

论 著

(临床研究)

常规超声联合超声造影定量评价移植肾血流灌注对生存预后的预测价值

戴 云,徐超丽,宋秋怡,孙 晖,林秀玉,谢迎东,杨 斌

【摘要】 目的 探讨常规超声联合超声造影(CEUS)定量参数评估移植术后早期移植肾血流灌注状态预测移植肾生存预后的临床价值。**方法** 回顾性分析 2010 年 1 月至 2020 年 12 月东部战区总医院行肾移植术患者 133 例的临床资料。所有患者术后 5~14 d、3 个月行常规超声及 CEUS 检查。以血肌酐较术后 5~14 d 升高 50% 以上,或进展到移植肾失功需要血透维持为终点事件,随访患者移植肾生存时间。将血肌酐较移植术后升高 50% 以上的患者定义为肌酐升高组,反之为肌酐正常组。使用单因素 Kaplan-Meier 方法(非参数 Log-rank 检验)及多因素 Cox 比例风险模型比较 2 组患者年龄、肾功能(血肌酐、尿酸、尿素氮、eGFR)、肾各级动脉血流阻力指数(RI)、定量 CEUS 参数包括皮质始增时间(AT)、达峰时间(TTP)以及达峰强度(PI)、曲线下面积(AUC_{TTC})等参数之间生存时间的差异。**结果** 研究人群随访移植肾生存时间 3~112.8 个月,中位数随访时间 12.9 个月,平均随访时间为(16.76±24.84)个月。单因素 Kaplan-Meier(Log-rank)检验及 Cox 多因素生存分析模型分析结果显示患者移植术后 5~14 d 期间叶间动脉 RI(OR 3.765,95%CI 1.162~11.539, $P=0.016$)、PI(OR 5.053,95%CI 1.123~22.535, $P=0.032$)、AUC_{TTC}(OR 8.955,95%CI 1.080~74.227, $P=0.042$)及移植术后 3 个月叶间动脉 RI(OR 7.392,95%CI 2.401~22.754, $P=0.000$)均与患者生存预后相关。**结论** 常规超声叶间动脉 RI 联合 CEUS 定量参数 PI、AUC_{TTC} 在移植术后 3 个月内评估移植肾血流微循环灌注状态可用于预测患者生存预后,有助于指导临床对患者及早采取防治措施。

【关键词】 超声造影;移植肾;生存期;达峰强度

【中图分类号】 R445.1;R699.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-271X(2022)06-0596-06

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2022.06.008

Predictive value of conventional ultrasound combined with quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound in evaluating kidney perfusion for predicting survival outcomes of patients after kidney transplantation

DAI Yun¹, XU Chao-li², SONG Qiu-yi¹, SUN Hui¹, LIN Xiu-yu¹, XIE Ying-dong¹, YANG Bin¹

(1. Department of Ultrasound Diagnostic, General Hospital of Eastern Theater Command, PLA, Nanjing 210002, Jiangsu, China; 2. Department of Ultrasound, First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Jiangsu Provincial People's Hospital, Nanjing 210029, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective This study aims to investigate the predictive value of conventional ultrasound combined with quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in evaluating the blood perfusion status of transplanted kidney to predict the survival prognosis of transplanted kidney. **Methods** A total of 133 patients receiving kidney transplantation in Eastern Thea-

作者单位:210002 南京,东部战区总医院(原南京军区南京总医院)超声诊断科(戴云、宋秋怡、孙晖、林秀玉、谢迎东、杨斌);210029 南京,南京医科大学第一附属医院超声科(徐超丽)

