

◆ 综述

Research progresses of shear wave elastography of kidney diseases

WANG Xiangyu¹, SU Tao^{2,3}, CHEN Luzeng^{1*}

(1. Department of Ultrasound Medicine, 2. Department of Nephrology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China; 3. Institute of Nephrology, Peking University, Beijing 100034, China)

[Abstract] As one of the new ultrasonic techniques, ultrasonic elastography can be used to evaluate the elasticity and hardness of tissue noninvasively and conveniently. The hardness and elasticity of renal parenchymal may change along with the progression of kidney diseases. The changes of kidney elasticity and hardness can be evaluated quantitatively or semi-quantitatively with different elastography methods. The research progresses of ultrasonic shear wave elastography in kidney diseases were reviewed in this paper.

[Keywords] kidney; elasticity imaging techniques; ultrasonography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.12.032

剪切波弹性成像用于肾脏疾病研究进展

王翔宇¹, 苏涛^{2,3}, 陈路增^{1*}

(1. 北京大学第一医院超声医学科, 2. 肾内科, 北京 100034; 3. 北京大学肾脏病研究所, 北京 100034)

[摘要] 作为超声新技术之一, 超声弹性成像可无创简便地评估组织弹性及硬度。肾脏疾病进展过程中可能伴随肾脏实质硬度的改变。采用不同弹性成像方式可定量或半定量评价肾脏弹性及硬度的变化。本文对超声剪切波弹性成像用于肾脏疾病研究进展进行综述。

[关键词] 肾脏; 弹性成像技术; 超声检查

[中图分类号] R692; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2021)12-1894-04

超声弹性成像是在常规灰阶超声基础上衍生而来的新技术^[1], 通过测量组织形变间接反映其弹性及硬度, 并可进行半定量及定量分析^[2]; 其中的剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)包括点式 SWE(point-SWE, p-SWE)及二维 SWE(two-dimensional SWE, 2D-SWE)。世界及欧洲超声医学与生物学联合会指南^[2-3]认为超声弹性成像用于肝脏、乳腺及甲状腺等领域已较为成熟, 但并未详尽阐明其在肾脏疾病中的应用状况。目前穿刺活检病理学诊断仍是诊断肾脏疾病的金标准, 但有创, 不适宜反复进行; 另一方面,

根据血肌酐、尿素氮等实验室指标可对慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)进行分期, 但对于早期疾病的敏感度往往有限。临床仍在努力寻找无创、可重复进行且敏感度较高、能准确评估肾脏疾病的方法。超声具有简便、安全、无辐射及可重复测量的优势, 相比 CT 及 MRI 更具有普适性。本文对 SWE 用于 CKD 的进展进行综述。

1 肾间质纤维化

肾间质纤维化是 CKD 常见病理改变, 多为肾小管间质纤维化^[4]。随着肾功能不断减退, 肾脏内血流

[第一作者] 王翔宇(1996—), 女, 黑龙江海伦人, 在读硕士, 医师。研究方向: 腹部、浅表器官超声诊断学。E-mail: 18324624969@163.com

[通信作者] 陈路增, 北京大学第一医院超声医学科, 100034。E-mail: chenluzeng@126.com

[收稿日期] 2021-04-21 **[修回日期]** 2021-09-12

灌注重新分布,肾小管周围毛细血管网稀少,进一步加重髓质缺氧状态。肾毛细血管闭塞、细胞外基质沉积及肾小管萎缩限制了水分子流动,可导致肾脏硬度增加^[5],因此,利用 p-SWE 及 2D-SWE 技术可间接反映肾脏纤维化程度。

