



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

彩色多普勒超声联合超声造影对移植肾动脉狭窄的诊断价值

邹子然, 杨萍, 樊韵玲, 何婉媛, 王文平

引用本文:

邹子然, 杨萍, 樊韵玲, 等. 彩色多普勒超声联合超声造影对移植肾动脉狭窄的诊断价值[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 629–634.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210003>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

超声造影对移植肾功能延迟恢复的早期预测价值

Early predictive value of contrast-enhanced ultrasonography for delayed graft function in renal transplantation patients

中国临床医学. 2021, 28(2): 278–282 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20201647>

向量血流成像技术评估兔腹主动脉早期动脉粥样硬化的价值

Evaluation of hemodynamic changes of early atherosclerosis in rabbit aorta by vector flow imaging technology

中国临床医学. 2020, 27(3): 438–443 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20191637>

高频超声造影对胆囊内蛔虫残骸的诊断价值

Diagnostic value of high-frequency contrast-enhanced ultrasound in the ascaris debris in the gallbladder

中国临床医学. 2020, 27(6): 1017–1019 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200400>

容量法参数在实时三维超声心动图诊断三尖瓣反流中的效力比较

Comparison of volumetric parameters by three-dimensional echocardiography in tricuspid regurgitation quantitation

中国临床医学. 2021, 28(2): 216–223 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20201139>

黄色肉芽肿性胆囊炎超声造影影像学特征分析

Contrast-enhanced ultrasonography of xanthogranulomatous cholecystitis

中国临床医学. 2020, 27(3): 493–496 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200552>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210003

彩色多普勒超声联合超声造影对移植肾动脉狭窄的诊断价值

邹子然¹, 杨 萍¹, 樊韵玲¹, 何婉媛^{1*}, 王文平^{1,2}

1. 复旦大学附属中山医院超声科, 上海 200032

2. 上海市影像医学研究所, 上海 200032

引用本文 邹子然, 杨 萍, 樊韵玲, 等. 彩色多普勒超声联合超声造影对移植肾动脉狭窄的诊断价值[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 629-634. ZOU Z R, YANG P, FAN Y L, et al. Diagnostic value of color Doppler ultrasonography combined with contrast enhanced ultrasound in the transplant renal artery stenosis[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(4): 629-634.

[摘要] **目的:**探讨彩色多普勒超声(color Doppler ultrasonography, CDUS)血流动力学参数联合超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)定量参数对移植肾动脉狭窄(transplant renal artery stenosis, TRAS)的诊断价值。**方法:**分析 2011 年 9 月至 2020 年 5 月在复旦大学附属中山医院经 DSA 或 MRA 确诊的 TRAS 患者 21 例(狭窄组)及同期行肾移植且随访肾功能正常的患者 37 例(对照组)的 CDUS 及 CEUS 资料,比较 2 组 CDUS 血流动力学参数[主肾动脉收缩期峰值流速(PSV)、峰值流速后比、叶间动脉阻力指数(RI)]及 CEUS 定量参数[皮质感兴趣区上升时间(RT)、髓质 RT、皮质达峰时间(TTP)、髓质 TTP]的差异,分析上述各个参数与 TRAS 程度间的相关性,并通过 ROC 曲线分析上述参数单独及联合应用时诊断 TRAS 的效能。**结果:**狭窄组主肾动脉 PSV、峰值流速后比、皮质 RT、髓质 RT、皮质 TTP 及髓质 TTP 的值均高于或长于对照组,叶间动脉 RI 低于对照组($P<0.05$);主肾动脉 PSV、叶间动脉 RI、峰值流速后比、皮质 RT、髓质 RT、皮质 TTP、髓质 TTP 与 TRAS 程度均存在中度相关性(r 值分别为 0.617、-0.409、0.599、0.600、0.518、0.638、0.648),其中叶间动脉 RI 与狭窄程度负相关,其余超声参数与狭窄程度正相关($P<0.05$)。CDUS 血流动力学参数总体灵敏度高于 CEUS 定量参数,总体特异度低于 CEUS 定量参数;CEUS 定量参数(除髓质 RT 外)的曲线下面积普遍大于 CDUS 血流动力学参数。主肾动脉 PSV >2.43 m/s 及皮质 TTP >9.26 s 是诊断 TRAS 的重要参数($P<0.05$),两者联合诊断 TRAS 的 AUC 为 0.965、准确度为 91.40%,高于所有单一参数。**结论:**CDUS 及 CEUS 均可用于诊断 TRAS,CDUS 血流动力学参数联合 CEUS 定量参数可提高 TRAS 诊断的准确度,从而在一定程度上减少 CDUS 疑诊病例不必要的放射性检查。

