· 临床研究 ·

超声造影在急性肾损伤和慢性肾脏病鉴别诊断中的临床应用

谷君辉[1]　凌晓晶[1,2]　吕子文[1,3]　高卓[1]　范校周[1]　余颖[1,2]　单婧[1]　崔瑜[1]　邱德俊[1]　刘东[1]

[1]中国人民解放军空军军医大学空军特色医学中心肾脏病科，北京 100142；[2]中国医科大学研究生院，沈阳 110031；[3]河北北方学院研究生院，张家口 075031

通信作者：刘东，Email：liudong_liudong@hotmail.com

【摘要】　目的　探讨超声造影技术在急性肾损伤（acute kidney injury，AKI）、慢性肾脏病（chronic kidney disease，CKD）鉴别诊断中的临床价值。**方法**　采用横断面研究，共纳入 85 例肾脏结构和（或）功能异常的患者，分为 CKD 组（n=64）和 AKI 组（n=21），均检测血肌酐（serum creatine，Scr）、尿酸（uric acid，UA）、血红蛋白等实验室生化指标，进行双肾彩色多普勒超声造影检查，比较两组患者超声参数差异。**结果**　单因素分析中，CKD 组患者到达肾皮质时间（开始注射造影剂到造影剂首次出现在肾皮质取样框内所需的时间）（arrival time，AT）为（14.60±4.71）s，较 AKI 组的（12.54±3.74）s 明显延长（P<0.05），两组间的达峰时间（开始注射造影剂到肾皮质内造影剂信号强度达到峰值所需的时间）（time to peak，TTP）（36.33±8.70）s 比（32.27±7.70）s、峰值强度（时间-强度曲线上的最高信号强度）（peak intensity，PI）（51.22±4.92）db 比（52.43±4.62）db、曲线下降支斜率（时间-强度曲线下降阶段的陡峭程度）（descending slope，DS）（-0.18±0.04）db/s 比（-0.19±0.04）db/s、曲线上升支斜率（时间-强度曲线上升阶段的陡峭程度）（ascending slope，AS）（0.96±0.15）db/s 比（1.02±0.19）db/s、曲线下面积（时间-强度曲线与时间轴所围成的面积）（area under curve，AUC）（4696.44±1263.08）db·s 比（4692.36±1022.79）db·s、平均通过时间（造影剂微泡平均通过肾皮质血管床所花费的时间）（mean transit time，MTT）（122.20±24.93）s 比（120.71±24.20）s，差异均无统计学意义（P>0.05）。调整年龄、性别等混杂因素后，多元回归分析中，与 AKI 相比，CKD 组患者 AT 延长 2.65 s，TTP 延长 5.69 s，AS 减少 0.10 db/s，差异有统计学意义（P<0.05）。两组间 PI、DS、AUC、MTT 比较，差异无统计学意义（P>0.05）。**结论**　超声造影参数 AT、TTP、AS 对 AKI、CKD 鉴别诊断具有一定的临床价值。

【关键词】　急性肾损伤；慢性肾脏病；超声造影；肾功能

DOI：10.3969/j.issn.1671-2390.2026.09.005

Clinical application of contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of acute kidney injury and chronic kidney disease

Gu Jun-hui[1], *Ling Xiao-jing*[1,2], *Lyu Zi-wen*[1,3], *Gao Zhuo*[1], *Fan Xiao-zhou*[1], *Yu Ying*[1,2], *Shan Jing*[1], *Cui Yu*[1], *Qiu De-jun*[1], *Liu Dong*[1]

[1]*Department of Nephrology, Air Force Medical Center, Air Force Medical University, Beijing* 100142, *China*; [2]*Department of Graduate School, China Medical University, Shenyang* 110031, *China*; [3]*Department of Graduate School, Hebei North University, Zhangjiakou* 075031, *China*