1.1 移植肾 肾脏位置较为表浅,利于满足 SWE 加压产生应变图像的需要。MOON 等^[6]对新西兰大白兔行单侧输尿管结扎、单侧肾静脉结扎,以 2D-SWE 观察结扎前后肾间质纤维化情况,发现单侧肾静脉结扎组肾脏间质纤维化程度最高,且杨氏模量与肾间质纤维化程度明显相关,为 2D-SWE 评估移植肾间质纤维化程度提供了有力支持。MA 等^[7]观察 32 例肾移植患者,将 ROI 分别置于移植肾皮质及髓质,发现肾皮质、髓质杨氏模量及血肌酐均与间质纤维化病理评分呈明显正相关,但仅以血肌酐无法检出轻度间质纤维化,因此认为 2D-SWE 评估移植肾间质纤维化效果优于血肌酐,且具有较好一致性。目前对于 SWE 评估移植肾间质纤维化的价值尚存争议^[8]。KENNEDY 等^[9]对比 MR 弹性成像及 p-SWE 诊断移植肾间质纤维化的价值,认为 p-SWE 对移植肾间质纤维化不具备诊断价值。MA 等^[7]以肾间质纤维化及肾小管萎缩的面积百分比作为参数进行评估,所获结论存在不同。樊韵玲等^[10]采用 p-SWE 评估移植肾术后状态,发现病毒感染时,随肾间质纤维化程度增加,移植肾弹性值升高。LEONG 等^[11]应用 p-SWE 观察体外明胶模型,提出测量角度轻微变化即可影响 SWE 测值,建议将 ROI 固定于肾皮质中部,以提高结果的准确性及可重复性。

1.2 CKD 有关 p-SWE 评估 CKD 能力的研究结论也并不完全一致。有学者^[12]采用 p-SWE 测量 CKD 患者肾实质剪切波速度(shear wave velocity, SWV),结果显示轻、中度纤维化患者的 SWV 显著高于非纤维化患者。LEONG 等^[13]发现 CKD 组 SWV 显著高于对照组,且 SWV 与估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)呈负相关;进一步对比 75 例 CKD 患者的杨氏模量值与病理所见,发现肾实质硬度随肾小球硬化、间质纤维化和肾小管萎缩百分比增加而加大^[14]。另一方面,GROSU 等^[15]对 91 例 CKD 患者行 p-SWE 检查,发现 CKD 组患者 SWV 低于对照组,且与 eGFR 呈正相关,与上述研究结果相悖;而 SASAKI 等^[16]比较 187 例 CKD 患者的 eGFR 与肾皮质 SWV,发现二者并无相关性。CKD 患者 SWV 结果变异较大,可能与肾血流灌注减少相关,其肾脏血流减少对 SWV 的

影响可能超过纤维化,导致肾皮质硬度与肾间质纤维化呈负相关^[17-18]。此外,RADULESCU 等^[19]及 LIU 等^[20]以 2D-SWE 观察成人及儿童 CKD,结果均显示病变组平均杨氏模量明显大于对照组。

1.3 其他 既往研究^[21]发现特发性肾病综合征(idiopathic nephrotic syndrome, INS)患者肾实质 SWV 随肾间质纤维化程度加重而显著增加,提示 SWV 对于区分轻度与中、重度 INS 具有诊断价值;激素抵抗组杨氏模量显著高于激素敏感组^[22],表明杨氏模量值对评估预后具有重要意义。LIU 等^[23]纳入无糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD)、早期 DKD 及中期 DKD 共 3 组患者,多因素回归分析结果显示肾皮质杨氏模量升高是 DKD 患者肾病进展的独立危险因素;TURGUTALP 等^[24]发现 SWE 可用于监测 IgA 肾病患者肾间质纤维化进展程度,以 15 kPa 为杨氏模量的诊断临界值,其敏感度和特异度分别为 89% 和 90%。

2 肾小球囊内压

肾脏充血状态可能与脓毒症合并心衰患者发生急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)相关;测量肾小球囊内压可间接反映肾脏充血状态。KASHANI 等^[25]以超声表面波弹性成像(ultrasound surface wave elastography, USWE)测量猪的基线、注射生理盐水或血管活性药物(去甲肾上腺素、加压素、多巴胺及非诺多巴)、2 L 腹膜透析液腹腔灌注及静脉、动脉和输尿管夹闭后的 SWV,以观察肾脏弹性变化,同时通过有创操作直接测量肾小球囊内压,观察不同干预措施下肾小球囊内压变化及其与 SWV 的相关性,结果显示肾 SWV 与肾小球囊内压呈正相关。YOON 等^[26]对 15 只新西兰大白兔行左侧输尿管结扎术,术后观察 49 天,行 SWE 检查,发现结扎侧肾皮质杨氏模量高于对侧,且其值随时间延长而增加。SOHN 等^[27]采用 p-SWE 测量 51 例肾积水儿童的双侧肾脏,发现肾脏重度积水情况下,肾脏实质 SWV 明显增高。

