

声触诊组织定量技术在胰腺局灶性病变诊断中的研究进展

张帆^{1,2}, 朱晓萌^{1,2}, 夏东琴², 郑瑜^{2*}

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²西安交通大学附属西安市中心医院超声医学科, 陕西 西安

收稿日期: 2025年1月28日; 录用日期: 2025年2月21日; 发布日期: 2025年2月28日

摘要

胰腺局灶性病变的诊断一直是临床工作中的难点和重点。随着医学影像技术的不断发展, 声触诊组织定量技术逐渐在胰腺疾病的诊断中展现出其独特的优势。本文综述了国内外关于声触诊组织定量技术在胰腺局灶性病变诊断中的研究现状与进展, 旨在为临床诊断和治疗提供新的思路和方法。

关键词

声触诊组织定量技术, 胰腺局灶性病变, 超声诊断

Research Progress of Virtual Touch Tissue Quantification in the Diagnosis of Focal Pancreatic Lesions

Fan Zhang^{1,2}, Xiaomeng Zhu^{1,2}, Dongqin Xia², Yu Zheng^{2*}

¹Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Ultrasound Medicine, Xi'an Central Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

Received: Jan. 28th, 2025; accepted: Feb. 21st, 2025; published: Feb. 28th, 2025

Abstract

The diagnosis of focal pancreatic lesions has consistently been a challenging and pivotal aspect of clinical practice. As medical imaging technology continues to evolve, virtual touch tissue quantification has increasingly demonstrated its unique advantages in the diagnosis of pancreatic diseases.

*通讯作者。

文章引用: 张帆, 朱晓萌, 夏东琴, 郑瑜. 声触诊组织定量技术在胰腺局灶性病变诊断中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(2): 1971-1975. DOI: 10.12677/acm.2025.152558

This review synthesizes the current state and advancements of virtual touch tissue quantification in the diagnosis of focal pancreatic lesions, both domestically and internationally, with the aim of offering novel perspectives and methodologies for clinical diagnosis and treatment.

Keywords

Virtual Touch Tissue Quantification, Focal Pancreatic Lesions, Ultrasound Diagnosis

Copyright © 2025 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

胰腺局灶性病变(focal pancreatic lesions, FPLs)包括一系列病理类型,如胰腺癌、神经内分泌瘤、实性假乳头状瘤、肿块型胰腺炎、胰腺囊肿等。这些病变的早期诊断对于疾病的治疗策略和患者预后具有决定性影响。其中,胰腺癌是恶性程度极高的肿瘤,在全球癌症死亡原因中排名第七,尽管近年来在癌症治疗领域取得了显著进展,胰腺癌的5年生存率仍徘徊在5%到10%之间[1][2],发病率仍呈现上升趋势。

然而,由于胰腺的解剖位置深且邻近重要血管,加之早期症状隐匿,使得传统影像学方法在早期识别和定性胰腺病变方面面临挑战。近年来,声触诊组织定量技术(virtual touch tissue quantification, VTQ)作为超声成像领域的创新技术,因其无创、实时、高分辨率和定量分析等优势,在胰腺病变的诊断中显示出巨大潜力。VTQ作为超声弹性成像的一种,通过测量组织的剪切波速度(shear wave velocity, SWV)来评估组织的硬度,为病变的定性诊断提供了新的视角。越来越多的研究开始关注超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS)和VTQ技术联合应用的可能性,通过整合血流动力学和组织硬度这两种互补的生物物理信息,以期进一步提升胰腺病变的诊断效能。这种多模态融合策略有望促进对病变生物学行为的深入理解,并助力个体化诊疗方案的制定。

2. 声触诊组织定量技术的技术原理

声辐射力脉冲(acoustic radiation force impulse, ARFI)作为一种剪切波弹性成像技术,是近年来发展起来的一项新型弹性成像技术。ARFI技术通过超声给组织局部施加声辐射脉冲波,使组织产生位移、应变与速度改变,组织在纵向上产生的瞬时位移,用声触诊组织成像(virtual touch tissue imaging, VTI)技术反应,VTI用黑白来反应组织的硬度;组织横向振动产生剪切波值,即VTQ技术,VTQ通过SWV值来定量评价组织的硬度。SWV值越大代表组织受声辐射脉冲波产生的形变越小,说明组织的硬度越大,反之亦然。VTQ技术能对某一明确深度(≤ 8 cm)的解剖结构的组织硬度进行定量评价,使经腹超声对腹膜后胰腺病变的硬度评估成为可能[3]-[5]。ARFI测量具有实时性,与传统US相比,其特点是观察者间变异性低,可重复性高。

