

· 论 著 ·

剪切波弹性成像在评估儿童肾小球疾病中的应用价值

周 鑫¹, 朱云开¹, 管雯斌², 陈亚青¹, 沈志云¹1. 上海交通大学医学院附属新华医院超声科, 上海 200092 ;
2. 上海交通大学医学院附属新华医院病理科, 上海 200092

[摘要] 目的: 探讨剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 定量评估儿童肾小球疾病 (glomerular diseases, GD) 的临床应用价值。方法: 选取2020年12月—2022年6月于上海交通大学医学院附属新华医院经超声引导下肾脏穿刺活检证实为GD的患儿为病例组, 同期健康体检的儿童作为对照组。应用SWE测量双肾中下部肾皮质的平均杨氏模量值 (E_{mean}), 比较两组肾脏的 E_{mean} , 应用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估 E_{mean} 诊断GD的诊断效能。根据病理学检查结果将病例组分为肾小球硬化组和无硬化组, 比较两组 E_{mean} 。结果: 38例健康儿童、59例GD患儿左侧及右侧肾脏肾皮质 E_{mean} 比较差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 对照组与病例组双侧肾脏肾皮质 E_{mean} 比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。肾皮质 E_{mean} 诊断GD的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为0.714、诊断阈值为9.90 kPa、灵敏度为57.63%、特异度为81.58%。肾小球硬化组和无硬化组的肾皮质 E_{mean} 分别为 (11.24±3.36) kPa、(10.10±2.00) kPa, 两者比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。结论: 实时SWE通过测量肾皮质的 E_{mean} 可反映肾小球硬度, 监测肾小球硬化与否, 有望为儿童GD的诊断及监测提供帮助。

[关键词] 肾小球疾病; 超声; 剪切波弹性成像; 儿童

中图分类号: R692.6; R445.1 文献标志码: A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.06.009

基金项目: 无。

利益冲突: 作者声明无利益冲突。

伦理批件: XHEC-D-2025-102。

知情同意: 有。

引用本文: 周 鑫, 朱云开, 管雯斌, 等. 剪切波弹性成像在评估儿童肾小球疾病中的应用价值 [J]. 肿瘤影像学, 2025, 34(6): 628-634.

Funding: no.

Conflicts of interest: authors declare no conflicts of interest.

Ethical approval: XHEC-D-2025-102.

Informed consent: available.

Cite this article: ZHOU X, ZHU Y K, GUAN W B, et al. Application value of shear wave elastography in the evaluation of glomerular diseases in children [J]. Oncoradiology, 2025, 34(6): 628-634.

Application value of shear wave elastography in the evaluation of glomerular diseases in children ZHOU Xin¹, ZHU Yunkai¹, GUAN Wenbin², CHEN Yaqin¹, SHEN Zhiyun¹ (1. Department of Ultrasound, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Xinhua Hospital, Shanghai 200092, China; 2. Department of Pathology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Xinhua Hospital, Shanghai 200092, China)

Correspondence to: SHEN Zhiyun E-mail: zhiyunshen-1977@163.com

[Abstract] **Objective:** To investigate the clinical application value of shear wave elastography (SWE) in quantitative evaluation of glomerular diseases (GD) in children. **Methods:** Children with GD confirmed by ultrasound-guided renal biopsy at Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Xinhua from December 2020 to June 2022 were selected as the case group, and children who underwent physical examination during the same period were selected as the control group. The mean Young's modulus (E_{mean}) of the middle and lower renal cortex of both kidneys was measured by SWE, and the E_{mean} values of the two groups were compared. The diagnostic efficacy of E_{mean} in the diagnosis of GD was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve. According to the pathological results, the case group was divided into glomerulosclerosis group and non-sclerosis group, and the E_{mean} values of the two groups were compared. **Results:** There was no significant difference in E_{mean} values of renal cortex between the left and right kidneys in 38 healthy children and 59 children with GD (all $P>0.05$). There was a significant difference in E_{mean} values of bilateral renal cortex between the control group and the case group ($P<0.05$). The area under curve (AUC) of renal cortex E_{mean} in

