% (95% CI: 0.445, 0.746), 60.5% (95% CI: 0.446, 0.746), and 72.1% (95% CI: 0.561, 0.842), respectively; AUC were 0.740 (95% CI: 0.575, 0.905), 0.648 (95% CI: 0.477, 0.818), 0.718 (95% CI: 0.573, 0.862), and 0.803 (95% CI: 0.642, 0.964), respectively. **Conclusion** Ultrasound hemodynamic parameters and real-time shear wave elastography quantitative parameters can be used to predict the acute renal injury after renal transplantation, especially the pulsation index, resistance index, and elastic modulus of renal cortex of the interlobular artery are more effective in predicting the acute renal injury after renal transplantation.

Keywords: kidney transplantation; acute kidney injury; real time shear wave elastic imaging; beat index; resistance index; modulus of elasticity

肾移植是目前国内外治疗肾衰竭最直接、有效的方法,可有效减轻解肾功能失代偿后身体代谢产物对全身脏器造成的负担,改善患者预后^[1-2]。然而移植肾作为机体外来器官,肾移植后长期受到宿主细胞的免疫排斥反应及自身抗体介导的排斥反应的影响,导致移植肾代谢功能减退甚至丧失^[3-4]。移植肾功能丧失或急性肾损伤的发生均与移植肾的血液循环失衡密切相关^[5]。此外,研究发现^[6-7],肾移植后急性肾损伤的病理特点以肾小管萎缩及间质纤维化等为主,而肾小管萎缩及间质纤维化的改变在微观、宏观上往往以生物组织弹性信息的改变出现。超声血流动力学检测和实时剪切波弹性成像检查均以医学超声技术为基础,可分别评估血流动力改变和生物组织弹性变化,在肝纤维化、肝硬化等领域均取得了一定的成绩^[8]。但目前关于超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数联合评估肾移植后急性肾损伤的研究鲜有报道。基于此,本研究采用前瞻性

研究,分析超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测价值,为后续研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年1月—2022年1月在海南医学院第二附属医院接受肾移植治疗的肾衰竭患者57例。其中,女性21例,男性36例;年龄29~63岁,平均 (47.13 ± 7.02) 岁。纳入标准:①符合《中国活体供肾移植临床指南》^[9]的肾衰竭的临床诊断标准;②年龄>18岁;③入组前1周内完成肾移植;④治疗依从性及遵医行为良好。排除标准:①肾移植失败或围手术期死亡;②合并恶性肿瘤;③合并多器官衰竭综合征;④合并急性心肌梗死、急性脑卒中等急性心脑血管疾病;⑤精神病、癫痫等神经功能异常;⑥妊娠、哺乳期女性。本研究经

医院医学伦理委员会审批,患者及家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 收集患者的临床资料 包括年龄、性别、体质量指数、合并症(糖尿病、高血压)、移植肾源、肾长径、肾短径等。

1.2.2 超声指标检测 ①血流检测:患者取平卧位,二维超声模式观察移植肾位置、大小、回声、肾周积液等基础情况。采用彩色多普勒超声技术分别检测肾椎体两侧叶间动脉、肾段动脉和肾主动脉肾门处的血流信号,包括搏动指数、阻力指数和峰值流速。取样时血流方向与声束夹角 $< 30^\circ$,各组织部位重复取样3次,计算平均值。②实时剪切波弹性成像检查:超声血流信号检测完成后调至实时剪切波弹性成像模式,选择移植肾中部为感兴趣区,取样框垂直于肾被膜。嘱患者屏气3 s进行检查,系统Q-BOX功能自动读取并记录肾皮质、髓质、肾窦的弹性模量值,统一取样框重复测量3次,计算平均值。检测仪器:美国飞利浦EPIQ 7型超声诊断仪,凸阵探头频率3~5 MHz。

1.2.3 急性肾损伤诊断 所有患者入组后通过病房查房、门诊复查方法随访6个月,参考全球肾脏病预后组织(Kidney Disease Improving Global

Outcomes, KDIGO)^[10]的急性肾损伤的诊断标准:血肌酐增高 ≥ 1.5 倍基础值(且经推断或明确血肌酐水平升高在7 d内发生),并将其分为急性肾损伤组和非急性肾损伤组。

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 23.0统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用 t 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较采用 χ^2 检验;绘制受试者工作特征(ROC)曲线;影响因素的分析采用多因素Logistic逐步回归模型。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

