

二维剪切波弹性成像评估不同类型脂肪肝纤维化程度的应用进展

黄振¹ 郝晓一² (通讯作者)

1.承德医学院 河北 承德 067000

2.沧州市人民医院 河北 沧州 061000

【摘要】：脂肪性肝病的长期进展伴随肝纤维化的形成，肝纤维化是各种慢性肝病向肝硬化乃至肝癌发展过程中的关键步骤，如何在不依赖活检的情况下对纤维化进行准确分级，是当前临床研究的核心议题。二维剪切波弹性成像（2D-SWE）是在超声成像技术基础上定量检测肝脏组织的硬度，能够实现肝脏硬度程度的可靠测量，为判断其是否进入纤维化提供了必要的手段。本文通过阐述 2D-SWE 的工作原理与操作方法，并结合关于代谢相关脂肪肝、酒精性脂肪肝等不同类型脂肪肝患者的临床研究资料，介绍了该技术的当前状况与发展趋势，以期 2D-SWE 在脂肪肝纤维化的评估提供参考。

【关键词】：二维剪切波弹性成像；脂肪肝；肝纤维化

DOI:10.12417/2705-098X.26.05.038

脂肪性肝病（fatty liver disease, FLD）在全球范围内发病率居高不下。据流行病学调查报道，非酒精性脂肪性肝病（NAFLD）已经成为世界上许多国家慢性肝病和肝功能异常的主要病因，发病率高达 32.4%^[1]。肝纤维化作为各种慢性肝病向肝硬化发展过程中的关键步骤，判断其分期对肝病的预后具有重要的临床意义^[2]。

肝活组织病理学检查是肝纤维化诊断的“金标准”，但由于其属于有创性检查，所以不能满足临床多次诊疗的目的^[3]，同时费用高、易出现采样误差及伦理限制等也是其缺点，在临床应用中广受限制，在流行病学与长期随访研究中难以推广。近十年，基于声学弹性原理的无创成像方法正逐渐成为替代手段，其中二维剪切波弹性成像（Two-dimensional Shear Wave Elastography, 2D-SWE）利用剪切波技术通过实时动态图像以及量化输出判断肝脏硬度大小，具有应用范围广、检测成功率高、取样范围大与二维可视化取样等优势，逐渐成为临床评估肝硬度的重要方法^[4-5]。

1 二维剪切波弹性成像的原理与技术特点

2D-SWE 采用与常规超声诊断系统相整合，探头发射声辐射力脉冲，在垂直于皮肤的表面上产生多个焦点聚焦形成圆锥状的波面包络波，从而产生位移，提高传播速度，同时使用超高速图像处理技术，通过检测剪切波的传播速度进行成像，以杨氏模量定量反应肝脏硬度（kPa）^[6]，SWE 技术测得的速度与杨氏模量呈正相关，速度越快，杨氏模量就越大，所测组织的硬度也越大^[7]。在测量规范方面，将 ROI 置于距离肝包膜约 1-2cm 的地方同时避开肝内血管及胆管结构，并且求检测时屏住呼吸，但屏气时间不宜过长，否则会导致肝脏血容量增加、肝脏硬度增加。采用的检测次数 3~15 次不等，但多数文献认为 3 次检测较为合适^[8]。

与传统瞬时弹性成像（TE）相比，该方法在图像空间覆盖面更广，可灵活定义感兴趣区（ROI），同时能够在标准超声

检查过程中实时叠加弹性信息，从而实现肝形态与硬度的同步评估。此外，2D-SWE 可即时提供数值结果而不依赖复杂后处理，与磁共振弹性成像（MRE）相比，具有经济性与临床普适性的优势。

2 2D-SWE 在代谢相关脂肪肝纤维化评估中的研究进展

2.1 准确性对比与分期界值

多项研究验证了 2D-SWE 在 MAFLD/NAFLD 人群中的优越表现。Imajo 等人^[9]基于大样本活检数据报告，诊断显著纤维化（≥F2）的曲线下面积（AUC）达到 0.91。Seo 等人^[10]研究 2D-SWE 诊断显著纤维化（≥F2）的曲线下面积（AUC）也达到 0.9。相关研究证实 2D-SWE 在诊断 MAFLD/NAFLD 的显著纤维化方面性能良好。