[关键词] 移植肾动脉狭窄;彩色多普勒超声;超声造影

[中图分类号] R 692.1+6

[文献标志码] A

Diagnostic value of color Doppler ultrasonography combined with contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of transplant renal artery stenosis

ZOU Zi-ran¹, YANG Ping¹, FAN Yun-ling¹, HE Wan-yuan^{1*}, WANG Wen-ping^{1,2}

1. Department of Ultrasound, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Shanghai Institute of Medical Imaging, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective:** To explore the clinical value of hemodynamic parameters of color Doppler ultrasonography (CDUS) combined with quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the diagnosis of transplant renal artery stenosis (TRAS). **Methods:** Twenty-one patients with TRAS diagnosed by the digital subtraction angiography (DSA) or magnetic resonance angiography (MRA) were selected as stenosis group, and another 37 patients with stable transplant renal function who underwent kidney transplantation at the same time were included in the control group. The CDUS and CEUS images of these patients were analyzed retrospectively. The differences of the CDUS hemodynamic parameters such as the peak systolic velocity (PSV) in the main renal artery, the ratio of the PSV in the main renal artery to that in the interlobar arteries, and the resistant index (RI) in the interlobar arteries, and the CEUS quantitative analysis parameters such as the rising time (RT), time to peak (TTP) of interstive regions in renal allograft cortex and medulla were compared between the

[收稿日期] 2021-01-02

[接受日期] 2021-04-13

[基金项目] 上海市自然科学基金(20ZR1452800),上海市临床重点专科项目(shslczdk03501). Supported by Natural Science Foundation of Shanghai(20ZR1452800) and Shanghai Key Clinical Specialty Project(shslczdk03501).

[作者简介] 邹子然, 硕士生. E-mail: ziran_zou@163.com

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: he.wanyuan@zs-hospital.sh.cn

two groups. The correlation between the above-mentioned ultrasound parameters and the degree of renal artery stenosis was analyzed and the receiver operator characteristic curve (ROC) was used to compare the efficacy of the above parameters used alone and in combination in diagnosing TRAS. **Results:** The main renal artery PSV, the ratio of the main renal artery PSV to that in the interlobar arteries, and the RT and TTP of the renal allograft cortex and medulla in the stenosis group were significantly higher or longer than those in the control group, and the interlobular artery RI was lower than that in the control group ($P < 0.05$). Each ultrasound parameter was moderately correlated with the degree of renal artery stenosis, the r values of the main renal artery PSV, the interlobular artery RI, the ratio of the main renal artery PSV to the interlobar arteries PSV, cortex RT, medulla RT, cortex TTP, and medulla TTP were 0.617, -0.409 , 0.599 , 0.600 , 0.518 , 0.638 , and 0.648 , respectively. Among them, the interlobular artery RI was negatively correlated with the degree of stenosis, and the remaining ultrasound parameters were positively correlated with the degree of stenosis ($P < 0.05$). Compared with CEUS quantitative parameters, CDUS hemodynamic parameters had high sensitivity and low specificity in totality. The area of the curve of CEUS quantitative parameters were generally higher than that of CDUS hemodynamic parameters except for the medulla RT. The PSV in the main renal artery higher than 2.43 m/s and the TTP of renal allograft cortex higher than 9.26 s were important in the diagnosis of TRAS ($P < 0.05$). The AUC and accuracy of the combination of the above two parameters in the diagnosis of TRAS were 0.965 and 91.40% , respectively, which was higher than the diagnostic efficacy of any single parameter. **Conclusions:** Both CDUS and CEUS parameters can be used to diagnose TRAS, and the combination of the two methods can improve the diagnostic accuracy of TRAS and reduce unnecessary radioactive examination.

