·临床研究·

二维剪切波弹性成像对慢性肾脏病的诊断价值及其影响因素分析

高　琦　蒋翠萍　陈松旺

摘　要　目的　探讨二维剪切波弹性成像（2D-SWE）对慢性肾脏病（CKD）的诊断价值及其影响因素。**方法**　选取我院114例CKD患者和31例健康者体检者（对照组），其中CKD患者依据K/DOQI指南分为CKD 1~5期组；应用2D-SWE技术测量各组肾剪切波速度（SWV），脉冲多普勒测量肾叶间动脉阻力指数（RI），Image J软件测量肾实质与肾周脂肪囊像素平均值之比即肾实质像素强度，比较各组各参数差异。绘制受试者工作特征（ROC）曲线分析各技术诊断早期CKD（CKD 1~2期）的效能。应用逐步回归分析SWV的影响因素。**结果**　CKD 1~5期组SWV均低于对照组，而CKD 2~5期组肾实质像素强度、CKD 2~4期组叶间动脉RI均高于对照组，差异均有统计学意义（均P<0.05），且随着CKD分期增加SWV逐渐下降，肾实质像素强度和叶间动脉RI逐渐升高，组间比较差异均有统计学意义（均P<0.001）。当右、左肾皮质及髓质SWV分别小于1.16、1.18、1.13、1.16 m/s时诊断早期CKD的敏感性分别为77.3%、77.3%、81.8%、72.8%，特异性分别为90.0%、86.7%、86.7%、86.7%，曲线下面积分别为0.880、0.805、0.858、0.845；且右、左肾皮质及髓质SWV的曲线下面积均较肾实质像素强度和叶间动脉RI的曲线下面积高，差异均有统计学意义（均P<0.05）。逐步回归分析显示，收缩压、叶间动脉RI、肾实质像素强度及β_2微球蛋白是SWV降低的独立影响因素。**结论**　2D-SWE对CKD有较好的诊断效能，尤其对早期CKD患者。SWV随CKD进展逐渐下降与收缩压、叶间动脉RI、肾实质像素强度、β_2微球蛋白均相关。

关键词　剪切波弹性成像，二维；慢性肾脏病；像素强度；阻力指数，叶间动脉

[中图法分类号]R445.1；R692　　[文献标识码]A

Diagnostic value and influence factors of two-dimensional shear wave elastography in chronic kidney disease

GAO Qi, JIANG Cuiping, CHEN Songwang

Department of Ultrasound Medicine, Nanjing Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Nanjing 210000, China

ABSTRACT　Objective　To investigate the diagnostic value and influence factors of two-dimensional shear wave elastography (2D-SWE) in chronic kidney disease (CKD). **Methods**　A total of 114 patients with CKD and 31 healthy subjects (control group) were selected. CKD patients were divided into stage 1~5 groups according to K/DOQI guidelines. The renal shear wave velocity (SWV) was measured by 2D-SWE technology, the resistance index (RI) of renal interlobar artery was measured by pulse-Doppler, the pixel intensity of renal parenchyma (ratio of mean gray histogram of renal parenchyma and the perirenal fat sac) was measured by Image J software, and the differences of above parameters in each group were compared. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the efficacy of each techniques in diagnosing early CKD (CKD stage 1~2). Stepwise regression analysis was used to analyze the influence factors of SWV. **Results**　The SWV of CKD 1~5 group were lower than that of the control group, while the pixel intensity of CKD 2~5 group and the RI of interlobar artery of CKD 2~4 group were higher than those of the control group, the differences were statistically significant (all P<0.05). SWV decreased gradually with the CKD stages increased, while pixel intensity and RI of interlobar artery were increased, there were significant differences among groups (all P<0.001). When SWV of right and left renal cortex and medulla were less than 1.16, 1.18, 1.13, 1.16 m/s, respectively, the sensitivity of the diagnosis of early CKD were 77.3%, 77.3%, 81.8%, 72.8%, and specificity were 90.0%,

作者单位：210000　南京市，南京医科大学附属南京医院 南京市第一医院超声医学科

通讯作者：陈松旺，Email：chensongwang@126.com

86.7%, 86.7%, 86.7%, the area under the curve were 0.880, 0.805, 0.858 and 0.845, respectively. The area under the curve of right and left renal cortex and medulla SWV were higher than that of pixel intensity and RI of interlobular artery, the differences were statistically significant (all $P<0.05$). Stepwise regression analysis showed that systolic blood pressure, RI of interlobular artery, pixel intensity and β_2 microglobulin were the independent influence factors of SWV reduction. **Conclusion** 2D-SWE has good diagnostic efficacy for CKD, especially for patients with early CKD. The gradual decreasing of SWV with CKD progression is correlated with systolic blood pressure, RI of interlobar artery, pixel intensity and β_2 microglobulin.

KEY WORDS Shear wave elastography, two-dimensional; Chronic kidney disease; Pixel intensity; Resistance index, interlobar artery

肾脏是人体重要器官之一，其不仅在维持水电解质平衡中发挥着重要作用，也是多种疾病的靶器官。慢性肾脏病（chronic kidney disease，CKD）临床常见，因其患病率高，患病时间长，晚期预后效果差而逐渐被重视[1]。其病因多复杂，病理发展多不可逆，目前确诊主要依靠肾穿刺活检，但其为有创检查，穿刺点选取有一定偶然性，其操作也有一定的感染及出血的风险，不宜反复操作，因此在临床上难以追踪患者的疾病进展[2]。二维剪切波弹性成像（two-dimensional shear wave elastography，2D-SWE）是一种无创评估组织硬度的技术，可获得与二维超声图像同步显示的彩色弹性图。同时，Image J是一种具有图像分析和处理功能的软件，可量化二维超声图像上的肾脏实质回声信息，克服了非定量和主观观察的限制。本研究通过比较2D-SWE与肾实质像素强度和叶间动脉阻力指数（RI）在CKD诊断中的价值，同时分析SWV的影响因素，以期为临床提供新的影像学参考依据。

