

# 超声定量技术在代谢相关脂肪性肝病肝脂肪含量评估中的研究进展

李灵凌, 张群霞\*

重庆医科大学附属第二医院超声医学科, 重庆

收稿日期: 2026年2月18日; 录用日期: 2026年3月11日; 发布日期: 2026年3月23日

## 摘要

代谢相关脂肪性肝病(MAFLD)已然成为当前全球最常见的慢性肝病, 其疾病谱涵盖单纯脂肪变性、脂肪性肝炎、肝纤维化及肝硬化。早期、无创、精准评估肝脏脂肪变性程度, 对于MAFLD的筛查诊断、风险分层、疗效监测及长期随访管理具有重要意义。传统超声依赖主观判断, 重复性差; 肝活检为有创金标准, 难以普及。近年来, 随着超声定量技术的快速发展, 为肝脂肪含量的无创、客观评估提供了新手段。本文旨在对目前超声定量技术在MAFLD肝脏脂肪含量评估中的研究进展进行综述。

## 关键词

代谢相关脂肪性肝病, 肝脂肪变性, 超声定量技术, 超声脂肪分数

# Advances in Ultrasound-Based Quantitative Techniques for Assessing Hepatic Steatosis in Metabolic-Associated Fatty Liver Disease

Lingling Li, Qunxia Zhang\*

Department of Ultrasound Medicine, The Second Affiliated Hospital Chongqing Medical University, Chongqing

Received: February 18, 2026; accepted: March 11, 2026; published: March 23, 2026

## Abstract

Metabolic-associated fatty liver disease (MAFLD) is currently the leading cause of chronic liver disease worldwide, encompassing simple steatosis, steatohepatitis, fibrosis, and cirrhosis. Early, non-

\*通讯作者。

文章引用: 李灵凌, 张群霞. 超声定量技术在代谢相关脂肪性肝病肝脂肪含量评估中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 3632-3638. DOI: 10.12677/acm.2026.1631171

**invasive, and accurate evaluation of hepatic steatosis is crucial for screening, risk stratification, and longitudinal management of MAFLD. While traditional ultrasound is limited by subjectivity and poor reproducibility, and liver biopsy is constrained by its invasive nature, recent developments in quantitative ultrasound (QUS) technology have introduced objective and non-invasive alternatives. This review summarizes the recent research advances in the application of quantitative ultrasound for assessing hepatic fat content in MAFLD.**

## Keywords

**MAFLD, Liver Steatosis, Quantitative Ultrasound Techniques, Ultrasound Fat Fraction**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

代谢相关脂肪性肝病(Metabolic Associated Fatty Liver Disease, MAFLD)于 2020 年由国际脂肪肝专家组提出, 是对非酒精性脂肪性肝病(Non-Alcoholic Fatty Liver Disease, NAFLD)概念的更新, 将酒精摄入或合并其他肝损伤因素排除在外, 旨在强调代谢异常在脂肪性肝病发生发展中的核心作用[1]。MAFLD 的全球发病率逐年攀升, 现已成为全球慢性肝病的主要病因之一, 是严峻的公共卫生挑战。最新 2025 年版指南数据显示亚太地区的人群患病率为 28%~40%, 较 2020 版指南(29.62%)显著上升[2]。并且 MAFLD 显著增加肝脏相关疾病(如肝硬化、肝细胞癌等)、心血管疾病以及非肝脏恶性肿瘤疾病的发生风险[3]。

胰岛素抵抗、脂质代谢紊乱、氧化应激和线粒体功能障碍等多方面因素导致了 MAFLD 的发生和进展[4]。随着对疾病认识的深入, 对 MAFLD 的管理目标已从单纯诊断转向早期识别、高危人群筛查、风险分层及长期随访管理。