[Key Words] transplant renal artery stenosis; color Doppler ultrasonography; contrast-enhanced ultrasonography

移植肾动脉狭窄 (transplant renal artery stenosis, TRAS) 是肾移植术后最常见的血管并发症之一。TRAS 可发生于术后任何时间, 最常发生于术后 3 个月至 2 年, 发病率为 $1\% \sim 23\%$ ^[1-3], 可导致患者顽固性高血压、移植肾功能不全甚至死亡。早期发现并及时干预可使病情逆转^[3-4], 因此, 早期诊断 TRAS 至关重要。

有文献^[5]报道, 彩色多普勒超声 (color Doppler ultrasonography, CDUS) 及超声造影 (contrast-enhanced ultrasonography, CEUS) 在诊断 TRAS 方面均具有较大的临床应用价值, 但 CDUS 及 CEUS 诊断 TRAS 的量化指标尚不统一, 且目前鲜见研究联合应用 CDUS 及 CEUS 诊断 TRAS。本研究以数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 或磁共振血管成像 (magnetic resonance angiography, MRA) 作为诊断 TRAS 的金标准, 分析 CDUS 血流动力学参数及 CEUS 定量参数诊断 TRAS 的阈值, 并探讨以上参数单独使用或联合应用的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2011 年 9 月至 2020 年 5 月复旦大学附属中山医院收治的 21 例 TRAS 患者 (狭窄组) 的临床资料, 其中男 15 例, 女 6 例, 平均年龄为 (41.57 ± 12.67) 岁; 选取同期行 CDUS 检查且随访半年以上移植肾功能稳定并有 CEUS 资

料的 37 例移植肾患者为对照组, 包括男 24 例, 女 13 例, 平均年龄为 (37.89 ± 10.74) 岁。

纳入标准: 肾移植术后经 DSA 或 MRA 确诊为 TRAS 的患者; 确诊前行 CDUS 和 CEUS 检查, 并保存有符合要求的超声图像; 年龄 $18 \sim 80$ 岁。排除标准: 移植肾急性慢性排斥反应、移植肾动脉或静脉血栓、移植肾尿路梗阻、肾周血肿或局部感染及严重心肺疾病。本研究经复旦大学附属中山医院伦理委员会批准 (B2021-224R2), 所有患者均知情并签署知情同意书。

1.2 检查方法及图像处理 彩色多普勒超声检查时, 采用 Siemens 公司 AcusonS2000 彩色多普勒超声诊断仪, 探头使用 4C1。患者取仰卧位, 将探头置于患者髂窝移植肾部位, 嘱患者均匀缓慢呼吸, 保持身体不动。常规超声观察移植肾大小、形态、皮髓质回声强度及肾周有无积液; 彩色多普勒超声观察移植肾的动脉血流信号, 测量移植肾主肾动脉、叶间动脉收缩期峰值流速 (peak systolic velocity, PSV), 及叶间动脉阻力指数 (resistance index, RI) 等血流动力学参数, 并计算峰值流速后比 (主肾动脉 PSV/叶间动脉 PSV)。超声造影检查采用 Philips iU 22 彩色多普勒超声诊断仪, 探头 C1~5 MHz, 机械指数设置为 0.07 , 增益为 90% , 所有患者检查时仪器参数设置保持一致。选取移植肾血管树主干及分支成像清晰的长轴切面, 保持探头静止且不加压, 经肘静脉团注 0.6 mL SonoVue 造影

剂,随即用0.9%氯化钠液 5 mL 冲管,同时启动录像采集系统,记录 2 min 的动态造影录像,并以 DICOM 格式保存。用 SonoLiver CEUS 定量分析软件,以移植肾段间动脉作为参考区,在移植肾中部皮质、髓质勾画 2 个感兴趣区,通过 Excel 表格输出各个感兴趣区的上升时间(rising time,RT)、达峰时间(time to peak, TTP)、平均渡越时间(mean transit time, mTT)及拟合优度(quality of fit, QOF),将 QOF>75%作为纳入分析标准。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 22.0 及 MedCalc 医学统计软件进行统计学分析。对狭窄组与对照组的各变量进行单因素分析,符合正态分布的计量资料采用 *t* 检验。采用秩相关的 Spearman 相关系数分析超声参数与移植肾动脉狭窄程度的相关性。将单因素分析中有显著差异的变量进行筛选后,采用 logistic 回归前进法分析与 TRAS 相关的危险因素。利用 MedCalc 医学统计软件绘制 ROC 曲线,分析各个超声参数及联合诊断 TRAS 的效能,并计算曲线下面积(AUC)、灵敏度、特异度。检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 声像图表现 狭窄组:CDUS 可探及移植肾主肾动脉细窄花色血流,狭窄处血流速度>2.0 m/s(图 1A);CEUS 显示狭窄组患者注入超声造影剂后,移植肾呈树枝样增强,肾实质增强程度轻,造影剂分布稀疏(图 2A),定量分析显示 TIC 曲线上升及下降均缓慢,波峰圆钝(图 2B)。对照组:CDUS 显示移植肾主肾动脉血流色彩单纯、中心明亮,流速<2.0 m/s(图 1B);CEUS 显示移植肾呈树枝样增强,达峰值时,肾实质呈细密、均匀高增强(图 3A),定量分析显示 TIC 曲线上升及下降均较快,波峰尖锐(图 3B)。

