

超声剪切波弹性成像在肝脏疾病中的应用进展

郑荣琴 金洁琦

【摘要】 超声剪切波弹性成像以其无创、简便、快捷、易于掌握、可定量评估肝脏硬度等优势，成为评估肝脏弥漫性疾病患者的肝纤维化程度、指导慢性肝病患者的治疗、预后以及随访监测的重要方法。本文就超声剪切波弹性成像的技术原理及其在肝脏的临床应用进展进行介绍。

【关键词】 超声；剪切波弹性成像；肝纤维化；门静脉高压；肝移植；肝脏局灶性病变

【中图分类号】 R617, R445.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2017) 04-0002-07



作者简介: 郑荣琴，教授，主任医师，博士研究生导师。现任中山大学附属第三医院超声科主任，中山大学超声诊断与介入超声研究所副所长。兼任中国医学影像技术研究会腹部超声专业委员会主任委员、广东省医学会超声医学分会副主任委员、中国医学影像技术研究会超声分会副主任委员、中华超声医学分会委员、中国超声医师学会委员、中国超声医学工程学会介入超声专业委员会常务委员、中国医学装备协会超声装备分会常务委员、中华医学会超声医学分会介入诊疗超声组委员、中国医师协会超声医师分会介入超声专业委员会委员。兼任《器官移植》、《Liver Research》、《中华医学超声杂志(电子版)》、《中国医学影像技术》、《中国临床医学影像杂志》、《影像诊断与介入放射学杂志》、《临床超声医学杂志》编委，《中华超声影像学杂志》特邀编委。主要从事超声诊断及介入性超声治疗工作，特别是在超声造影

新技术的临床应用、肝移植超声、肝脏纤维化超声评价、肝胆肿瘤早期诊断、超声引导肝癌射频消融等腹部超声及介入超声领域进行了深入的研究，积累了丰富的经验。近年来在国内外专业杂志上发表学术论文 310 余篇，其中 SCI 论文 60 余篇。先后主持国家自然科学基金课题、教育部及广东省科研课题 14 项。主编学术专著 2 部，副主编及参与编写学术专著 18 部。申请国家发明专利 10 项。以第一完成人获得广东省科学技术奖二等奖、三等奖各 1 项，以主要参与者获得广东省科学技术奖一等奖 3 项、教育部科学技术进步推广类一、二等奖各 1 项、广州市科学技术奖三等奖 1 项。

超声剪切波弹性成像是通过对组织施加一个静态、准静态或动态的激励，使其产生形变，利用超声等多种技术手段追踪其位移、应变及速度分布，通过数字信号及数字图像处理，最终反映组织的绝对或相对硬度的一种诊断方法^[1-2]。超声剪切波弹性成像同样具有超声无创、简便的优势，可反映脏器或组织的生物力学信息，有利于疾病诊断及鉴别诊断。目前弹性成像已应用于乳腺、肝脏、甲状腺、肌肉、骨骼、前列腺等多个领域。欧洲超声医学与生物学联合

会 (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology, EFSUMB) 《超声弹性成像临床应用指南与建议 (2013)》、世界超声医学与生物学联合会 (World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology, WFUMB) 《超声弹性成像临床应用指南与建议 (2015)》以及我国《弹性成像评估肝纤维化专家共识 (2015)》指出，弹性成像有利于评估肝脏弥漫性疾病肝纤维化程度，可用于慢性肝病患者的治疗指导、预后评估及随访监测^[3-5]。本文主要介绍

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2017.04.002

基金项目: 国家自然科学基金 (81371554)

作者单位: 510630 广州, 中山大学附属第三医院超声科

通讯作者: 郑荣琴, Email: zhengrq@mail.sysu.edu.cn

超声剪切波弹性成像在肝脏的应用进展。

1 超声剪切波弹性成像技术及其原理

超声弹性成像技术种类较多,依据 EFSUMB《超声弹性成像临床应用指南与建议(2013)》^[1],超声弹性成像技术主要包括剪切波速度测量、剪切波速度成像及应变或位移弹性成像3大类。目前,应用于肝脏疾病的主要是剪切波速度测量和剪切波速度成像,而应变或位移弹性成像则主要用于乳腺等疾病的评估。因此,本文重点介绍前两种技术。

