

超声衰减成像在儿童代谢功能障碍相关性 脂肪肝病中的应用价值

相东晓¹, 张丽娟², 丁玲¹, 周亚俊², 辛洪兵²

1. 南京医科大学第四附属医院儿科, 江苏 南京 210031;

2. 南京医科大学第四附属医院超声医学科, 江苏 南京 210031

摘要: **目的** 探讨超声衰减成像对儿童代谢功能障碍相关性脂肪肝病(MAFLD)的诊断价值。**方法** 选取南京医科大学第四附属医院 2023 年 1 月至 2024 年 6 月就诊的伴 MAFLD 的超重及肥胖儿童 110 例作为研究对象,另随机选取同期 40 例正常儿童作为对照组。所有儿童均接受二维超声及衰减成像检查,记录身高与体重,计算身体质量指数(BMI),记录衰减系数(AC)。按照二维超声检查结果,将 MAFLD 组脂肪肝分为轻、中、重度三个亚组,比较对照组与 MAFLD 组间 BMI 及 AC 的差异,分析超声衰减成像对儿童 MAFLD 的诊断价值。**结果** MAFLD 组 BMI 高于对照组[(25.81±3.48) kg/m² vs (18.63±1.76) kg/m², $t=16.38$, $P<0.01$]。轻度、中度、重度 MAFLD 的 BMI 分别为(23.63±1.24)、(26.56±1.80)、(30.69±4.14) kg/m²,组间比较差异有统计学意义($F=54.11$, $P<0.01$)。MAFLD 组 AC 高于对照组[(0.68±0.05) dB/(cm·MHz) vs (0.48±0.05) dB/(cm·MHz), $t=15.53$, $P<0.01$]。轻度、中度、重度 MAFLD 的 AC 分别为(0.62±0.07)、(0.75±0.05)、(0.89±0.05) dB/(cm·MHz),组间比较差异有统计学意义($F=164.06$, $P<0.01$)。AC 与超声分级结果呈正相关($r=0.921$, $P<0.05$),与 BMI 呈正相关($r=0.829$, $P<0.05$),超声分级结果与 BMI 呈正相关($r=0.801$, $P<0.05$)。AC 诊断轻、中、重度 MAFLD 的曲线下面积分别为 0.941、0.933、0.975。**结论** 超声衰减成像能够定量且无创评估儿童 MAFLD 的肝脏脂肪浸润程度,与二维超声相比,AC 与 BMI 相关性更高,可作为 MAFLD 早期精准无创的评价指标。

关键词: 代谢功能障碍相关性脂肪肝病; 衰减成像; 衰减系数; 超重及肥胖儿童; 身体质量指数

中图分类号: R589.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2025)02-0280-05

Diagnostic value of ultrasound attenuated imaging in metabolic-dysfunction-associated fatty liver disease in children

XIANG Dongxiao*, ZHANG Lijuan, DING Ling, ZHOU Yajun, XIN Hongbing

* Department of Pediatric, the Fourth Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210031, China

Corresponding author: XIN Hongbing, E-mail: 275510804@qq.com

Abstract: **Objective** To evaluate the diagnostic value of ultrasound attenuated imaging in children with metabolic-dysfunction-associated fatty liver disease (MAFLD). **Methods** A total of 110 overweight and obese children with MAFLD who visited the Fourth Affiliated Hospital of Nanjing Medical University from January 2023 to June 2024 were selected as the study subjects, along with 40 randomly selected healthy children as the control group. All children underwent two-dimensional ultrasound and attenuation imaging examinations. Height, weight, body mass index (BMI), and attenuation coefficient (AC) were recorded. Based on the results of two-dimensional ultrasound, the fatty liver in the MAFLD group was classified into mild, moderate, and severe subgroups. Differences in BMI and AC between the control group and the MAFLD group were compared, and the diagnostic value of ultrasound attenuation imaging for childhood MAFLD was analyzed. **Results** The BMI of the MAFLD group was higher than that of the control group [(25.81±3.48) kg/m² vs (18.63±1.76) kg/m², $t=16.38$, $P<0.01$]. The BMI values for mild, moderate, and severe MAFLD were