资料与方法

一、研究对象

前瞻性选取2020年9月至2021年5月在我院肾内科或血液透析科住院的CKD患者114例，其中男70例，女44例，年龄34~82岁，平均（57.8±11.5）岁；体质量指数（BMI）17~40 kg/m^2，平均（25.4±4.2）kg/m^2。依据肾脏病预后质量倡议（K/DOQI）指南[3]将CKD患者分为CKD 1期组［肾小球滤过率估算值（eGFR）≥90 ml·min^{-1}·1.73 m^{-2}］32例、CKD 2期组（eGFR 60~89 ml·min^{-1}·1.73 m^{-2}）18例、CKD 3期组（eGFR 30~59 ml·min^{-1}·1.73 m^{-2}）27例、CKD 4期组（eGFR 15~29 ml·min^{-1}·1.73 m^{-2}）23例、CKD 5期组（eGFR<15 ml·min^{-1}·1.73 m^{-2}）14例。所有患者均符合K/DOQI的诊断标准[3]；排除体型过度肥胖、呼吸无法配合、肾脏有较大占位病变或多发囊肿、肾积水、肾脏手术史及肾动脉狭窄者等。另选同期健康体检者31例作为对照组，男14例，女17例，年龄39~78岁，平均（56.3±10.0）岁；BMI 18~41 kg/m^2，平均（24.8±4.7）kg/m^2。本研究经我院医学伦理委员会批准，所有研究对象均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1.超声检查：使用西门子Acuson Sequoia彩色多普勒超声诊断仪，5C1凸阵探头，频率1~5 MHz；设置机械指数、扫描频率等参数保持一致，控制图像深度为12~15 cm。检查前嘱受检者排空膀胱，取侧卧位，先行常规超声观察肾脏形态结构及内部回声情况等；随后保持探头垂直于肾脏中部，嘱受检者屏住呼吸，启动2D-SWE功能，取直径约3 mm的测量圈，检测肾脏中部的皮质、髓质SWV；以每组数据IQR/M是否小于0.3来判断测量值质量。随后采集肾脏最大矢状面静态图像，应用Image J软件（https:// imagej.nih.gov）绘制肾实质与肾周脂肪囊的灰度直方图，直方图中取像素平均值作为诊断参数，以肾周脂肪囊为参照，肾实质与肾周脂肪囊像素平均值之比即肾实质像素强度。最后在肾脏最大矢状面采用脉冲多普勒测量肾实质中部叶间动脉阻力指数（RI）。每侧肾实质像素强度和叶间动脉RI重复测量均不低于5次，SWV测量不低于25次，最终取各自均值。

2.实验室检查：受检者均在上午空腹状态下抽取3 ml静脉血，经低温静置、离心分离后，放入自动生化分析仪检测血肌酐、尿素、尿酸、胱抑素C、β_2微球蛋白、甘油三酯、总胆固醇等；同时留取晨起中段尿，通过散射免疫比浊法检测尿视黄醇结合蛋白。eGFR值由血肌酐值经计算获得。

因CKD早期诊断临床意义较大，参照滕秀秀[4]、吴迪等[5]研究，将CKD 1~2期定义为早期CKD。

三、统计学处理

应用SPSS 26.0和Med Calc 12.7.2统计软件，计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，多组比较采用方差分析，组间两两比较行*LSD-t*检验。绘制受试者工作特征（ROC）曲线分析SWV、肾实质像素强度及叶间动脉RI诊断早期CKD

的效能。曲线下面积比较行Z检验。SWV与各参数的相关性分析采用Spearman秩相关性分析法，并将相关分析结果中P<0.05的因素作为自变量纳入逐步回归模型，分析SWV的影响因素。P<0.05为差异有统计学意义。

结　果

一、各组一般临床资料比较

各组收缩压、eGFR、血肌酐、尿素、尿酸、胱抑素C、β_2微球蛋白、尿视黄醇结合蛋白比较差异均有统计学意义（均P<0.05）；年龄、性别比、BMI、舒张压、甘油三酯、总胆固醇比较差异均无统计学意义。见表1。

二、各组SWV、肾实质像素强度及叶间动脉RI比较

1. 各组SWV比较：CKD患者左、右肾皮质及髓质SWV均随着分期增加而逐渐下降，各组比较差异均有统计学意义（均P<0.001）。对照组左、右肾皮质及髓质SWV均高于CKD各组，CKD 1期组均高于CKD 2~5期组，CKD 2期组均高于CKD 3期组，差异均有统计学意义（均P<0.05）。除CKD 2期组右肾皮质SWV高于CKD 5期组右肾皮质SWV（P=0.039）、CKD 2期组左肾髓质SWV高于CKD 5期组左肾髓质SWV（P=0.024）外，余CKD 3、4、5期组间SWV两两比较差异均无统计学意义。见表2和图1~6。