VTQ技术的操作流程相对简单,首先通过常规超声成像确定目标区域,然后切换至VTQ模式。操作者使用超声探头对准目标区域,轻轻施加压力,以确保组织与探头之间有良好的接触。系统自动发射ARFI脉冲,测量从组织内部反射回来的SWV。见图1。

(1) 常规二维超声上,定位感兴趣区(ROI); (2) 探头发射声辐射力脉冲(acoustic push pulses),引起ROI产生纵向位移和横向的剪切波(shear waves); (3) 探头通过捕捉剪切波脉冲,计算得出SWV,以m/s形式表示。

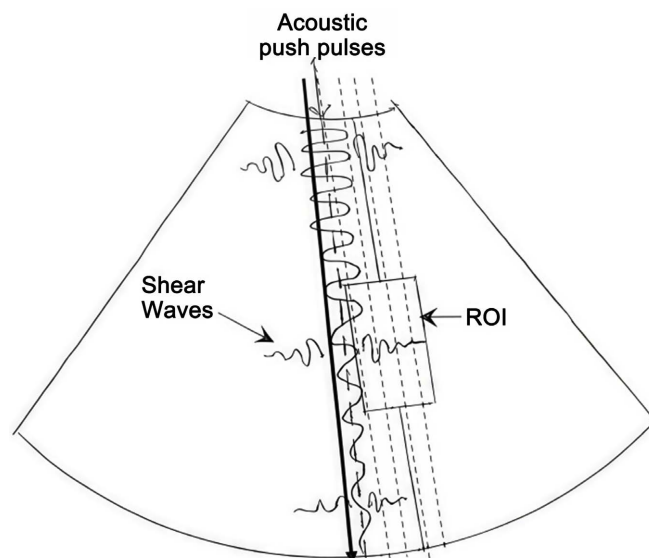


Figure 1. The implementation steps of virtual touch tissue quantification¹

图 1. 声触诊组织定量技术的实现原理¹

3. 声触诊组织定量技术在胰腺病变中的应用现状

近年来, ARFI 作为一种测量深部组织硬度的新方法, 已经使得经腹胰腺弹性成像变得更加可行。ARFI 技术通过使用传统探头, 无需任何外部压迫, 减少了操作员的依赖性, 评估了深部组织硬度, 可以为诊断提供有价值的补充信息[6]。内镜超声(EUS)弹性成像已被应用于胰腺病变, 其有效性也已被充分证明[7] [8]。然而, EUS 是侵入性的, 需要患者镇静。而且, 由于难以控制内窥镜探头对目标组织的压迫, 也难以在选定的 ROI 中排除邻近结构(如心脏、主要血管和椎骨)的非常软或硬的组织, 因此存在一些技术限制。此外, 当病变深度大于 3 厘米时, 可能会出现不良结果, 并可能受到呼吸或心跳等运动伪影的影响[7]。而经腹胰腺弹性成像 ARFI 扫描比 EUS 侵入性小, 并且在检查过程中不需要患者镇静, 操作简单[9]。

VTQ 技术通过测量 SWV 来评估组织的硬度。Natsuko Kawada 等人[10]的研究表明 SWV 可以在胰腺的任何部位测量, 成功率很高。在胰腺疾病中, 不同类型的病变(如急性胰腺炎、慢性胰腺炎和胰腺肿瘤)会表现出不同的硬度特征。VTQ 技术有助于区分良性和恶性胰腺病变。通过比较病变组织与正常组织之间的 SWV 值, 可以提高对病变性质判断的准确性。Ruediger S. Goertz (MD)等人[11]报道了 ARFI 弹性成像显示急性胰腺炎与慢性胰腺炎或腺癌之间存在相关差异。以 1.74 m/s 为诊断恶性疾病的临界值, 敏感度为 91.1%, 特异度为 60.4%。Mirko D'Onofrio 等人[12]的研究指出如果两次或两次以上测量值高于 4.00 m/s, 腺癌的诊断更为可靠。

虽然胰腺癌是一个以高 SWV 值为特征的坚固肿块, 但 SWV 值的分布在不同的研究中存在差异, 研究数量有限。慢性胰腺炎是与胰腺癌鉴别诊断最重要的疾病, 也常伴有纤维化和钙化, 导致 SWV 值较高[13] [14]。在慢性胰腺炎中, VTQ 技术可能有助于评估病变的严重程度和纤维化进程, 从而有助于监测病情的发展和治疗效果。