通信作者:徐超丽,E-mail:sanyecao0104@163.com

ter Command General Hospital from January 2010 to December 2020 were retrospectively analyzed. All patients underwent conventional ultrasound and CEUS examination during 5-14 days after transplantation. The primary end point of the study was defined as serum creatinine increased by more than 50% compared with 5-14 days, 3 months

after transplantation or progressed to renal graft loss requiring hemodialysis maintenance. The survival time of the transplant kidney was record. The serum creatinine increased group was defined as serum creatinine increased by more than 50%, vise versa as serum creatinine normal group. Univariate Kaplan-Meier method with non-parametric log-rank test and multivariate Cox proportional risk model were used for comparing the differences of survival time in age, renal function (serum creatinine, uric acid, urea nitrogen, eGFR), renal arterials' resistance index (RI) and quantitative CEUS parameters, including cortical initiation time (AT), time to peak (TTP), peak intensity (PI), area under the curve (AUC_{TIC}). **Results** The survival time of the study population after transplantation was 3-112.8 months, the median follow-up time was 12.9 months, and the mean follow-up time was (16.76±24.84) months. Univariate Kaplan-Meier (Log-rank) test analysis and Cox multivariate survival analysis model showed that interlobular artery RI (OR 3.765, 95% CI 1.162-11.539, $P=0.016$), PI (OR 5.053, 95% CI 1.123-22.535, $P=0.032$), AUC_{TIC} (OR 8.955, 95% CI 1.080-74.227, $P=0.042$) in 5-14 days after transplantation and interlobular artery RI (OR 7.392, 95% CI 2.401-22.754, $P=0.000$) in 3 months after transplantation were independently correlated with survival outcomes. **Conclusion** Early interlobular artery RI and CEUS quantitative parameters PI and AUC_{TIC} are independently correlated with graft survival rate after renal transplantation. Conventional ultrasound with interlobular artery RI combined with CEUS quantitative parameter PI and AUC_{TIC} can be used to estimate the microcirculation perfusion status of transplanted kidney within 3 months, which can be used to predict the long-term survival outcomes of patients, thus can help guide the early prevention and treatment of patients.

[Key words] contrast-enhanced ultrasound; kidney transplantation; survival; peak intensity

0 引言

肾移植技术的发展使移植肾的短期存活率显著提高,然而并未使远期存活率得到显著改善^[1]。影响移植肾远期预后的因素众多,主要包括慢性移植肾功能不全和移植肾带功能死亡。移植肾灌注对肾移植手术后患者肾的健康至关重要,在术后早期有效评价移植肾灌注状态有助于鉴别诊断灌注减少的急性排斥反应、灌注保留但肾排泄受损的急性肾小管坏死、以及慢性肾病等多种并发症或原发肾病^[2-3],并及时针对各病因给予精准化和综合性的防治,是改善移植肾远期预后的重要措施。既往研究表明,利用常规超声和超声造影(CEUS)分析移植肾皮质的微循环灌注有助于发现移植肾功能异常^[4],为评价移植肾功能提供了有效评价手段。然而目前关于常规超声联合 CEUS 评估移植肾术后肾功能状态评估对移植肾生存预后影响的报道较少。本研究旨在探究常规超声联合 CEUS 预测移植术后患者生存预后的价值,为临床改善移植肾远期预后提供有效监测手段。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2010 年 1 月至 2020 年 12 月在东部战区总医院行肾移植术患者 133 例的临床资料,均为首次移植,活体供肾。其中男 93 例,女 40 例。患者年龄 15~64(平均 37.89±11.05)岁。患者移植生存时间 3~112.8(中位数生存时间

12.9)个月。所有患者均接受了包括激素、硫唑嘌呤(Aza)或霉酚酸酯(MMF)、环孢素(CsA)后他克莫司(Tac)的三联免疫抑制剂治疗方案。所有患者在术后 5~14 d 内均接受首次常规超声、CEUS 检查、以及肾功能(血肌酐、尿素氮、尿酸、GFR 以及 24 h 蛋白尿)检查,并在 3 个月时再次行上述检查,所有患者随访时间超过 3 个月以上。所有患者在最后随访日期 1 周内具有肾功能检查结果。排除标准:①因各种原因行移植肾切除;②随访期间发生肾小管急性损伤、坏死等急性并发症,以及有尿路梗阻、肾周水肿、手术区域局部感染等;③肾功能指标在术后 1 周中发生急性升高不稳定情况者。移植手术的当日定义为研究开始的时间,终点事件定义为于 2020 年 12 月 31 日或该日期之前血肌酐较 CEUS 检查前升高 50%以上,或进展到移植肾失功需要血透维持^[5]。以患者随访结束前最后一次血肌酐值作为分组标准,血肌酐较移植术后升高 50%以上为肌酐升高组,反之为肌酐正常组。本研究经东部战区总医院伦理委员会批准(批准号:2021NZKY-059-01),且所有患者 CEUS 前签署知情同意。

