[3] DE LA ESPRIELLA R, AMIGUET M, MINANA G, et al. Bending oxygen saturation index and risk of worsening heart failure events in chronic heart failure[J]. Eur J Heart Fail, 2022, 24(11): 2108-2117.
[4] 朱明军.中医药治疗慢性心力衰竭临床疗效评价与思考[J].北京中医药大学学报,2023,46(7):902-907.
[5] 冯浩,马学锐,赵健.麝香通心滴丸治疗慢性心力衰竭作用机制研究进展[J].陕西中医,2024,45(3):424-426.
[6] 赵燕,乔旭东.心脏彩色多普勒超声联合NT-proBNP水平对慢性心力衰竭患者长期预后的评估价值[J].医学影像学杂志,2021,31(1):47-50.
[7] 王亚萍,王萌,周丽雅.二参汤对心力衰竭大鼠模型AngII通路的干预与影响[J].长春中医药大学学报,2019,35(6):1135-1137,1141.
[8] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.慢性心力衰竭基层诊疗指南(2019年)[J].中华全科医师杂志,2019,18(10):936-947.
[9] 李新艳,黄嘉文.慢性心力衰竭中医证型与可溶性ST2、NYHA分级的相关性分析[J].中西医结合心脑血管病杂志,2018,16(5):598-600.
[10] SINGH G K, IVYNIAN S E, FERGUSON C, et al. Palliative care in chronic heart failure: A theoretically guided, qualitative meta-synthesis of decision-making[J]. Heart Fail Rev, 2020, 25(3): 457-467.
[11] 刘悦,徐宁阳,王洋,等.慢性心力衰竭中医临床辨识的系统研究[J].辽宁中医杂志,2022,49(9):71-73.
[12] 李蒙,刘用,张健真,等.麝香通滴丸预处理对大鼠心肌缺血再灌注损伤的保护作用机制[J].中西医结合心脑血管病杂志,2024,22(2):250-253.
[13] 吴刚,胡立群.麝香通心滴丸联合盐酸曲美他嗪对缺血性心力衰竭患者神经激素-细胞因子及左心室重构的影响[J].辽宁中医杂志,2019,46(4):677-680.
[14] 贡玉苗,司靓,郭晓菊,等.麝香通心滴丸治疗微血管心绞痛的疗效及临床安全性研究[J].中国循证心血管医学杂志,2021,13(5):577-579,583.
[15] 王华,罗玉环,王越,等.加味苓桂术甘汤对阳虚水停证慢性心力衰竭患者TGF-β1、TNF-α、NT-proBNP及心室重构的影响[J].中国中医基础医学杂志,2024,30(5):853-856.
[16] 田瑞兆,张春林,杨鹏,等.沙库巴曲缬沙坦联合美托洛尔对冠心病慢性心力衰竭患者心功能及血清sST2、AngII、IGFBP7水平的影响[J].川北医学院学报,2022,37(1):59-62.
[17] 赵健,梁春.麝香通心滴丸治疗冠状动脉微循环障碍的研究进展[J].中西医结合心脑血管病杂志,2023,21(11):2003-2005.
[18] 李立鹏,李志娟,王宝典,等.麝香通心滴丸联合沙库巴曲缬沙坦治疗缺血性心力衰竭的临床研究[J].现代药物与临床,2021,36(6):1154-1159.

收稿日期:2025-03-06
(本文编辑:孙海儿)

肾脏频散参数与慢性肾病病理分级的相关性分析

申学舟,贺军,柳刚,邵克忠,吴彬俏,陈利民

【关键词】 慢性肾功能不全;肾纤维化;弹性成像技术;临床病理学
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.08.021
【中图分类号】 R692 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)08-0848-03