目前文献中关于 VTQ 技术在液体评估中的应用的研究很少。Mirko D'Onofrio 等人[15]还研究了 VTQ 技术在胰腺囊性病变中的应用价值, 得出胰腺囊性病变良、恶性鉴别诊断准确率为 78%的结论。还有研

¹ 该图片摘自 D'Onofrio M., Gallotti A., Martone E.等人发表在 JOP 的文献: Solid appearance of pancreatic serous cystadenoma diagnosed as cystic at ultrasound acoustic radiation force impulse imaging.

究认为术前 VTQ 评估胰腺实质 SWV 值可以预测胰腺切除术后胰瘘的发生[16]。尽管 VTQ 技术在胰腺肿块诊断中具有潜力,但仍需要更多的研究来验证其在不同类型胰腺病变中的应用。

4. 超声造影与声触诊组织定量技术的联合应用

随着研究的深入,越来越多的学者开始探索 CEUS 和 VTQ 技术的联合应用。通过结合两种技术的优势,可以综合评估 FPLs 的性质和范围,提高诊断的准确性。CEUS 能够识别胰腺病变的血流灌注特征[17],而 VTQ 能够定量评估病变的硬度,两者的结合有助于区分胰腺的良恶性病变。罗显文等人的研究表明[18],CEUS 联合 VTQ 对胰腺局灶性病变的诊断,其准确性、特异性、敏感性都显著增高。此外,研究表明[19],术中 CEUS 和术中弹性成像的联合使用是胰腺肿瘤术中表征的有力工具,可以提供关于肿瘤微血管化和组织硬度的重要信息,有助于指导手术决策。此外,CEUS 与 VTQ 技术的联合应用,通过对比分析造影的血流模式和 VTQ 的 SWV 值,还可以提高胰腺癌的早期诊断率。与 CT、MRI 等其他影像技术相比,CEUS 和 VTQ 具有无创、实时、成本效益高和可重复性强的特点,并在微观血流和组织硬度信息方面也具有绝对优势[20]。

5. 局限性与未来方向

VTQ 技术虽然能够定量评估组织的弹性模量,但其结果受到多种因素的影响,如组织的硬度、探头的压力、操作者的经验等。此外,该技术对于某些特殊类型的病变可能无法准确评估,如含有大量液体的囊肿或坏死组织。

未来的研究将继续探索 VTQ 技术的潜力,特别是在提高诊断准确性、优化成像参数和扩展临床应用方面。VTQ 技术的改进将提高测量的准确性和重复性,减少操作者依赖性。此外,人工智能和机器学习技术的融合,将进一步增强超声诊断的自动化和智能化水平,提高诊断效率和准确性。

综上所述,声触诊组织定量技术在胰腺局灶性病变诊断中具有广阔的应用前景和重要的研究价值,通过不断深入研究和临床实践,我们有望为胰腺疾病的诊断和治疗提供更加准确、可靠的依据。

参考文献

- [1] Grossberg, A.J., Chu, L.C., Deig, C.R., Fishman, E.K., Hwang, W.L., Maitra, A., *et al.* (2020) Multidisciplinary Standards of Care and Recent Progress in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **70**, 375-403. <https://doi.org/10.3322/caac.21626>
- [2] Stathis, A. and Moore, M.J. (2010) Advanced Pancreatic Carcinoma: Current Treatment and Future Challenges. *Nature Reviews Clinical Oncology*, **7**, 163-172. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2009.236>
- [3] Dietrich, C., Bamber, J., Berzigotti, A., Bota, S., Cantisani, V., Castera, L., *et al.* (2017) EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version). *Ultraschall in der Medizin—European Journal of Ultrasound*, **38**, e48. <https://doi.org/10.1055/a-0641-0076>
- [4] Kwon, S.J. and Jeong, M.K. (2017) Advances in Ultrasound Elasticity Imaging. *Biomedical Engineering Letters*, **7**, 71-79. <https://doi.org/10.1007/s13534-017-0014-7>
- [5] Nightingale, K. (2011) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Imaging: A Review. *Current Medical Imaging Reviews*, **7**, 328-339. <https://doi.org/10.2174/157340511798038657>
- [6] Nightingale, K., McAleavey, S. and Trahey, G. (2003) Shear-Wave Generation Using Acoustic Radiation Force: *In Vivo* and *Ex Vivo* Results. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **29**, 1715-1723. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2003.08.008>
- [7] Iglesias-Garcia, J., Larino-Noia, J., Abdulkader, I., Forteza, J. and Dominguez-Munoz, J.E. (2009) EUS Elastography for the Characterization of Solid Pancreatic Masses. *Gastrointestinal Endoscopy*, **70**, 1101-1108. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2009.05.011>
- [8] Iglesias-Garcia, J., Larino-Noia, J., Abdulkader, I., Forteza, J. and Dominguez-Munoz, J.E. (2010) Quantitative Endoscopic Ultrasound Elastography: An Accurate Method for the Differentiation of Solid Pancreatic Masses. *Gastroenterology*, **139**, 1172-1180. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2010.06.059>