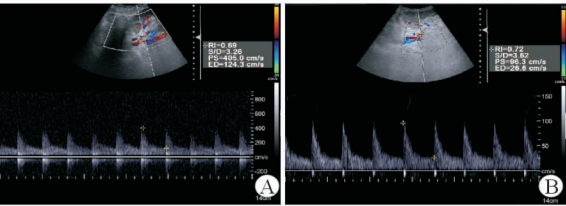


图 1 狭窄组和对照组的 CDUS 表现

A:狭窄组患者移植肾主肾动脉细窄花色血流束,最高血流速度为 4.05 m/s;B:对照组移植肾主肾动脉血流色彩单纯,最高血流速度为 0.96 m/s

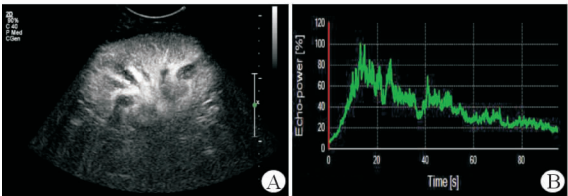


图 2 狭窄组超声造影及定量分析图

A:超声造影显示肾脏呈树枝样增强,达峰时肾实质回声稀疏、不均匀;B:定量分析 TIC 曲线上升及下降均较慢,波峰圆钝

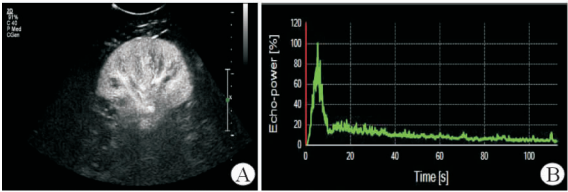


图 3 对照组超声造影及定量分析图

A:超声造影显示肾脏呈树枝样增强,达峰时肾实质回声细密、均匀;B:定量分析 TIC 曲线上升及下降均较快,波峰尖锐

2.2 两组超声参数比较 结果(表 1)显示:狭窄组主肾动脉 PSV、峰值流速后比高于对照组,叶间动脉 RI 低于对照组,皮质 RT、髓质 RT、皮质 TTP、髓质 TTP 均长于对照组($P<0.01$)。

表 1 2 组各个超声参数的比较

参数	狭窄组 (<i>n</i> = 21)	对照组 (<i>n</i> = 37)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
主肾动脉 PSV/(m·s ⁻¹)	3.71 ± 1.37	1.72 ± 0.96	6.447	<0.001
叶间动脉 RI	0.48 ± 0.12	0.59 ± 0.11	-3.471	0.001
峰值流速后比	15.05 ± 8.19	5.66 ± 4.55	4.852	<0.001
皮质 RT/s	9.57 ± 2.41	5.52 ± 2.38	6.195	<0.001
髓质 RT/s	15.54 ± 5.70	9.89 ± 3.55	4.660	<0.001
皮质 TTP/s	10.79 ± 2.49	6.54 ± 1.89	7.339	<0.001
髓质 TTP/s	18.50 ± 6.12	11.22 ± 3.26	5.923	<0.001

2.3 超声参数与狭窄程度的相关性分析 结果(表 2)显示:各个超声参数与狭窄程度均中度相关,除叶间动脉 RI 与狭窄程度负相关($P=0.001$)外,其余参数均与狭窄程度正相关($P<0.001$)。

表 2 各个超声参数与移植肾动脉狭窄程度的相关性分析

参数	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
主肾动脉 PSV	0.617	<0.001
叶间动脉 RI	-0.409	0.001
峰值流速后比	0.599	<0.001
皮质 RT	0.600	<0.001
髓质 RT	0.518	<0.001
皮质 TTP	0.638	<0.001
髓质 TTP	0.648	<0.001

