

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

陈霞¹, 付文学¹, 赵宸², 陈姣姣¹, 房静¹, 何年安¹

摘要 目的 评估多普勒超声和剪切波弹性成像技术在移植肾急性肾损伤(AKI)中的应用价值。方法 收集患者的一般人口学、超声影像学以及血液检查资料,采用 t 检验、 χ^2 检验及 Logistic 回归分析等统计方法评估多普勒超声和剪切波弹性成像技术在移植肾 AKI 中的应用价值。结果 共有 202 例纳入研究,67 例发生 AKI,发生率为 33.17%。单因素分析发现移植肾 AKI 人群年龄较大($t=2.87, P<0.01$),移植肾长径较短($t=2.56, P=0.01$),不同动脉的峰值流速均较小($P<0.01$),阻力指数和搏动指数较高($P<0.01$),肾皮质弹性最大值、均值和最小值均较高($t=4.21, P<0.01; t=4.92, P<0.01; t=4.34, P<0.01$); Logistic 回归分析发现移植肾长径 [$OR=0.96, 95\% CI(0.90\sim 0.99)$] 和肾主动脉峰值流速 [$OR=0.98, 95\% CI(0.97\sim 0.99)$] 是肾移植术后 AKI 的保护因素。结论 多普勒超声技术在评估肾移植术后 AKI 发生有着一定的应用前景,弹性成像技术能否用于肾移植术后 AKI 的评估有待进一步研究。

关键词 多普勒超声; 剪切波弹性成像; 移植肾; 急性肾损伤
中图分类号 R 445.1

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2021)09-1492-04
doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2021.09.027

肾移植手术患者 1 年平均存活率逾 90%, 但是其 10 年存活率却低于 50%^[1]。晚期移植肾功能丧失是导致肾移植患者长期存活率降低的主要原因之一^[2]。引起晚期移植肾功能丧失的原因有多种, 其中急性肾损伤(acute kidney injury, AKI) 是最为常见的^[3]。因此, 早期诊断 AKI 对延长肾移植患者生命有着重要意义。研究发现多普勒超声技术在诊断重症患者和重症感染患者并发 AKI 有一定临床价值^[4-5]。此外, 弹性成像技术也经常被临床上用于移植肾术后病情监测^[6]。然而, 应用多普勒超声和

弹性成像技术来早期预测移植肾 AKI 发生的临床研究仍鲜有报道。因此, 该研究将在对比分析的基础上, 采用多元回归分析移植肾 AKI 的影响因素, 为今后移植肾 AKI 早诊断、早治疗和早预防提供参考。

1 材料与方法

1.1 病例资料 选取 2017 年 1 月—2018 年 12 月在中国科学技术大学附属第一医院行移植肾检查患者。排除血液学检查资料不全、局部感染、肾周血肿、移植肾尿路梗阻、移植肾动脉或静脉血栓及严重心肺疾病者, 共计 202 例纳入本次研究, 其中男性 147 例, 女性 55 例。收集患者一般人口学、超声影像学以及血液检查资料。按照改善全球肾脏病预后组织(Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDI-GO) 关于 AKI 的诊断和推荐的估算的血肌酐(serum creatinine, Scr): Scr 增高 \geq 基础值的 1.5 倍, 且明确或经推断其发生在前 7 d 内, 将纳入本研究的患者分为 AKI 组(以下简称“病例组”)和非 AKI 组(以下简称“对照组”)。

1.2 仪器与方法 采用法国 Supersonic Imagine 彩色超声诊断仪, 探头频率为 3.5~5.0 MHz。首先, 患者取平卧位, 先二维超声观察移植肾的大小(测量并记录长径及短径)、回声、集合系统有无分离、肾周有无积液。然后, 用彩色多普勒技术观察血流信号, 频谱多普勒技术测量并记录肾主动脉、段动脉及叶间动脉的峰值流速(peak systolic velocity, PSV)、阻力指数(resistance index, RI)及搏动指数(pulsatility index, PI), 测量取样时血流方向与声束的夹角尽量 $< 30^\circ$ 。最后, 开展剪切波超声弹性成像, 以移植肾中部作为感兴趣区, 取样框垂直于肾被膜。检查时患者平静呼吸下屏住呼吸, 由两位经验丰富的主治或以上职称医师重复测量 3 次, 然后取平均值。