the diagnosis of GD was 0.714, the diagnostic threshold was 9.90 kPa, the sensitivity was 57.63%, and the specificity was 81.58%. The mean values of renal cortex in the glomerulosclerosis group and the non-sclerosis group were (11.24±3.36) kPa and (10.10±2.00) kPa, respectively, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion:** Real-time SWE can reflect the glomerular stiffness by measuring the E_{mean} value of the renal cortex and monitor the presence or absence of glomerular sclerosis, which is expected to provide help for the diagnosis and monitoring of GD in children.

[**Key words**] Glomerular disease; Ultrasound; Shear wave elastography; Children

肾小球疾病 (glomerular diseases, GD) 是一组主要累及肾小球的肾脏弥漫性病变, 起病隐匿, 儿童发病率高, 占儿科住院患者的 7.3%^[1], 临床主要分为原发性、继发性和遗传性^[2], 虽然发病原因各异, 但基本的病理学过程相似, 当出现肾小球玻璃样变和硬化时, 预示肾小球病变发展的最终阶段。因此, 早发现、早干预是延缓肾小球硬化进展的关键。

肾穿刺活检是GD诊断的金标准^[3], 是临床制订治疗方案和疗效评估的重要依据之一, 但肾穿刺活检为有创性检查, 难以作为常规检查手段。超声是儿童疾病最常用的影像学诊断方法, 但常规超声对儿童GD诊断灵敏度低, 常呈阴性表现^[4]。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 是一种非侵入性的定量测量组织硬度的新技术, 目前在肝纤维化等的评估中应用已较为成熟^[5]。成人慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD) 相关研究^[6-7]显示, 随着CKD分期增加, 肾脏硬度随之增加, 但在儿童中的研究较少。本研究旨在探讨SWE在小儿GD诊断中的应用价值。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并收集2020年12月—2022年6月于上海交通大学医学院附属新华医院就诊, 临床怀疑为GD欲行肾脏穿刺活检的患儿作为病例组, 穿刺活检前均进行常规超声及SWE检查。纳入标准: ① 肾穿刺活检并获得明确的病理学诊断结果者。② 术前常规超声和SWE检查等影像学资料合格; ③ 临床资料收集完整。排除标准: ① 伴有多囊肾、肾结石、肾脏占位性病变等肾脏疾病; ② 急性GD或其他肾脏急性损害。

对照组选取同期腹部健康体检儿童, 纳入标准: ① 无肝脏、肾脏疾病病史; ② 临床体检血常规、肾功能及尿常规正常; ③ 影像学检查肾脏无异常。

本研究经上海交通大学医学院附属新华医院伦理委员会批准 (批号: XHEC-D-2025-102)。

1.2 仪器与方法

1.2.1 检查仪器

采用日本Canon公司的Aplio i900超声诊断仪, 配备凸阵探头i8CX1, 频率1~8 MHz。

1.2.2 超声检查

所有患儿于肾脏穿刺活检前1 d行超声检查, 检查医师对患儿的临床资料及实验室检查结果不知情。超声检查包括常规超声 (二维灰阶成像、彩色多普勒成像) 及SWE检查。所有超声检查均由1名具有两年以上弹性超声检查经验的医师进行。

常规超声检查: 在二维灰阶超声模式下, 测量双侧肾脏的上下径、左右径、前后径, 肾实质及肾皮质厚度。彩色多普勒超声模式下显示肾脏血流图像, 获取肾脏血管的脉冲多普勒频谱, 测量肾主动脉、段动脉及叶间动脉的阻力指数 (resistive index, RI)。