Corresponding author: *Liu Dong*, *Email*: *liudong_liudong@hotmail.com*

【Abstract】　Objective　To investigate the clinical value of contrast-enhanced ultrasound in the differential diagnosis of acute kidney injury (AKI) and chronic kidney disease (CKD). **Methods**　A total of 85 patients with abnormal renal structure and/or function were enrolled and divided into a CKD group (n=64) and an AKI group (n=21). Laboratory biochemical indicators, including serum creatinine (Scr), uric acid (UA), hemoglobin, and others, were measured in both groups. Bilateral renal color Doppler

contrast-enhanced ultrasound was performed, and the differences in ultrasound parameters between the two groups were compared. **Results** In the univariate analysis, compared with the AKI group, the CKD group had a significantly prolonged arrival time (AT), defined as the time from the start of contrast injection to the first appearance of contrast in the renal cortical sampling frame [(14.60±4.71) s *vs* (12.54±3.74) s, $P<0.05$]. No statistically significant differences were found between the two groups in time to peak (TTP), defined as the time from the start of contrast injection to the peak contrast signal intensity in the renal cortex [(36.33±8.70) s *vs* (32.27±7.70) s], peak intensity (PI) [(51.22±4.92) db *vs* (52.43±4.62) db], descending slope (DS) [(-0.18±0.04) db/s *vs* (-0.19±0.04) db/s], ascending slope (AS) [(0.96±0.15) db/s *vs* (1.02±0.19) db/s], area under the curve (AUC) [(4696.44±1263.08) db·s *vs* (4692.36±1022.79) db·s], or mean transit time (MTT), defined as the average time required for contrast microbubbles to pass through the renal cortical vascular bed [(122.20±24.93) s *vs* (120.71±24.20) s] ($P>0.05$). After adjustment for confounding factors such as age and sex, multivariate regression analysis showed that, compared with the AKI group, the CKD group had a 2.65 s prolongation in AT, a 5.69 s prolongation in TTP, and a 0.10 db/s reduction in AS, with statistically significant differences ($P<0.05$). There were no statistically significant differences between the two groups in PI, DS, AUC, or MTT ($P>0.05$). **Conclusion** Contrast-enhanced ultrasound parameters AT, TTP, and AS have certain clinical value in the differential diagnosis of acute kidney injury and chronic kidney disease.

【Key words】 Acute kidney injury; Chronic kidney disease; Contrast-enhanced ultrasound; Renal function

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2026.09.005

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)、慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)是临床中主要的两大类肾脏疾病,近年来发病率、病死率呈持续上升趋势,二者相互独立,其病因、治疗手段、预后截然不同[1]。目前,临床主要依靠疾病诱因、病史长短、生化检验中钙磷代谢异常、贫血情况以及二维超声等来鉴别AKI、CKD,对于病史模糊、肾脏大小正常的患者,在AKI、CKD的鉴别上往往比较困难。近年来,中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白(neutrophil gelatinase-associated lipocalin, NGAL)、肾损伤分子1(kidney injury molecule-1, KIM-1)、胰岛素样生长因子结合蛋白7(insulin-like growth factor binding protein 7, IGFBP7)等生物标志物被发现有可能识别AKI和CKD患者,但由于血液生化指标受影响因素较多,目前仍处于研究阶段,并未在临床普及[2]。影像学是观察脏器更为直观的方式,其结果受干扰因素少,通过超声检查肾脏大小,是鉴别AKI、CKD的重要方式,肾脏缩小更倾向于CKD诊断,肾脏正常或肿大急性肾衰竭可能性大,但特殊情况下,如糖尿病肾脏疾病,即使在疾病终末期肾脏大小也可能缩小不明显,那么通过肾脏大小来判断AKI、CKD就受到限制[3-4]。超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)是一种新的成像技术,已被应用于多种疾病的诊断。近年来被逐渐应用于肾脏疾病的评估,它能在观察肾脏结构同时,实时反映肾脏微循环血流灌注真实水平[5]。本研究运用彩色多普勒CEUS检测AKI、CKD患者血流灌注指标,观察肾脏血流动力学变化的差异,以期为AKI、CKD的评估鉴别提供参考。