1.3 统计学处理 应用 Stata 12.0 软件进行统计分析。正态分布或者近似正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 偏态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表

2021-03-06 接收

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 81271594); 安徽省自然科学基金(编号: 1608085MH235、1808085QH246)

作者单位: 中国科学技术大学附属第一医院¹ 超声医学科、² 肾内科, 合肥 230001

作者简介: 陈霞, 女, 主治医师;

何年安, 男, 副教授, 主任医师, 博士生导师, 责任作者, E-mail: henianan71@qq.com

示。采用 t 检验, Mann-Whitney 非参数检验, χ^2 检验及多元 Logistic 回归分析法进行单因素或多因素分析。检验水准为 0.05, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料比较 202 例肾移植患者中, 有 67 例发生 AKI, 发生率为 33.17%。对照组患者年龄小于病例组 ($t = 2.87, P < 0.01$), 但是移植肾长径要长于病例组 ($t = 2.56, P = 0.01$), 具体见表 1。

表 1 不同组别一般人口学特征分布 ($\bar{x} \pm s$)

临床参数	对照组 ($n = 135$)	病例组 ($n = 67$)	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	32.72 ± 8.46	36.34 ± 8.48	2.87	<0.01
性别[n(%)]			0.17	0.68
男	97(71.85)	50(74.63)		
女	38(28.15)	17(25.37)		
肾源[n(%)]			3.30	0.07
亲属	102(75.56)	58(86.57)		
非亲属	33(24.44)	9(13.43)		
移植肾长径(mm)	112.81 ± 9.17	108.87 ± 12.33	2.56	0.01
移植肾短径(mm)	55.22 ± 7.75	54.42 ± 9.59	0.64	0.52

2.2 血流动力学差异 对比分析病例组和对照组肾主、段动脉和叶间动脉血流动力学指标发现, 对照组的 PSV 均高于病例组 ($P < 0.01$), RI 和 PI 均小于病例组 ($P < 0.01$), 差异有统计学意义。具体见表 2 和图 1、2。

表 2 不同组别血流动力学情况 ($\bar{x} \pm s$)

临床参数	对照组	病例组	t 值	P 值
肾主动脉				
PSV (cm/s)	128.42 ± 51.79	91.11 ± 39.52	5.13	<0.01
RI	0.69 ± 0.08	0.76 ± 0.12	5.35	<0.01
PI	1.36 ± 0.41	1.78 ± 0.79	4.90	<0.01
段动脉				
PSV (cm/s)	56.98 ± 19.65	44.36 ± 18.82	4.35	<0.01
RI	0.65 ± 0.08	0.74 ± 0.13	6.26	<0.01
PI	1.19 ± 0.34	1.61 ± 0.76	5.29	<0.01
叶间动脉				
PSV (cm/s)	35.53 ± 9.67	30.20 ± 14.13	3.11	<0.01
RI	0.65 ± 0.08	0.77 ± 0.15	7.23	<0.01
PI	1.18 ± 0.27	1.83 ± 1.06	6.55	<0.01

2.3 组织弹性差异 对照组肾皮质弹性最大值、均值和最小值要小于病例组 ($t = 4.21, P < 0.01$; $t = 4.92, P < 0.01$; $t = 4.34, P < 0.01$), 但是肾髓质和集合系统弹性与病例组差异无统计学意义, 具体见表 3 和图 3、4。