(23.63 ± 1.24), (26.56 ± 1.80), and (30.69 ± 4.14) kg/m^2 , respectively, with significant differences among the groups ($F=54.11$, $P<0.01$). The AC of the MAFLD group was higher than that of the control group [(0.68 ± 0.05) $\text{dB}/(\text{cm} \cdot \text{MHz})$ vs (0.48 ± 0.05) $\text{dB}/(\text{cm} \cdot \text{MHz})$, $t=15.53$, $P<0.01$]. The AC values for mild, moderate, and severe MAFLD were (0.62 ± 0.07), (0.75 ± 0.05), and (0.89 ± 0.05) $\text{dB}/(\text{cm} \cdot \text{MHz})$, respectively, with significant differences among the groups ($F=164.06$, $P<0.01$). AC showed a positive correlation with ultrasound grading results ($r=0.921$, $P<0.05$), and was also positively correlated with BMI ($r=0.829$, $P<0.05$). The area under the curve (AUC) for diagnosing mild, moderate, and severe MAFLD using AC was 0.941, 0.933, and 0.975, respectively. **Conclusion** Ultrasound attenuation imaging can quantitatively and non-invasively assess the degree of hepatic fat infiltration in children with MAFLD. Compared with two-dimensional ultrasound, AC shows a stronger correlation with BMI, and can serve as an early, precise, and non-invasive evaluation indicator for MAFLD.

Keywords: Metabolic-dysfunction-associated fatty liver disease; Attenuated imaging; Attenuation coefficients; Overweight/obese children; Body mass index

经过几十年的高速发展,我国经济水平有了很大的提升,广大儿童,尤其是农村儿童,生活质量得到了改善,充裕的物质生活促进了儿童体质量及身高的发展。然而,有研究表明,当前我国儿童的身高增长趋势已然放缓甚至下降,而体重仍然继续上升,由此导致儿童超重和肥胖的问题越来越严重^[1]。《中国居民营养与慢性病状况报告(2020年)》数据显示,我国6~17岁儿童超重率及肥胖率分别已经达到11.1%和7.9%^[2]。预测到2030年,拥有100万以上肥胖儿童的42个国家中,我国位居首位,儿童超重及肥胖将高达28.0%,人数将达5000万^[3]。

随着超重和肥胖率的持续攀升,代谢功能障碍相关性脂肪肝病(metabolic-dysfunction-associated fatty liver disease, MAFLD)已经成为影响儿童健康的一个严重的全球性公共卫生问题^[4-5]。有研究表明,全球儿童超重及肥胖人群中,MAFLD患病率为33.8%、44.9%,我国儿童超重及肥胖人群中,MAFLD患病率为42.4%、53.4%^[6]。儿童MAFLD如果不能被及时诊断并治疗,将可能进展为肝硬化甚至是肝癌^[7],30%~40%伴有肝硬化的患儿将在10年内死亡^[8]。MAFLD的影响将会持续终身,有研究证实,儿童不同年龄时期,身体质量指数(BMI)每增加1个单位,成年期肝硬化的风险就升高16%,30年后肝癌风险升高20%~30%^[9]。另外,MAFLD肝脏脂肪变性程度与糖尿病、代谢综合征、心血管事件风险等密切相关^[10],因此准确评估肝脏脂肪变性程度对于MAFLD的管理非常重要。以往对儿童脂肪肝的检查首选常规超声,但是常规超声属于定性分析,而超声衰减成像(attenuation imaging, ATI)属于无创定量的检查方法。目前,ATI的研究主要集中在成人,鲜有以儿童为研究对象。本文就其对儿童MAFLD的诊断价值

进行分析和讨论。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性分析南京医科大学第四附属医院2023年1月至2024年6月就诊的164例MAFLD患儿的临床及影像资料。参照《儿童非酒精性脂肪肝病诊断与治疗专家共识》制定入组标准^[11], (1) 年龄10~18周岁; (2) 无饮酒史或饮酒折合乙醇量男性 <140 g/周,女性 <70 g/周; (3) 除外其他可导致脂肪肝的特定病因; (4) BMI指标均高于中国儿童肥胖筛查的标准值; (5) 所有患者均接受常规超声检查及ATI检查,且常规超声检查提示脂肪肝。排除标准: (1) 具有明确的病毒性肝炎等其他肝脏疾病的患者; (2) 影像资料不全的患者。通过筛选,共有105名患儿入组为MAFLD组,其中轻度脂肪肝55例,中度脂肪肝30例,重度脂肪肝20例。另随机选择同期40名健康儿童作为对照组。本研究经南京医科大学第四附属医院伦理委员会审查批准(编号20240613-K069)。

1.2 仪器与方法

1.2.1 患儿一般资料筛选 由临床经验丰富的儿科医师对患儿的临床资料进行甄别,排除肝脏等其他疾病。测量并记录儿童身高与体重,计算BMI,区分健康和超重及肥胖儿童。