肝脏脂肪含量作为反映疾病严重程度及进展的重要指标, 其精准量化对临床决策具有关键价值。虽然肝活检是金标准, 但其侵入性及采样误差, 不适用于常规筛查和动态随访; MRI-PDFF 虽精准定量, 但其成本高昂、要求严格等限制了广泛应用。超声定量技术凭借其无创、经济、实时、客观等优势, 正逐渐成为临床评价肝脂肪含量的首选方案。本文围绕近年来超声定量技术在 MAFLD 肝脂肪含量评估中的研究进展进行简要综述。

## 2. 常规超声(Ultrasound, US)

US 是目前最经典、常用的影像学检查方法之一。作为一种定性方法, 其基于肝脏组织回声强弱、远场回声衰减程度、肝肾皮质回声对比度、肝内血管显示清晰度等因素进行肝脏脂肪变性程度分级(通常分为轻、中、重三度)[5]。由于其无创、经济及可及性强, 被广泛应用于 MAFLD 的初筛, 但其依赖操作者经验的主观判断、仪器的参数调节、患者肥胖及腹壁厚度等因素的影响, 对轻度脂肪变化不敏感, 难以实现脂肪含量的精确量化。

## 3. 受控衰减参数(Controlled Attenuation Parameter, CAP)

CAP 技术以 FibroScan 和 FibroTouch 为代表, 其基于瞬时弹性成像技术(Transient Elastography, TE), 通过测量超声波在肝组织中的衰减程度来实现肝脏脂肪含量的定量评估, 可评估肝脏脂肪含量大于 10% 的肝脂肪变性。目前, 多项国内外研究均证实 CAP 值与病理学及 MRI-PDFF 脂肪变性程度呈显著正相

关, 具有良好的诊断效能[6]。Robinson Ramírez Vélez [7]等指出较高的 CAP 值(超过第 90 个百分位)与代谢异常及不良生化指标更为显著相关( $p < 0.001$ )。在一项针对青少年的研究中, Tas E [8]等发现 281 dB/m 的 CAP 值具有最高的敏感性(60%)和特异性(74%)(AUC 为 0.649), 并且当合并有并发症可能会影响肝脏脂肪变性诊断的最佳 CAP 值。CAP 技术具有同时量化纤维化和脂肪程度、无放射性等优点, 已在临床工作中广泛运用。然而, 目前 CAP 对肝脏脂肪变性程度的诊断阈值仍未有理想的统一标准, 以及其测量结果易受肥胖、腹水及探头类型的影响, 并且可能高估肝脂肪变性程度[9]。

#### 4. 声衰减成像(Attenuation Imaging, ATI)

ATI 技术是基于实时灰阶超声引导下, 测量肝组织声衰减系数(Attenuation Coefficient, AC)的定量技术, 以彩色编码进行双幅显示。该技术可自动避开血管及胆道结构, 从而减少伪像干扰。多项研究表明, ATI 测得的衰减系数与肝脂肪含量呈显著正相关, 其在诊断不同级别脂肪变性中具有较高的诊断效能。以病理组织学为金标准, 朱宇莉[10]等发现 ATI 诊断不同级别的肝脂肪变性程度( $\geq S1$ 、 $\geq S2$  和  $\geq S3$ )的 AUC 分别为 0.966、0.931 和 0.708。Welman Christopher J [11]等认为 ATI 能够准确区分无到轻度(S0-1)和中度到重度(S2-3)的脂肪变性, 其 ATI 阈值为 0.74 dB/cm/MHz。有研究发现, 对比 CAP 技术, ATI 技术与 MRI-PDFF 的一致性更高[12]。此外, 有关研究表明 ATI 所测得的 AC 值仅与脂肪变性程度有关[13]-[16], 不受肝脏炎症和纤维化的影响。并且, 其具有较好的观察者内和观察者之间一致性和可靠的重复性[17]。ATI 作为一种定量超声技术, 已表现出优秀的检测效果, 值得进一步研究其诊断效果和可行性。