1.1 瞬时弹性成像

瞬时弹性成像(transient elastography, TE)属于剪切波速度测量技术,采用特制探头,通过体外低频机械振动,产生剪切波,通过检测剪切波在肝脏组织内的传播速度,得到肝脏的杨氏模量(单位为kPa),从而反映肝组织硬度。TE的优势是操作性强,可重复性好,应用广泛,技术成熟。目前已有评估肝纤维化的规范检测程序和报告系统。TE共有3种探头类型:应用最广的是3.5 MHz的M探头,另有适用于肥胖患者的2.5 MHz的XL探头,以及适用于儿童或肋间隙较窄患者的5.0 MHz的S探头,临床实用性强^[6]。不足之处是TE属于一维超声技术,无法实时二维图像观察肝脏并定位目标。TE检测的取样深度有限,且难以应用于肝前有腹腔积液的患者^[7]。

1.2 单点剪切波弹性成像

单点剪切波弹性成像(point shear wave elastography, pSWE)属于剪切波速度测量技术,又称声辐射力脉冲(acoustic radiation force impulse, ARFI)定量检测。pSWE利用普通超声探头发射声辐射力脉冲,单点聚焦在体内一定深度的组织中产生剪切波,通过检测剪切波的传播速度(单位为m/s),或转化成弹性模量,从而反映肝组织的硬度。pSWE的优势是可以进行实时二维超声成像,可视性强,能避开非目标结构,而且不受腹腔积液影响,适用于肝前有腹腔积液的患者。不足之处是检测深度有限(4~5 cm)、取样容积有限(10 mm×6 mm)和局部声辐射能量过大^[8]。相比TE而言,pSWE临床应用尚少,研究文献有限。

1.3 实时二维剪切波弹性成像

实时二维剪切波弹性成像(two-dimensional shear wave elastography, 2D SWE)属于剪切波速度成像技术,可以在普通超声设备中实现。利用普通超声探头,高速发射聚焦的声辐射力脉冲至体内,使纵向不同深

度的组织几乎同时发生横向位移,产生剪切波,再利用声波及高速图像处理技术,检测剪切波的传播速度并成像,在获得实时二维弹性图像同时,还可定量测量反映肝脏硬度的肝脏杨氏模量,其优势是兼具实时二维超声成像功能,提供的信息量丰富。在进行弹性成像及测量时,有二维超声成像作为基础容易避开非目标结构,检测更简便,易于掌握;2D SWE成功率高,可重复性好;且2D SWE取样面积大;同样适用于肝前有腹腔积液的患者。文献报道,2D SWE诊断肝纤维化效能较高^[9],不足之处是检测结果易受转氨酶、胆红素等因素影响,应用于肥胖或呼吸难控制患者时成功率降低,使用不同设备、不同探头检测肝脏硬度所得结果有所差别^[10]。相比TE而言,2D SWE应用时间较短,尚需进一步研究。

2 超声剪切波弹性成像的临床应用

2.1 检查方法

根据《弹性成像评估肝纤维化专家共识(2015)》^[5],检查前患者应空腹4~6 h,检查时患者取仰卧位或偏左侧卧位,将右上肢置于头顶以增宽肋间隙,检查者将探头置于右肋间隙,在二维超声的引导下选取右肝合适的肝实质切面,将弹性取样框置于肝包膜下4~5 cm处,并避开肝内较大的血管、胆管、胆囊、肋骨声影等非目标结构,嘱患者在平静呼吸状态下屏气3~5 s,不可深吸气或深呼气,待弹性图像稳定后冻结图像,应用感兴趣区定量检测肝脏的弹性模量(kPa),在同一位置反复测量10次,报告中给出10次测量值的中位数。检测合格的判断标准分别为:TE检测结果中未显示报告异常;pSWE检测结果中未出现“x.xx”或“0.00”;2D SWE的弹性取样框颜色填充达到1/2以上,并且检测结果最小值不为0。笔者团队进行了2D SWE检测方法的系列研究^[11-13],探讨最佳的检测条件及影响因素,研究表明,当检测条件如下时,2D SWE检测成功率较高,而且测值稳定,即:检测体位为平卧位、检测部位为右肝S5和S6、检测深度为肝包膜下1~4 cm、感兴趣区直径选取20 mm、检测5次取平均值。