3 肾硬化

YOGURTÇUOĞLU 等^[28]采用 p-SWE 评估急性肾小球肾炎的患儿肾皮质硬度,结果显示病例组 SWV 高于正常组;但 BOB 等^[29]同样以 p-SWE 评估成人慢性肾小球肾炎患者,却发现病例组 SWV 低于正常组。GROSSMANN 等^[30]运用时谐弹性成像,即利用外部多频谐波振动在体内产生低频范围(27~56 Hz)的剪切波,经过后处理获得对应部位的 SWV,所获结果与 BOB 等^[29]的相似。上述结果提示,应用 p-SWE 评估

肾小球肾炎时,由于纳入人群、肾脏疾病类型及所处时期不同,可能导致结果存在差异。

4 小结与展望

目前 SWE 用于肾脏的价值主要体现于诊断疾病,尚缺少预后相关研究。肾皮质或髓质的 SWV 或杨氏模量随纤维化程度增加而增加,使得 SWE 可用于评估移植肾、DKD、IgA 肾病及 INS 的肾间质纤维化程度;针对移植肾间质纤维化程度的研究结果具有较好的一致性。由于肾脏疾病病因及病理机制的复杂性,目前 CKD 相关研究尚未能获得统一结果,因此,评估 CKD 患者肾皮质硬度时,除关注肾间质纤维化外,还应考虑血流灌注减少的影响;而评估肾小球囊内压的结果具有较好一致性,SWV 或杨氏模量多随囊内压的增高而增加,故可反映肾脏充血状态。SWE 评估肾小球肾炎的研究较少,有待进一步观察。

虽然病变肾组织的各向异性、肾血流灌注变化、合并尿路梗阻及探头压力等因素均可影响 SWE 所测超声参数,但结合疾病特点进行联合检查及构建模型等均有助于提高超声弹性成像的诊断效能。期待未来在肾移植及非移植 CKD 等更多领域展开深入的超声成像研究。

[参考文献]