表1　各组一般临床资料比较

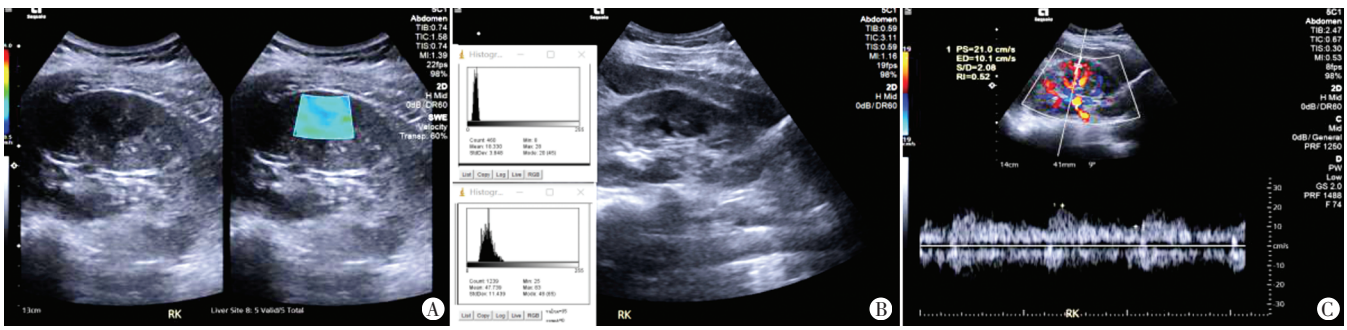
组别	年龄（岁）	男/女（例）	BMI（kg/m²）	收缩压（mm Hg）	舒张压（mm Hg）	eGFR（ml·min⁻¹·1.73 m⁻²）	血肌酐（μmol/L）	尿素（mmol/L）	胱抑素C（mg/L）	β_2微球蛋白（mg/L）	尿酸（μmol/L）	甘油三酯（mmol/L）	总胆固醇（mmol/L）	尿视黄醇结合蛋白（mg/L）
对照组	56.30±9.99	14/17	24.79±4.72	127.74±14.49	80.58±8.67	105.00±9.04	58.03±11.77	4.02±3.44	0.84±0.38	1.22±0.46	298.45±20.77	1.41±0.34	5.13±1.91	0.77±1.33
CKD 1期组	55.56±12.22	20/12	24.40±4.11	132.19±14.82	84.97±7.28	101.00±11.05	60.22±13.48	4.94±1.28	0.93±1.96	1.85±0.43	336. 27±77.12	1.34±0.84	5.24±1.53	0.81±2.37
CKD 2期组	55.20±14.01	9/9	25.71±3.88	136.50±11.41	78.50±8.40	73.00±0.74	83.07±10.61	5.63±1.84	1.33±0.36	2.77±1.13	361.47±37.13	1.71±1.62	4.28±2.07	0.94±2.07
CKD 3期组	58.79±8.76	19/8	26.30±4.82	141.11±8.03	83.96±18.54	42.00±8.53	144.13±29.64	9.13±2.57	1.88±0.41	4.36±1.83	443.01±48.82	1.57±1.22	4.54±1.71	1.43±2.67
CKD 4期组	61.70±10.30	15/8	23.76±3.82	144.52±12.03	86.83±5.43	22.00±4.77	228.03±58.94	14.42±4.44	3.04±0.69	7.20±1.28	459.82±13.98	1.70±1.22	3.95±1.53	1.90±2.67
CKD 5期组	59.71±12.88	7/7	23.90±4.17	145.29±7.05	80.71±13.46	6.00±2.92	744.12±21.09	24.22±7.87	6.25±2.77	17.19±5.90	476.23±48.68	1.91±1.27	4.13±1.91	5.12±4.94
F值	0.72	1.75	1.20	2.67	1.62	55.84	66.73	79.26	72.26	93.44	8.34	0.68	2.22	7.35
P值	0.61	0.13	0.31	<0.05	0.16	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.61	0.07	<0.05

BMI：体质量指数；eGFR：肾小球滤过率估算值。1 mm Hg=0.133 kPa

表2　各组SWV、肾实质像素强度及叶间动脉RI比较（$\bar{x}\pm s$）

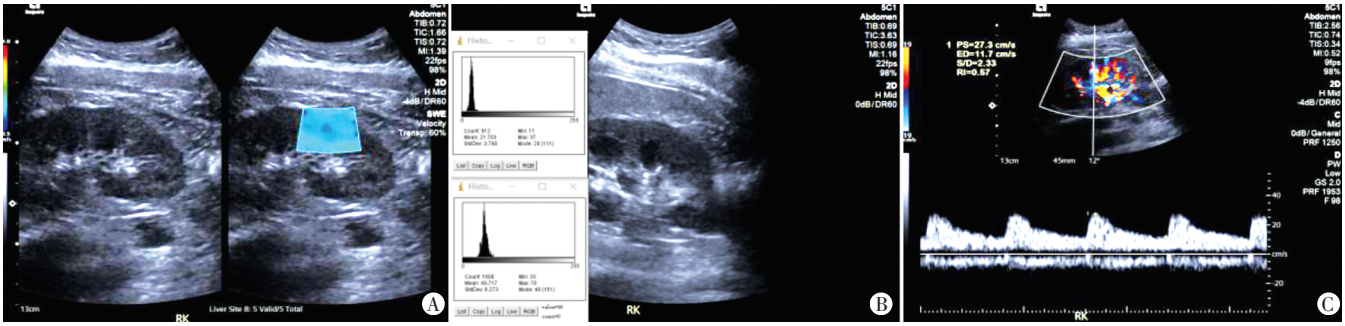
组别	右肾				左肾			
	皮质SWV（m/s）	髓质SWV（m/s）	肾实质像素强度	叶间动脉RI	皮质SWV（m/s）	髓质SWV（m/s）	肾实质像素强度	叶间动脉RI
对照组	1.24±0.09	1.28±0.14	0.40±0.08	0.59±0.07	1.24±0.10	1.28±0.14	0.41±0.08	0.58±0.07
CKD 1期组	1.10±0.13[a]	1.14±0.23[a]	0.42±0.07	0.59±0.06	1.11±0.14[a]	1.10±0.14[a]	0.42±0.08	0.58±0.06
CKD 2期组	0.96±0.12[ab]	0.99±0.17[ab]	0.47±0.09[ab]	0.65±0.06[ab]	0.92±0.10[ab]	0.96±0.17[a]	0.47±0.11[a]	0.66±0.08[ab]
CKD 3期组	0.87±0.09[abc]	0.86±0.16[abc]	0.59±0.10[abc]	0.64±0.06[ab]	0.85±0.07[abc]	0.84±0.09[abc]	0.54±0.09[abc]	0.64±0.08[ab]
CKD 4期组	0.89±0.17[ab]	0.91±0.18[ab]	0.60±0.07[abc]	0.64±0.06[ab]	0.86±0.14[ab]	0.89±0.16[ab]	0.60±0.09[abcd]	0.64±0.10[ab]
CKD 5期组	0.87±0.14[abc]	0.92±0.24[ab]	0.68±0.08[abcde]	0.62±0.07	0.84±0.11[ab]	0.83±0.10[abc]	0.66±0.08[abcd]	0.63±0.08[a]
F值	41.39	19.51	37.43	4.28	54.83	40.39	24.71	4.66
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较，[a]P<0.05；与CKD 1期组比较，[b]P<0.05；与CKD 2期组比较，[c]P<0.05；与CKD 3期组比较，[d]P<0.05；与CKD 4期组比较，[e]P<0.05。SWV：剪切波速度；RI：阻力指数