SWE检查: 患儿取俯卧位, 上臂上抬, 将探头置于腰背部, 获取肾脏长轴切面, 进入SWE模式, 将取样框放置于右肾中下部, 取样框大小覆盖肾皮质区域, 在患儿平静状态下嘱患儿屏气, 启动SWE, 等待图像稳定后冻结, 将感兴趣区 (region of interest, ROI) (直径为5 mm) 放置在肾皮质区, 避开肾包膜及肾窦部, 系统自动测量并记录杨氏模量值, 单位为kPa, 连续测量5次, 取杨氏模量平均值 (E_{mean}), 双侧肾脏分别按照上述方法进行测量。每次检查时, 尽量保证探头放置于相同的位置, 注意避免施加压力。

1.3 超声引导下肾脏穿刺活检

患儿取俯卧位,常规消毒铺巾,2%利多卡因局部麻醉,12岁以下患儿或因各种原因无法配合的患儿采用全身麻醉。在超声引导下采用16G-QLA型穿刺活检系统行肾脏下极肾实质穿刺活检术,穿刺针数2~4针,所获肾组织标本用生理盐水浸没后,由专人送至病理科检查。

1.4 病理学检查

穿刺标本常规固定经石蜡包埋后切片,分别行HE染色、PAS染色、Masson染色及六铵银染色,HE染色显示穿刺标本中包含7个或更多肾小球时定义为穿刺成功。由1名具有10年以上病理诊断经验的医师进行读片。

1.5 统计学处理

采用SPSS 25.0软件进行统计学分析。计量资料进行正态性及方差齐性检验,满足正态性和方差齐性的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间比较使用 t 检验,多组间比较使用方差分析,多重比较使用最小显著性差异法(least significant difference, LSD)法。不满足正态性和方差齐性的计量资料

以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较使用Wilcoxon秩和检验,多组间比较使用Kruskal-Wallis秩和检验。配对设计资料的分析,视差值正态性检验,选择使用配对检验或配对符号秩和检验。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估SWE对GD的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

本研究病例组共纳入59例患儿,其中,男性34例,女性25例,平均年龄(9.66 ± 2.84)岁;对照组38例健康儿童,其中,男性20例,女性18例,平均年龄(9.34 ± 2.52)岁,入组流程图见图1。38例健康儿童与59例GD患儿的年龄、体重指数(BMI)、双肾上下径、前后径、左右径、实质及皮质厚度、肾主动脉RI、肾段动脉RI、叶间动脉RI值比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$,表1)。

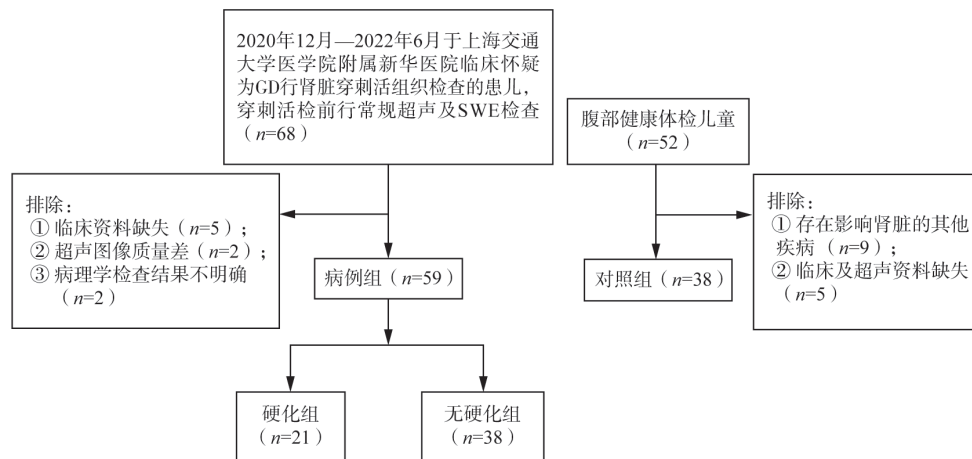


图1 研究对象纳入流程图

Fig.1 Flow chart of the research subjects

表1 病例组和对照组一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data between case group and control group