2.2 正常值

根据文献报道,应用fibrosan检测正常人肝脏TE的测量值范围为4.4~5.5 kPa^[14-15];正常肝脏pSWE的测值范围为3.5~3.6 kPa^[16];2D SWE的正常测量值范围为2.6~6.2 kPa^[11,17]。笔者团队对

502 名健康者进行了 2D SWE 肝脏硬度的检测, 得出 2D SWE 的正常测量值为 (5.1 ± 1.0) kPa^[11]。

2.3 评估肝纤维化程度

2.3.1 瞬时弹性成像 TE 在临床上应用较早, 评估慢性肝病肝纤维化的文献报道较多^[18-26]。世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 《慢性乙型肝炎临床指南 (2015)》、美国肝病学会 (American Association for the Study of Liver Diseases, AASLD) 《慢性乙型肝炎临床指南 (2015)》、欧洲肝病学会 (European Association for the Study of the Liver, EASL) 《慢性丙型肝炎临床指南 (2014)》及我国《慢性乙型肝炎防治指南 (2010)》等认为, TE 诊断显著肝纤维化 ($F \geq 2$) 及肝硬化 ($F=4$) 效能较高, 建议将 TE 作为临床评估肝纤维化的常规方法, 可使部分患者避免肝穿刺活组织检查 (活检)^[27-30]。研究指出, TE 诊断慢性丙型肝炎 (丙肝) 肝纤维化 $F \geq 2$ 、 $F=4$ 的曲线下面积 (area under curve, AUC) 分别为 0.83 及 0.95^[24]; TE 诊断慢性乙型肝炎 (乙肝) 肝纤维化 $F \geq 2$ 、 $F=4$ 的 AUC 分别为 0.78 及 0.92^[25]。研究表明, TE 评估肝纤维化受转氨酶等因素影响^[31], 因此部分指南及学者建议最好是在患者转氨酶正常时再行 TE 检查, 或者根据患者转氨酶水平调整 TE 的诊断阈值。对于非酒精性脂肪性肝病、酒精性肝病、胆汁淤积性肝病等其他慢性肝病, TE 亦有较高的诊断价值。TE 评估部分肝脏疾病肝纤维化分期诊断阈值见表 1^[18-26]。另外, TE 检测肝脏硬度还有利于指导慢性病毒性肝炎患者的抗病毒治疗的选择, 并可用于评估慢性肝病患者的预后及其治疗随访。

2.3.2 单点剪切波弹性成像 pSWE 定量检测肝纤维化的成功率及可靠性优于 TE, 诊断效能与 TE 相当。文献报道 pSWE 诊断慢性丙肝肝纤维化 $F \geq 2$ 的阈

值为 1.21 ~ 1.34 m/s (AUC 为 0.85 ~ 0.89), 诊断 $F=4$ 的阈值为 1.55 ~ 2.00 m/s (AUC 为 0.89 ~ 0.93)^[32]。研究指出, pSWE 诊断非酒精性脂肪性肝病肝纤维化 $F \geq 3$ 、 $F=4$ 的阈值分别为 1.34 ~ 1.78 m/s (AUC 为 0.90 ~ 0.97)、2.18 ~ 2.48 m/s (AUC 为 0.86 ~ 0.98)^[33-34]。pSWE 评估慢性乙肝等其他慢性肝病肝纤维化程度亦有一定的价值, 并且还可用于病毒性肝炎疗效监测及预后, 但目前文献报道还不多, 仍需进一步研究。