2.2 测值波动因素与校正策略

肥胖及活动性肝炎对量测准确度干扰明显。当身体质量指数（BMI）超过 30 kg/m² 时，剪切波速较标准值偏高约 10%^[11]。同时，ALT 值升高过快或炎症反应活跃可造成组织弹性暂时增加，从而高估纤维化。故需综合血清炎症指标与影像结果判断。

为减少个体差异带来的偏差，目前建议：保持浅吸气静息状态测量；确保 ≥ 10 次可靠采样，并令 IQR/median ≤ 30%；必要时联合 FIB-4 或 NFS 评分做校正。

2.3 动态监测与治疗评估

2D-SWE 的可重复性使其能追踪病程变化。Tran 等^[12]在随访的 MAFLD 患者队列中观察到，若弹性值下降 ≥ 15%，则病理纤维化改善的特异性为 0.86。类似结果也见于生活方式控制和体重减轻试验：BMI 每下降 1，平均硬度值减少 0.25 kPa。可见该参数在反映疾病逆转趋势方面具有潜在替代活检的能力。

综上，2D-SWE 不仅适用于代谢性脂肪肝的分级诊断，也能作为疗效随访指标；但解释结果时应同步考虑脂肪变性与炎

症水平。

3 2D-SWE 在酒精性脂肪肝中的应用

3.1 炎症性改变与阶段性波动

AFLD 患者常存在显著炎症浸润和肝细胞肿胀, 这会造成剪切波速度暂时升高。Guo 等^[5]证实, 在急性期测得硬度明显偏高, 经戒酒三个月后下降约 15%-18%, 表明部分弹性变化可逆。由此, 稳定期或戒酒后复查更能准确反映纤维沉积。

多参数整合是新趋势。利用机器学习算法结合肝脏硬度值与体重、血小板数等参数, 预测显著性纤维化是新趋势。

3.2 随访价值与临床意义

针对戒酒随访的队列研究提示, 硬度持续下降可视为炎症消退与纤维重塑的标志。部分患者在长期戒酒后硬度降幅超过 20%, 说明 2D-SWE 具备疗效评估功能。临床上推荐在戒酒后 2-3 月复测, 以排除炎症因素造成的假性升高。

4 2D-SWE 对混合型与特殊类型脂肪肝的评估

4.1 自身免疫性肝病的应用特征

自身免疫性肝病 (AILD) 患者肝脏的 2D-SWE 值与肝纤维化等级存在正相关^[13]。叶桂林^[14]等研究显示, 2D-SWE 检测的硬度值与 AILD 肝纤维化呈正相关, 诊断显著及重度纤维化的 AUC 可达 0.93、0.86。

4.2 多模态影像与智能分析融合

相关文献提出^[15]SWE 结合其他影像学检查模式, 在区分中-重度纤维化时准确率提升 8%。进一步构建 AI 多参数系统, 将 SWE 量值与血清指标共同建模, 可以使模型灵敏度和特异

度均得到明显优化。

此外, 将 SWE 与生物标志物如 M2BPGi、CK-18 协同评估, 能在药物研究和预后预测中提供更全面信息。

5 局限性与改进方向

尽管 2D-SWE 在临床上的应用前景非常广阔, 但仍存在多源误差与算法依赖性等问题:

操作者依赖性较强。操作者经验差异可导致测值变异高达 15%, 需建立培训与质量控制体系; 组织异质性影响。脂肪沉积和局灶性纤维化可导致硬度不均, 进而造成样本间的误差; 炎症与脂肪变性干扰。炎症期 SWE 值可能偏高, 需结合 ALT、CRP 等标志物辅助诊断。

未来发展方向: 发展三维剪切波成像以反映体积分布特征; 结合人工智能实现自动分割 ROI 并减少主观差异; 推进国际标准化研究, 统一测量阈值界定, 提升跨设备一致性。