特征	病例组 (n=59)	对照组 (n=38)	t/z 值	$\bar{x}\pm s$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$ P值
年龄/岁	9.66 ± 2.84	9.34 ± 2.52	0.564	0.574
BMI/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	17.20 (15.50, 19.70)	17.18 (15.30, 19.77)	2.225	0.822
上下径/mm				
右肾	92.75 ± 11.67	89.85 ± 9.29	1.290	0.200
左肾	92.37 ± 9.51	89.59 ± 9.24	1.418	0.160

续表

特征	病例组 (n=59)	对照组 (n=38)	t/z值	P值
前后径/mm				
右肾	42.92 ± 6.57	41.23 ± 5.91	1.284	0.202
左肾	43.87 ± 5.85	42.47 ± 5.30	1.191	0.236
左右径/mm				
右肾	42.68 ± 6.07	41.23 ± 4.84	1.232	0.221
左肾	44.29 ± 5.59	42.47 ± 4.59	1.679	0.096
实质厚度/mm				
右肾	16.08 ± 2.61	15.82 ± 2.18	0.525	0.601
左肾	17.55 ± 2.65	16.95 ± 2.89	1.049	0.279
皮质厚度/mm				
右肾	7.23 ± 1.33	6.81 ± 1.06	1.628	0.107
左肾	7.53 ± 1.56	6.95 ± 1.32	1.914	0.059
肾主动脉RI				
右肾	0.68 ± 0.06	0.67 ± 0.04	1.106	0.272
左肾	0.67 ± 0.06	0.67 ± 0.05	0.438	0.662
肾段动脉RI				
右肾	0.67 ± 0.05	0.66 ± 0.03	0.701	0.485
左肾	0.66 ± 0.05	0.65 ± 0.05	0.719	0.474
叶间动脉RI				
右肾	0.65 ± 0.04	0.66 ± 0.03	1.393	0.167
左肾	0.64 ± 0.04	0.64 ± 0.04	0.367	0.715

2.2 GD组与对照组双肾皮质 E_{mean} 比较

对照组左右肾肾皮质 E_{mean} 比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)，GD组左右肾肾皮质 E_{mean} 比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)；对照组与GD组肾皮质 E_{mean} 比较差异有统计学意义 ($P<0.05$ ，表2)。

表2 对照组与病例组双肾皮质 E_{mean} 比较

Tab.2 Comparison of E_{mean} values of bilateral renal cortex between control group and case group

分组	例数	$\bar{x} \pm s$		t值	P值
		右肾 E_{mean}/kPa	左肾 E_{mean}/kPa		
对照组	38	8.76 ± 1.58	8.82 ± 1.28	0.322	0.749
病例组	59	10.38 ± 2.43	10.58 ± 2.81	1.092	0.280
t值		3.950	4.314		
P值		<0.001	<0.001		

2.3 SWE诊断儿童GD的ROC曲线分析

以病理学检查结果为金标准，绘制肾皮质 E_{mean} 诊断儿童GD的ROC曲线，肾皮质 E_{mean} 诊断GD的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为0.714、诊断阈值为9.90 kPa、灵敏度为57.63%、特异度为81.58% (图2)。

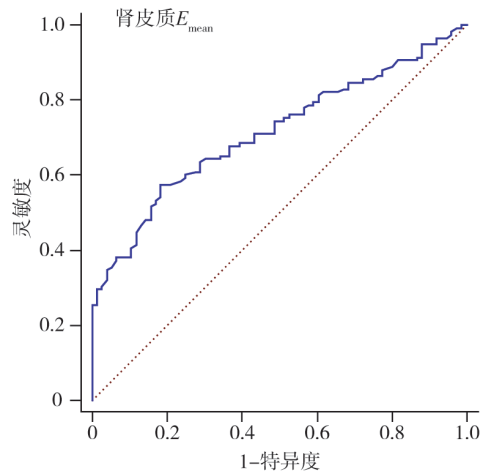


图2 肾皮质 E_{mean} 诊断儿童GD的ROC曲线

Fig.2 ROC curve of renal cortical E_{mean} values for the diagnosis of GD in children