对象与方法

一、研究对象

本研究纳入空军特色医学中心肾内科2022年1月至2023年6月住院治疗的肾脏结构或功能异常患者85例。纳入标准:(1)年龄>18周岁;(2)符合2012年改善全球肾脏病预后膳食指南定义的AKI、CKD诊断标准[6-7];(3)能够自愿配合CEUS检查。排除标准:(1)CKD急性加重患者;(2)对牛奶、鸡蛋过敏;(3)有严重心、肺功能不全;(4)妊娠期。根据以上标准,共纳入85例患者,依据改善全球肾脏病预后膳食指南定义的AKI、CKD诊断标准,分为CKD组和AKI组。

本研究为横断面研究,经过中国人民解放军空军特色医学中心伦理委员会批准,批件号:空特(新技术)第2023-079-PJ01;患者均签署知情同意书。

二、研究方法

1. 一般指标　收集符合纳排标准患者的临床资料，包括性别、年龄、体重指数（body mass index，BMI）、是否有高血压、是否有糖尿病、血肌酐（serum creatine，Scr）、尿酸（uric acid，UA）、总胆固醇、三酰甘油、通过改良肾脏病膳食改良试验公式估算肾小球滤过率（estimated glomerular filtration rate，eGFR）。生化指标均为入院未治疗时晨起空腹测定。

2. 仪器和方法　采用大型超声诊断仪（中国迈瑞 Mindray Resona 7EXP）进行 CEUS 检查。造影剂使用声诺维（SonoVue），六氟化硫微泡冻干粉剂（中国上海博莱科信谊药业有限公司）。

在六氟化硫微泡中注射 5 mL 生理盐水，充分振荡混匀，每次注射前均应充分振荡。患者取侧卧位，常规超声找到肾脏最大切面，使肾门充分暴露，嘱患者平静呼吸，尽量保持同一体位。启动 CEUS 模式，经肘正中静脉推注 1 mL 造影剂，后迅速使用 5 mL 生理盐水冲管。静脉推注造影剂的同时启动图像采集，实时图像采集 4 min。应用超声图像量化软件 QLAB 定量分析软件对采集的造影图像感兴趣区进行动态分析研究，将造影图像感兴趣区取样框放置于声束垂直的肾皮质部分，尽可能避免因呼吸运动造成的肾髓质进入取样框中，获得动态增强的时间-强度曲线（time intense curve，TIC）和一系列血流灌注参数，包括曲线拟合程度（goodness of fit，GOF）、到达肾皮质时间（arrival time，AT）、曲线上升支斜率（ascending slope，AS）、达峰时间（time to peak，TTP）、峰值强度（peak intensity，PI）、曲线下降支斜率（descending slope，DS）、曲线下面积（area under curve，AUC）、平均通过时间（mean transit time，MTT），同样的方法测量对侧肾。双侧肾脏造影时间间隔应大于 15 min。

三、统计学方法

所有统计分析均使用统计软件包 R（http://www.R-project.org，the R Foundation）和 EnpowerStats（http://www.enpowerstats.com，X&Y Solutions，Inc.，Boston，MA）进行。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，非正态分布的计量资料采用函数转换（Box-cox 正态转换）使其满足正态分布，两组间比较采用 t 检验；计数资料采用例（%）表达，两组间比较采用 χ^2 检验。其次，采用多元线性回归计算 AKI、CKD 对肾脏灌注参数的独立影响。在这一步骤中，根据已建立的关联和可能的生物学关系，调整了以下协变量：性别、BMI、是否糖尿病、是否高血压、Scr、eGFR、血红蛋白。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结　果

一、两组患者一般资料比较

根据纳入排除标准，共纳入 85 例患者，其中 CKD 组 64 例，AKI 组 21 例。比较两组患者的基本特征、性别、年龄、BMI、Scr、尿素氮、VA、三酰甘油、总胆固醇、血红蛋白水平以及高血压患病率比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）；CKD 组患者中糖尿病患病率明显高于 AKI 组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。（表 1）

二、两组患者超声参数单因素分析

取患者左肾和右肾参数的平均值，然后进行组间比较，两组患者 GOF 拟合参数均>0.9，拟合程度较好，说明造影参数可信度高。CKD 组患者 AT 为（14.60±4.71）s，较 AKI 组的 AT 值（12.54±3.74）s 明显延长，差异有统计学意义（$P<0.05$），两组患者的 TTP、PI、DS、AS、AUC、MTT 比较差异均无统