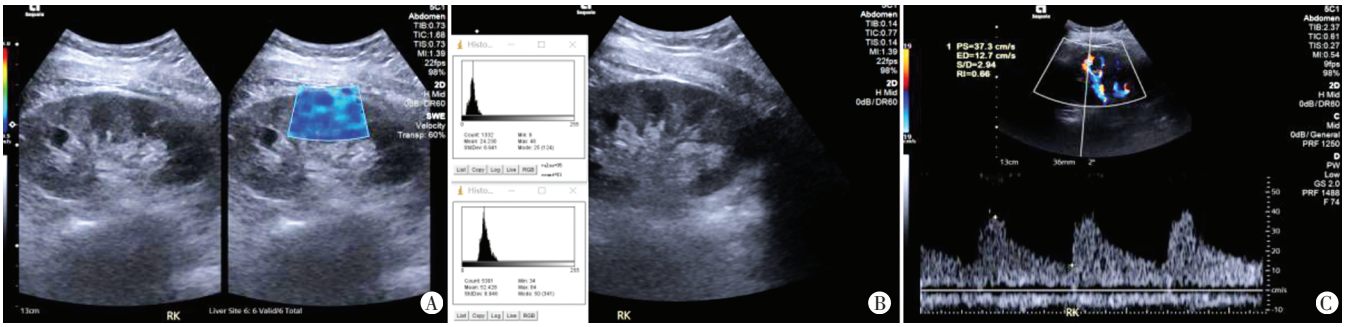
A：2D-SWE图，皮质SWV为1.38 m/s，髓质SWV为1.57 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.38；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.52

图1　对照组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图



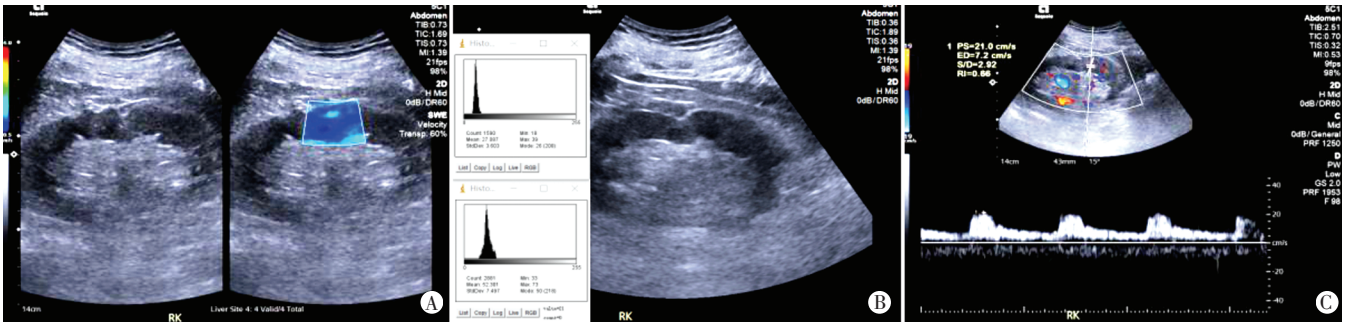
A：2D-SWE图，皮质SWV为1.19 m/s，髓质SWV为1.18 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.44；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.57

图2　CKD 1期组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图



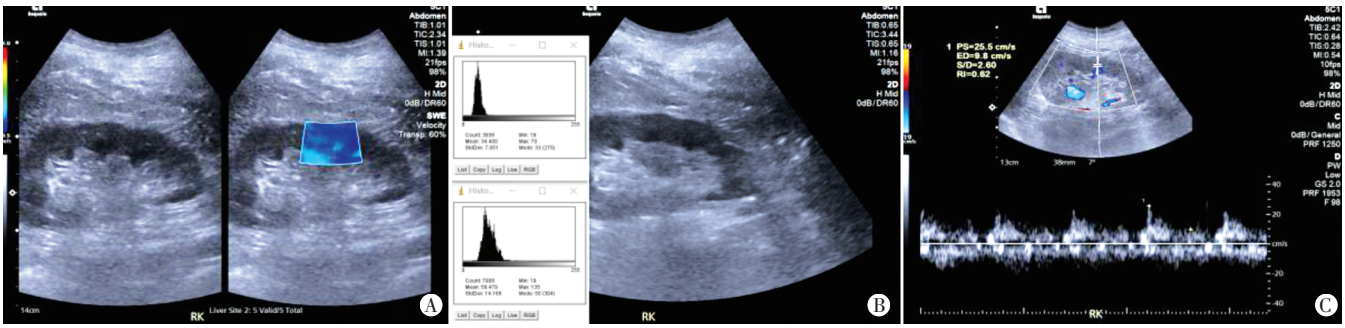
A：2D-SWE图，皮质SWV为0.92 m/s，髓质SWV为0.93 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.46；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.66

图3　CKD 2期组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图



A：2D-SWE图，皮质SWV为0.81 m/s，髓质SWV为0.83 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.52；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.66