1.2.2 脂肪肝分级标准^[12] 轻度脂肪肝:肝脏大小、形态正常,包膜光滑清晰,实质回声呈密集细小点状,近场增强,远场1/3衰减不明显或轻度衰减,肝内静脉管状结构及膈肌显示尚清。中度脂肪肝:介于轻度、重度脂肪肝之间,实质回声密集增强,远场1/2衰减,后缘轮廓隐约可见,肝内静脉管状结构变细,膈肌回声减弱。重度脂肪肝:肝脏普遍性增大,形态饱满,肝

实质回声呈近场显著增强,远场 2/3 衰减呈低回声,后缘轮廓显示不清,肝内静脉管状结构、膈肌显示模糊或不能显示。

1.2.3 常规超声检查 使用迈瑞 Resona R9 Pro 超声诊断仪,探头频率 3.5 MHz。受检者清晨空腹 8 h 以上,充分暴露上腹部,仰卧于检查床,由具有 5 年以上超声诊断经验的医师进行检查,详细观察肝脏的形态、大小、被膜、实质回声,重点观察对比肝肾实质的回声,并留取标准切面。由 2 名具有副高及以上职称的医师按照脂肪肝的诊断及分级标准,将入组患儿的脂肪肝分为轻度组、中度组及重度组。见图 1。

1.2.4 ATI 检查 预先设置好 ATI 检查模式,取样框尽量放大,上缘大约位于肝包膜下 15 mm 左右,感兴趣区域(ROI)大小为 20 mm×20 mm。常规超声检查结束以后,将探头置于右侧肋间隙并垂直体表,嘱患者屏气,声像图尽量避开大血管和肝内胆管,选取好切面后,激活 ATI 模式,对肝脏右叶进行检查并记录衰减系数(attenuation coefficient, AC)。AC 需满足以下条件:运动稳定性指数(M-STB index)至少有四颗星为绿色;可信度指数≥90%;SD 为 0;每位患者测量 5 次,取其平均值。

1.2.5 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件处理数据。计量资料符合正态分布,用 $\bar{x} \pm s$ 表示,方差齐者多组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD 法;方差不齐的多组间比较采用 Welch 检验,两两比较采用 Dunnett-*t* 检验;绘制受试者工作特征曲线(ROC),获取曲线下面积(AUC)、敏感度、特异度;相关性采用 Pearson 相关及 Spearman 秩相关检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 105 名 MAFLD 患儿中,男 58 例,女 47 例,年龄 10~18(13.13±3.42)岁。40 名健康儿童中,男 22 例,女 18 例,年龄 10~18(12.78±2.65)岁。两组性别、年龄差异无统计学意义($P > 0.05$)。

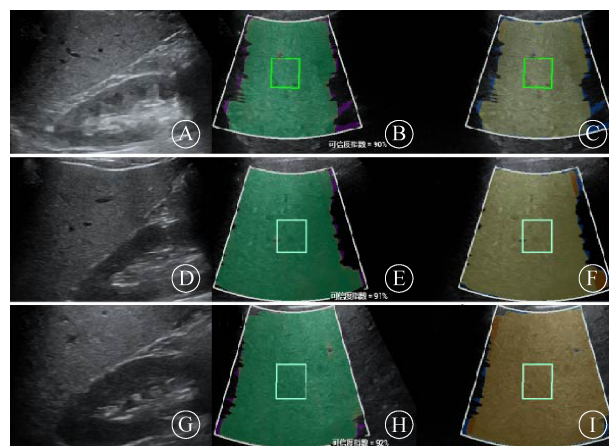
2.2 对照组与 MAFLD 组的 BMI 比较 对照组 BMI 为(18.63±1.76) kg/m², MAFLD 组 BMI 为(25.81±

3.48) kg/m²,两组差异有统计学意义($t = 16.38, P < 0.01$)。MAFLD 各亚组的 BMI 分别为轻度组(23.63±1.24) kg/m²,中度组(26.56±1.80) kg/m²,重度组(30.69±4.14) kg/m²,组间比较差异有统计学意义($F = 54.11, P < 0.01$),各亚组间两两比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.3 对照组与 MAFLD 组的 AC 比较 对照组 AC 为(0.48±0.05) dB/(cm·MHz), MAFLD 组 AC 为(0.68±0.05) dB/(cm·MHz),两组比较差异有统计学意义($t = 15.53, P < 0.01$)。轻度、中度、重度 MAFLD 的 AC 均值分别为(0.62±0.07)、(0.75±0.05)、(0.89±0.05) dB/(cm·MHz),组间比较差异有统计学意义($F = 164.06, P < 0.01$),各亚组间两两比较差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