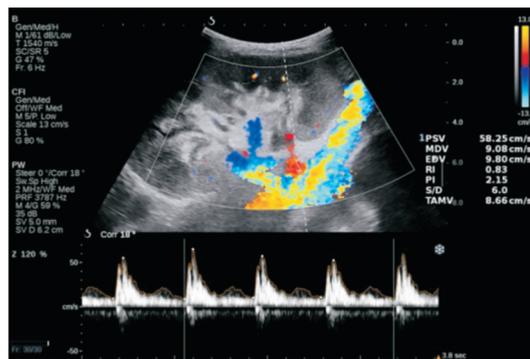


图 1 病例组血流动力学情况

肾移植术后 AKI 患者肾主、段动脉 PSV 为 54.9 cm/s, 该患者肌酐为 660 $\mu\text{mol/L}$ 。

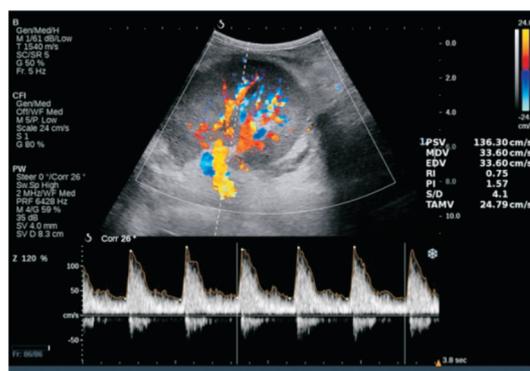


图 2 对照组血流动力学情况

肾移植术后未发生 AKI 患者的肾主、段动脉 PSV 为 136.6 cm/s, 该患者肌酐为 86 $\mu\text{mol/L}$ 。

表 3 不同组别不同组织弹性情况 (kPa, $\bar{x} \pm s$)

临床参数	对照组	病例组	t 值	P 值
肾皮质				
最大值	32.74 ± 7.93	39.03 ± 12.69	4.21	<0.01
均值	26.12 ± 7.20	32.49 ± 10.55	4.92	<0.01
最小值	18.62 ± 8.14	24.40 ± 9.80	4.34	<0.01
肾髓质				
最大值	28.59 ± 7.87	28.73 ± 9.77	0.10	0.92
均值	20.81 ± 6.24	20.48 ± 7.74	0.31	0.76
最小值	12.99 ± 7.11	12.45 ± 8.75	0.45	0.66
集合系统				
最大值	21.13 ± 9.32	23.18 ± 12.55	1.23	0.22
均值	13.58 ± 6.73	15.14 ± 10.36	1.21	0.23
最小值	6.66 ± 5.88	8.40 ± 8.28	1.62	0.11

2.4 多因素 Logistic 回归分析 将上述单因素分析有统计学意义的因素纳入多因素 Logistic 回归模型分析, 结果显示移植肾的长径 [$OR = 0.96, 95\% CI (0.90 \sim 0.99)$] 和移植肾的肾主、段动脉 PSV [$OR = 0.98, 95\% CI (0.97 \sim 0.99)$] 是移植肾 AKI 的保护因素。