#### 5. 超声引导声衰减参数(Ultrasound-Guided Attenuation Parameter, UGAP)

UGAP 技术是基于已知的衰减参考模型, 获取肝脏超声回波信号, 再通过测量斜率来计算得出衰减参数[18]。UGAP 具有良好的重复性及可行性, 且其还可提供质量图和衰减图。Shiva D Yagobian [19]等以病理活检为诊断标准, UGAP 的 AUROC 达 0.894, 并且 UGAP 值  $> 0.57$  对识别是否存在脂肪变性具有 100%敏感性和 64%特异性。在一列前瞻性研究中, Huang [20]等以 MRI-PDFF 为诊断标准, 发现 UGAP 值与 MRI-PDFF 呈正相关( $r = 0.77$ ), 诊断 S1、S2 和 S3 级别肝脂肪变性的 AUC 分别为 0.91、0.90 和 0.88, 并且与 CAP 也呈一定正相关( $r = 0.65$ )。Imajo K [21]等发现当检测肝脂肪变性  $\geq S1$  和  $\geq S2$  时, UGAP 的诊断性能优于 CAP (AUROC 分别为 0.926 与 0.878、0.908 与 0.802)。此外有研究显示 UGAP 检测结果不受肝脏硬度的影响[22]。Marie Byenfeldt [23]等认为可通过增加探头力度来提高 UGAP 的检测性能。但是, UGAP 诊断阈值存在重叠现象, 尤其对诊断轻度脂肪肝( $r = 0.599$ ) [24]。UGAP 为肝脂肪变性定量提供了又一种可行的选择, 目前仍需要更多大样本研究加以证实以及针对不同人群的检测性能。

#### 6. 超声脂肪分数(Ultrasound-Derived Fat Fraction, UDFF)

UDFF 技术是基于声衰减系数(Attenuation Coefficient, AC)和背向散射系数(Backscatter Coefficient, BSC), 通过特殊算法计算获得与 MRI-PDFF 数值单位一样的百分比(%)来表示肝脂肪含量, 其数值范围为 0%~100% [25]。UDFF 值越高, 表明肝脏脂肪含量越高。目前越来越多的研究均展现了 UDFF 在诊断肝脏脂肪变性程度中有较好的诊断效能, 与病理学活检和 MRI-PDFF 展现了强一致性(相关系数为 0.79~0.90) [26]-[28]。Riccardo De Robertis[29]等认为 UDFF 可提高 US 检查肝脏脂肪变性的诊断价值。最新的一项多中心研究中, 以 MRI-PDFF 为诊断标准, UDFF 诊断各级别脂肪变性的 AUC 均  $> 0.90$  [30]。Yoshiko Nakamura [31]等人以病理活检为诊断标准, 发现 UDFF 与脂肪变性分级的组织学脂肪含量密切相关( $r = 0.7736$ ), 且与肝脏纤维化阶段无关。黄韵琳[32]等研究显示脂肪肝患者 UDFF 值显著高于无脂肪肝者, 并且 UDFF 不受测量深度影响, 具有较好的可重复性和可靠性。在最新发布有关 UDFF 评估 MAFLD 的中国专家工作共识(2025 版) [33]中, 提出临时推荐临界值分别为 8% ( $\geq S1$ )、14% ( $\geq S2$ )和 20% ( $\geq S3$ )。

此外, UDFF 与自动点式剪切波弹性成像(Auto-pSWE)同时搭载于德国西门子公司 Acuson Sequoia 超声诊断系统中, 可同时一次性获取至少 15 个数值, 并能自动屏蔽运动呼吸伪像及血管管道等区域, 从而减少误差, 实现了脂肪变性、纤维化的“单次扫查、双参数评估”。有关研究表明两者均具有良好的可重复性、高时间效率性及可靠性[34]。

UDFF 作为较为新颖的超声定量技术, 其结果更加客观、准确, 弥补了传统超声诊断的不足, 且其经济、操作方便等优点, 更适合应用于临床上对 MAFLD 的筛查、监测随访及治疗。但未来仍需更多研究来进一步验证, 以及探讨针对不同人群、疾病的诊断价值。