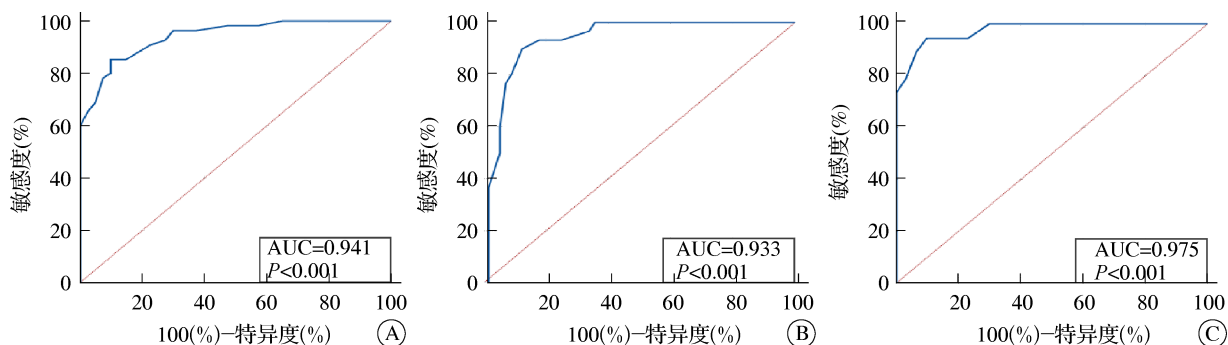
2.4 AC 相关性分析 相关性检验结果表明,AC 与超声分级结果呈正相关($r = 0.921, P < 0.05$),AC 与 BMI 呈正相关($r = 0.829, P < 0.05$),超声分级结果与 BMI 呈正相关($r = 0.801, P < 0.05$)。

2.5 AC 诊断轻、中、重度脂肪肝的 ROC 曲线 AC 诊断轻、中、重度 MAFLD 的 AUC 分别为 0.941、0.933、0.975。见图 2、表 1。



注:A 为轻度脂肪肝二维图像;B、C 为轻度脂肪肝 ATI 图像,AC 平均值为 0.64 dB/(cm·MHz);D 为中度脂肪肝二维图像;E、F 为中度脂肪肝 ATI 图像,AC 平均值为 0.77 dB/(cm·MHz);G 为重度脂肪肝二维图像;H、I 为重度脂肪肝 ATI 图像,AC 平均值为 0.89 dB/(cm·MHz)。

图 1 不同程度脂肪肝二维及 ATI 图像
Fig. 1 Two dimensional and ATI images of different degrees of fatty liver



注:A 为 AC 诊断轻度脂肪肝 ROC 曲线;B 为 AC 诊断中度脂肪肝 ROC 曲线;C 为 AC 诊断重度脂肪肝 ROC 曲线。

图 2 AC 诊断轻、中、重度脂肪肝的 ROC 曲线

Fig. 2 ROC curve of AC diagnosis for mild, moderate, and severe fatty liver

表 1 AC 值诊断各级脂肪肝的效能

Tab. 1 Efficacy of AC values in diagnosing fatty liver at all levels

组别	AUC(95%CI)	灵敏度 (%)	特异度 (%)	约登指数	P 值	截断值 [dB/(cm·MHz)]
轻度组	0.941(0.875~0.980)	85.7	90.0	0.757	<0.001	0.54
中度组	0.933(0.858~0.975)	87.5	90.0	0.775	<0.001	0.69
重度组	0.975(0.885~0.999)	94.7	90.0	0.847	<0.001	0.81

3 讨论

目前,对肝脏脂肪浸润程度诊断的金标准是肝脏穿刺活检,但因其为有创检查,存在出血、胆漏等风险,因此其应用程度受限。磁共振虽可以对脂肪肝进行定量诊断,但其成本高、耗时长等特点阻碍了其在重多领域的应用^[13-14]。超声作为肝脏常规的检查方法,具有价格低、无创、快捷、接受程度高等优势^[15]。但是,常规超声对脂肪肝的诊断属于定性诊断,缺乏客观的量化标准,导致常规超声对儿童脂肪肝的诊断虽然灵敏度较高,但特异性差。观察者内和观察者间的变异性、轻度脂肪变性的检测能力差,并且无法客观定量评价脂肪肝严重程度及变化情况。因此,寻求一种客观且量化的替代评估方法来检测和随访儿童 MAFLD 势在必行^[16]。