2.4 不同病理学类型GD的 E_{mean} 比较

59例GD患儿经肾脏穿刺活检，病理学诊断结果分为8种类型：轻微病变性GD10例、紫癜性肾炎17例、IgA肾病10例、急性肾小球肾炎3例、局灶节段性增生性肾小球肾炎1例、局灶节段系膜增生性肾小球肾炎10例、局灶节段性肾小球硬化5例、狼疮性肾炎3例。

118个肾脏GD不同病理学类型间 E_{mean} 比较, 差异有统计学意义 ($F=7.004, P<0.05$), 其中, 局灶节段性肾小球硬化组与其他7组 E_{mean} 比较, 差异有统计学意义 (均 $P<0.05$, 表3)。

表3 不同病理学类型GD的 E_{mean} 比较Tab.3 Comparison of E_{mean} values for different pathological types of GD

病理学类型	例数	肾脏个数	$E_{\text{mean}}/\text{kPa}$
原发性			
轻微病变性GD	10	20	$10.17 \pm 2.26^*$
局灶节段性肾小球硬化	5	10	14.74 ± 3.66
IgA肾病	10	20	$10.59 \pm 2.04^*$
急性肾小球肾炎	3	6	$10.73 \pm 0.71^*$
局灶节段增生性肾小球肾炎	1	2	$10.81 \pm 0.83^*$
局灶节段系膜增生性肾小球肾炎	10	20	$10.80 \pm 1.59^*$
继发性			
紫癜性肾炎	17	34	$9.61 \pm 2.33^*$
狼疮性肾炎	3	6	$8.05 \pm 2.29^*$
F值			7.004
P值			<0.001

*: 局灶节段性肾小球硬化组与其他7组相比, 均 $P<0.05$ 。

2.5 肾小球硬化组与无硬化组的 E_{mean} 比较

根据病理学检查结果, 将病例组分为肾小球硬化组 (A组) 与无肾小球硬化组 (B组), 两组间肾皮质 E_{mean} 比较, 差异有统计学意义 ($t=2.010, P<0.05$, 表4, 图3)。

表4 病例组A、B两组肾皮质 E_{mean} 比较Tab.4 Comparison of E_{mean} values of renal cortex between case group A and B

分组	肾脏个数	$E_{\text{mean}}/\text{kPa}$	t值	P值
A组	42	11.24 ± 3.36	2.010	<0.05
B组	76	10.10 ± 2.00		

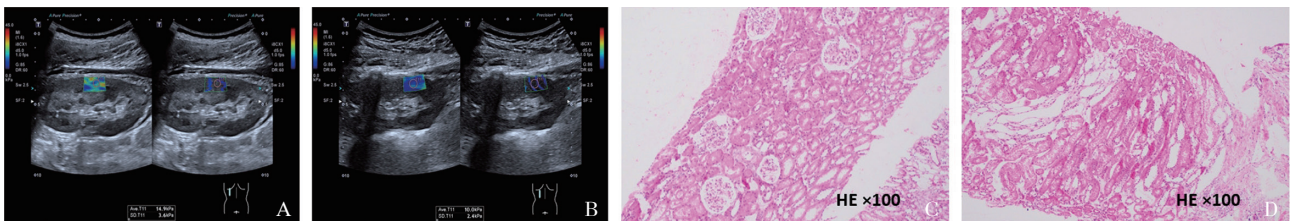


图3 SWE测量肾皮质弹性图及病理组织学图像

Fig.3 Elastography and histopathological images of renal cortex measured by SWE

A: 肾小球硬化组, $E_{\text{mean}}=14.9$ kPa, 病理学类型为局灶节段性肾小球硬化 (C); B: 无肾小球硬化组, $E_{\text{mean}}=10.0$ kPa, 病理学类型为轻微病变性GD (D)。