57例接受肾移植治疗的肾衰竭患者术后发生急性肾损伤14例,发生率为24.56%,血肌酐157.41~485.33 $\mu\text{mol/L}$,平均 $(329.52 \pm 71.04) \mu\text{mol/L}$;恢复良好43例(75.44%),血肌酐50.29~121.47 $\mu\text{mol/L}$,平均 $(80.49 \pm 10.29) \mu\text{mol/L}$ 。

2.1 两组的一般临床资料比较

两组的年龄、性别、体质量指数、肾源、肾短径比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);两组的肾长径比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),急性肾损伤组短于非急性肾损伤组。见表1。

表1 两组一般资料比较

| 组别 | <i>n</i> | 年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$) | 女/男/ 例 | 体质量指数/(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$) | 肾源/例 | | 肾长径/(cm , $\bar{x} \pm s$) | 肾短径/(cm , $\bar{x} \pm s$) |
|--------------|----------|-----------------------------|-----------|---|-------|-----|--|--|
| | | | | | 亲属 | 非亲属 | | |
| 急性肾损伤组 | 14 | 46.99 \pm 6.54 | 6/8 | 25.08 \pm 1.03 | 11 | 3 | 107.53 \pm 9.57 | 54.26 \pm 4.53 |
| 非急性肾损伤组 | 43 | 47.18 \pm 6.68 | 15/28 | 24.79 \pm 0.68 | 35 | 8 | 113.94 \pm 8.54 | 55.84 \pm 5.09 |
| t/χ^2 值 | | 0.092 | 0.289 | 1.213 | 0.054 | | 2.368 | 1.035 |
| P 值 | | 0.926 | 0.591 | 0.230 | 0.816 | | 0.021 | 0.305 |

2.2 两组血流动力学指标比较

两组的肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数比较,经 t 检验,差异有统计学意义($P < 0.05$),急性肾损伤组高于非急性肾损伤组;两组的肾椎体叶间动脉峰值流速,肾段动脉搏动指数、阻力指数、峰值流速,肾主动脉搏动指数、阻力指数、峰值流速比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表2。

2.3 两组移植肾不同位置弹性模量比较

两组的肾皮质弹性模量比较,经 t 检验,差异

有统计学意义($P < 0.05$),急性肾损伤组高于非急性肾损伤组;两组髓质、肾窦弹性模量比较,经 t 检验,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表3。

2.4 肾移植后发生急性肾损伤的多因素Logistic逐步回归分析

以肾移植后是否发生急性肾损伤为因变量(否=0,是=1),肾长径、肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数、肾皮质弹性模量为自变量,均赋值为连续变量(赋值为实测值),纳入多因素Logistic逐步回归模型($\alpha_{\text{入}}=0.05, \alpha_{\text{出}}=0.10$),结果显

表 2 两组血流动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | n | 肾椎体叶间动脉 | | | 肾段动脉 | | | 肾主动脉 | | |
|---------|----|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | 搏动指数 | 阻力指数 | 峰值流速/ (cm/s) | 搏动指数 | 阻力指数 | 峰值流速/ (cm/s) | 搏动指数 | 阻力指数 | 峰值流速/ (cm/s) |
| 急性肾损伤组 | 14 | 1.82 ± 0.36 | 0.80 ± 0.19 | 32.06 ± 7.49 | 1.45 ± 0.46 | 0.78 ± 0.21 | 47.81 ± 7.05 | 1.67 ± 0.52 | 0.74 ± 0.23 | 107.63 ± 12.51 |
| 非急性肾损伤组 | 43 | 1.21 ± 0.19 | 0.66 ± 0.12 | 33.15 ± 6.57 | 1.39 ± 0.34 | 0.67 ± 0.19 | 50.42 ± 7.69 | 1.54 ± 0.61 | 0.66 ± 0.21 | 112.44 ± 13.71 |
| t 值 | | 8.217 | 3.257 | 0.521 | 0.524 | 1.834 | 1.124 | 0.716 | 1.209 | 1.163 |
| P 值 | | 0.001 | 0.002 | 0.604 | 0.602 | 0.072 | 0.265 | 0.476 | 0.231 | 0.249 |

表 3 两组移植肾不同位置弹性模量比较 (kPa, $\bar{x} \pm s$)

| 组别 | n | 肾皮质 | 髓质 | 肾窦 |
|---------|----|---------------|--------------|--------------|
| 急性肾损伤组 | 14 | 50.12 ± 13.24 | 25.41 ± 5.48 | 12.07 ± 3.62 |
| 非急性肾损伤组 | 43 | 33.15 ± 7.41 | 23.05 ± 4.02 | 10.34 ± 4.98 |
| t 值 | | 8.275 | 1.739 | 1.198 |
| P 值 | | 0.001 | 0.087 | 0.236 |