1.2 仪器与方法

1.2.1 二维超声检查 所有患者在移植术后 5~14 d、3 个月均行常规超声及彩色多普勒血流检查。采用 Siemens Acuson Sequoia 512 彩色多普勒超声诊断仪,腹部 4C1-S(频率为 1~4 MHz)凸阵探头。以二维超声扫查移植肾,观察移植肾形态、回声等情况。彩色多普勒血流显象显示移植肾血供情况,

观察移植肾血流树情况,调节图像至移植肾主动脉-段动脉-叶间动脉-弓形动脉的彩色血流显示清楚且不溢出位置,测量主动脉、段动脉、叶间动脉及弓形动脉的阻力指数(RI),测量 3 次,取平均值。

1.2.2 CEUS 检查 采用 Siemens Acuson Sequoia 512 彩色多普勒超声诊断仪,选肾检查模式,4C1-S (频率为 1~4 MHz) 凸阵探头,取移植肾最大纵切面,在对比脉冲序列 (contrast pulsed sequences, CPS) 模式下进行 CEUS,机械指数 0.10。全部造影过程中显像深度、图像增益、声压均保持不变。采用意大利 Bracco 公司生产的声诺维 (SonoVue) 造影剂。使用前以无菌等渗盐水溶液 5 mL 注入装有冻干粉的瓶内,用力振摇至冻干粉完全溶解并形成均质的乳白色混悬液,经前臂浅静脉弹丸注射造影剂 2.0 mL,随后追加注射等渗盐水 5 mL,记录显影过程约 2 min,观察造影图像并定量分析。

1.2.3 CEUS 图像分析 造影图像应用 SonoLiver 脱机定量分析软件进行分析。在移植肾中部皮质区取直径为 5 mm 的圆形感兴趣区 (ROI)。经软件分析,自动描画出造影时间-强度曲线 (TIC),得到始增时间 (AT)、达峰时间 (TTP)、始增到达峰间隔时间 (Δt)、时间达峰强度 (PI)、曲线下面积 (AUC_{TIC})。重复测量 3 次取平均值。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计软件,符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料采用百分构成比表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。使用单因素 Kaplan-Meier 方法对研究终点时间进行生存分析,非参数 Log-rank 检验计算 P 值。在单因素分析中 $P<0.05$ 的变量被进一步选入多因素 Cox 比例风险模型中评估相关风险,结果以风险比 (odds ratio, OR) 和 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 表示。以 $P\leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 临床特征 比较研究人群的平均随访时间为 (16.76 ± 24.84) 个月。随访期间共 38 例患者肾功能指标维持正常水平。5 例患者发生了肾功能衰竭进行二次移植,余 90 例患者均随访值截尾日期。133 例患者临床资料中,随访时间、性别、血压在 2 组之间差异具有显著统计学意义 ($P<0.05$)。年龄、BMI 等参数在 2 组间差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