2.3.3 实时二维剪切波弹性成像 2D SWE 诊断肝纤维化成功率高于 TE, 诊断效能与 TE 和 pSWE 相当, 甚至更高。文献报道 2D SWE 检测成功率为 98.2% ~ 98.9%^[18,25,35-36]。2D SWE 定量检测肝脏硬度的可重复性较高, 操作者内组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 为 0.86 ~ 0.98, 操作者间 ICC 为 0.94 ~ 0.95^[25,35]。Ferraioli 等^[18] 对慢性丙肝患者进行肝纤维化程度评估并与 TE 检测比较, 结果表明, 2D SWE 诊断肝纤维化 $F \geq 2$ 、 $F \geq 3$ 及 $F=4$ 效能均高, AUC 分别为 0.92、0.98 和 0.98, 并且 2D SWE 诊断 $F \geq 2$ 的效能高于 TE, 诊断 $F \geq 3$ 和 $F=4$ 的效能与 TE 相当。笔者团队应用 2D SWE 评估慢性乙肝患者肝纤维化程度, 以肝穿刺活检病理结果为参考标准, 研究 2D SWE 诊断肝纤维化的效能。结果提示, 2D SWE 诊断不同纤维化分期的阈值和效能分别为: $F \geq 2$, 阈值为 7.2 kPa (AUC 为 0.86 ~ 0.92); $F \geq 3$, 阈值为 9.1 kPa (AUC 为 0.93 ~ 0.95); $F=4$, 阈值为 11.7 kPa (AUC 为 0.93 ~ 0.97)^[37]。结果表明 2D SWE 评估慢性乙肝肝纤维化程度准确性较高。2D SWE 评估部分肝脏疾病肝纤维化分期诊断阈值见表 2^[18,21,25,35,38-39]。另外, 2D SWE 也可用于评估非酒精性脂肪性肝病、酒精性肝病等其他慢性肝病肝纤维化程度; 诊断儿童肝脏疾病效能亦较高, 但文献

表 1 肝纤维化不同分期 (Metavir) 的 TE 诊断阈值

Table 1 Diagnostic value of TE in different stages of liver fibrosis (Metavir)

肝病分类	TE 诊断阈值 (kPa)				参考文献
	$F \geq 1$	$F \geq 2$	$F \geq 3$	$F=4$	
慢性乙肝	6.7	7.0 ~ 8.5	8.2 ~ 8.9	11.0 ~ 14.0	[25-26]
慢性丙肝	4.5	7.0 ~ 8.5	8.0 ~ 10.1	11.0 ~ 15.0	[18,24,26]
非酒精性脂肪性肝病	5.5 ~ 7.0	6.2 ~ 11.0	8.0 ~ 12.5	9.5 ~ 16.1	[21-22,26]
酒精性肝病			11.6	22.7	[19]
原发性硬化性胆管炎	7.4	8.6	9.6	14.4	[20]
原发性胆汁性肝硬化	7.1	8.8	10.7	16.9	[23]

表2 肝纤维化不同分期 (Metavir) 的 2D SWE 诊断阈值

Table 2 Diagnostic value of 2D SWE in different stages of liver fibrosis (Metavir)

肝病分类	TE 诊断阈值 (kPa)				参考文献
	F ≥ 1	F ≥ 2	F ≥ 3	F=4	
慢性乙肝	6.5	7.1 ~ 7.6	7.9 ~ 9.2	10.1 ~ 11.7	[25,35]
慢性丙肝		7.0 ~ 7.1	8.7	10.4 ~ 15.0	[18,38]
非酒精性脂肪性肝病		6.3 ~ 8.7	8.3 ~ 10.7	10.5 ~ 14.4	[21]
儿童肝脏疾病	7.9	12.1	17.6	23.5	[39]

证据不充分,有待进一步研究。

2.4 其他临床应用

2.4.1 门静脉高压的诊断及预后评估 目前,评价门静脉高压的金标准是有创测量肝静脉压力梯度。研究提出,测量肝脏 TE 可用于诊断门静脉高压^[40]。文献报道,2D SWE 检测严重门静脉高压的成功率高,诊断价值优于 TE,联合肝脏和脾脏 2D SWE 可评估肝硬化患者是否存在严重门静脉高压,特别适用于酒精性肝病和非酒精性脂肪性肝病患者^[41-43]。《肝硬化患者食管静脉曲张管理指南(2015)》中提及了弹性成像对于诊断食管静脉曲张有一定价值,但仍不可取代消化内镜检查^[44]。