慢性肾病(chronic kidney disease,CKD)的全球患病率及死亡率上升趋势明显,已严重影响全球公共卫生[1]。流行病学研究显示,CKD进展到终末期时需通过肾脏替代治疗(透析或者肾移植)维持生命,此类干预措施不仅降低患者生存质量,而且带来沉重社会经济负担。肾纤维化是CKD进展的核心病理特征,早期肾脏纤维化具有可逆性,这提示对纤维化进程精准评估对延缓CKD进展有重要价值[2]。尽管肾穿刺活检被视为评估肾脏纤维化的“金标准”,但其有创性导致的出血风险、操作技术要求高及不宜动态监测等局限,极大制约了临床应用。剪切波频散成像(shear wave dispersion,SWD)技术通过解析不同频散的衰减特性,实现了组织黏性量化评估[3],该技术在肝纤维化诊断中展现出良好的敏感性与可重复性。基于此,本研究拟将SWD应用于CKD患者的肾脏纤维化评估,通过分析肾脏频散值与临床病理改变的相关性,探讨建立新的无创肾纤维化评估体系的可行性,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年5月至2024年12月于温州市中心医院接受诊疗的CKD患者80例,设为病例组。纳入标准:(1)符合KDIGO的CKD诊断标准[4],(2)有明确病理诊断,(3)年龄>14岁。排

基金项目: 温州市科技计划项目(Y20220074)
作者单位: 325000 浙江省温州,温州市中心医院
通信作者: 陈利民,Email:clmhoward@163.com

除标准：(1)正在接受透析或肾移植治疗；(2)并发急性肾损伤、肾结石、多囊肾、肾脏肿瘤等疾病者；(3)配合完成SWD检查困难者；(4)存在肾穿刺禁忌证。其中男 41 例，女 39 例；年龄 15 ～ 78 岁，平均(49.7±12.0)岁。另取同期来本院体检的健康志愿者 40 例，设为对照组。纳入标准：(1)无三高(高血压、高血糖、高血脂)及免疫性疾病；(2)经肾脏影像学检查未见明显异常；(3)年龄＞ 14 岁。排除标准：(1)患有急慢性肾损伤、肾结石、多囊肾、肾脏肿瘤等疾病者；(2) 配合完成 SWD 检查困难者。其中男 28 例，女 12 例；年龄 22 ～ 76 岁，平均(44.5±11.2)岁。本研究获得温州市中心医院伦理委员会批准，所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　SWD检测　采用Canon Aplio i900 超声诊断仪，使用凸阵探头(频率 1 ～ 8 MHz)。受试对象取俯卧位，先进行二维超声扫查，于纵切面观察肾脏形态，选择右肾最大纵轴切面，调整探头方向，使声束与肾脏被膜保持垂直并维持该状态，获取清晰图像。随后，切换 SWD 模式，取样框需尽可能包括肾脏实质，以剪切波传播图像相对规则平行区域作为目标感兴趣区(Target ROI)，直径数值为 5 mm，探测最大深度控制在 6 cm 之内，点“Multi-Shot”键，显示两幅图像。接着，嘱咐患者屏气，获得满意图像后，点“QuadView”键，显示 4 幅图像，再进行测量，系统自动生成相应的 SWD 频散参数值。按照规则重复检测 5 次，取平均值。

1.2.2　肾组织活检　病例组患者采用俯卧位，腹部下方垫枕头，以右肾下极为穿刺目标，常规消毒铺巾，用 1%利多卡因局部麻醉，超声引导下，由临床医生使用自动穿刺活检装置行肾组织穿刺活检，获取 1 ～ 2 条满意标本。送病理组织学分析。

1.2.3　肾组织病理学评估　(1)肾小球硬化等级：根据硬化的肾小球数占总肾小球数比例，分为Ⅰ级(＞ 0 ～ 25%)、Ⅱ级 (＞ 25%～ 50%)、Ⅲ级 (＞ 50%～ 100%)；(2)肾间质纤维化等级：根据肾间质纤维化面积占肾间质总面积的比例，分为Ⅰ级 (＞ 0 ～ 25%)、Ⅱ级(＞ 25%～ 50%)、Ⅲ级(＞ 50%～ 100%)。