ATI 作为超声新技术,目前已成为研究的热点之一。声波在人体组织中传播时,因反射、散射等原因,导致声能随着传播距离的增加而不断衰减。肝脏组织中脂肪含量的差异也可导致声能通过相同的距离衰减程度不一致^[12],通过对声能衰减曲线的处理,可以得出定量的 AC。肥胖时,脂肪组织扩张能力受到破坏,使得游离脂肪酸的通量增加,促使脂肪细胞脂肪化。流入肝脏的游离脂肪酸一方面激活库普弗细胞,引发肝脏炎症,促进 MAFLD 的发生和发展,另一方面,过多的游离脂肪酸超出肝脏的代谢能力,就会有大量的脂肪小滴在肝脏中聚集,促进脂肪肝的形

成^[17-18]。脂肪聚集程度不同,AC 值也不同。ATI 能够对肝脏脂肪浸润程度进行定量检测,并评估 MAFLD 不同病理阶段的情况,为肝脏脂肪病变的分级提供客观依据^[19-20]。Yoo 等^[21]研究表明,对于 AC 的测量,观察者内部重复性组内相关系数(ICC)为 0.929,观察者之间重复性 ICC 为 0.792(95%CI: 0.549~0.916),由此可认为 AC 的测量具有客观性,不受医师的主观影响。

目前,ATI 的研究主要以成人为对象,鲜有针对儿童的研究。张记等^[22]以肝脏穿刺活检病理结果为金标准得出成人肝脏以下结论:正常组 AC 值为(0.52±0.29) dB/(cm·MHz),MAFLD 轻度、中度、重度 AC 均值分别为(0.68±0.35)、(0.77±0.39)、(0.86±0.42) dB/(cm·MHz),各组间 AC 差异有统计学意义。本研究表明,AC 在健康儿童和不同程度 MAFLD 患者中,同样具有明确诊断效能:MAFLD 组 AC 明显大于对照组;轻度、中度、重度 MAFLD 的 AC 随着脂肪肝的严重程度的增加而增加,这与以往的研究一致^[14,23]。本研究中,AC 诊断各级脂肪肝的 AUC 均大于 0.930,这表明 ATI 在儿童 MAFLD 的分级诊断中具有很高的准确性,这与以往对成人的研究结果一致^[15]。本研究中,以最大约登指数确定的 AC 阳性界值分别为轻度及以上 0.54 dB/(cm·MHz),中度及以上 0.69 dB/(cm·MHz),重度及以上 0.81 dB/(cm·MHz)。与以往成人研究结果相比,截断值均偏低,轻度及以上截断值偏低较为明显^[24]。笔者认为原因一方面可能是使用的仪器不同,另一方面可能是儿童的腹壁较成人薄,声波穿透儿童腹壁声衰减减小。

BMI 是诊断 MAFLD 的临床指标之一,反映人体的肥胖程度,也是国际上衡量人体脂肪相对水平的指标。本研究表明,AC 值与 BMI 呈正相关,这与以往

的研究结果一致^[25],系数为 $r=0.829$,高于超声分级结果与 BMI 的相关性($r=0.801$),说明 AC 值与临床指标更为吻合。这说明相较于常规超声分级结果,AC 能够更准确地反映个体肥胖程度,为临床儿科医师在诊断 MAFLD 时提供新的参考依据,有助于提高诊断的准确性和可靠性。