3 讨论

GD作为儿童肾损害的主要病因之一, 其早期诊断与病理学分期对临床干预至关重要^[8-9]。肾活检是明确组织病理学诊断的关键手段, 但由

于侵入性、儿童配合度差等因素不能重复。超声作为无创、无辐射的影像检查方法, 在临床上已广泛应用于肾脏疾病的诊断。然而, 儿童GD的肾脏大小形态结构改变不明显^[10], 常规超声难以发现异常, 本研究结果显示正常组和GD组的肾脏各径线测值、肾实质和肾皮质厚度测值差异

均无统计学意义。

SWE是一种基于超声技术的定量组织硬度成像方法，通过测量剪切波在组织内的传播速度，评估组织的弹性模量（即硬度）。儿童GD病理学过程表现为炎性细胞及免疫复合物沉积，不同程度的系膜基质及系膜细胞增生，如不干预会出现肾小球硬化，导致肾脏不同程度的纤维化，最终肾脏缩小，结构不清。由于GD患者的肾皮质纤维化早于肾脏形态结构改变，故SWE比常规超声更易发现肾脏早期的病理学变化^[8]。本研究结果显示，GD组双侧肾皮质 E_{mean} 值 $[(10.38 \pm 2.43) \text{ kPa} / (10.58 \pm 2.81) \text{ kPa}]$ 显著高于健康对照组 $[(8.76 \pm 1.58) \text{ kPa} / (8.82 \pm 1.28) \text{ kPa}, P < 0.05]$ ，这一结果与Liu等^[11]及李雪娇等^[12]的研究一致。此外，本研究通过病理学亚组分析显示，肾小球硬化组的 E_{mean} 值 $[(11.24 \pm 3.36) \text{ kPa}]$ 显著高于无硬化组 $[(10.10 \pm 2.00) \text{ kPa}, P < 0.05]$ ，可能与肾小球硬化进程中细胞外基质过度沉积、肾小球毛细血管腔闭塞及间质纤维化导致组织机械性能改变相关^[14-16]，这一结果与成人CKD相关研究一致，Leong等^[13]通过对75例成人CKD肾皮质硬度与病理纤维化分级比较研究，结果显示两者呈正相关 $(r=0.442, P < 0.001)$ 。因此，SWE对GD患者的肾小球硬化与否有一定的预测价值，可为临床制订或调整治疗方案提供信息。

本研究结果显示，SWE对GD患者诊断的AUC为0.714，以 E_{mean} 为9.90 kPa为截断值，SWE诊断GD的灵敏度和特异度为57.63%、81.58%。但SWE诊断GD的灵敏度较低，可能与检查时患儿的配合度差及呼吸心跳影响较大有关，或儿童GD发病年限远低于成人，其肾小球病变尚未引起硬度改变相关。与灵敏度相比，SWE对GD的诊断特异度较高，可减少GD临床疑似患者，避免过度应用肾穿刺活检，降低有创检查所致的并发症。

本研究存在以下局限：① 样本量较小，GD不同类型分布不均衡；② 儿童肾脏病变不同于成人，受生长发育等因素干扰，没有明确的肾脏纤

维化分级标准，儿童GD的病理学评估更强调活动性病变；③ 儿童配合度差，可重复性低。未来研究需兼顾病理生理学机制与技术规范性，扩大样本量并分层纳入各病理学亚型，推动弹性成像成为儿童GD精准诊疗的重要工具。

综上，SWE技术能够通过定量检测肾皮质硬度区分正常与病变肾脏，且 E_{mean} 与肾小球硬化程度呈正相关。作为一种无辐射、无创的检查方法，SWE可作为儿童GD诊断及疾病动态监测的方法之一，可减少患儿肾穿刺活检的频次。

第一作者：

周鑫 (ORCID: 0009-0003-7131-4138)，硕士，主治医师。

通信作者：

沈志云 (ORCID: 0009-0007-2123-9423)，硕士，主管技师，
E-mail: zhiyunshen-1977@163.com。

作者贡献声明：

周鑫：数据资料收集，数据统计分析，文章撰写；朱云开：文章指导；管雯斌：病理学分析与诊断；陈亚青：课题选题，论文指导；沈志云：论文指导。

[参 考 文 献]