见表 1。

表 1 肌酐正常组与肌酐升高组患者基线临床资料比较分析

项目	肌酐正常组 ($n=38$)	肌酐升高组 ($n=95$)	t 值	P 值
随访时间 ($\bar{x}\pm s$, 月)	21.87 \pm 29.74	14.71 \pm 22.43	3.937	0.049
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	38.11 \pm 11.63	37.81 \pm 10.87	1.493	0.138
性别 [n (%)]			5.163	0.023
男	32(24.06)	61(45.86)		
女	6(4.51)	34(25.56)		
BMI ($\bar{x}\pm s$, kg/m ²)	22.11 \pm 4.51	21.40 \pm 4.10	0.562	0.455
血压 ($\bar{x}\pm s$, mmHg)				
收缩压	134.53 \pm 12.12	139.78 \pm 16.16	-2.044	0.044
舒张压	82.92 \pm 8.82	88.08 \pm 12.63	-2.299	0.023
冷缺血时间 ($\bar{x}\pm s$, h)	9.50 \pm 0.91	9.51 \pm 2.55	1.713	0.193
热缺血时间 ($\bar{x}\pm s$, min)	3.10 \pm 0.32	3.06 \pm 0.34	0.146	0.703
有无 HLA 错配 [n (%)]			0.064	0.800
有	10(7.52)	23(17.29)		
无	18(13.53)	72(54.14)		

2.2 肾功能特征比较 移植术后 5~14 d 期间患者血肌酐、尿酸、尿素氮、eGFR 在 2 组之间差异有显著统计学意义 ($P<0.05$)。移植术后 3 个月患者血肌酐、eGFR 在 2 组之间差异有显著统计学意义 ($P<0.05$)。见表 2。

表 2 肌酐正常组与肌酐升高组肾移植患者肾功能资料比较分析 ($\bar{x}\pm s$)

项目	肌酐正常组 ($n=38$)	肌酐升高组 ($n=95$)	t 值	P 值
移植术后 5~14 d 肾功能				
血肌酐 (mg/dL)	1.43 \pm 0.58	5.21 \pm 2.02	-9.675	0.000
尿酸 (μ mol/L)	372.82 \pm 70.37	423.24 \pm 147.78	-2.010	0.046
尿素氮 (mg/dL)	25.07 \pm 13.34	45.68 \pm 32.74	-3.751	0.000
eGFR (mL/min/L)	40.04 \pm 17.44	31.28 \pm 17.22	2.635	0.009
移植术后 3 个月肾功能				
血肌酐 (mg/dL)	1.22 \pm 0.67	2.31 \pm 1.03	-3.523	0.005
尿酸 (μ mol/L)	235.82 \pm 70.37	252.67 \pm 95.67	0.678	0.756
尿素氮 (mg/dL)	24.11 \pm 7.56	27.34 \pm 8.91	0.586	0.824
eGFR (mL/min/L)	109.02 \pm 23.34	94.23 \pm 32.54	4.582	0.003

2.3 常规超声及 CEUS 特征比较 在常规超声资料特征中,移植术后 5~14 d 期间肾主动脉、段动脉及叶间动脉 RI 在 2 组之间差异具有显著统计学意义 ($P<0.05$),移植术后 3 个月仅叶间动脉 RI 在 2 组间差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。CEUS 参数 PI、 AUC_{TIC} 在移植术后 5~14 d 及 3 个月在 2 组之间差异均具有显著统计学意义 ($P<0.05$),见表 3。

表 3 肌酐正常组与肌酐升高组肾移植患者常规超声及 CEUS 资料比较分析($\bar{x}\pm s$)