2.4 狭窄程度相关超声参数的多因素分析 由于峰值流速后比是主肾动脉 PSV/叶间动脉 PSV,与主肾动脉 PSV 相关性较高($r=0.848$),髓质 TTP 与髓质 RT 的相关性较高($r=0.923$),且髓质 RT 及髓质 TTP 与皮质 RT 及 TTP 共线性严重(共线性诊断 VIF 分别为 10.521、9.062)。故进行 logistic 回归时排除上述 3 个变量后,选取主肾动脉 PSV、叶间动脉 RI、皮质 RT 及皮质 TTP 作为变量。结果(表 3)显示:主肾动脉 PSV 及皮质 TTP 可作为预测 TRAS 的危险因素($P<0.05$)。

2.5 超声参数对 TRAS 的诊断效能 结果(表 4)显示:CDUS 血流动力学参数诊断的总体灵敏度高于 CEUS 定量参数,但总体特异度低于 CEUS 定量参数。在 CDUS 血流动力学参数中,主肾动脉 PSV

及峰值流速后比诊断 TRAS 的 AUC 均高于叶间动脉 RI,分别为 0.873 和 0.866;在 CEUS 定量参数中,皮质 TTP 诊断 TRAS 的 AUC 为 0.918。除髓质 RT 外,其他造影定量参数的 AUC 均大于 CDUS 血流动力学参数。

表 3 TRAS 相关超声参数的 logistic 回归分析

参数	β	SE	Wald 值	P 值	OR
主肾动脉 PSV	-1.003	0.452	4.925	0.026	0.367
叶间动脉 RI	2.593	3.594	0.521	0.471	13.375
皮质 RT	0.665	0.561	1.404	0.236	1.945
皮质 TTP	-2.388	1.157	4.262	0.039	0.092
常数项	16.758	7.580	4.887	0.027	—

表 4 各个超声参数诊断 TRAS 的效能

参数	截断值	灵敏度/%	特异度/%	准确度/%	AUC(95%CI)
主肾动脉 PSV	2.43	85.71	86.49	86.21	0.873(0.758~0.987)
叶间动脉 RI	0.47	57.14	89.19	77.59	0.737(0.590~0.884)
峰值流速后比	7.52	85.71	83.78	84.48	0.866(0.765~0.966)
皮质 RT	8.78	66.67	94.59	84.48	0.894(0.810~0.978)
髓质 RT	14.45	57.14	91.89	79.31	0.815(0.702~0.928)
皮质 TTP	9.26	71.43	94.59	86.21	0.918(0.848~0.987)
髓质 TTP	15.23	80.95	86.49	84.48	0.902(0.820~0.984)

2.6 联合诊断的 ROC 曲线分析 结果(图 4)显示:皮质 TTP 诊断 TRAS 的 AUC 大于主肾动脉 PSV(0.918 vs 0.873);主肾动脉 PSV 联合皮质 TTP 的诊断灵敏度为 85.71%,特异度为 94.59%,准确度为 91.40%,AUC 为 0.965,效能高于单一参数。

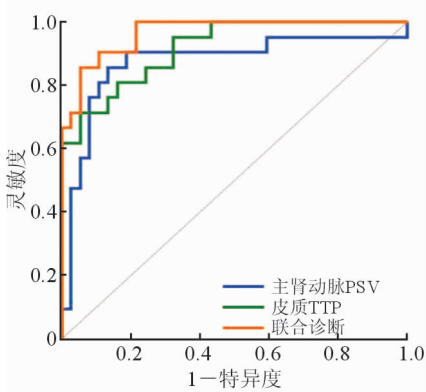


图 4 主肾动脉 PSV、皮质 TTP 及两者联合诊断 TRAS 的 ROC 曲线

3 讨论

目前用于诊断 TRAS 的影像学方法较多,如

DSA、CT 血管成像(computed tomography angiography,CTA)、MRA、CDUS 及 CEUS 等^[6]。DSA 作为诊断 TRAS 的金标准,在诊断的同时还可进行介入治疗,但由于 DSA 为有创性检查且其造影剂具有肾毒性,故 DSA 不能作为移植肾术后常规的监测手段。而超声检查具有无创、使用无禁忌证、适宜于床边检查等优点,已常规应用于移植肾术后的监测^[7-8]。其诊断的准确性对于 TRAS 患者的筛查及临床干预具有重要的意义。超声诊断 TRAS 多采用常规超声及彩色多普勒超声,可获得移植肾形态学及血流动力学方面的信息^[9],对狭窄程度>50%的 TRAS 有一定的诊断价值。而随着超声技术的不断发展,超声造影作为一项新的超声成像技术,在诊断 TRAS 方面发挥着越来越重要的作用^[8,10-11]。