示, 肾椎体叶间动脉搏动指数增加 [$\hat{OR} = 3.522$ (95% CI: 1.203, 10.304)]、阻力指数增加 [$\hat{OR} = 3.294$ (95% CI: 1.125, 9.637)]、肾皮质弹性模量增加 [$\hat{OR} = 3.016$ (95% CI: 1.031, 8.825)] 均是肾移植后急性肾损伤的危险因素 ($P < 0.05$), 肾长径增加 [$\hat{OR} = 3.418$ (95% CI: 1.168, 9.998)] 是肾移植后急性肾损伤的保护因素 ($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 肾移植后发生急性肾损伤的多因素 Logistic 逐步回归分析参数

| 自变量 | b | S_b | Wald χ^2 | P 值 | \hat{OR} | 95% CI | |
|-------------|-------|-------|---------------|-------|------------|--------|--------|
| | | | | | | 下限 | 上限 |
| 肾椎体叶间动脉搏动指数 | 1.259 | 0.704 | 3.198 | 0.010 | 3.522 | 1.203 | 10.304 |
| 肾椎体叶间动脉阻力指数 | 1.192 | 0.683 | 3.046 | 0.010 | 3.294 | 1.125 | 9.637 |
| 肾皮质弹性模量 | 1.104 | 0.574 | 3.699 | 0.009 | 3.016 | 1.031 | 8.825 |
| 肾长径 | 1.229 | 0.531 | 5.357 | 0.007 | 3.418 | 1.168 | 9.998 |

2.5 肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量对肾移植后急性肾损伤的预测效能

ROC 曲线分析结果显示, 肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量单一及联合预测肾移植后急性肾损伤的敏感性分别为 71.4% (95% CI: 0.420, 0.904)、60.7% (95% CI: 0.326, 0.836)、71.4% (95% CI: 0.420, 0.904)、85.7% (95% CI:

0.562, 0.975); 特异性分别为 74.4% (95% CI: 0.585, 0.859)、60.5% (95% CI: 0.445, 0.746)、60.5% (95% CI: 0.446, 0.746)、72.1% (95% CI: 0.561, 0.842); AUC 分别为 0.740 (95% CI: 0.575, 0.905)、0.648 (95% CI: 0.477, 0.818)、0.718 (95% CI: 0.573, 0.862)、0.803 (95% CI: 0.642, 0.964)。见表 5 和图 1。

表 5 肾叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量对肾移植后急性肾损伤的预测效能参数

| 指标 | 最佳截断值 | 敏感性/ % | 95% CI | | 特异性/ % | 95% CI | | AUC | 95% CI | |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|-----------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | | | 下限 | 上限 | | 下限 | 上限 | | 下限 | 上限 |
| 肾椎体叶间动脉搏动指数 | 1.52 | 71.4 | 0.420 | 0.904 | 74.4 | 0.585 | 0.859 | 0.740 | 0.575 | 0.905 |
| 肾椎体叶间动脉阻力指数 | 0.73 | 60.7 | 0.326 | 0.836 | 60.5 | 0.445 | 0.746 | 0.648 | 0.477 | 0.818 |
| 肾皮质弹性模量 | 41.64 kPa | 71.4 | 0.420 | 0.904 | 60.5 | 0.446 | 0.746 | 0.718 | 0.573 | 0.862 |
| 三者联合 | - | 85.7 | 0.562 | 0.975 | 72.1 | 0.561 | 0.842 | 0.803 | 0.642 | 0.964 |