图4　CKD 3期组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图

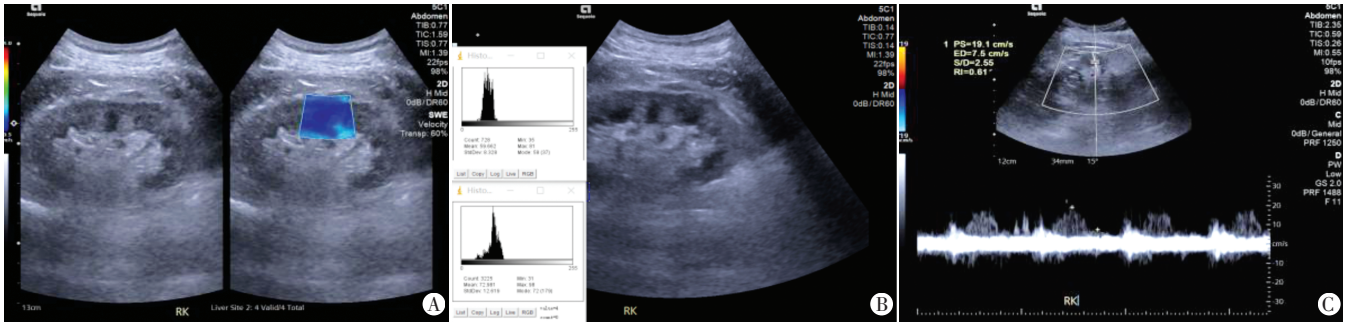


A：2D-SWE图，皮质SWV为0.76 m/s，髓质SWV为0.81 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.58；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.62

图5　CKD 4期组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图

2.各组肾实质像素强度比较：CKD患者左、右肾实质像素强度均随着CKD分期增加而逐渐增加，各组比较差异均有统计学意义（均P<0.001）。对照组左、右肾实质像素强度均低于CKD 2~5期组，CKD 1、2期组均低于CKD 3~5期组，CKD 1期组右肾实质像素强度低于CKD 2期组，CKD 3、4期组右肾实质像素强度低于CKD 5期组，CKD 3期组左肾实质像素强度低于CKD 4~5期组，差异均有统计学意义（均P<0.05）；余各组两两比较差异均无统计学意义。见表2和图1~6。

3.各组叶间动脉RI比较：CKD患者左、右肾叶间动



A：2D-SWE图，皮质SWV为0.78 m/s，髓质SWV为0.80 m/s；B：二维超声灰度直方图，肾实质像素强度为0.82；C：脉冲多普勒图，叶间动脉RI为0.61

图6　CKD 5期组右肾2D-SWE图、二维超声灰度直方图及脉冲多普勒图

脉RI随着CKD分期的增加逐渐升高，各组比较差异有均统计学意义（均P<0.001）。对照组与CKD 1期组左、右肾叶间动脉RI均低于CKD 2~4期组，CKD 5期组左肾叶间动脉RI高于对照组，差异均有统计学意义（均P<0.05）；余各组两两比较差异均无统计学意义。见表2和图1~6。

三、ROC曲线分析各超声参数诊断早期CKD的效能

左、右肾皮质及髓质SWV诊断早期CKD的敏感性和特异性均较肾实质像素强度和叶间动脉RI诊断效能高；左、右肾皮质及髓质SWV的曲线下面积均较肾实质像素强度和叶间动脉RI的曲线下面积高，差异均有统计学意义（均P<0.05）；余曲线下面积比较差异均无统计学意义。见表3和图7。

四、SWV的多因素回归分析

1.相关性分析：左、右肾皮质及髓质SWV与收缩压、血肌酐、尿素、胱抑素C、β_2微球蛋白、尿酸、胆固醇、尿视黄醇结合蛋白、叶间动脉RI、肾实质像素强度均呈负相关（均P<0.05），与胆固醇均呈正相关（均P<0.05），与年龄、性别、BMI、舒张压、甘油三酯均无相关性。见表4。

表3　各超声参数诊断早期CKD的效能

参数	曲线下面积	截断值	敏感性(%)	特异性(%)	P值
右肾皮质SWV	0.880	1.16 m/s	77.3	90.0	<0.001
左肾皮质SWV	0.858	1.13 m/s	81.8	86.7	<0.001
右肾髓质SWV	0.805	1.18 m/s	77.3	86.7	<0.001
左肾髓质SWV	0.845	1.16 m/s	72.7	86.7	<0.001
右肾实质像素强度	0.644	0.41	69.8	60.0	0.039
左肾实质像素强度	0.577	0.42	60.5	56.7	0.292
右肾叶间动脉RI	0.549	0.58	62.5	51.6	0.320
左肾叶间动脉RI	0.604	0.56	77.1	41.9	0.073