项目	肌酐正常组 (<i>n</i> =38)	肌酐升高组 (<i>n</i> =95)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
移植术后 5~14 dCDFI				
肾动脉 RI	0.70±0.08	0.74±0.11	-2.057	0.042
段动脉 RI	0.66±0.09	0.70±0.10	-2.143	0.034
叶间动脉 RI	0.63±0.08	0.69±0.19	-2.075	0.030
弓形动脉 RI	0.54±0.20	0.59±0.21	-1.855	0.066
移植术后 3 个月 CDFI				
肾动脉 RI	0.75±0.08	0.78±0.11	-1.005	0.186
段动脉 RI	0.69±0.10	0.70±0.10	-0.275	0.917
叶间动脉 RI	0.63±0.11	0.71±0.12	-3.258	0.012
弓形动脉 RI	0.56±0.15	0.59±0.20	-1.055	0.188
移植术后 5~14 dCEUS-TTC				
AT(s)	12.10±3.68	13.78±4.89	-1.912	0.058
TTP(s)	22.51±7.94	25.34±7.48	-1.941	0.054
Δ <i>t</i> (s)	10.41±6.02	11.56±5.24	-1.101	0.273
PI(dB)	33.74±7.30	27.33±6.13	5.152	0.000
AUC _{TTC} (dB×s)	1524±125.67	1311±232.45	4.624	0.000
移植术后 3 个月 CEUS-TTC				
AT(s)	12.17±4.36	15.45±6.39	-1.056	0.089
TTP(s)	23.32±5.73	24.76±7.33	-0.985	0.135
Δ <i>t</i> (s)	11.25±5.12	10.89±6.45	-0.875	0.350
PI(dB)	36.24±6.35	28.31±5.64	6.125	0.000
AUC _{TTC} (dB×s)	1578±112.34	1253±328.42	4.918	0.000

2.4 单因素生存分析 单因素 Kaplan-Meier(Log-rank) 检验分析结果显示以叶间动脉 RI>0.80、弓形动脉 RI>0.80、eGFR≤60 mL/(min·L)、以及 PI≤30 dB、AUC_{TTC}≥1000(dB×s) 作为临界值,其在移植术后 5~14 d、3 个月测量值均对患者的平均生存时间具有显著统计学差异(*P*<0.05),见表 4。患者年龄、性别、BMI、收缩压、舒张压均对患者平均生存时间无显著影响(*P*>0.05)。移植术后 5~14 d 的肾主 动脉 RI、段动脉 RI、肌酐、尿酸、尿素氮、AT、TTP、Δ*t* 对患者平均生存时间无显著影响(*P*>0.05)。移植 术后 3 个月的肾主 动脉、段动脉 RI、肌酐、尿酸、尿 素氮、AT、TTP、Δ*t* 对患者平均生存时间无显著影响 (*P*>0.05)。

2.5 多因素 Cox 生存分析结果 以患者叶间动脉 及弓形动脉 RI≤0.8=0,>0.8=1,GFR≥60 mL/(min·L)=0,<60 mL/(min·L)=1,PI≥30 dB=0,< 30 dB=1,AUC_{TTC}≥1000(dB×s)=0,<1000(dB×s)= 1,采用向前逐步回归法构建 Cox 多因素生存分析

模型,结果显示患者移植术后 5~14 d 期间叶间动 脉 RI (OR 3.765,95%CI 1.162~11.539,*P*= 0.016)、PI (OR 5.053,95%CI 1.123~22.535,*P*= 0.032)、AUC_{TTC} (OR 8.955,95%CI 1.080~74.227, *P*=0.042) 及移植术后 3 个月叶间动脉 RI (OR 7.392,95%CI 2.401~22.754,*P*=0.000) 均与患者 生存预后相关。见图 1 和表 5。