- [1] OPHIR J, CÉSPÉDES I, PONNEKANTI H, et al. Elastography: A quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues[J]. *Ultrason Imaging*, 1991, 13(2):111-134.
- [2] SHIINA T, NIGHTINGALE K R, PALMERI M L, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2015, 41(5):1126-1147.
- [3] COSGROVE D, PISCAGLIA F, BAMBER J, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications[J]. *Ultraschall Med*, 2013, 34(3):238-253.
- [4] 钱雪琛, 张盛敏. 实时剪切波弹性成像评价肾纤维化进展[J]. *中国医学影像技术*, 2018, 34(9):1431-1433.
- [5] JIANG K, FERGUSON C M, LERMAN L O. Noninvasive assessment of renal fibrosis by magnetic resonance imaging and ultrasound techniques[J]. *Transl Res*, 2019, 209:105-120.
- [6] MOON S K, KIM S Y, CHO J Y, et al. Quantification of kidney fibrosis using ultrasonic shear wave elastography: Experimental study with a rabbit model[J]. *J Ultrasound Med*, 2015, 34(5):869-877.
- [7] 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.
- [8] EARLY H, AGUILERA J, CHEANG E, et al. Challenges and considerations when using shear wave elastography to evaluate the transplanted kidney, with pictorial review[J]. *J Ultrasound Med*, 2017, 36(9):1771-1782.
- [9] KENNEDY P, BANE O, HECTORS S J, et al. Magnetic resonance elastography vs. point shear wave ultrasound elastography for the assessment of renal allograft dysfunction[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 126:108949.
- [10] 樊韵玲, 何婉媛, 杨萍, 等. 声辐射力脉冲弹性成像定量技术无创评估移植肾术后状态[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(3):430-433.
- [11] LEONG S S, WONG J H D, MD SHAH M N, 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.
- [12] CUI G, YANG Z, ZHANG W, et al. Evaluation of acoustic radiation force impulse imaging for the clinicopathological typing of renal fibrosis[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 7(1):233-235.
- [13] 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.
- [14] 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 (Carlton)*, 2021, 26(1):38-45.
- [15] GROSU I, BOB F, SPOREA I, et al. Correlation of point shear wave velocity and kidney function in chronic kidney disease[J]. *J Ultrasound Med*, 2018, 37(11):2613-2620.
- [16] SASAKI Y, HIROOKA Y, KAWASHIMA H, et al. Measurements of renal shear wave velocities in chronic kidney disease patients[J]. *Acta Radiol*, 2018, 59(7):884-890.
- [17] ASANO K, OGATA A, TANAKA K, et al. Acoustic radiation force impulse elastography of the kidneys: Is shear wave velocity affected by tissue fibrosis or renal blood flow?[J]. *J Ultrasound Med*, 2014, 33(5):793-801.
- [18] BOB F, GROSU I, SPOREA I, et al. Is kidney stiffness measured using elastography influenced mainly by vascular factors in patients with diabetic kidney disease? [J]. *Ultrason Imaging*, 2018, 40(5):300-309.
- [19] RADULESCU D, PERIDE I, PETCU L C, et al. Supersonic shear wave ultrasonography for assessing tissue stiffness in native kidney [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(12):2556-2568.
- [20] LIU Q, WANG Z. Diagnostic value of real-time shear wave elastography in children with chronic kidney disease[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2021, 77(3):287-293.
- [21] YANG X, YU N, YU J, et al. Virtual touch tissue quantification for assessing renal pathology in idiopathic nephrotic syndrome [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018, 44(7):1318-1326.
- [22] 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.
- [23] LIU Q Y, DUAN Q, FU X H, et al. Value of elastography point quantification in improving the diagnostic accuracy of early diabetic kidney disease [J]. World J Clin Cases, 2019, 7(23): 3945-3956.
- [24] TURGUTALP K, BALCI Y, ÖZER C, et al. Shear wave elastography findings in immunoglobulin A nephropathy patients: Is it more specific and sensitive for interstitial fibrosis or interstitial fibrosis/tubular atrophy? [J]. Ren Fail, 2020, 42(1):590-599.
- [25] KASHANI K B, MAO S A, SAFADI S, et al. Association between kidney intracapsular pressure and ultrasound elastography [J]. Crit Care, 2017, 21(1):251.
- [26] YOON H, LEE Y S, LIM B J, et al. Renal elasticity and perfusion changes associated with fibrosis on ultrasonography in a rabbit model of obstructive uropathy [J]. Eur Radiol, 2020, 30(4):1986-1996.
- [27] SOHN B, KIM M J, HAN S W, et al. Shear wave velocity measurements using acoustic radiation force impulse in young children with normal kidneys versus hydronephrotic kidneys [J]. Ultrasonography, 2014, 33(2):116-121.
- [28] YOGURTÇUOĞLU B, DAMAR Ç. Renal elastography measurements in children with acute glomerulonephritis [J]. Ultrasonography, 2021, 40(4):575-583.
- [29] 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.
- [30] GROSSMANN M, TZSCHÄTZSCH H, LANG S T, et al. US time-harmonic elastography for the early detection of glomerulonephritis [J]. Radiology, 2019, 292(3):676-684.

《儿科急重症影像学》新书推荐

儿科医学是健康中国建设中的重要组成部分,而儿科危重症的诊断和治疗则是儿科医学中的重要组成部分。随着影像医学技术和诊断的不断发展和进步,它在儿科危重症诊疗中越来越承担着重要责任,对于影像表现的总结和分析也是临床工作所亟须完成的任务,特别是对非儿科专科医院的临床及影像同行而言,更是一项实用且意义重大的工作。

本书是全国儿科影像领域内数十位中青年专家共同努力完成的,所有编者均常年工作在一线,具有坚实的理论基础和丰富的临床经验。为了读者便于阅读和查询,也为了更贴近临床工作流程,本书由神经、呼吸、消化和创伤四大部分组成,而在每一部分中则是以临床表现为线索,以影像表现为切入点阐述常见疾病的临床和影像特点,同时提出了鉴别要点。本书内容翔实、叙述清晰、内容安排逻辑性强;附图清晰、征象典型,有利于读者对内容的理解。除了影像专家外,还有儿科危重症临床专家——曲东教授对全书中临床部分进行了审阅和修正,使本书对临床医生同样具有帮助。

主编:袁新宇 曲 东 闫清淳

开本:大 16 开

装帧:铜版纸,精装

定价:139.00 元



扫码直接购书