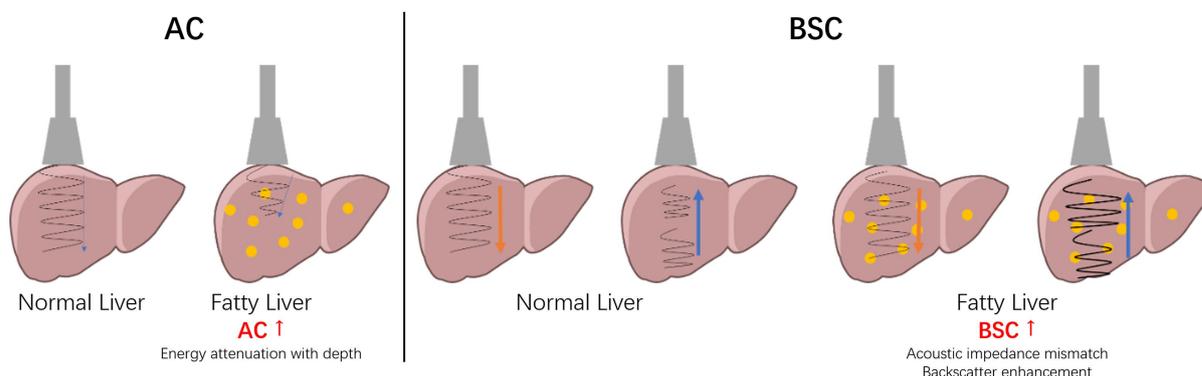
## 7. 与其他检测方法在肝脂肪评估中的应用比较

肝组织病理活检仍是目前公认诊断 MAFLD 及评估肝脂肪变性程度的金标准, 以超过 5% 的肝细胞出现以大泡为主的脂肪变性[35]定义为显著脂肪变性; 但其为侵入性操作, 同时存在采样误差以及不适合频繁进行操作等局限性, 因此不适用于临床工作中常规筛查及动态随访。CT 可通过测量肝脏 CT 值或肝脾比值间接评估脂肪含量, 但对轻度脂肪变性敏感性较低, 且存在电离辐射风险。就目前 MR 技术, 如磁共振波谱(MRS)和质子密度脂肪分数(MRI-PDF), 可实现对肝脏脂肪含量的非侵入性精准量化, 已被推荐作为评估肝脏脂肪变性的参考标准。目前多以 PDFF 值 > 5% 为诊断阈值[36], 并分为轻度(5%~10%)、中度(10%~25%)、重度(>25%)三个等级。多项研究表明, MRI-PDF 与肝脏病理活检有着显著的相关性[37]。然而, MRI 检查费用高、耗时长, 对设备及患者配合要求较高, 限制了其在基层医疗机构及大规模筛查中的应用。

综上所述, 相比之下, 超声定量技术在可及性、经济性及重复性方面更具有明显优势。下面对常规超声(US)、受控衰减参数(CAP)、声衰减成像(ATI)、超声引导声衰减参数(UGAP)、超声脂肪分数(UDFF)在肝脏脂肪变性评估中的优劣势进行对比, 见表 1。以及声衰减系数(AC)和背向散射系数(BSC)的示意图, 见图 1。

**Table 1.** Comparison of ultrasound quantitative techniques for the assessment of hepatic steatosis  
**表 1.** 超声定量技术在肝脏脂肪变性评估中的对比