表 4 单因素 Kaplan-Meier(Log-rank) 检验分析结果

项目	平均生存时间	95%CI	χ ² 值	<i>P</i> 值
移植术后 5~14 d 叶间动脉 RI				
≤0.80	77.82±8.22	61.71~93.93	6.202	0.013
>0.80	35.96±13.16	10.17~61.76		
移植术后 3 个月叶间动脉 RI				
≤0.80	79.34±6.28	62.56~95.22	5.850	0.021
>0.80	40.23±5.29	33.52~50.26		
移植术后 5~14 d 弓形动脉 RI				
≤0.80	78.85±8.87	61.47~96.23	4.603	0.032
>0.80	44.64±14.74	15.74~73.53		
移植术后 3 个月弓形动脉 RI				
≤0.80	79.22±6.34	65.21~94.63	4.125	0.035
>0.80	50.14±10.35	24.56~82.54		
移植术后 5~14 d eGFR[mL/(min·L)]				
>60	98.83±4.66	89.70~107.96	4.229	0.040
≤60	63.36±8.28	47.13~79.60		
移植术后 3 个月 eGFR[mL/(min·L)]				
>60	101.33±11.59	90.34~117.46	3.785	0.048
≤60	78.58±21.45	52.56~87.92		
移植术后 5~14 dPI(dB)				
≤30	61.38±8.75	44.22~78.53	5.463	0.019
>30	95.94±9.76	76.82~115.06		
移植术后 3 个月 PI(dB)				
≤30	79.35±10.35	56.78~89.28	4.078	0.038
>30	98.23±11.45	85.42~117.24		
移植术后 5~14 dAUC _{TTC} (dB×s)				
≤1000	63.98±23.34	54.78~80.33	5.478	0.020
>1000	84.37±17.45	70.18~94.45		
移植术后 3 个月 AUC _{TTC} (dB×s)				
≤1000	75.34±18.45	56.25~92.14	3.964	0.045
>1000	89.41±16.37	71.32~103.25		

表 5 Cox 多因素生存模型分析结果

参数	估算	标准误	Wald	自由度	OR (95%CI)	<i>P</i> 值
移植术后 5~14 d						
叶间动脉 RI	1.308	0.545	5.830	1	3.765(1.162~11.539)	0.016
PI	1.503	1.035	4.243	1	5.053(1.123~22.535)	0.032
AUC _{TTC}	2.192	1.079	4.127	1	8.955(1.080~74.227)	0.042
移植术后 3 个月						
叶间动脉 RI	2.000	0.574	12.159	1	7.392(2.401~22.754)	0.000