- [1] KOVESDY C P. Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022 [J]. *Kidney Int Suppl*, 2022, 12(1): 7-11.
- [2] 中华医学会儿科学分会肾脏病学组. 小儿肾小球疾病的临床分类、诊断及治疗 [J]. *中华儿科杂志*, 2001, 39(12): 746-749.
Kidney Disease Group, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association. Clinical classification, diagnosis and treatment of glomerular diseases in children [J]. *Chin J Pediatr*, 2001, 39(12): 746-749.
- [3] DESVIGNES C, DABADIE A, ASCHERO A, et al. Technical feasibility and correlations between shear-wave elastography and histology in kidney fibrosis in children [J]. *Pediatr Radiol*, 2021, 51(10): 1879-1888.
- [4] ZHU M Y, MA L Y, YANG W Q, et al. Elastography ultrasound with machine learning improves the diagnostic performance of traditional ultrasound in predicting kidney fibrosis [J]. *J Formos Med Assoc*, 2022, 121(6): 1062-1072.
- [5] BAMBER J, COSGROVE D, DIETRICH C F, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: basic principles and technology [J]. *Ultraschall Med*, 2013, 34(2): 169-184.
- [6] GROSU I, BOB F, SPOREA I, et al. Two-dimensional shear-wave elastography for kidney stiffness assessment [J]. *Ultrasound Q*, 2019, 37(2): 144-148.
- [7] LEONG S S, WONG J H D, MD SHAH M N, et al. Shear wave elastography in the evaluation of renal parenchymal stiffness in

- patients with chronic kidney disease [J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1089): 20180235.
- [8] LI Q H, LI J N, ZHANG L, et al. Diffusion-weighted imaging in assessing renal pathology of chronic kidney disease: a preliminary clinical study [J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(5): 756-762.
- [9] Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Glomerular Diseases Work Group. KDIGO 2021 Clinical Practice Guideline for the Management of Glomerular Diseases. *Kidney Int*. 2021 Oct, 100(4S):S1-S276.
- [10] ARSLANSOYU CAMLAR S, ÜNLÜ M, SOYLU A, et al. Contribution of electron microscopy to the clinicopathologic diagnosis in childhood glomerular renal diseases [J]. *Fetal Pediatr Pathol*, 2019, 38(4): 299-306.
- [11] LIU Q, WANG Z R. Diagnostic value of real-time shear wave elastography in children with chronic kidney disease [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2021, 77(3): 287-293.
- [12] 李雪娇, 樊 伟, 高 虹, 等. 实时剪切波弹性成像在儿童肾小球疾病早期诊治中的应用价值 [J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(11): 1944-1947.
- LI X J, FAN W, GAO H, et al. The application value of real-time shear wave elastography in the early diagnosis and treatment of children's glomerular diseases [J]. *J Med Imag*, 2019, 29(11): 1944-1947.
- [13] LEONG S S, WONG J H D, MD SHAH M N, et al. Shear wave elastography accurately detects chronic changes in renal histopathology [J]. *Nephrology*, 2021, 26(1): 38-45.
- [14] MA M K, LAW H K, TSE K S, et al. Non-invasive assessment of kidney allograft fibrosis with shear wave elastography: a radiological-pathological correlation analysis [J]. *Int J Urol*, 2018, 25(5): 450-455.
- [15] BOB F, BOTA S, SPOREA I, et al. Kidney shear wave speed values in subjects with and without renal pathology and inter-operator reproducibility of acoustic radiation force impulse elastography (ARFI): preliminary results [J]. *PLoS One*, 2014, 9(11): e113761.
- [16] YANG X, HOU F L, ZHAO C, et al. The role of real-time shear wave elastography in the diagnosis of idiopathic nephrotic syndrome and evaluation of the curative effect [J]. *Abdom Radiol*, 2020, 45(8): 2508-2517.
- (收稿日期: 2025-06-28 修回日期: 2025-08-23)