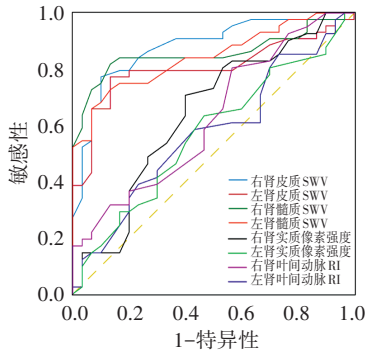


图7　各超声参数诊断早期CKD的ROC曲线图

表4　SWV与临床及超声参数的相关性分析

组别	右肾皮质SWV		右肾髓质SWV		左肾皮质SWV		左肾髓质SWV	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值
年龄	−0.324	0.051	−0.316	0.067	−0.167	0.054	−0.282	0.077
性别	0.044	0.600	0.113	0.196	0.169	0.111	0.163	0.064
BMI	−0.016	0.859	0.094	0.306	0.074	0.397	0.115	0.215
收缩压	−0.197	0.017	−0.198	0.023	−0.173	0.038	−0.190	0.030
舒张压	0.101	0.225	0.046	0.598	0.062	0.458	0.030	0.734
血肌酐	−0.595	0.000	−0.505	0.000	−0.665	0.000	−0.595	0.000
尿素	−0.514	0.000	−0.475	0.000	−0.564	0.000	−0.507	0.000
胱抑素C	−0.561	0.000	−0.535	0.000	−0.631	0.000	−0.586	0.000
β_2微球蛋白	−0.520	0.000	−0.524	0.000	−0.600	0.000	−0.556	0.000
尿酸	−0.209	0.029	−0.171	0.048	−0.218	0.023	−0.239	0.019
甘油三酯	0.001	0.994	0.081	0.363	0.122	0.150	0.047	0.598
胆固醇	0.210	0.012	0.242	0.006	0.213	0.011	0.262	0.003
尿视黄醇结合蛋白	−0.398	0.001	−0.432	0.000	−0.372	0.002	−0.430	0.001
左肾实质像素强度	−0.551	0.000	−0.499	0.000	−0.548	0.000	−0.557	0.000
右肾实质像素强度	−0.615	0.000	−0.568	0.000	−0.648	0.000	−0.629	0.000
右肾叶间动脉RI	−0.298	0.000	−0.306	0.000	−0.290	0.000	−0.294	0.001
左肾叶间动脉RI	−0.382	0.000	−0.377	0.000	−0.358	0.000	−0.426	0.000

SWV：剪切波速度

2.逐步线性回归分析：右肾叶间动脉RI、右肾实质像素强度、收缩压是右肾皮质SWV降低的独立影响因素（均P<0.05）。右肾叶间动脉RI和右肾实质像素强度是右肾髓质SWV降低的独立影响因素（均P<0.05）。左肾叶间动脉RI和左肾实质像素强度是左肾皮质SWV降低的独立影响因素（均P<0.05）。左肾叶间动脉RI和β_2微球蛋白是左肾髓质SWV降低的独立影响因素（均P<0.05）。见表5~8。

表5 逐步回归分析右肾皮质SWV降低的影响因素

因素	β值	β'值	t值	P值
右肾叶间动脉RI	−0.781	−0.327	−2.863	0.006
右肾实质像素强度	−0.440	−0.305	−2.687	0.010
收缩压	−0.002	−0.259	−2.255	0.028

表6 逐步回归分析右肾髓质SWV降低的影响因素

因素	β值	β'值	t值	P值
右肾叶间动脉RI	−1.007	−0.342	−2.814	0.007
右肾实质像素强度	−0.457	−0.256	−2.105	0.040

表7 逐步回归分析左肾皮质SWV降低的影响因素

因素	β值	β'值	t值	P值
左肾实质像素强度	−0.532	−0.399	−3.422	0.001
左肾叶间动脉RI	−0.621	−0.316	−2.708	0.009

表8 逐步回归分析左肾髓质SWV降低的影响因素

因素	β值	β'值	t值	P值
β_2微球蛋白	−0.018	−0.382	−3.276	0.002
左肾叶间动脉RI	−0.665	−0.336	−2.887	0.006

讨　论

2016年全球疾病负担研究[6]显示，CKD在1990年全球死亡原因中排第27位，但在2010年上升至第18位，其发病率和流行率在全球持续上升。由于CKD进展是进行性不可逆的，当发展至终末期肾病，则需通过透析维持生命。所以早期筛查和判断病情程度对延缓CKD恶化，评估死亡风险至关重要。超声弹性成像可通过评估组织硬度对疾病进行诊断[7]，具有无创及可重复等优点，临床现多用于乳腺、甲状腺等浅表器官及肝脏等疾病的诊断，在CKD诊断方面的报道较少，且仅比较了单侧或双侧肾脏平均皮质弹性值与CKD分期的关系，结果尚不一致。本研究应用2D-SWE测量左、右肾皮质及髓质弹性值，并与二维及脉冲多普勒超声参数比较，旨在探讨2D-SWE对CKD的诊断价值，并分析其影响因素。

一、2D-SWE对CKD各分期的诊断价值

本研究结果显示CKD患者左、右肾皮质及髓质SWV均随着分期增加而逐渐下降，对照组均高于CKD 1~5期组，CKD 1期组均高于CKD 2~5期组，CKD 2期组均高于CKD 3期组，差异均有统计学意义（均P<0.05），而CKD 3、4、5期组间比较差异均无统计学意义，提示肾SWV下降与CKD患者病情进展相关，对诊断CKD有一定临床价值，对区分CKD不同分期也有优势，尤其是对CKD 1~3期的诊断。Bob等[7]研究结果显示肾SWV随eGFR的降低而降低，SWV可以区分对照组及CKD 1期与CKD 4~5期患者。Guo等[8]研究显示CKD患者肾SWV较对照组低，但是无法预测除CKD 5期外的其他分期。本研究肾SWV减低的趋势与以往研究[7-8]相似，但组间比较略有差异，考虑是由于本研究采用的2D-SWE技术可进一步细化取样框至3 mm，将皮质及髓质SWV分开测量防止互相干扰，且均统一侧卧位对左、右肾中部皮质及髓质进行SWV测量，避免了各向异性过度影响，而Bob等[7]和Guo等[8]研究中肾SWV为左、右肾测量的平均值，样本量较本研究少，且采用的声脉冲辐射力成像技术取样框尺寸固定，无法细化皮质与周围组织结构等。本研究结果显示，除CKD 2期组与5期组比较左、右肾皮质及髓质SWV略有差异（P<0.05），余组间左、右肾皮质及髓质SWV比较差异均无统计学意义，不排除是个别患者双侧肾病情不一致所致。而CKD 3、4、5期组左、右肾皮质及髓质SWV比较差异均无统计学意义，可能与CKD 3期后肾代偿能力进一步丧失、肾单位进一步萎缩血供减少有关。Liu等[9]研究表明肾动脉灌注下降会导致SWV下降，Bob等[10]进一步研究证明CKD患者组织间质纤维化和小动脉玻璃样变性与肾SWV较低有关。肾血供降低是从远端末梢血管向近端主血管发展的，晚期肾实质内的末梢血管对肾血流变化的反应变差可能导致CKD 3期后弹性值差异较小。