CDUS 诊断 TRAS 时常使用血流动力学指标,其中较常用的血流动力学指标为主肾动脉 PSV、峰值流速前比、峰值流速后比及叶间动脉 RI。因峰值流速前比受移植肾动脉吻合术式的影响较大,本研究仅测量移植肾主肾动脉及叶间动脉的 PSV 及

RI,计算峰值流速后比(主肾动脉 PSV/叶间动脉 PSV)。在本研究探讨的 3 个 CDUS 血流动力学参数中,主肾动脉 PSV >2.43 m/s 诊断效能最高,灵敏度和特异度分别为 85.71%及 86.49%,与以往研究^[12]基本相符。但在实际工作中,CDUS 探测移植肾主肾动脉全程较为耗时,并且很难直观显示移植肾主肾动脉的狭窄部位。而 CEUS 一方面可通过超声造影剂增强更好地显示移植肾主肾动脉,另一方面还可通过定量分析移植肾皮质血流灌注参数^[13],间接反映移植肾主肾动脉狭窄,在一定程度上可弥补上述 CDUS 的不足。

本课题组前期研究^[14-15]分析了移植肾造影各定量参数的稳定性,其中 RT 及 TTP 稳定性较好。故本研究选取皮质及髓质的 RT 和 TTP,以分析 CEUS 超声造影定量参数诊断 TRAS 的诊断效能。其中皮质 TTP=9.26 s 的诊断效能最高(AUC=0.918),高于髓质 RT(AUC=0.815)、皮质 RT(AUC=0.894)和髓质 TTP(AUC=0.902)。本研究结果显示,除髓质 RT 外,CEUS 定量参数的 AUC 普遍大于 CDUS 血流动力学参数,这与以往研究^[16]观点一致。上述超声参数与 TRAS 程度的相关性结果显示,所有超声参数与 TRAS 程度均中度相关,说明超声参数可用于预测狭窄程度,在移植肾动脉狭窄的治疗方面有一定的临床指导意义。

本研究发现 1 例 DSA 诊断为重度 TRAS 患者的主肾动脉 PSV 为 0.56 m/s,原因可能为移植肾主肾动脉严重狭窄接近闭塞时,主肾动脉 PSV 不升高反而降低。此外有 2 例患者肾移植术后主肾动脉 PSV 增高(>2.43 m/s),并于术后约 1 个月降至正常,上述情况可能是由于术后吻合口水肿消退,主肾动脉血管恢复正常所致。另有 1 例患者肾移植术后主肾动脉 PSV 一直高于截断值(2.43 m/s),DSA 未发现移植肾动脉狭窄,但于 DSA 后主肾动脉 PSV 降低。因此,该情况可能是由于移植肾主肾动脉扭曲导致的 PSV 升高。分析上述 3 例主肾动脉 PSV 增高患者的 CEUS 定量参数值,与本研究中的 CEUS 定量参数的诊断阈值比较均能正确诊断。因此,CEUS 定量参数可在一定程度上减少因主肾动脉 PSV 升高而误诊的病例。

此外,本研究还发现,相较于 CEUS 定量参数,CDUS 血流动力学参数诊断 TRAS 具有较高的灵敏度,而 CEUS 定量参数具有较高的特异度。本研究以 logistic 回归判断各超声参数对 TRAS 预测的

影响,结果显示主肾动脉 PSV >2.43 m/s 和皮质 TTP >9.26 s 可更好预测 TRAS,两者联合诊断 TRAS 的 AUC 为 0.965,灵敏度为 85.71%,特异度为 94.59%,效能高于单独 CDUS 血流动力学参数或 CEUS 定量参数,提示联合应用 CDUS 血流动力学参数和 CEUS 定量参数对诊断 TRAS 具有更高的价值。

本研究的局限性在于狭窄组的样本量较少,且联合诊断时 logistic 回归仅能纳入 2 个参数,因此期待更大样本研究,进一步验证及深入分析,提高联合参数诊断价值。