6 结论与展望

二维剪切波弹性成像是可靠且无创的肝组织硬度评估方法之一, 被应用于肝脏的纤维化诊断中, 已有相关文献报道了其良好的应用价值。相关研究表明对于不同类型的脂肪肝, 2D-SWE 对于各期肝纤维化的诊断一致性、重复性均较高。但是对于不同病因、不同代谢状态下的弹性阈值有待细化。应当开展前瞻性多中心的临床研究工作, 建立标准化的检测模式, 将弹性成像技术与多模态影像技术以及 AI 算法相结合, 针对肝病进行个体化、量化的临床评估, 进而不断优化、综合多种手段为 2D-SWE 的应用提供更多依据, 期待其在未来能够更好地用于脂肪肝的临床管理和预后评估当中。

参考文献:

- [1] Murag Soumya,Ahmed Aijaz,Kim Donghee.Recent Epidemiology of Nonalcoholic Fatty Liver Disease.[J].Gut and liver,2020,15(2).
- [2] 陆伦根,尤红,谢渭芬,贾继东.肝纤维化诊断及治疗共识(2019年)[J].实用肝脏病杂志,2019,22(06):793-803.
- [3] 杨金秋,赵文霞,周铨,刘通.非酒精性脂肪性肝病发生进展期肝纤维化的危险因素及列线图预测模型构建[J].临床肝胆病杂志,2024,40(08):1579-1584.
- [4] 陈丽红,涂海斌,冯斯奕.二维剪切波弹性成像技术对自身免疫性肝病纤维化的诊断效能及影响因素[J].肝脏,2025,30(09):1210-1214.
- [5] Guo HuanYi,et al."Two-dimensional shear wave elastography utilized in patients with ascites:a more reliable method than transient elastography for noninvasively detecting the liver stiffness-an original study with 170 patients.."Annals of translational medicine 11.2(2023).
- [6] 鲍春旭,马小萍,高文涛,邓燕龄,王红.剪切波弹性成像联合肝脂肪变性指数对肥胖者中非酒精性脂肪肝患者疗效的评估[J].宁夏医学杂志,2024,46(03):256-258.
- [7] 李良芳,朱俊志,欧海宁,等.剪切波弹性成像超声在脑卒中偏瘫上肢痉挛定量评估中的应用[J].中国康复医学杂志,2022,37(1):75-78.
- [8] 梁萍,郑荣琴.二维剪切波弹性成像评估慢性乙型肝炎肝纤维化临床应用指南[J].临床肝胆病杂志,2018,34(02):255-261.
- [9] Imajo Kento,et al."Direct comparison of US and MR elastography for staging liver fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver

disease."Clinical Gastroenterology and Hepatology 20.4(2020).

[10] Seo Jung Wook,et al."Transient elastography with controlled attenuation parameter versus twodimensional shear wave elastography with attenuation imaging for the evaluation of hepatic steatosis and fibrosis in NAFLD.."Ultrasonography(Seoul,Korea)42.3(2023).

[11] Célia Charlier,et al."Reference values for liver stiffness in children using shear-wave elastography.."Archives de pediatrie:organe officiel de la Societe francaise de pediatrie 32.5(2025).

[12] Tran Léa Chantal,et al."Noninvasive Pediatric Liver Fibrosis Measurement:Two-Dimensional Shear Wave Elastography Compared With Transient Elastography."Frontiers in Pediatrics 10.(2022).

[13] 陈丽红,涂海斌,冯斯奕.二维剪切波弹性成像技术对自身免疫性肝病纤维化的诊断效能及影响因素[J].肝脏,2025,30(09):1210-1214.

[14] 叶桂林,黄河,凌文武,邱婷婷,卢强,林玲,罗燕.实时二维剪切波弹性成像诊断自身免疫性肝病患者肝纤维化程度[J].中国医学影像技术,2021,37(03):401-405.

[15] Tamaki Nobuharu,Ajmera Veeral,Loomba Rohit.Non-invasive methods for imaging hepatic steatosis and their clinical importance in NAFLD.[J].Nature reviews.Endocrinology,2021,18(1):55-66.