二、二维超声及脉冲多普勒超声对CKD各分期的诊断价值

1.超声最初应用于CKD诊断的基础为二维超声回声变化，既往回声无法量化，本研究首次通过肾实质像素强度将肾组织回声量化以分析其在CKD各分期间的差异，结果显示左、右肾实质像素强度均随着CKD分期增加而增加，对照组均低于CKD 2~5期组，CKD 1、2期组均低于CKD 3~5期组，差异均有统计学意义（均P<0.05）。表明肾实质像素强度在区别CKD早期与中晚期意义显著，其在CKD3期后升高较明显，与肾脏晚期进一步萎缩相关[11]；左、右肾实质像素强度在CKD各分期间比较不完全相同，不排除是受检者

双侧肾组织损害程度不一致所致。

2.CKD患者左、右肾叶间动脉RI随着CKD分期增加逐渐升高。对照组与CKD 1期组双肾叶间动脉RI均低于CKD 2~4期组，CKD 5期组左肾叶间动脉RI高于对照组，差异均有统计学意义（均$P<0.05$）。表明叶间动脉RI与疾病严重程度相关。随着疾病进展肾间质成分增多，血管硬化闭塞[12]，导致叶间动脉RI增高。但晚期患者叶间动脉RI相差不大，与晚期肾血流进一步减少，叶间动脉敏感下降有关。其中CKD 5期组左、右肾叶间动脉RI与对照组比较不完全一致，可能是个别CKD 5期患者双侧叶间动脉损害程度不一所致。

三、2D-SWE、二维超声及脉冲多普勒诊断早期CKD效能比较

CKD患者早期多无明显症状或仅有轻度不适来就诊，早期诊断CKD临床意义重大。本研究结果显示，左、右肾皮质及髓质SWV诊断早期CKD的敏感性、特异性、曲线下面积均较肾实质像素强度和叶间动脉RI的曲线下面积高，差异均有统计学意义（均$P<0.05$）。提示2D-SWE诊断早期CKD患者的效能较二维超声及脉冲多普勒更佳，可为临床早期无创诊断CKD提供有价值的参考。

四、影响SWV的因素分析

研究[13-14]表明年龄、BMI、脏器深度、组织各向异性等因素可对肾脏的弹性值有一定的影响。本研究结果显示年龄、BMI均与SWV无相关性。可能与纳入对象未包括儿童，且统一深度范围在12~15 cm，未纳入过胖的患者等因素有关。而各向异性因素属于微观结构范围改变，需将声学与精细解剖相联合来进一步研究。本研究相关性分析显示，左、右肾皮质及髓质SWV与收缩压、血肌酐、尿素、胱抑素C、β_2微球蛋白、尿酸、尿视黄醇结合蛋白、叶间动脉RI和像素强度均呈负相关，与胆固醇呈正相关。与一般资料在组间比较结果基本一致，分析原因为随着肾功能的恶化，肾脏物质代谢失调，血液中β_2微球蛋白、尿素、肌酐及尿酸等累积损伤血管内皮，以及胆固醇增高引发血管硬化等因素加重肾脏微循环障碍，从而影响SWV。逐步回归分析显示，叶间动脉RI、肾实质像素强度、收缩压和β_2微球蛋白是SWV降低的独立影响因素。分析原因为：收缩压和叶间动脉RI增高会加重肾动脉低灌注，而β_2微球蛋白是全身小动脉硬化的早期标志物[15]，与血管内皮损伤增加滤过有关，肾实质像素强度提示组织结构受损，组织损害累及血管会导致肾血管硬化、收缩，通过肾素、血管紧张素调节，使全身小动脉收缩，加重低血供状态，使SWV降低。

综上所述，2D-SWE对CKD有较好的诊断效能，有望成为早期诊断CKD、动态监测疾病进展、评估疗效及预后的有效方法。SWV随着CKD进展逐渐下降与收缩压、叶间动脉RI、肾实质像素强度、β_2微球蛋白均相关。

参考文献

[1] Jha V, Garcia-Garcia G, Iseki K, et al. Chronic kidney disease: global dimension and perspectives[J]. Lancet, 2013, 382(9888): 260-272.

[2] Franke M, Kramarczyk A, Taylan C, et al. Ultrasound-guided percutaneous renal biopsy in 295 children and adolescents: role of ultrasound and analysis of complications[J]. PLoS One, 2014, 9(12): e114737.

[3] Nation Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification[J]. Am J Kidney Dis, 2002, 39(2 Suppl 1): S1-266.

[4] 滕秀秀. 三维超声联合弹性成像对慢性肾脏病诊断的研究[D]. 大连：大连医科大学，2018.

[5] 吴迪，王学梅，刘艳君，等. 三维超声参数血管指数及肾脏体积在慢性肾脏病诊断中的意义[J]. 中国医学影像学杂志，2010，26(4)：756-759.

[6] Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010[J]. Lancet, 2016, 380(9859): 2095-2128.

[7] Bob F, Bota S, Sporea I, et al. Relationship between the estimated glomerular filtration rate and kidney shear wave speed values assessed by acoustic radiation force impulse elastography: a pilot study[J]. J Ultrasound Med, 2015, 34(4): 649-654.

[8] Guo LH, Xu HX, Fu HJ, et al. Acoustic radiation force impulse imaging for noninvasive evaluation of renal parenchyma elasticity: preliminary findings[J]. PLoS One, 2013, 8(7): e68925.

[9] Liu X, Li N, Xu T, et al. Effect of renal perfusion and structural heterogeneity on shear wave elastography of the kidney: an in vivo and ex vivo study[J]. BMC Nephrol, 2017, 18(1): 265.

[10] Bob F, Grosu I, Sporea I, et al. Is there a correlation between kidney shear wave velocity measured with VTQ and histological parameters in patients with chronic glomerulonephritis? A pilot study[J]. Med Ultrason, 2018, 1(1): 27-31.

[11] 周永昌，郭万学. 超声医学[M]. 6版. 北京：人民军医出版社，2011：1089-1091.