本研究存在一定的局限性,首先,脂肪肝的分级无病理依据,只以二维超声为依据。其次,未分析 AC 与血生化指标的相关性。最后,重度脂肪肝病例较少。

综上所述,ATI 作为一种新的技术,与二维超声相比,能够无创定量的反映儿童 MAFLD 脂肪浸润的程度,与 BMI 相关性更高。

利益冲突 无

参考文献

- [1] 冷正清,阿力木江·依米提·塔尔肯.中国 2014—2020 年 7~12 岁儿童生长趋势及超重肥胖状况分析[J].中国全科医学,2024,27(1):36-44,58.
- [2] 中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)[J].营养学报,2020,42(6):521.
- [3] 马冠生.中国儿童肥胖报告[M].北京:人民卫生出版社,2017.
- [4] Zhou JH, Zhou F, Wang WX, et al. Epidemiological features of NAFLD from 1999 to 2018 in China[J]. Hepatology, 2020, 71(5): 1851-1864.
- [5] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants[J]. Lancet, 2020, 396(10261): 1511-1524.
- [6] Liu JY, Mu CY, Li KW, et al. Estimating global prevalence of metabolic dysfunction-associated fatty liver disease in overweight or obese children and adolescents: systematic review and meta-analysis[J]. Int J Public Health, 2021, 66: 1604371.
- [7] Watt MJ, Miotto PM, De Nardo W, et al. The liver as an endocrine organ-linking NAFLD and insulin resistance[J]. Endocr Rev, 2019, 40(5): 1367-1393.
- [8] 韩方琦.儿童肥胖危险因素及肥胖与非酒精性脂肪肝病相关性的研究[D].银川:宁夏医科大学,2020.
- [9] Wang Q, Yang M, Deng XL, et al. Explorations on risk profiles for overweight and obesity in 9501 preschool-aged children[J]. Obes Res Clin Pract, 2022, 16(2): 106-114.
- [10] Balakrishnan B, Selvaraju V, Chen J, et al. Ethnic variability associating gut and oral microbiome with obesity in children[J]. Gut Microbes, 2021, 13(1): 1-15.
- [11] 周雪莲,傅君芬.儿童非酒精性脂肪肝病诊断与治疗专家共识[J].中国实用儿科杂志,2018,33(7):487-492.
- [12] 周永昌,郭万学.超声医学[M].6 版.北京:人民军医出版社,2015:780-782.
- [13] Bende F, Sporea I, Şirli R, et al. Ultrasound-Guided Attenuation Parameter (UGAP) for the quantification of liver steatosis using the Controlled Attenuation Parameter (CAP) as the reference method[J]. Med Ultrason, 2021, 23(1): 7-14.
- [14] Song K, Son NH, Chang DR, et al. Feasibility of ultrasound attenuation imaging for assessing pediatric hepatic steatosis[J]. Biology, 2022, 11(7): 1087.
- [15] Bae JS, Lee DH, Lee JY, et al. Assessment of hepatic steatosis by using attenuation imaging: a quantitative, easy-to-perform ultrasound technique[J]. Eur Radiol, 2019, 29(12): 6499-6507.
- [16] Hwang SM, Cho KY. Noninvasive assessment of paediatric hepatic steatosis by using attenuation imaging[J]. Eur Radiol, 2023, 33(11): 8353-8365.
- [17] Muzurović E, Polyzos SA, Mikhailidis DP, et al. Non-alcoholic fatty liver disease in children[J]. Curr Vasc Pharmacol, 2023, 21(1): 4-25.
- [18] Leow WQ, Chan AW, Mendoza PGL, et al. Non-alcoholic fatty liver disease: the pathologist's perspective[J]. Clin Mol Hepatol, 2023, 29(Suppl): S302-S318.
- [19] Huang YL, Bian H, Zhu YL, et al. Quantitative diagnosis of non-alcoholic fatty liver disease with ultrasound attenuation imaging in a biopsy-proven cohort[J]. Acad Radiol, 2023, 30(Suppl 1): S155-S163.
- [20] Welman CJ, Saunders J, Zelesco M, et al. Hepatic steatosis: Ultrasound assessment using attenuation imaging (ATI) with liver biopsy correlation[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2023, 67(1): 45-53.
- [21] Yoo J, Lee JM, Joo I, et al. Reproducibility of ultrasound attenuation imaging for the noninvasive evaluation of hepatic steatosis[J]. Ultrasonography, 2020, 39(2): 121-129.
- [22] 张记,闫艳,李金燕.超声声衰减成像对不同程度非酒精性脂肪肝的诊断价值[J].临床超声医学杂志,2023,25(9):718-722.
- [23] Bulakei M, Ercan CC, Karapinar E, et al. Quantitative evaluation of hepatic steatosis using attenuation imaging in a pediatric population: a prospective study[J]. Pediatr Radiol, 2023, 53(8): 1629-1639.
- [24] Sugimoto K, Moriyasu F, Oshiro H, et al. The role of multiparametric US of the liver for the evaluation of nonalcoholic steatohepatitis[J]. Radiology, 2020, 296(3): 532-540.
- [25] Jeon SK, Lee JM, Joo I, et al. Prospective evaluation of hepatic steatosis using ultrasound attenuation imaging in patients with chronic liver disease with magnetic resonance imaging proton density fat fraction as the reference standard[J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45(6): 1407-1416.

收稿日期:2024-06-28 修回日期:2024-08-24 编辑:王娜娜