1.3　统计方法　使用SPSS 22.0 统计软件进行数据分析。计量资料用均数±标准差表示，两组比较采用独立样本 t 检验，多组间比较采用单因素方差分析；相关性分析采用 Spearman 秩相关性分析。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组肾脏频散值比较　病例组频散值高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 1。

2.2　病例组不同肾小球硬化级别组间频散参数值比较　按照肾小球硬化程度分级，其中Ⅰ级 35 例，Ⅱ级 26 例，Ⅲ级 19 例。各分级之间频散值差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 2。

2.3　病例组不同肾间质纤维化级别组间频散值比较　按照肾间质纤维化程度分级，其中Ⅰ级 41 例，Ⅱ级 24 例，Ⅲ级 15 例。各分级之间频散值差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 3。

2.4　不同等级病例组肾小球硬化、肾间质纤维化与相应频散值的关联性　肾小球硬化程度、肾间质纤维化程度与频散值呈正相关(均 $P < 0.05$)，见表 4。

表 1　病例组与对照组频散值比较　$m \cdot s^{-1} \cdot kHz^{-1}$

组别	例数	频散值
病例组	80	12.03±3.36
对照组	40	9.38±1.46
t 值		4.74
P 值		＜ 0.05

表 2　病例组不同肾小球硬化级别的频散值比较　$m \cdot s^{-1} \cdot kHz^{-1}$

级别	例数	频散值
Ⅰ级	35	9.14±1.59
Ⅱ级	26	12.28±1.52[a]
Ⅲ级	19	15.31±2.30[ab]
F 值		81.02
P 值		＜ 0.05

注：与Ⅰ级比较，a$P < 0.05$；与Ⅱ级比较，b$P < 0.05$

表 3　病例组不同肾间质纤维化等级的频散值比较　$m \cdot s^{-1} \cdot kHz^{-1}$

级别	例数	频散值
Ⅰ级	41	10.09±2.10
Ⅱ级	24	13.08±2.33[a]
Ⅲ级	15	15.06±2.11[ab]
F 值		50.98
P 值		＜ 0.05

注：与Ⅰ级比较，a$P < 0.05$；与Ⅱ级比较，b$P < 0.05$

表 4　不同等级病例组肾小球硬化、肾间质纤维化与频散值的相关性

级别	肾小球硬化		肾间质纤维化	
	r 值	P 值	r 值	P 值
Ⅰ级	0.75	＜ 0.05	0.70	＜ 0.05
Ⅱ级	0.70	＜ 0.05	0.72	＜ 0.05
Ⅲ级	0.82	＜ 0.05	0.80	＜ 0.05

3 讨论

无论CKD的起因如何，进行性纤维化始终是疾病进展的终末共同环节[5]。肾脏纤维化病理本质在于细胞外基质的异常沉积及积累[6]，这一过程最终导致多系统并发症，显著增加患者死亡率[7]。现行临床诊断CKD主要依赖实验室指标（血肌酐、尿素氮、估算肾小球滤过率）及肾组织活检，但前者存在明显滞后性，当生化指标出现异常时，肾功能损害已经不可逆；后者虽为“金标准”，但受限于操作风险、组织取样误差及动态监测的不可行性[8]。因此，急需发展兼具准确性及便捷性的新型评估方法。

病理学研究表明，肾功能损害与肾脏纤维化程度呈显著正关性[9]，剪切波弹性成像（shear waveelastography，SWE）可通过杨氏模量评估组织硬度，其模量的增加趋势可客观反应纤维化进程[10-11]。但需指出，传统成像基于纯弹性体假定，而生物组织固有的黏性成分，会使应力-应变呈非线性关系，这可能导致黏性器官（如肝脏）检测出现误差[12-13]。

SWD作为超声弹性技术的创新，其核心优势在于可同步量化组织的黏弹性特征[14]，虽然频散值并不直接等同于黏弹性模量，但与黏性参数显著相关，可作为有效的间接评估指标。临床数据显示，频散值升高提示组织黏度增加，具有重要诊断价值。本研究发现，CKD患者频散值明显高于对照组，且频散值与肾小球硬化及肾间质纤维化分级存在正相关（$P < 0.05$），与文献[15-16]结果相似。SWD展现出检测肾纤维化进展的潜力，为临床提供兼具定性及定量的新型评估方法。