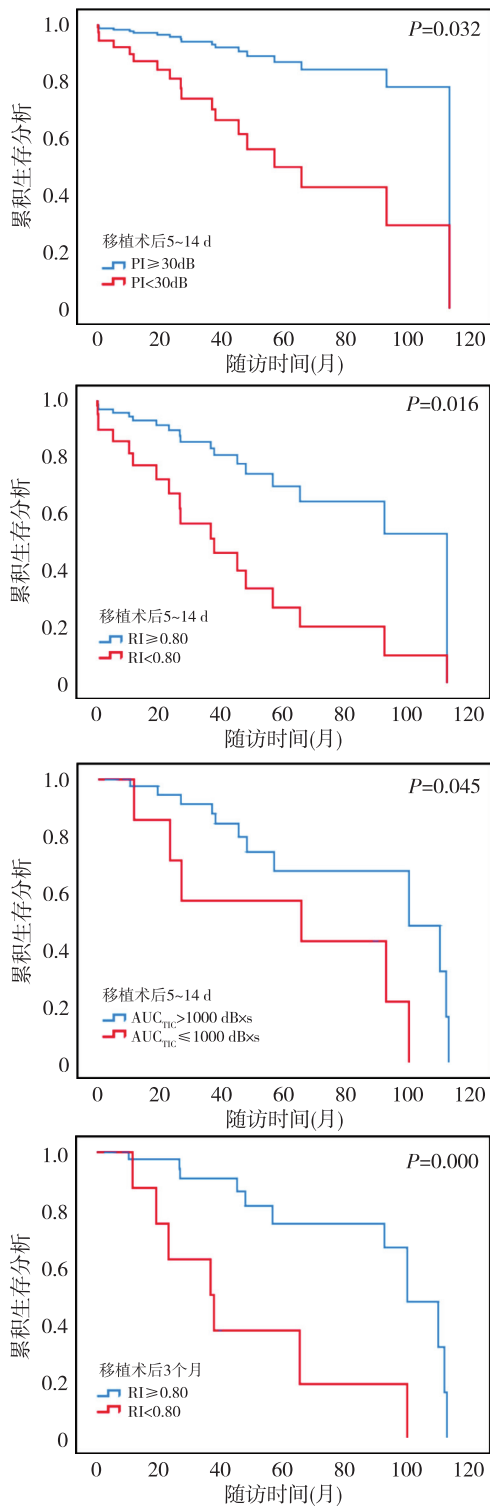


图 1 多因素 Cox 分析结果显示 RI、PI 和 AUC_{TTC} 与患者生存时间相关

3 讨 论

肾移植是终末期肾病治疗的最有效的方法,移植术后肾功能不全直接影响患者/肾生存期,而移植肾血供的改变,则直接导致肾功能不全。目前

CEUS 已经在临床上常规用于检测移植肾微循环灌注,尤其是检测移植肾皮质微循环灌注,用以早期发现移植肾功能异常。以往研究表明,肾皮质区 CEUS 定量参数可捕捉到不同移植肾功能肾皮质结构内包膜下皮质灌注过程的细微差异,可早期鉴别移植肾功能异常如急性排斥反应、急性肾小管坏死等病变^[3,6-7]。然而这些研究均局限于评价肾功能不全的早期阶段,而对患者的随访预后鲜有报道。研究表明,移植肾失功后选择再次肾移植率高达 5%~14%,然而再次移植后移植肾存活率,尤其是 5 年、10 年存活率显著低于首次移植,且排斥反应发生率也明显升高^[8]。因此,利用移植术后早期指标预测患者远期生存率,为临床提供早期干预手段,对移植肾的远期生存率具有显著意义。

本研究采用 CEUS 评价移植肾早期血流微循环灌注状态预测患者生存预后,结果表明患者生存预后与移植术后 5~14 d CEUS 定量参数 PI、 AUC_{TTC} 显著相关,PI 和 AUC_{TTC} 增加是移植肾远期生存率提高的保护因素。由于导致移植肾远期功能丧失的主要原因之一是慢性移植肾肾病,其中包括由免疫因素引起的免疫复合物沉积于肾小管周围,以及免疫和/或非免疫因素引起的足细胞丢失,肾小管上皮细胞-间充质转化形成的肾纤维化,而在早期通常表现为肾小球毛细血管袢显示内皮下新基底膜形成(整周或部分,单层或多层)以及内皮细胞增大和(或)内皮下间隙增宽^[9]。因此,在移植肾早期肾皮质即出现血流量减少,微循环灌注减低,从而表现为 CEUSPI 减低、 AUC_{TTC} 减少。随着移植肾肾病的发展,移植肾病理上表现为受影响的肾小球数目逐渐增多,肾小管周毛细血管基膜层数增多从而导致肾小球滤过率降低/肾小球显著硬化^[10]。因此,随着移植时间的增加,发生移植肾慢性肾病的患者移植肾皮质血流量明显减少,在 CEUS 上表现为 PI 和 AUC_{TTC} 显著降低。然而,以上因素在移植后 3 个月预测患者生存预后未见统计学意义,其原因可能与供肾的热缺血和冷缺血灌注时间、供肾/受体不匹配及术后各种药物等因素影响所致。而相关研究也证实,早期肾功能恢复良好的患者长期存活率显著高于肾功能延迟恢复的患者^[11]。故移植术后早期 CEUS 参数 PI 和 AUC_{TTC} 可作为预测患者远期生存预后的重要指标,并指导临床及早采取防治措施。

此外,本研究结果显示移植术后 5~14 d 及 3 个

月叶间动脉 RI 对患者的生存预后也有显著影响,该研究结果与以往研究^[12-13]一致,认为叶间动脉 RI>0.80 是患者肾功能不全的重要指标,表明 RI 与主要移植肾功能下降 50%、需要透析或受体死亡有关。由于阻力指数与许多已确定的危险因素如年龄、冠心病、收缩压和脉压升高以及肾功能下降显著相关,相应的是肾血管阻力的增加,尤其是在患者存在微量白蛋白尿等末端血管损坏的症状时可提示移植肾衰竭^[12-13]。其次,也有研究表明肾内 RI 增加与急性肾小管坏死和急性抗体介导的排斥反应等有关^[14]。然而,即使 RI 具有较高的临床价值,但在临床上患者极少出现 RI>0.8,且 RI 受到呼吸、心率、测量手法等多种因素影响,因此,尽管其特异性高,但其敏感性较低,而且极少研究利用肾内 RI 来预测功能正常的移植肾的生存或死亡。因此,RI 可作为患者预后的重要超声指标有待进一步证实。