2.4.2 肝衰竭的预后评估 目前,临床用于预测肝衰竭患者病情发展并指导肝移植的主要方法为终末期肝病模型(MELD),而应用弹性成像评估肝衰竭患者的文献报道较少。Sharma 等^[45]对 45 例慢加急性肝衰竭患者进行 TE 检测,发现入院时患者的肝脏硬度测量数值高达(61 ± 18) kPa,并且提出 TE 可用于鉴别慢加急性肝衰竭与急性肝炎患者,其灵敏度及特异度均达到 0.90 以上。Kuroda 等^[46]提出 pSWE 有可能反映肝脏的坏死程度,动态、连续监测 pSWE 可评估急性肝衰竭患者的预后。笔者团队对 312 例慢加急性肝衰竭患者进行 2D SWE 检测,并与 MELD 进行比较,以患者短期临床结局作为金标准,探究 2D SWE 评估慢加急性肝衰竭患者预后的临床价值。结果提示,2D SWE 评估慢加急性肝衰竭患者预后的准确性较高,而将 2D SWE 与 MELD 联合评估预后的准确性高于 MELD (AUC 分别为 0.81 ~ 0.90 和 0.76 ~ 0.86, $P < 0.05$),并且动态检测 2D SWE 的变化对于慢加急性肝衰竭患者预后评估有潜在价值。

2.4.3 肝移植的术后评估 弹性成像用于评估肝移植术后患者肝炎复发及排斥反应有一定价值,但临床研究尚少。研究提出,TE 有助于预测肝移植术后患者是否会复发丙肝,并可诊断复发患者的肝纤维化程度,

评估患者是否需行抗病毒治疗^[40,47-48]。Rigamonti 等^[49]

对 95 例肝移植术后患者进行连续 TE 检测,发现 TE 与肝纤维化程度的变化趋势基本相同,从而可避免肝穿刺活检。

2.4.4 肝脏局灶性病变的诊断 弹性成像可辅助鉴别肝脏良性与恶性病变。Lu 等^[50]通过对 373 例肝脏局灶性病变患者进行 pSWE 检测,结果显示,采用 pSWE 检测肿物直径超过 2 cm 的肝组织硬度鉴别良性与恶性病变的诊断价值较高;利用肿物与肝脏组织的 pSWE 测值比值有助于病灶分类诊断。目前,应用超声剪切波弹性成像评估肝脏局灶性病变的研究较少,应用价值尚待进一步探讨。

3 展望

超声剪切波弹性成像有着无创、简便、易于掌握、安全性高并且可重复性较好等诸多优势,有利于肝脏疾病的诊断、预后评估以及随访,具有较高的临床应用价值,目前已被 WHO、AASLD、EASL 及中国《慢性乙型肝炎防治指南》推荐为慢性乙肝、慢性丙肝患者肝纤维化程度评估的重要方法。然而,超声剪切波弹性成像仍受多种因素的影响,如何减少干扰因素影响,尚需对诸多有关弹性成像基础问题及临床应用问题作进一步研究。未来还需大样本、多中心的临床研究提供更多的循证医学证据,为超声剪切波弹性成像的临床应用推广奠定基础。

参考文献:

- [1] Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, 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. DOI: 10.1055/s-0033-1335205.
- [2] Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, 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. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.009.
- [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. DOI: 10.1055/s-0033-1335375.
- [4] Ferraioli G, Filice C, Castera L, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: part 3: liver [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2015, 41(5): 1161-1179. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.03.007.
- [5] Barr RG, Ferraioli G, Palmeri ML, et al. Elastography assessment of liver fibrosis: Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference Statement[J]. *Radiology*, 2015, 276(3): 845-861. DOI: 10.1148/radiol.2015150619.
- [6] 曹建彪, 陈永平, 成军, 等. 瞬时弹性成像技术 (TE) 临床应用专家共识 (2015 年) [J/CD]. *中国肝脏病杂志 (电子版)*, 2015, 7(2): 12-18. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2015.02.002.
- Cao JB, Chen YP, Cheng J, et al. Expert consensus on clinical application of instantaneous elastic imaging technology (TE) (2015)[J/CD]. *Chin J Liver Dis (Electr Vers)*, 2015, 7(2): 12-18. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7380.2015.02.002.
- [7] Poynard T, Munteanu M, Luckina E, et al. Liver fibrosis evaluation using real-time shear wave elastography: applicability and diagnostic performance using methods without a gold standard[J]. *J Hepatol*, 2013, 58(5): 928-935. DOI: 10.1016/j.jhep.2012.12.021.
- [8] Nightingale K, Palmeri M, Trahey G. Analysis of contrast in images generated with transient acoustic radiation force[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2006, 32(1): 61-72. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.08.008
- [9] Cassinotto C, Lapuyade B, Mouries A, et al. Non-invasive assessment of liver fibrosis with impulse elastography: comparison of supersonic shear imaging with ARFI and fibroscan®[J]. *J Hepatol*, 2014, 61(3): 550-557. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.04.044.
- [10] Franchi-Abella S, Como L, Gonzales E, et al. Feasibility and diagnostic accuracy of supersonic shear-wave elastography for the assessment of liver stiffness and liver fibrosis in children: a pilot study of 96 patients [J]. *Radiology*, 2016, 278(2): 554-562. DOI: 10.1148/radiol.2015142815.
- [11] Huang Z, Zheng J, Zeng J, et al. Normal liver stiffness in healthy adults assessed by real-time shear wave elastography and factors that influence this method[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(11): 2549-2555. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.05.008.
- [12] Wang CZ, Zheng J, Huang ZP, et al. Influence of measurement depth on the stiffness assessment of healthy liver with real-time shear wave elastography[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(3): 461-469. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.10.021.
- [13] Huang ZP, Zhang XL, Zeng J, et al. Study of detection times for liver stiffness evaluation by shear wave elastography[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(28): 9578-9584. DOI: 10.3748/wjg.v20.i28.9578.
- [14] Colombo S, Belloli L, Zaccanelli M, et al. Normal liver stiffness and its determinants in healthy blood donors[J]. *Dig Liver Dis*, 2011, 43(3): 231-236. DOI: 10.1016/j.dld.2010.07.008.
- [15] Roulot D, Czernichow S, Le Clésiau H, et al. Liver stiffness values in apparently healthy subjects: influence of gender and metabolic syndrome[J]. *J Hepatol*, 2008, 48(4): 606-613. DOI: 10.1016/j.jhep.2007.11.020.
- [16] Ferraioli G, Tinelli C, Lissandrin R, et al. Point shear wave elastography method for assessing liver stiffness[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(16): 4787-4796. DOI: 10.3748/wjg.v20.i16.4787.
- [17] Suh CH, Kim SY, Kim KW, et al. Determination of normal hepatic elasticity by using real-time shear-wave elastography[J]. *Radiology*, 2014, 271(3): 895-900. DOI: 10.1148/radiol.14131251.
- [18] Ferraioli G, Tinelli C, Dal Bello B, et al. Accuracy of real-time shear wave elastography for assessing liver fibrosis in chronic hepatitis C: a pilot study[J]. *Hepatology*, 2012, 56(6): 2125-2133. DOI: 10.1002/hep.25936.
- [19] Nahon P, Kettaneh A, Tengher-Barna I, et al. Assessment of liver fibrosis using transient elastography in patients with alcoholic liver disease[J]. *J Hepatol*, 2008, 49(6): 1062-1068. DOI: 10.1016/j.jhep.2008.08.011.
- [20] Corpechot C, Gaouar F, El Naggar A, et al. Baseline values and changes in liver stiffness measured by transient elastography are associated with severity of fibrosis and outcomes of patients with primary sclerosing cholangitis[J]. *Gastroenterology*, 2014, 146(4): 970-979. DOI: 10.1053/j.gastro.2013.12.030.
- [21] Cassinotto C, Boursier J, de Lédinghen V, et al. Liver stiffness in nonalcoholic fatty liver disease: a comparison of supersonic shear imaging, fibroscan, and ARFI with liver biopsy[J]. *Hepatology*, 2016, 63(6): 1817-1827. DOI: 10.1002/hep.28394.
- [22] Imajo K, Kessoku T, Honda Y, et al. Magnetic resonance imaging more accurately classifies steatosis and fibrosis