综上所述,CDUS 和 CEUS 均可用于诊断 TRAS,CDUS 血流动力学参数诊断 TRAS 具有较高的灵敏度,CEUS 定量参数诊断 TRAS 具有较高的特异度,两者联合使用可提高诊断 TRAS 的效能。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] KOLLI K P, LABERGE J M. Interventional management of vascular renal transplant complications[J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2016, 19(3):228-236.
- [2] RODGERS S K, SERENI C P, HORROW M M. Ultrasonographic evaluation of the renal transplant [J]. Radiol Clin North Am, 2014, 52(6):1307-1324.
- [3] CHEN W, KAYLER L K, ZAND M S, et al. Transplant renal artery stenosis: clinical manifestations, diagnosis and therapy[J]. Clin Kidney J, 2015, 8(1):71-78.
- [4] ROBINSON K A, KRIEGSHAUSER J S, DAHIYA N, et al. Detection of transplant renal artery stenosis: determining normal velocities at the renal artery anastomosis[J]. Abdom Radiol (NY), 2017, 42(1):254-259.
- [5] GRZELAK P, KURNATOWSKA I, NOWICKI M, et al. Detection of transplant renal artery stenosis in the early postoperative period with analysis of parenchymal perfusion with ultrasound contrast agent[J]. Ann Transplant, 2013, 18:187-194.
- [6] HURST F P, ABBOTT K C, NEFF R T, et al. Incidence, predictors and outcomes of transplant renal artery stenosis after kidney transplantation: analysis of USRDS[J]. Am J Nephrol, 2009, 30(5):459-467.
- [7] MARZI V L, CAMPI R, SESSA F, et al. Standardized duplex ultrasound-based protocol for early diagnosis of transplant renal artery stenosis: results of a single-institution retrospective cohort study [J]. Biomed Res Int, 2018, 2018:2580181.
- [8] ÁLVAREZ RODRÍGUEZ S, HEVIA PALACIOS V, SANZ

- MAYAYO E, et al. The usefulness of contrast-enhanced ultrasound in the assessment of early kidney transplant function and complications[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2017, 7(3):53.
- [9] BROWNE J E, KING D, FAGAN A J, et al. An investigation of the detection capability of pulsed wave duplex Doppler of low grade stenosis using ultrasound contrast agent microbubbles —an in-vitro study[J]. *Ultrasonics*, 2019, 96: 48-54.
- [10] MA N, WANG S Y, SUN Y J, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound for accessory renal artery among patients suspected of renal artery stenosis [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2019, 99(11):838-840.
- [11] ADANI G L, COMO G, BONATO F, et al. Detection of transplant renal artery stenosis with contrast-enhanced ultrasound[J]. *Radiol Case Rep*, 2018, 13(4):890-894.
- [12] MORENO C C, MITTAL P K, GHONGE N P, et al. Imaging complications of renal transplantation[J]. *Radiol Clin North Am*, 2016, 54(2):235-249.
- [13] 王思宇, 任俊红, 马 娜, 等. 超声造影评估老年糖尿病患者肾皮质血流灌注的临床研究[J]. *中华老年医学杂志*, 2018, 37(11):1251-1254. WANG S Y, REN J H, MA N, et al. Clinical value of contrast-enhanced ultrasonography in evaluating renal cortical perfusion in elderly diabetic patients [J]. *Chinese Journal of Geriatrics*, 2018, 37(11): 1251-1254.
- [14] 周 盛, 齐 青, 何婉媛, 等. 移植肾超声造影(CEUS)定量分析的可重复性[J]. *复旦学报(医学版)*, 2015, 42(2):212-215. ZHOU S, QI Q, HE W Y, et al. The repeatability of contrast enhanced ultrasound (CEUS) quantitative analysis in assessing transplanted kidney[J]. *Fudan University Journal of Medical Sciences*, 2015, 42(2):212-215.
- [15] 杨 萍, 何婉媛, 周 盛, 等. 彩色多普勒超声评价移植肾动脉狭窄的临床应用价值[J]. *中国临床医学*, 2015, 22(5): 684-687. YANG P, HE W Y, ZHOU S, et al. Clinical application value of color Doppler flow imaging for evaluating transplant renal artery stenosis [J]. *Chinese Journal of Clinical Medicine*, 2015, 22(5): 684-687.
- [16] PAN F S, LIU M, LUO J, et al. Transplant renal artery stenosis: mvaluation with contrast-enhanced ultrasound[J]. *Eur J Radiol*, 2017, 90:42-49.

[本文编辑] 翟铖铖