此外,本研究结果显示,不同水平的尿酸、尿素氮、eGFR、以及患者其他特征如 BMI、常规超声特征对患者的生存期无显著差异。尽管 eGFR 是评估患者肾功能的重要指标,且众多文献均显示 eGFR 减低对患者的生存期有显著影响^[15]。然而本研究结果显示该参数并无差异,可能与本研究的样本量较小,且随访时间不长有关。

综上所述,肾移植术后早期叶间动脉 RI 和 CEUS 定量参数 PI 与移植肾生存率相关。叶间动脉 RI 联合 CEUS 定量参数 PI 评估移植肾血流微循环灌注状态可用于预测患者生存率,有助于指导临床对患者及早采取防治措施。

【参考文献】

- [1] 顾 民,谭若芸. 精准医疗和综合防治策略改善移植肾远期预后[J]. 中华器官移植杂志,2020,41(3):129-130.
- [2] Hanssen O,Erpicum P,Lovinfosse P,et al. Non-invasive approaches in the diagnosis of acute rejection in kidney transplant recip-

- ients. Part I. In vivo imaging methods[J]. Clin Kidney J,2017,10(1):97-105.
- [3] 付文学,何年安. 超声在移植肾术后并发症监测中的应用进展[J]. 临床超声医学杂志,2019,21(11):852-854.
- [4] 汪朝阳,黄鹏飞,张 晴,等. 常规超声结合超声造影诊断肾占位性病变的价值[J]. 东南国防医药,2021,23(5):479-483.
- [5] Naesens M,Heylen L. Intrarenal resistive index after renal transplantation[J]. N Engl J Med,2014,370(7): 677-678.
- [6] Qi R,Yang C,Zhu T. Advances of Contrast-Enhanced Ultrasonography and Elastography in Kidney Transplantation: From Microscopic to Microcosmic[J]. Ultrasound Med Biol,2021,47(2): 177-184.
- [7] Yang C,Wu S,Yang P,et al. Prediction of renal allograft chronic rejection using a model based on contrast-enhanced ultrasonography[J]. Microcirculation,2019,26(6): e12544.
- [8] 林锦雯,陈江华. 再次肾移植受者和移植肾长期预后影响因素分析[J]. 中华移植杂志(电子版),2019,13(2):109-113.
- [9] 黄亚冰,郭 晖,官 阳,等. Banff 移植肾病理电子显微镜诊断标准及其进展[J]. 器官移植,2021,12(4):391-396.
- [10] Roufosse C,Simmonds N,Clahsen-van Groningen M,et al. A 2018 Reference Guide to the Banff Classification of Renal Allograft Pathology [J]. Transplantation, 2018, 102 (11): 1795-1814.
- [11] 朱 莹,曾彩虹. 移植肾复发和新发局灶节段性肾小球硬化的研究进展[J]. 医学研究生学报,2021,34(8):861-865.
- [12] Päiväranta J,Oikonen V,Räisänen-Sokolowski A,et al. Renal vascular resistance is increased in patients with kidney transplant[J]. BMC Nephrol,2019,20(1): 437.
- [13] Patel RK,Geddes CC,Mark PB. Intrarenal resistive index after renal transplantation[J]. N Engl J Med,2014,370(7): 677.
- [14] Di Nicolò P,Granata A. Renal intraparenchymal resistive index: the ultrasonographic answer to many clinical questions [J]. J Nephrol,2019,32(4): 527-538.
- [15] Webster AC, Nagler EV, Morton RL et al. Chronic Kidney Disease[J]. Lancet,2017,389(10075): 1238-1252.

(收稿日期:2022-04-19; 修回日期:2022-06-13)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)