本研究存在一些局限性：（1）样本数量较少，且早中期病理改变占多数，需扩大样本量加以验证；（2）尽管实施标准化流程，但图像质量仍存在细微偏差。

综上所述，SWD技术通过量化肾组织黏性参数，可以无创评估肾脏纤维化病理进程，其黏性参数评估体系可以为CKD的临床监测提供可靠的影像学支持，具有重要临床价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] AMADI C E, MBAKWEM A C, KUSHIMO O A, et al. Prevalence of positive chronic kidney disease screening in professional male long haul drivers at risk of cardiovascular Disease in Lagos, Nigeria: A cross-section study[J]. BMC Public Health, 2019, 19(1): 1032.

[2] 谢青,董婷,牟怡,等.超声剪切波组织定量技术对慢性肾脏病诊断及分期的价值[J].贵州医科大学学报,2019,44(2):204-208.

[3] KORTA MARTIARTU N, NAMBIAR S, NASCIMENTO KIRCHNER I, et al. Sources of variability in shear wave speed and dispersion quantification with ultrasound elastography: A phantom study[J]. Ultrasound Med Biol, 2021, 47(12): 3529-3542.

[4] STEVENS P E, LEVIN A. Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: Improving global outcomes 2012 clinical practice guideline[J]. Ann Intern Med, 2013,158(11):825-830.

[5] 张凌晗,刘金英,王润秀,等.上皮间质转化的调控机制及其在肾纤维化中作用的研究进展[J].赣南医学院学报,2024,44(6):634-640.

[6] HUANG R S, FU P, MA L. Kidney fibrosis: From mechanisms to therapeutic medicines[J]. Signal Transduct Target Ther, 2023, 8(1): 129.

[7] PANIZO S, MARTÍNEZ-ARIAS L, ALONSO-MONTES C, et al. Fibrosis in chronic kidney disease: Pathogenesis and consequences[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(1): 408.

[8] 居艳妍. 实时剪切波弹性成像定量在体评估慢性肾病患者早期肾纤维化进展的临床研究[D].南京:南京医科大学,2020.

[9] 章娣. 早期IgA肾病的多组学研究及诊断标志物的识别[D].杭州:浙江省医学科学院,2023.

[10] 李爽.实时E成像与超微血流显像在慢性肾病诊断中的应用[D].昆明:昆明医科大学,2021.

[11] 林昌伟,夏梦迪,袁心柱.基于剪切波弹性成像参数的慢性肾病肾纤维化评估预测模型的开发[J].影像科学与光化学,2024,42(6):593-600.

[12] WANG K, ZHANG S C, ZHOU W Y, et al. Clinical application of shear wave elastography with shear wave dispersion imaging in the preoperative evaluation of hepatic parenchyma in patients with liver tumors[J]. J Ultrasound Med, 2023, 42(4): 797-807.

[13] REITER R, SHAHRYARI M, TZSCHÄTZSCH H, et al. Influence of fibrosis progression on the viscous properties of in vivo liver tissue elucidated by shear wave dispersion in multifrequency MR elastography[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2021, 121: 104645.

[14] 韩红,金赟杰,刘嵘,等.剪切波黏弹性成像技术评价VX2兔肝肿瘤消融后残癌与炎症的实验研究[J].中国超声医学杂志,2021,37(8):929-932.

[15] ERRAIOLI G, MAIOCCHI L, DELLAFIORE C, et al. Performance and cutoffs for liver fibrosis staging of a two-dimensional shear wave elastography technique[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2021, 33(1): 89-95.

[16] 温莉,张涛,王坤.超声剪切波频散成像术前评估肝细胞肝癌患者肝纤维化的初步临床研究[J].河北医科大学学报,2023,44(8):956-960.

收稿日期：2025-03-17
（本文编辑：孙海儿）