表 1　两组患者一般患者比较

Tab 1　General characteristics of the two study populations

组别	例数	年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	男性[例（%）]	BMI（kg/m^2，$\bar{x}\pm s$）	高血压[例（%）]	糖尿病[例（%）]	BUN（mmol/L，$\bar{x}\pm s$）
CKD 组	64	57.56±15.65	47（73.4）	24.73±2.91	51（79.7）	41（64.1）	2.39±0.59
AKI 组	21	50.55±19.28	15（71.4）	23.83±2.18	14（66.7）	5（23.8）	2.22±0.63
P 值	-	0.102	0.857	0.213	0.222	0.001	0.285

组别	例数	Scr（μmol/L，$\bar{x}\pm s$）	UA（μmol/L，$\bar{x}\pm s$）	TC（mmol/L，$\bar{x}\pm s$）	TG（mmol/L，$\bar{x}\pm s$）	eGFR[mL·min^{-1}·（1.73 m^2）$^{-1}$，$\bar{x}\pm s$]	Hb（g/L，$\bar{x}\pm s$）
CKD 组	64	0.018±0.009	436.20±106.16	4.56±1.53	1.87±0.88	10.55±4.69	113.11±22.99
AKI 组	21	0.019±0.010	400.81±143.97	4.65±1.27	1.68±0.86	10.43±5.22	120.43±24.76
P 值	-	0.804	0.230	0.819	0.439	0.918	0.218

注：CKD 为慢性肾脏病；AKI 为急性肾损伤；BMI 为体重指数；Scr 为血肌酐；BUN 为血尿素氮；UA 为血尿酸；TC 为总胆固醇；TG 为三酰甘油；eGFR 为估算肾小球滤过率；Hb 为血红蛋白。

计学意义（$P>0.05$）；但CKD组的TTP为（36.33±8.70）s，较AKI组的（32.27±7.70）s有较明显延长（$P=0.051$）。（表2）

表2　两组患者超声参数单因素分析（$\bar{x}\pm s$）

Tab 2　Univariate analysis of ultrasonographic parameters in patients with CKD or AKI（$\bar{x}\pm s$）

超声参数	CKD组（n=64）	AKI组（n=21）	t值	P值
GOF	0.94±0.02	0.94±0.02	-0.55	0.583
AT(s)	14.60±4.71	12.54±3.74	2.03	0.049
TTP(s)	36.33±8.70	32.27±7.70	2.01	0.051
PI(db)	51.22±4.92	52.43±4.62	-1.98	0.328
AS(db/s)	0.96±0.15	1.02±0.19	-1.39	0.168
DS(db/s)	-0.18±0.04	-0.19±0.04	0.90	0.371
AUC(db·s)	4696.44±1263.08	4692.36±1022.79	0.01	0.989
MTT(s)	122.20±24.93	120.71±24.20	0.24	0.812

注：CKD为慢性肾脏病；AKI为急性肾损伤；GOF为曲线拟合程度；AT为到达肾皮质时间；AS为曲线上升支斜率；TTP为达峰时间；PI为峰值强度；DS为曲线下降支斜率；AUC为曲线下面积；MTT为平均通过时间。

三、两组患者超声参数多元回归分析

为了探究AKI、CKD对肾血流灌注的单独影响，基于多元回归分析逻辑，根据已建立的关联和可能的生物学关系，调整了年龄、性别、肾功能指标等混杂因素后进行分析，其效应值（β）和95%*CI*见表3。其效应值可以用AKI、CKD对肾血流灌注参数影响的大小来解释。较AKI组相比，CKD组患者AT延长2.65 s，TTP延长5.69 s，AS减少0.10 db/s，差异有统计学意义（$P<0.05$）。两组间PI、DS、AUC、MTT比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。

表3　两组患者超声参数多元回归分析

Tab 3　Multivariate regression analysis of ultrasonographic parameters in patients with CKD or AKI