技术类别	原理	阈值	诊断效能 (AUC)	敏感性/特异性	优势	局限性	适用
常规超声 US	定性评估 回声强度	无定量阈值	0.93 (中重度)	84.8%/93.6% (中重度)	便宜、便捷	主观性强	大规模初筛
CAP	TE	≥S1: 281 dB/m (青少年) ≥S1: 294 dB/m (M 探头)/307 dB/m (XL 探头)	0.649	60%/74%	与纤维化同步 评估	无理想诊断 阈值; 易受 肥胖影响	临床常规评 估、纤维化 与脂肪化同 步筛查
ATI	实时超声引 导下 AC	0.74 dB/cm/MHz (S0-1 vs S2-3)	0.71~0.97	72%~93%/ 65%~100%	实时; 避开管 道影响; 不受 纤维化影响	设备依赖 性; 无理想 诊断阈值	随访监测; 对照研究
UGAP	衰减参考模 型下 AC	0.57 dB/cm/MHz	0.88~0.93	100%/64%	可提供质量图 和衰减图	轻度脂肪肝 重叠现象	对照研究
UDFF	AC + BSC	8% (≥S1) 14% (≥S2) 20% (≥S3)	>0.90	90%/84%	与 MRI-PDF 高度一致, 百 分比表示(%)更 直观; 同步获 取纤维化	无明确阈 值, 需进一 步多中心验 证	筛查、随 访; 多参数 评估; 对照 研究



**Figure 1.** The schematic diagram of attenuation coefficient (AC) and backscatter coefficient (BSC)

**图 1.** 声衰减系数(AC)和背向散射系数(BSC)的示意图

## 8. 超声肝脏脂肪定量标准化进程与挑战

美国超声医学会(AIUM)联合北美放射学会(RSNA)的定量影像生物标志物联盟(QIBA)成立了脉冲回波定量超声(PEQUS)倡议小组,分别提供临床指导和开发生物标志物检测方法并降低生物标志物变异性,以核心参数声衰减系数(AC)、背向散射系数(BSC)以及声速(Speed of Sound)来制定标准化规范,致力于推动超声肝脏脂肪定量技术的标准化进程[38]。然而,不同设备厂商采用的算法与参数存在显著异质性是目目前该领域亟待解决的问题。首先,设备硬件差异性:不同厂商的探头差异、ROI 算法、频率补偿的不同等,导致各个设备所测得的 AC 值和 BSC 值存在物理层面的系统性偏差。其次,缺乏统一校准体系,限制了对不同设备进行绝对定量的校准能力。因此,未来跨平台、多中心的一致性研究,更有利于建立适用范围更广的通用诊断阈值体系。

## 9. 总结与展望

随着 MAFLD 患病率的持续上升,建立安全、便捷、准确的肝脂肪定量评估体系具有重要临床意义。超声定量技术在 MAFLD 的筛查、分级及随访中展现出良好应用前景。未来仍需在以下方面进一步探索:(1) 不同设备及算法参数的标准化,建立统一的质控与操作规范;(2) 多中心大样本前瞻性研究的开展,开展基于中国人群的大规模研究,确立各技术最适合中国患者的诊断阈值;(3) 多参数超声联合人工智能(AI)分析,进一步减少操作者差异,提升诊断效率与一致性。

总之,超声定量技术正朝着更精准、更便捷、更智能的方向发展。临床医生充分了解各项技术的特点与适用场景,将其整合应用于 MAFLD 的全周期管理,将极大地提升疾病的诊疗水平,改善患者预后。

## 参考文献

- [1] Eslam, M., Sanyal, A.J., George, J., Sanyal, A., Neuschwander-Tetri, B., Tiribelli, C., *et al.* (2020) MAFLD: A Consensus-Driven Proposed Nomenclature for Metabolic Associated Fatty Liver Disease. *Gastroenterology*, **158**, 1999-2014.e1. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2019.11.312>
- [2] Eslam, M., Fan, J.G., Yu, M.L., *et al.* (2025) The Asian Pacific Association for the Study of the Liver Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease. *Hepatology International*, **14**, 889-919.
- [3] 范建高, 徐小元, 南月敏, 等. 代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024 年版) [J]. 实用肝脏病杂志, 2024, 27(4): 494-510.
- [4] Teng, T., Qiu, S., Zhao, Y., Zhao, S., Sun, D., Hou, L., *et al.* (2022) Pathogenesis and Therapeutic Strategies Related to Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 7841. <https://doi.org/10.3390/ijms23147841>