[12] Sugiura T, Nakamori A, Wada A, et al. Evaluation of tubulointerstitial injury by Doppler ultrasonography in glomerular diseases[J]. Clin Nephrol, 2004, 61(2): 119-126.

[13] Lee MJ, Kim MJ, Han KH, et al. Age-related changes in liver,

kidney, and spleen stiffness in healthy children measured with acoustic radiation force impulse imaging[J].Eur J Radiol, 2013, 82(6):290-294.
[14] Leong SS, Wong J, Shah M, et al. Stiffness and anisotropy effect on shear wave elastography: a phantom and in vivo renal study [J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46(1):34-45.
[15] Joosten MM, Pai JK, Bertoia ML, et al. β_2-microglobulin, cystatin C, and creatinine and risk of symptomatic peripheral artery diseas[J]. J Am Heart Assoc, 2014, 3(4):e000803.

(收稿日期:2021-05-27)

·病例报道·

Ultrasonic diagnosis of pulmonary embolism caused by huge right ventricular thrombus ten years after renal transplantation: a case report

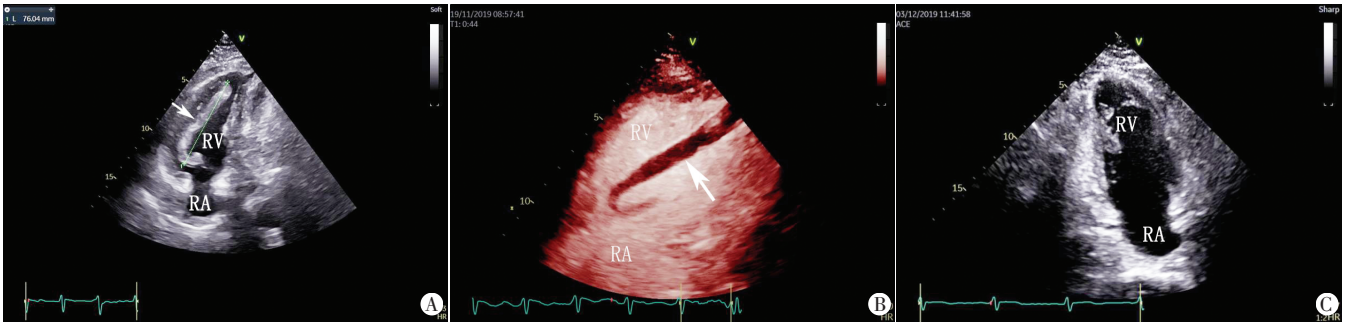
超声诊断肾移植术后10年右室巨大血栓致肺栓塞1例

卢世瑞 朱 英 刘娅妮

[中图法分类号]R445.1 [文献标识码]B

患者男,39岁,体质量指数26.8 kg/m^2,10年前曾于我院行同种异体肾移植术,术后规律复查,血肌酐保持在130 μmol/L左右。3 d前无明显诱因出现胸闷气喘,伴咳嗽、咳痰,外院胸部CT平扫未见明显异常。我院实验室检查:白细胞计数14.04×10^9/L,中性粒细胞75.2%,中性粒细胞计数10.57×10^9/L;尿素 10.50 mmol/L,血肌酐 142 μmol/L,尿酸 456.1 μmol/L;凝血酶原时间18.8 s,凝血酶原活动度52.0%,国际标准化比值 1.57,纤维蛋白原1.35 g/L,活化部分凝血活酶时间62.3 s,凝血酶时间28.9 s,D-D二聚体定量>21.0 μg/ml,纤维蛋白原降解产物>150.0 μg/ml。常规超声心动图检查:右心扩大,右室内可见漂浮的条索状高回声自三尖瓣口向右室流出道延伸,长度约76 mm(图1A);肺动脉主干增宽(32 mm),内未见明显团状高回声;多普勒血流频谱示三尖瓣口右房侧收缩期可见轻度反流血流信号及湍流频谱,峰值流速3.8 m/s,峰值压力 59 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa);左房、左室未见明显扩大;左室射血分数74%;腹主动脉、下腔静脉及髂动静脉内径均正常,内未见明显异常回声。为进一步明确右室占位性病变性质,于低机械指数(0.08)显影模式下行右心声学造影,经外周静脉推注SonoVue 1.0 ml,右房、右室顺序显影,左室轮廓显示清晰,右室内漂浮的条索状高回声内未见明显造影剂充填(图1B)。右心声学造影提示:①右室内异常回声(血栓形成);②右心扩大、肺动脉高压。双下肢血管超声检查提示:左侧股浅静脉及其属支血栓形成。CT-肺动脉血管增强成像诊断:双肺动脉二、三、四分支多发栓塞(图2A)。

入院第3天使用低分子肝素钠、阿替普酶、利伐沙班抗凝溶栓治疗,为防止栓塞进一步发展,第7天行下腔静脉滤器置入术+左侧腘静脉置管溶栓术,手术过程顺利,术后予以抗凝、溶栓、抗感染及对症支持治疗。入院第14天复查超声心动图示右室内漂浮条索状高回声消失,右心未扩大(图1C),三尖瓣口右房侧收缩期可见轻度反流血流信号及湍流频谱,峰值流速 2.3 m/s,峰值压力 21 mm Hg,肺动脉主干内径正常;下肢血管超声检查



A:入院时常规超声心动图于胸骨旁非标准四腔切面示右室内漂浮的条索状高回声(箭头示);B:入院时右心声学造影示右室条索状高回声内未见明显造影剂充填(箭头示);C:治疗后常规超声心动图于右室流入道切面示右室内漂浮的条索状高回声消失,右心未扩大。RA:右房;RV:右室

图1 患者入院时及治疗后声像图

(下转第111页)

作者单位:430030 武汉市,华中科技大学同济医学院附属同济医院超声科
通讯作者:刘娅妮,Email:yani.liu@tjh.tjmu.edu.cn