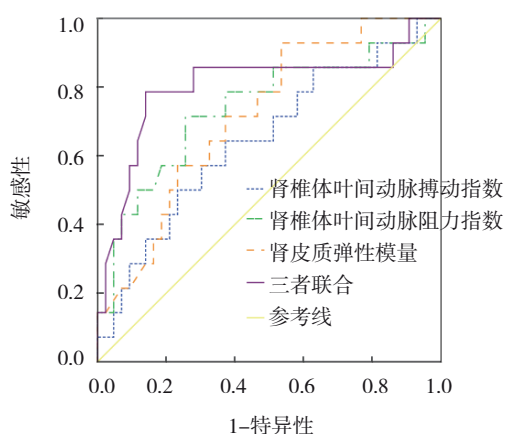


图1 肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量预测肾移植后急性肾损伤的ROC曲线

3 讨论

随着医疗科技的不断进步，近些年器官移植的成功率逐年提升，其中，肾移植作为终末期尿毒症或其他肾功能丧失患者的主要治疗方案之一，移植成功后可有效缓解大部分尿毒症和透析诱发的合并症，提升患者的生活质量，延长患者的生命^[11-12]。但国内外研究报道^[13-14]，肾移植后急性肾损伤的发生率较高，部分患者预后不佳。郑瑾等^[15]研究认为，肾移植后急性肾损伤的发生多与肾移植后宿主免疫排斥反应有关，肾移植后短期内受到以内源性宿主淋巴细胞为主的免疫活性细胞“攻击”，产生急性或慢性排斥反应，而应用免疫调节剂后可导致机体免疫功能降低，增加术后感染风险，诱发肾移植后急性肾损伤^[16]。但目前关于肾移植后急性肾损伤的具体机制尚未完全明确，因此合理筛查肾移植后急性肾损伤的高危因素，提高肾移植后急性肾损伤的预测效能，进而完善预防、治疗方案，是改善患者预后的研究重点。目前，依据KDIGO的肾移植后急性肾损伤的标准，肾移植后血肌酐增高 ≥ 1.5 倍基础值（且经推断或明确血肌酐水平升高在7 d内发生）即认定为急性肾损伤。而有研究发现，当血液中血肌酐等细胞因子发生实质性改变时，移植肾肾损伤往往已达到相对严重的程度，预后转归难度较高^[17-18]。因此筛查肾移植后急性肾损伤的早期变化指标是近几年研究的热点。血流动力学参数改变是肾功能代谢性失偿的主要生理性表征之一，对肾移植后急性肾损伤具有重要的参考价值^[19]。此外，肾移植后急

性肾损伤的发生多伴有早期肾间质、肾小管等组织的分子结构变化，因此移植肾组织的弹性检测同样可用于评估肾移植后急性肾损伤的发生风险^[20]。本研究结果显示，接受肾移植的肾衰竭患者术后急性肾损伤的发生率为24.56%，与既往研究结果较为一致^[21]。提示肾移植后急性肾损伤发生的风险较高，后续临床仍需对肾移植后急性肾损伤进行监测。本研究多因素Logistic逐步回归分析结果显示，肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数增加均是肾移植后急性肾损伤的危险因素。有研究分析肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数均是以动脉多普勒波形为理论基础获取血流动力学的客观指标，可实时反映肾椎体叶间动脉血管床的阻力状态，早期肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数升高多与动脉粥样硬化、肾动脉狭窄等因素有关，提示肾脏血流动力学障碍是早期肾功能受损的基础^[22]。相关研究发现，急性肾小管坏死、尿路梗阻等肾损伤的发生均与肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数异常升高有关^[23]。因此，肾椎体叶间动脉搏动指数及阻力指数异常可能是肾移植后急性肾损伤的早期生理性改变。本研究多因素Logistic逐步回归分析结果显示，肾皮质弹性模量增加是肾移植后急性肾损伤的危险因素。肾皮质弹性模量作为反映肾间质组织弹性的客观指标，其值的改变可能与肾小球炎症及间质性肾炎引起的肾间质纤维化有关，肾间质组织纤维化后导致肾皮质弹性模量升高。本研究结果显示，肾长径增加是肾移植后急性肾损伤的保护因素。其原因为移植肾中肾长径越长则有效肾单位越多，增加了超滤过损伤的耐受性，进而降低了肾移植后急性肾损伤的发生风险。本研究ROC曲线分析结果显示，肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量单一及联合预测肾移植后急性肾损伤的AUC分别为0.740、0.648、0.718、0.803，提示超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测效能较高。因此，后续肾移植治疗可监测肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量等超声参数，及时评估肾移植后急性肾损伤的发生风险，进而延长临床干预时间，改善患者预后。

综上所述，超声血流动力学参数与实时剪切

波弹性成像定量参数可用于预测肾移植后急性肾损伤,尤以肾椎体叶间动脉搏动指数、阻力指数及肾皮质弹性模量对肾移植后急性肾损伤的预测效能较高。但鉴于本研究为小样本单中心研究,后续仍需开展大样本多中心随机研究,证实研究结论。

参 考 文 献 :