- [5] Hernaez, R., Lazo, M., Bonekamp, S., Kamel, I., Brancati, F.L., Guallar, E., *et al.* (2011) Diagnostic Accuracy and Reliability of Ultrasonography for the Detection of Fatty Liver: A Meta-Analysis. *Hepatology*, **54**, 1082-1090. <https://doi.org/10.1002/hep.24452>
- [6] Caussy, C., Alquiraish, M.H., Nguyen, P., Hernandez, C., Cepin, S., Fortney, L.E., *et al.* (2018) Optimal Threshold of Controlled Attenuation Parameter with MRI-PDFF as the Gold Standard for the Detection of Hepatic Steatosis. *Hepatology*, **67**, 1348-1359. <https://doi.org/10.1002/hep.29639>
- [7] Ramírez-Vélez, R., Izquierdo, M., García-Hermoso, A. and Correa-Rodríguez, M. (2024) Reference Values and Associated Factors of Controlled Attenuation Parameter and Liver Stiffness in Adults: A Cross-Sectional Study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, **34**, 1879-1889. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2024.04.004>
- [8] Tas, E., Sundararajan, D., Lo, J.S., Morelli, N., Garcia-Reyes, Y., Ware, M.A., *et al.* (2024) Diagnostic Accuracy of Transient Elastography in Hepatosteatois in Youth with Obesity. *Journal of the Endocrine Society*, **8**, bvae110. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvae110>
- [9] Caussy, C., Brissot, J., Singh, S., Bassirian, S., Hernandez, C., Bettencourt, R., *et al.* (2020) Prospective, Same-Day, Direct Comparison of Controlled Attenuation Parameter with the M vs the XL Probe in Patients with Nonalcoholic Fatty Liver Disease, Using Magnetic Resonance Imaging-Proton Density Fat Fraction as the Standard. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, **18**, 1842-1850.e6. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2019.11.060>
- [10] 朱宇莉, 包静文, 王坤, 等. 超声声衰减成像评估肝脂肪变性严重程度的病理学对照研究[J]. 肿瘤影像学, 2023, 32(4): 328-333.
- [11] Welman, C.J., Saunders, J., Zelesco, M., Abbott, S., Boardman, G. and Ayonrinde, O.T. (2022) Hepatic Steatosis: Ultrasound Assessment Using Attenuation Imaging (ATI) with Liver Biopsy Correlation. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, **67**, 45-53. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13412>
- [12] Jang, J.K., Kim, S.Y., Yoo, I.W., Cho, Y.B., Kang, H.J. and Lee, D.H. (2021) Diagnostic Performance of Ultrasound Attenuation Imaging for Assessing Low-Grade Hepatic Steatosis. *European Radiology*, **32**, 2070-2077. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08269-y>
- [13] Yuri, M., Nishimura, T., Tada, T., Yoshida, M., Fujiwara, A., Kawata, S., *et al.* (2022) Diagnosis of Hepatic Steatosis Based on Ultrasound Attenuation Imaging Is Not Influenced by Liver Fibrosis. *Hepatology Research*, **52**, 1009-1019. <https://doi.org/10.1111/hepr.13831>