造影参数	CKD组（n=64）	AKI组（n=21）	
		OR（95%*CI*）	P值
AT(s)	ref	-2.65(-4.81,-0.49)	0.02
TTP(s)	ref	-5.69(-10.40,-0.97)	0.02
PI(db)	ref	0.51(-2.34,3.36)	0.73
AS(db/s)	ref	0.10(0.01,0.19)	0.04
DS(db/s)	ref	-0.02(-0.05,0.01)	0.12
AUC(db·s)	ref	-221.04(-929.30,487.23)	0.54
MTT(s)	ref	-3.89(-20.86,13.09)	0.66

注：CKD为慢性肾脏病；AKI为急性肾损伤；AT为到达肾皮质时间；TTP为达峰时间；PI为峰值强度；AS为曲线上升支斜率；DS为曲线下降支斜率；AUC为曲线下面积；MTT为平均通过时间。

讨　论

CKD被定义为持续3个月以上并对多种代谢途径产生不利影响的结构性或功能性肾脏损伤。AKI是在几小时或几天内发生的，可能伴有含氮废物滞留在体内[8]。CKD和AKI常常在病史、二维超声检查结果和活检中出现共同症状，但是治疗方法和预后却大不相同，因此鉴别诊断至关重要[9]。近年来，血液生化指标和早期标志物是该领域研究的热点，然而AKI和CKD不是完全不相关的综合征，实际上有共同的基础[10]。因此，这些标记物在AKI与CKD的鉴别中存在显著的局限性。临床研究表明，AKI会增加CKD发展的风险，CKD也一再被证明是AKI的风险因素[11-12]。这些标记物受疾病的严重程度、检验时机、持续时间等因素的影响，也无法反映单侧肾脏的功能状态。因此，功能影像学的评估在肾脏疾病诊疗中不可忽视。

目前二维超声普遍应用于肾脏疾病诊疗，通过形态学来评估肾功能损害，然而形态学改变一般出现在疾病中晚期，早期改变并不明显，因此，二维超声在诊断早期肾功能异常上存在很大不足。不同的肾实质疾病往往表现出相同的超声表现，而相同的肾实质疾病根据疾病分期可能表现出不同的超声表现。二维超声还受到患者个体差异、肥胖、腹腔气体干扰，仪器设备分辨率等多种因素影响，其敏感性和准确性有限，这使得二维超声在确定疾病严重程度和预后等方面的价值受到质疑[13]。而AKI病因的多样性也导致AKI病例的超声异常检出率不高，故二维超声仍只能作为初步筛查诊断。

肾脏具有独特的双毛细管床结构，其血流动力学改变是多种肾脏疾病的病变基础[14]。CEUS是一种能够实时观察血流灌注的新的成像技术[15]。CEUS所用的造影剂基本成分是嵌入壳内的气体形成的微气泡，可随呼吸排出，无肾脏毒性，可广泛重复使用于肾脏疾病的诊疗。CEUS获得的TIC和一系列血流灌注参数，包括GOF、AT、TTP、PI、AUC、MTT等，可以直接、精准地反映出肾脏血流灌注情况[11-16]。目前国内外已有利用CEUS参数来评价AKI、CKD进展的研究，但这些研究多只针对单个疾病的评估，对于AKI、CKD的CEUS参数差异的比较研究较少，且分析过程中大多没有考虑到其他混杂因素对血流灌注参数的影响[11,15-16]。本研究通过观察AKI、CKD患者肾脏血流动力学变化的差异，发现与AKI患者相比，CKD患者的AT、TTP有较明显延长；考虑到血流灌注也会受到性别、全身基础疾病（高血压、糖尿病等）、血红蛋白浓度等影响，采用多元回归分析，调整相关混杂因素后结果显

示，CKD患者的AT、TTP较AKI患者的明显延长，AS明显降低，差异具有统计学意义（$P<0.05$）。AT指从注射造影剂开始到灌注强度开始出现的时间点，TTP为灌注强度上升至峰值所需的时间，其延长表明局部肾脏灌注速度减慢、微循环障碍。AS表示TIC上升支倾斜角度，斜率越小提示肾脏微循环灌注越差，越可能存在毛细血管床局部堵塞[17]。有研究表明，肾损伤后，内皮细胞和毛细血管密度均受到一定程度的损伤，血管密度的损失为30%～50%，肾内血流灌注减少，但由于肾脏血管的异构性和复杂性，根据损伤的类型和严重程度，血管内皮生长因子增多，通过减轻早期内皮细胞损伤、促进血管的再生反应，保护血管结构，同时管周毛细血管也会代偿性增加，使得微循环得到部分补偿[12,18-19]。而管周毛细血管持续稀疏与肾纤维化密切相关，是CKD发生和发展的重要病理生理基础，而组织纤维化是不可逆的过程，随着疾病进展，导致肾脏血流灌注持续减少[20]。本研究结果显示，CKD较AKI患者相比，肾脏微循环障碍更显著，与既往基础研究结果相符。因此，能为AKI、CKD的鉴别诊断提供参考。