- [1] GHONGE N P, GOYAL N, VOHRA S, et al. Renal transplant evaluation: multimodality imaging of post-transplant complications[J]. Br J Radiol, 2021, 94(1124): 20201253.
- [2] GATZ J D, SPANGLER R. Evaluation of the renal transplant recipient in the emergency department[J]. Emerg Med Clin North Am, 2019, 37(4): 679-705.
- [3] MEENA P, BHARGAVA V, RANA D S, et al. Urinary tract infection in renal transplant recipient: a clinical comprehensive review[J]. Saudi J Kidney Dis Transpl, 2021, 32(2): 307-317.
- [4] JOB K M, ROBERTS J K, ENIOUTINA E Y, et al. Treatment optimization of maintenance immunosuppressive agents in pediatric renal transplant recipients[J]. Expert Opin Drug Metab Toxicol, 2021, 17(7): 747-765.
- [5] PATEL A, SENER A, LEE S Y. Reversed diastolic flow in a renal transplant due to ureteric obstruction from intraluminal blood clot[J]. J Clin Ultrasound, 2022, 50(4): 521-524.
- [6] 杨道朋,王燕,庄博文,等.剪切波弹性成像评估移植肾纤维化程度的应用价值[J].中华超声影像学杂志,2020,29(10): 875-880.
- [7] 张恬静,芦平凡,邓元俊,等.移植肾IgA肾病的临床病理特点与预后的关系[J].中华器官移植杂志,2020,41(2): 84-88.
- [8] 郭欢仪,黄泽萍,郑剑,等.组织结构声学定量技术与剪切波弹性成像评价肝纤维化的比较[J].中华超声影像学杂志,2015,24(2): 128-131.
- [9] 中华医学会器官移植学分会,中国医师协会器官移植医师分会.中国活体供肾移植临床指南(2016版)[J].器官移植,2016,7(6): 417-426.
- [10] LAMEIRE N H, LEVIN A, KELLUM J A, et al. Harmonizing acute and chronic kidney disease definition and classification: report of a kidney disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Consensus Conference[J]. Kidney Int, 2021, 100(3): 516-526.
- [11] BRUNS C, GIESE J, PHILLIPPI D, et al. Knowledge and attitudes toward renal transplantation in individuals undergoing transplant evaluation[J]. Prog Transplant, 2021, 31(3): 271-278.
- [12] KANEKO S, USUI J, TAKAHASHI K, et al. Increased intrarenal post-glomerular blood flow is a key condition for the development of calcineurin inhibitor-induced renal tubular acidosis in kidney transplant recipients[J]. Clin Transplant, 2022, 36(6): e14648.
- [13] 中国医药生物技术协会移植技术分会,上海市肾脏移植质控中心专家委员会.肾移植后期抗体介导排斥反应防治专家共识[J].中华医学杂志,2022,102(26): 1973-1981.
- [14] VOORA S, ADEY D B. Management of kidney transplant recipients by general nephrologists: core curriculum 2019[J]. Am J Kidney Dis, 2019, 73(6): 866-879.
- [15] 郑瑾,薛武军.肾移植排斥反应免疫风险评估与监测[J].器官移植,2021,12(6): 643-650.
- [16] 崔瑜,张雷,吴建永.肾移植抗体介导排斥反应的预防及诊疗要点[J].中华医学杂志,2022,102(26): 2041-2044.
- [17] FIOL M, ETCHEVERRY B, RIERA L, et al. Kidney transplant pathology[J]. Arch Esp Urol, 2021, 74(10): 953-963.
- [18] LEWIS K L, PATEL P, WADEI H M, et al. Delayed renal transplant failure secondary to renal vein thrombosis in a patient with a permanent IVC filter[J]. BMJ Case Rep, 2021, 14(3): e236619.
- [19] PAIZIS I A, MANTZOURATOU P D, TZANIS G S, et al. Coronary artery disease in renal transplant recipients: an angiographic study[J]. Hellenic J Cardiol, 2020, 61(3): 199-203.
- [20] 杨喆,兰平,郑瑾,等.肾移植术后IgA肾病临床病理特征分析[J].诊断病理学杂志,2021,28(4): 285-289.
- [21] 陈霞,付文学,赵宸,等.多普勒超声及剪切波弹性成像技术评估移植肾AKI的应用研究[J].安徽医科大学学报,2021,56(9): 1492-1495.
- [22] 陈勇,李晓庆.床旁超声对严重创伤患者急性肾损伤具有良好的评估价值[J].分子影像学杂志,2021,44(1): 174-178.
- [23] 周德兴,吴少芬,王金忠,等.彩色多普勒超声检查对重症感染急性肾损伤的诊断价值[J].中华医院感染学杂志,2019,29(17): 2665-2668.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 刘小蓝,张亚庆,麦湘湘,等.超声血流动力学参数与实时剪切波弹性成像定量参数对肾移植后急性肾损伤的预测价值[J].中国现代医学杂志,2023,33(9): 12-17.

Cite this article as: LIU X L, ZHANG Y Q, MAI X X, et al. Evaluation of ultrasound hemodynamic parameters and real-time shear wave elastography quantitative parameters for acute renal injury after renal transplantation[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(9): 12-17.