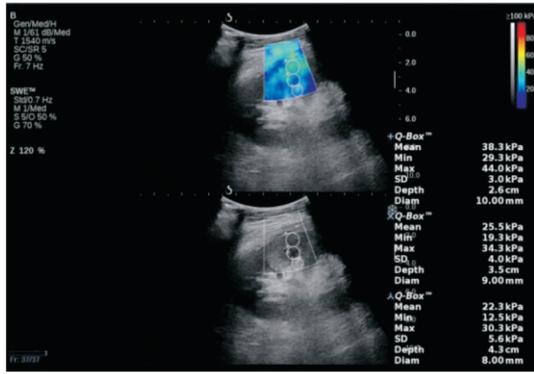


图3 病例组肾皮质弹性情况

肾移植术后 AKI 患者肾皮质弹性最大值为 44.0 kPa ,均值为 38.3 kPa ,最小值为 29.3 kPa ,该患者肌酐 175 μmol/L

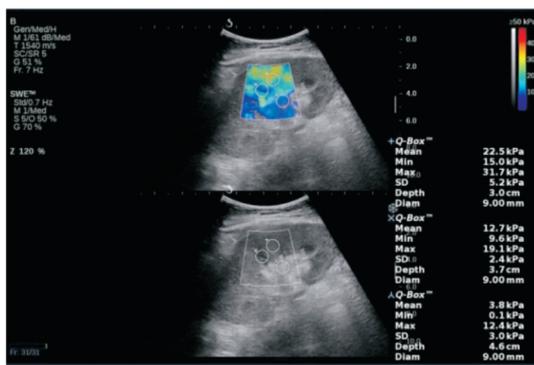


图4 对照组肾皮质弹性情况

肾移植术后未发生 AKI 患者肾皮质弹性最大值为 31.7 kPa ,均值为 22.5 kPa ,最小值为 15.0 kPa ,该患者肌酐 84 μmol/L

3 讨论

AKI 作为肾移植术后常见并发症之一 ,主要是由移植肾排斥反应、药物毒性作用、自体肾病复发等原因引起的^[7]。移植肾患者发生 AKI 后虽然经过治疗好转 ,但是大多数也合并移植肾的永久性损伤 ,严重影响肾移植患者的生活质量。

本研究显示 ,年龄较大 ,移植肾的长径较短 ,肾主动脉、段动脉及叶间动脉的血流 PSV 较低 ,肾主动脉、段动脉及叶间动脉的 RI 和 PI 较高 ,肾皮质弹性较差可能是移植肾 AKI 的危险因素 ,这与该人群移植的肾有效肾单位数量、血流灌注不足及早期细胞免疫导致肾皮质硬度增高等有关^[5-6,8-9]。

本研究发现移植肾的长径与移植肾 AKI 发生率呈反向关系 ,究其原因可能是移植肾的长径越长 ,有效肾单位相对越多 ,对超滤过损伤的耐受越强 ,从而发生 AKI 概率相对较低^[9-10]。既往研究^[4-5,11]认为彩色多普勒超声可以通过检测肾叶间动脉的

RI 和 PI 水平来诊断 AKI。这与本研究结果不一致。本研究中发现较高的肾叶间动脉 RI 和 PI 水平可能仅仅是移植肾 AKI 的危险因素 ,不能用来诊断移植肾 AKI ,但是肾主动脉的 PSV 可以用来评估移植肾 AKI ,考虑原因是移植肾肾内血流动力学与非移植肾不同 ,而肾主动脉作为肾外动脉影响相对较小有关。既往研究显示^[12-13] 移植肾由于长期受到免疫抑制剂 排斥反应如 T 细胞介导的细胞性排斥反应和抗体介导的排斥反应 ,缺血 - 再灌注损伤等因素影响 ,其肾内血流动力学相关参数会发生改变。此外 ,也可能是受限于本次研究的设计及样本量 ,本次研究是单中心的回顾性研究设计 ,样本量相对较少。

本研究还发现肾皮质弹性较差是移植肾 AKI 的危险因素 ,这可能是因为移植肾 AKI 患者中 ,肾皮质部位常出现间质性肾炎和肾小管炎症引起的肾间质纤维化 ,从导致弹性下降^[14]。多元素回归分析发现移植肾剪切波弹性成像技术相关参数与移植肾 AKI 之间没有相关性 ,这可能与影响移植肾弹性变化的因素有关。Lee et al^[15] 研究发现 ,肾移植术后的 12 个月期间 ,肾脏剪切波速度与肾间质纤维化和肾小管萎缩无明显相关 ,而与肾内血流动力学改变有关。

综上所述 ,本次单中心回顾研究发现多普勒技术测量的肾主动脉 PSV 可以用于预测肾移植术后 AKI 发生情况。限于本研究的样本量 ,此结论有待进一步证实 ,需进一步探讨用于预测肾移植术后 AKI 的肾主动脉 PSV 推荐值 ,至于超声弹性成像技术能否用于肾移植术后 AKI 的评估有待进一步研究。