本研究存在一些局限性。首先，诸多因素如年龄、性别、基础疾病（高血压、糖尿病等）均可能影响CEUS参数，样本量较小，每组的小样本量可能影响统计结果。AKI组仅有21例患者，而CKD组有64例，比例严重失衡，可能导致统计偏差；且AKI的病因复杂，不同病因的AKI，其肾脏血流动力学变化可能截然不同，需进一步亚组分析。第二，CEUS参数目前缺乏统一参考标准，缺乏健康对照组数据，后期需增加样本量和健康对照组进一步研究。第三，本研究采用横断面研究，缺乏随访研究，观察CKD和AKI疾病过程中CEUS参数的变化，为CEUS在AKI、CKD的鉴别诊断提供数据支持。

综上所述，AKI、CKD患者间肾脏CEUS指标AT、TTP、AS比较，差异有统计学意义（$P<0.05$）。从影像学方面为AKI和CKD患者的鉴别提供新思路。

利益冲突　所有作者均声明没有利益冲突

参　考　文　献

[1] Kaballo MA, Elsayed ME, Stack AG. Linking acute kidney injury to chronic kidney disease: the missing links[J]. J Nephrol, 2017, 30(4): 461-475. DOI: 10.1007/s40620-016-0359-5.

[2] Krstic D, Tomic N, Radosavljevic B, et al. Biochemical markers of renal function[J]. CMC, 2016, 23(19): 2018-2040. DOI: 10.2174/0929867323666160115130241.

[3] Liu CJ, Wang XZ. Clinical utility of ultrasonographic evaluation in acute kidney injury[J]. Transl Androl Urol, 2020, 9(3): 1345-1355. DOI: 10.21037/tau-20-831.

[4] 袁方，何金朋，高天奇，等. 彩色多普勒超声监测肾血流动力学相关参数在早期糖尿病肾病诊断的临床价值[J]. 医学影像学杂志，2023，33(9)：1699-1702. DOI：10.20258/j.cnki.1006-9011.2023.09.041.
Yuan F, He JP, Gao TQ, et al. The clinical value of color Doppler ultrasound monitoring renal hemodynamic parameters the early diagnosis of dia-betes nephropathy[J]. J Med Imaging, 2023, 33(9): 1699-1702. DOI: 10.20258/j.cnki.1006-9011.2023.09.041。

[5] Girometti R, Stocca T, Serena E, et al. Impact of contrast-enhanced ultrasound in patients with renal function impairment [J]. World J Radiol, 2017, 9(1): 10-16. DOI: 10.4329/wjr.v9.i1.10.

[6] Cao W, Cui S, Yang L, et al. Contrast-enhanced ultrasound for assessing renal perfusion impairment and predicting acute kidney injury to chronic kidney disease progression[J]. Antioxid Redox Signal, 2017, 27(17): 1397-1411. DOI: 10.1089/ars.2017.7006.

[7] Authors N. KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease[J]. Kidneys, 2024, 13(2): 140-171. DOI: 10.22141/2307-1257.13.2.2024.456.

[8] Kidney Disease: Improving Global Outcomes KDIGO Acute Kidney Injury Work Group. KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury[J]. Kidney Int Suppl, 2012, 2(1): 1-138. DOI：10.1016/j.kint.2023.10.018.

[9] Boozari M, Hosseinzadeh H. Natural medicines for acute renal failure: a review[J]. Phytother Res, 2017, 31(12): 1824-1835. DOI: 10.1002/ptr.5943.