- [14] Bae, J.S., Lee, D.H., Lee, J.Y., Kim, H., Yu, S.J., Lee, J., *et al.* (2019) Assessment of Hepatic Steatosis by Using Attenuation Imaging: A Quantitative, Easy-to-Perform Ultrasound Technique. *European Radiology*, **29**, 6499-6507. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06272-y>
- [15] 王丹, 龙富立, 连溯, 等. 超声声衰减成像对代谢相关性脂肪肝的临床诊断价值及影响因素分析[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(1): 8-12.
- [16] Zhou, Y., Nie, M., Mao, F., Zhou, H., Zhao, L., Ding, J., *et al.* (2024) Associations between Multiparametric US-Based Indicators and Pathological Status in Patients with Metabolic Associated Fatty Liver Disease. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **50**, 1395-1402. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2024.05.018>
- [17] Yoo, J., Lee, J.M., Joo, I., Lee, D.H., Yoon, J.H., Kang, H., *et al.* (2020) Reproducibility of Ultrasound Attenuation Imaging for the Noninvasive Evaluation of Hepatic Steatosis. *Ultrasonography*, **39**, 121-129. <https://doi.org/10.14366/usg.19034>
- [18] Bende, F., Sporea, I., Şirli, R., Bâldea, V., Lazăr, A., Lupuşoru, R., *et al.* (2021) Ultrasound-Guided Attenuation Parameter (UGAP) for the Quantification of Liver Steatosis Using the Controlled Attenuation Parameter (CAP) as the Reference Method. *Medical Ultrasonography*, **23**, Article 7. <https://doi.org/10.11152/mu-2688>
- [19] Yagobian, S.D., Dasyam, N., Minervini, M., Tublin, M., Behari, J. and Furlan, A. (2024) Accuracy of Ultrasound-Guided Attenuation Parameter for Diagnosing Hepatic Steatosis. *Ultrasound Quarterly*, **41**, e00702. <https://doi.org/10.1097/ruq.0000000000000702>
- [20] Huang, Y., Sun, C., Wang, Y., Cheng, J., Wang, S., Wei, L., *et al.* (2025) Ultrasound-Guided Attenuation Parameter for Identifying Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease: A Prospective Study. *Ultrasonography*, **44**, 134-144. <https://doi.org/10.14366/usg.24204>
- [21] Imajo, K., Toyoda, H., Yasuda, S., Kuroda, H., Yoneda, M., Nakajima, A., *et al.* (2026) Direct Comparison of Ultrasound-Guided Attenuation Parameter and Controlled Attenuation Parameter for Steatosis Using MRI-Based Proton Density Fat Fraction as a Reference. *Ultrasonography*, **45**, 9-17. <https://doi.org/10.14366/usg.25127>
- [22] Tada, T., Kumada, T., Toyoda, H., Yasuda, S., Sone, Y., Hashinokuchi, S., *et al.* (2019) Liver Stiffness Does Not Affect Ultrasound-Guided Attenuation Coefficient Measurement in the Evaluation of Hepatic Steatosis. *Hepatology Research*, **50**, 190-198. <https://doi.org/10.1111/hepr.13442>
- [23] Byenfeldt, M., Grönlund, C., Nasr, P., Lindam, A., Ekstedt, M., Lundberg, P., *et al.* (2025) A Comparative Study between