参考文献

- [1] Lim M A ,Kohli J ,Bloom R D. Immunosuppression for kidney transplantation: Where are we now and where are we going? [J]. Transplant Rev 2017 31(1): 10 - 7.
- [2] Gaston R S ,Ceck J M ,Kasiske B L ,et al. Evidence for antibody - mediated injury as a major determinant of late kidney allograft failure [J]. Transplantation 2010 90(1): 68 - 74.
- [3] Arias-Cabrales C ,Rodriguez E ,Bermejo S ,et al. Short and long term outcomes after non-severe acute kidney injury [J]. Clin Exp Nephrol 2018 22(1): 61 - 7.
- [4] 邹洪庆 ,王 勇 ,陈新伟 ,等. 彩色多普勒超声联合肾功能检查对重症医院感染患者 AKI 的诊断价值[J]. 中华医院感染学杂志 2018 28(19): 2914 - 16 2020.
- [5] 方丽妮 ,冯 岚 ,陶 阳 ,等. 彩色多普勒超声用于重症感染急性肾损伤的诊断价值 [J]. 中华医院感染学杂志 ,2017 ,27(16): 3675 - 6.

- [6] 于梦霏,孙红光.超声弹性成像技术评价肾脏硬度的研究进展[J/CD].中华医学超声杂志(电子版) 2017,14(10):721-4.
- [7] 龚劲敏,骆伟丽,金是等.继发性草酸盐肾病致移植肾急性肾损伤一例[J].中华肾脏病杂志 2019,35(1):53-4.
- [8] Abu J B G, Govil A. Acute kidney injury in transplant setting: different diagnosis and impact on health and health care [J]. *Adv Chronic Kidney Dis* 2017, 24(4): 228-32.
- [9] 孟宽.儿童器官捐献供肾移植的临床效果分析[D].郑州:郑州大学 2016.
- [10] 刘永光,胡建敏,陈桦等.61例婴幼儿单肾供肾移植受者的临床观察[J].中华器官移植杂志 2018,39(4):197-201.
- [11] 侯超,李明星.超声造影评价急性肾损伤患者肾血流灌注的应用现状[J].东南大学学报(医学版) 2017,36(2):264-7.
- [12] 朱彦融,苗芸.肾移植基础研究2017年盘点[J].器官移植, 2018,9(1):33-40.
- [13] Randhawa P. T-cell-mediated rejection of the kidney in the era of donor-specific antibodies: diagnostic challenges and clinical significance [J]. *Curr Opin Organ Transplant* 2015, 20(3): 325-32.
- [14] Heather M, Early M D, Ellen C, et al. Utility of shear wave elastography for assessing allograft fibrosis in renal transplant recipients [J]. *J Ultrasound Med* 2018, 37(6): 1455-65.
- [15] Lee J, Oh Y T, Dong J J, et al. Acoustic radiation force impulse measurement in renal transplantation: a prospective, longitudinal study with protocol biopsies [J]. *Medicine* 2015, 94(39): e1590.

Evaluation of acute kidney injury after the kidney transplantation with doppler ultrasonography and shear wave elastography

Chen Xia¹, Fu Wenxue¹, Zhao Chen², et al

(¹Dept of Ultrasound, ²Dept of Nephrology, The First Affiliated Hospital, University of Science and Technology of China Hefei 230001)

Abstract *Objective* To evaluate the value of color doppler ultrasonography and shear wave elastography in the acute kidney injury after the kidney transplantation. *Methods* The data of general demographic, ultrasound and blood index had been collected. t test, χ^2 test and logistic regression model had been used to analyze the data. *Results* 202 patients were included in this survey and 67 patients were AKI. Univariate analysis found that AKI after the kidney transplantation had an older age ($t = 2.87, P < 0.01$), shorter length of transplanted kidney ($t = 2.56, P = 0.01$), lower peak systolic velocity ($P < 0.01$), higher resistance index and pulsatility index ($P < 0.01$), higher scores of max, mean and min values of renal cortex ($t = 4.21, P < 0.01$; $t = 4.92, P < 0.01$; $t = 4.34, P < 0.01$). Logistic regression model analysis found that length of transplanted kidney ($OR = 0.96, [95\% CI 0.90 - 0.99]$) and PSV of renal aorta ($OR = 0.98, [95\% CI 0.97 - 0.99]$) were protective factors. *Conclusion* The technique of doppler ultrasonography has a certain application prospect in evaluating the occurrence of AKI after kidney transplantation, while the technique of shear wave elastography needs further study.

Key words doppler ultrasonography; shear wave elastography; kidney transplantation; acute kidney injury