[10] Chen S, Liu YH, Dai DP, et al. Using circulating O-sulfotyrosine in the differential diagnosis of acute kidney injury and chronic kidney disease[J]. BMC Nephrol, 2021, 22(1): 66. DOI: 10.1186/s12882-021-02268-3.

[11] Chawla LS, Kimmel PL. Acute kidney injury and chronic kidney disease: an integrated clinical syndrome[J]. Kidney Int, 2012, 82(5): 516-524. DOI: 10.1038/ki.2012.208.

[12] Yoon HE, Kim DW, Kim D, et al. A pilot trial to evaluate the clinical usefulness of contrast-enhanced ultrasound in predicting renal outcomes in patients with acute kidney injury[J/OL]. PLoS One, 2020, 15(6): e0235130. DOI: 10.1371/journal.pone.0235130. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22673882/

[13] Wang ZW, Zhang C. From AKI to CKD: maladaptive repair and the underlying mechanisms[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(18): 10880. DOI: 10.3390/ijms231810880.

[14] Ghadirpour A, Tarzamni MK, Naghavi-Behzad M, et al. Renal vascular Doppler ultrasonographic indices and carotid artery intima-media thickness in diabetic nephropathy[J]. Med Ultrason, 2014, 16(2): 95-99. DOI: 10.11152/mu.2013.2066.162.ag1mkt2.

[15] Watchorn J, Huang DY, Joslin J, et al. Critically ill COVID-19

patients with acute kidney injury have reduced renal blood flow and perfusion despite preserved cardiac function: a case-control study using contrast-enhanced ultrasound[J]. Shock, 2021, 55(4): 479-487. DOI: 10.1097/SHK.0000000000001659.

[16] Aggarwal A, Goswami S, Das CJ. Contrast-enhanced ultrasound of the kidneys: principles and potential applications[J]. Abdom Radiol (NY), 2022, 47(4): 1369-1384. DOI: 10.1007/s00261-022-03438-z.

[17] Lubas A, Kade G, Ryczek R, et al. Ultrasonic evaluation of renal cortex arterial area enables differentiation between hypertensive and glomerulonephritis-related chronic kidney disease[J]. Int Urol Nephrol, 2017, 49(9): 1627-1635. DOI: 10.1007/s11255-017-1634-7.

[18] 潘思梦, 林世龙, 宋洁琼, 等. 肾脏超声造影对脓毒症急性肾损伤预测价值的前瞻性队列研究[J]. 临床内科杂志, 2022, 39(8): 527-530. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9057.2022.08.008.
Pan SM, Lin SL, Song JQ, et al. Prospective cohort study of predictive value of renal contrast-enhanced ultrasound in sepsis-acute kidney injury[J]. J Clin Intern Med, 2022, 39(8): 527-530. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9057.2022.08.008.

[19] Ehling J, Bábíčková J, Gremse F, et al. Quantitative micro-computed tomography imaging of vascular dysfunction in progressive kidney diseases[J]. J Am Soc Nephrol, 2016, 27(2): 520-532. DOI: 10.1681/ASN.2015020204.

[20] Basile DP, Friedrich JL, Spahic J, et al. Impaired endothelial proliferation and mesenchymal transition contribute to vascular rarefaction following acute kidney injury[J]. Am J Physiol Renal Physiol, 2011, 300(3): F721-F733. DOI: 10.1152/ajprenal.00546.2010.

（收稿日期：2025-07-24）

更正

本刊2026年第26卷第6期刊登的论文《血清镍纹样蛋白、可溶性生长刺激表达基因2蛋白与血液透析患者血管钙化的相关性研究》（作者：刘逸敏，马瑛，赵庆雨，张广英，丁圣宁），由于工作疏忽，导致伦理编号错误，现更正如下。

“对象与方法”部分，第一段“研究对象”最后一句：本研究经过江苏大学附属澳洋医院医学伦理委员会审核批准（审批号：AYYY-2024A013），所有患者均签署知情同意书。此处的伦理审批号应更正为：2024伦研批第001号。

对于因为工作疏忽导致的错误，编辑部在此向作者和读者表示深深的歉意！

《临床肾脏病杂志》编辑部