- Ultrasound-Guided-Attenuation-Parameter (UGAP), Controlled Attenuation Parameter (CAP), and Proton Density Fat Fraction (PDFF) for Assessment of Hepatic Steatosis. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, **61**, 124-132. <https://doi.org/10.1080/00365521.2025.2594790>
- [24] Tada, T., Kumada, T., Toyoda, H., Kobayashi, N., Sone, Y., Oguri, T., *et al.* (2019) Utility of Attenuation Coefficient Measurement Using an Ultrasound-Guided Attenuation Parameter for Evaluation of Hepatic Steatosis: Comparison with MRI-Determined Proton Density Fat Fraction. *American Journal of Roentgenology*, **212**, 332-341. <https://doi.org/10.2214/ajr.18.20123>
- [25] Ferraioli, G., Barr, R.G., Berzigotti, A., Sporea, I., Wong, V.W., Reiberger, T., *et al.* (2024) WFUMB Guidelines/Guidance on Liver Multiparametric Ultrasound. Part 2: Guidance on Liver Fat Quantification. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **50**, 1088-1098. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2024.03.014>
- [26] Kubale, R., Schneider, G., Lessenich, C.P.N., Buecker, A., Wassenberg, S., Torres, G., *et al.* (2024) Ultrasound-Derived Fat Fraction for Hepatic Steatosis Assessment: Prospective Study of Agreement with MRI PDFF and Sources of Variability in a Heterogeneous Population. *American Journal of Roentgenology*, **222**, 1-15. <https://doi.org/10.2214/ajr.23.30775>
- [27] 张杰, 何年安. 评估超声脂肪分数对代谢相关脂肪性肝病的诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2024, 40(7): 771-774.
- [28] Qi, R., Lu, L., He, T., Zhang, L., Lin, Y. and Bao, L. (2024) Comparing Ultrasound-Derived Fat Fraction and MRI-PDFF for Quantifying Hepatic Steatosis: A Real-World Prospective Study. *European Radiology*, **35**, 2580-2588. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11119-2>
- [29] De Robertis, R., Spoto, F., Autelitano, D., Guagenti, D., Olivieri, A., Zanutto, P., *et al.* (2023) Ultrasound-Derived Fat Fraction for Detection of Hepatic Steatosis and Quantification of Liver Fat Content. *La Radiologia Medica*, **128**, 1174-1180. <https://doi.org/10.1007/s11547-023-01693-8>
- [30] Huang, Y., Li, J., Liu, C., Song, D., Zhu, C., Ren, Y., *et al.* (2025) Noninvasive Quantification of Hepatic Steatosis Using Ultrasound-Derived Fat Fraction (CHESS2303): A Prospective Multicenter Study. *MedComm*, **6**, e70123. <https://doi.org/10.1002/mco2.70123>
- [31] Nakamura, Y., Hirooka, M., Koizumi, Y., Yano, R., Imai, Y., Watanabe, T., *et al.* (2024) Diagnostic Accuracy of Ultrasound-Derived Fat Fraction for the Detection and Quantification of Hepatic Steatosis in Patients with Liver Biopsy. *Journal of Medical Ultrasonics*, **52**, 85-94. <https://doi.org/10.1007/s10396-024-01472-6>
- [32] 黄韵琳, 程娟, 王颖, 等. 超声脂肪分数定量检测肝脂肪变性的可靠性研究[J]. 肿瘤影像学, 2023, 32(4): 324-327.
- [33] 中华医学会超声医学分会, 国家老年疾病临床医学研究中心, 国家传染病医学中心, 等. 超声衍生脂肪分数评估代谢相关脂肪性肝病中国专家共识(2025版)[J]. 中华超声影像学杂志, 2025, 34(12): 1033-1045.
- [34] Gao, J., Wong, C., Maar, M. and Park, D. (2021) Reliability of Performing Ultrasound Derived SWE and Fat Fraction in Adult Livers. *Clinical Imaging*, **80**, 424-429. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.08.025>
- [35] Simon, T.G., Roelstraete, B., Khalili, H., Hagström, H. and Ludvigsson, J.F. (2020) Mortality in Biopsy-Confirmed Nonalcoholic Fatty Liver Disease: Results from a Nationwide Cohort. *Gut*, **70**, 1375-1382. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-322786>
- [36] Dillman, J.R., Thapaliya, S., Tkach, J.A. and Trout, A.T. (2022) Quantification of Hepatic Steatosis by Ultrasound: Prospective Comparison with MRI Proton Density Fat Fraction as Reference Standard. *American Journal of Roentgenology*, **219**, 784-791. <https://doi.org/10.2214/ajr.22.27878>
- [37] McDonald, N., Eddowes, P.J., Hodson, J., Semple, S.I.K., Davies, N.P., Kelly, C.J., *et al.* (2018) Multiparametric Magnetic Resonance Imaging for Quantitation of Liver Disease: A Two-Centre Cross-Sectional Observational Study. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 9189. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27560-5>
- [38] Fetzer, D.T., Rosado-Mendez, I.M., Wang, M., Robbin, M.L., Ozturk, A., Wear, K.A., *et al.* (2022) Pulse-Echo Quantitative US Biomarkers for Liver Steatosis: Toward Technical Standardization. *Radiology*, **305**, 265-276. <https://doi.org/10.1148/radiol.212808>