- in patients with nonalcoholic fatty liver disease than transient elastography[J]. *Gastroenterology*, 2016, 150(3): 626-637. DOI: 10.1053/j.gastro.2015.11.048.
- [23] Corpechot C, Carrat F, Poujol-Robert A, et al. Noninvasive elastography-based assessment of liver fibrosis progression and prognosis in primary biliary cirrhosis[J]. *Hepatology*, 2012, 56(1): 198-208. DOI: 10.1002/hep.25599.
- [24] Castéra L, Vergniol J, Foucher J, et al. Prospective comparison of transient elastography, fibrotest, APRI, and liver biopsy for the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C[J]. *Gastroenterology*, 2005, 128(2): 343-350.
- [25] Leung VY, Shen J, Wong VW, et al. Quantitative elastography of liver fibrosis and spleen stiffness in chronic hepatitis B carriers: comparison of shear-wave elastography and transient elastography with liver biopsy correlation[J]. *Radiology*, 2013, 269(3): 910-918. DOI: 10.1148/radiol.13130128.
- [26] Gaia S, Carezzi S, Barilli AL, et al. Reliability of transient elastography for the detection of fibrosis in non-alcoholic fatty liver disease and chronic viral hepatitis[J]. *J Hepatol*, 2011, 54(1): 64-71. DOI: 10.1016/j.jhep.2010.06.022.
- [27] WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Guidelines for the prevention, care and treatment of persons with chronic hepatitis B infection[M]. Geneva: World Health Organization, 2015.
- [28] Terrault NA, Bzowej NH, Chang KM, et al. AASLD guidelines for treatment of chronic hepatitis B[J]. *Hepatology*, 2016, 63(1): 261-283. DOI: 10.1002/hep.28156.
- [29] European Association for the Study of Liver. EASL clinical practice guidelines: management of hepatitis C virus infection[J]. *J Hepatol*, 2011, 55(2): 245-264. DOI: 10.1016/j.jhep.2011.02.023.
- [30] European Association for the Study of the Liver. EASL clinical practice guidelines: management of chronic hepatitis B virus infection[J]. *J Hepatol*, 2012, 57(1): 167-185. DOI: 10.1016/j.jhep.2012.02.010.
- [31] Arena U, Vizzutti F, Corti G, et al. Acute viral hepatitis increases liver stiffness values measured by transient elastography[J]. *Hepatology*, 2008, 47(2): 380-384. DOI: 10.1002/hep.22007.
- [32] Friedrich-Rust M, Wunder K, Kriener S, et al. Liver fibrosis in viral hepatitis: noninvasive assessment with acoustic radiation force impulse imaging versus transient elastography[J]. *Radiology*, 2009, 252(2): 595-604. DOI: 10.1148/radiol.2523081928.
- [33] Taouli B, Serfaty L. Magnetic resonance imaging/elastography is superior to transient elastography for detection of liver fibrosis and fat in nonalcoholic fatty liver disease[J]. *Gastroenterology*, 2016, 150(3): 553-556. DOI: 10.1053/j.gastro.2016.01.017.
- [34] Yoneda M, Suzuki K, Kato S, et al. Nonalcoholic fatty liver disease: US-based acoustic radiation force impulse elastography[J]. *Radiology*, 2010, 256(2): 640-647. DOI: 10.1148/radiol.10091662.
- [35] Zhuang Y, Ding H, Zhang Y, et al. Two-dimensional shear-wave elastography performance in the noninvasive evaluation of liver fibrosis in patients with chronic hepatitis B: comparison with serum fibrosis indexes[J]. *Radiology*, 2017, 283(3): 873-882. DOI: 10.1148/radiol.2016160131.
- [36] Deffieux T, Gennisson JL, Bousquet L, et al. Investigating liver stiffness and viscosity for fibrosis, steatosis and activity staging using shear wave elastography[J]. *J Hepatol*, 2015, 62(2): 317-324. DOI: 10.1016/j.jhep.2014.09.020.
- [37] Zeng J, Liu GJ, Huang ZP, et al. Diagnostic accuracy of two-dimensional shear wave elastography for the non-invasive staging of hepatic fibrosis in chronic hepatitis B: a cohort study with internal validation[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(10): 2572-2581. DOI: 10.1007/s00330-014-3292-9.
- [38] Samir AE, Dhyani M, Vij A, et al. Shear-wave elastography for the estimation of liver fibrosis in chronic liver disease: determining accuracy and ideal site for measurement[J]. *Radiology*, 2015, 274(3): 888-896. DOI: 10.1148/radiol.14140839.
- [39] Garcovich M, Veraldi S, Di Stasio E, et al. Liver stiffness in pediatric patients with fatty liver disease: diagnostic accuracy and reproducibility of shear-wave elastography[J]. *Radiology*, 2017, 283(3): 820-827. DOI: 10.1148/radiol.2016161002.
- [40] Carrión JA, Navasa M, Bosch J, et al. Transient elastography for diagnosis of advanced fibrosis and portal hypertension in patients with hepatitis C recurrence after liver transplantation[J]. *Liver Transpl*, 2006, 12(12): 1791-1798. DOI: 10.1002/lt.20857.
- [41] Elkrif L, Rautou PE, Ronot M, et al. Prospective comparison of spleen and liver stiffness by using shear-wave and transient elastography for detection of portal hypertension in cirrhosis[J]. *Radiology*, 2015, 275(2): 589-598. DOI: 10.1148/radiol.14141210.
- [42] Jansen C, Bogs C, Verlinden W, et al. Algorithm to rule out clinically significant portal hypertension combining shear-wave elastography of liver and spleen: a prospective