-
- [9] D'Onofrio, M., Crosara, S., De Robertis, R., Canestrini, S., Demozzi, E. and Pozzi Mucelli, R. (2014) Elastography of the Pancreas. *European Journal of Radiology*, **83**, 415-419. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.04.020>
- [10] Kawada, N., Tanaka, S., Uehara, H., Ohkawa, K., Yamai, T., Takada, R., *et al.* (2014) Potential Use of Point Shear Wave Elastography for the Pancreas: A Single Center Prospective Study. *European Journal of Radiology*, **83**, 620-624. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.11.029>
- [11] Goertz, R.S., Schuderer, J., Strobel, D., Pfeifer, L., Neurath, M.F. and Wildner, D. (2016) Acoustic Radiation Force Impulse Shear Wave Elastography (ARFI) of Acute and Chronic Pancreatitis and Pancreatic Tumor. *European Journal of Radiology*, **85**, 2211-2216. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.10.019>
- [12] D'Onofrio, M., De Robertis, R., Crosara, S., Poli, C., Canestrini, S., Demozzi, E., *et al.* (2016) Acoustic Radiation Force Impulse with Shear Wave Speed Quantification of Pancreatic Masses: A Prospective Study. *Pancreatology*, **16**, 106-109. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2015.12.003>
- [13] Mateen, M.A., Muheet, K.A., Mohan, R.J., *et al.* (2012) Evaluation of Ultrasound Based Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) and eSie Touch Sonoelastography for Diagnosis of Inflammatory Pancreatic Diseases. *JOP*, **13**, 36-44.
- [14] Yashima, Y., Sasahira, N., Isayama, H., Kogure, H., Ikeda, H., Hirano, K., *et al.* (2011) Acoustic Radiation Force Impulse Elastography for Noninvasive Assessment of Chronic Pancreatitis. *Journal of Gastroenterology*, **47**, 427-432. <https://doi.org/10.1007/s00535-011-0491-x>
- [15] D'Onofrio, M., Gallotti, A., Salvia, R., Capelli, P. and Mucelli, R.P. (2011) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Ultrasound Imaging of Pancreatic Cystic Lesions. *European Journal of Radiology*, **80**, 241-244. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.06.015>
- [16] Tian, X., Kuang, T., Dong, Y., Zuo, D., Qiu, Y., Lou, W., *et al.* (2021) Prediction of Pancreatic Fistula after Pancreatectomy by Virtual Touch Tissue Imaging and Quantification (VTIQ) Technology. *Pancreatology*, **21**, 1498-1505. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2021.09.008>
- [17] Quaia, E. (2007) Microbubble Ultrasound Contrast Agents: An Update. *European Radiology*, **17**, 1995-2008. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0623-0>
- [18] 罗显文. 超声造影联合声触诊组织定量技术在胰腺局灶性病变定性诊断中的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 泸州: 西南医科大学, 2018.
- [19] Platz Batista da Silva, N., Engeßer, M., Hackl, C., Brunner, S., Hornung, M., Schlitt, H.J., *et al.* (2020) Intraoperative Characterization of Pancreatic Tumors Using Contrast-Enhanced Ultrasound and Shear Wave Elastography for Optimization of Surgical Strategies. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **40**, 1613-1625. <https://doi.org/10.1002/jum.15545>
- [20] D'Onofrio, M., Mansueto, G., Falconi, M. and Procacci, C. (2004) Neuroendocrine Pancreatic Tumor: Value of Contrast Enhanced Ultrasonography. *Abdominal Imaging*, **29**, 246-258. <https://doi.org/10.1007/s00261-003-0097-8>