- multicentre study[J]. Gut, 2016, 65(6): 1057-1058. DOI: 10.1136/gutjnl-2016-311536.
- [43] Jansen C, Bogs C, Krag A, et al. Sequential shear-wave elastography of liver and spleen rules out clinically significant portal hypertension in compensated advanced chronic liver disease[J]. Gut, 2017, 66(3): 558-559. DOI: 10.1136/gutjnl-2016-311955.
- [44] Tripathi D, Stanley AJ, Hayes PC, et al. U.K. guidelines on the management of variceal haemorrhage in cirrhotic patients[J]. Gut, 2015, 64(11): 1680-1704. DOI: 10.1136/gutjnl-2015-309262.
- [45] Sharma P, Bansal R, Matin A, et al. Role of transient elastography (fibrosan) in differentiating severe acute hepatitis and acute on chronic liver failure[J]. J Clin Exp Hepatol, 2015, 5(4): 303-309. DOI: 10.1016/j.jceh.2015.09.004.
- [46] Kuroda H, Kakisaka K, Oikawa T, et al. Liver stiffness measured by acoustic radiation force impulse elastography reflects the severity of liver damage and prognosis in patients with acute liver failure[J]. Hepatol Res, 2015, 45(5): 571-577. DOI: 10.1111/hepr.12389.
- [47] Crespo G, Lens S, Gambato M, et al. Liver stiffness 1 year after transplantation predicts clinical outcomes in patients with recurrent hepatitis C[J]. Am J Transplant, 2014, 14(2): 375-383. DOI: 10.1111/ajt.12594.
- [48] Carrión JA, Torres F, Crespo G, et al. Liver stiffness identifies two different patterns of fibrosis progression in patients with hepatitis C virus recurrence after liver transplantation[J]. Hepatology, 2010, 51(1): 23-34. DOI: 10.1002/hep.23240.
- [49] Rigamonti C, Donato MF, Fraquelli M, et al. Transient elastography predicts fibrosis progression in patients with recurrent hepatitis C after liver transplantation[J]. Gut, 2008, 57(6): 821-827. DOI: 10.1136/gut.2007.135046.
- [50] Lu Q, Ling W, Lu C, et al. Hepatocellular carcinoma: stiffness value and ratio to discriminate malignant from benign focal liver lesions[J]. Radiology, 2015, 275(3): 880-888. DOI: 10.1148/radiol.14131164.
- (收稿日期: 2017-04-28)
(本文编辑: 邬加佳 吴秋玲)

本刊已被下列国内外重要检索刊物或数据库收录

中国科技核心期刊 (中国科技论文统计源期刊)

中国科学引文数据库 (CSD)

美国《史蒂芬斯数据库》 (EBSCOhost)

美国《化学文摘》 (CA)

美国《剑桥科学文摘 (生物科学) 》

美国《乌利希期刊指南》

日本科学技术振兴机构数据库 (JST)

“ 万方数据——数字化期刊群 ”

中国知网 CNKI 系列数据库

中文科技期刊数据库

中文生物医学期刊数据库 (CMCC)

台湾华艺线上图书馆

超星期刊域出版平台