

## 超声内镜不同成像模式引导组织采集对胰腺实性病变诊断价值的研究进展

杨继华 王俏 刘一朝 黄晓俊

兰州大学第二医院消化内科, 兰州 730030

通信作者: 黄晓俊, Email: huangxj@lzu.edu.cn

**【摘要】** 超声内镜引导组织采集为胰腺实性病变的诊断与治疗提供了重要依据,但其诊断效能却因采样不足或标本质量不达标等因素而受到一定程度限制。新型成像技术如对比增强谐波超声内镜、超声内镜弹性成像理论上可通过识别富血供区或高硬度区辅助靶向穿刺,提高诊断效能,然而现有临床研究尚未能证实这一理论优势。本文就对比增强谐波超声内镜和超声内镜弹性成像引导组织采集的应用研究进展进行综述。

**【关键词】** 弹性成像技术; 谐波造影; 超声内镜; 胰腺实性病变; 超声内镜引导细针穿刺抽吸/活检术

### Research advances in diagnostic value of different imaging modalities of endoscopic ultrasound-guided tissue acquisition for solid pancreatic lesions

Yang Jihua, Wang Qiao, Liu Yizhao, Huang Xiaojun

Department of Gastroenterology, The Second Hospital, Lanzhou University, Lanzhou 730030, China

Corresponding author: Huang Xiaojun, Email: huangxj@lzu.edu.cn

胰腺实性病变(solid pancreatic lesions, SPLs)是一组包含不同病理类型的胰腺占位性病变,主要包括肿瘤性病变及非肿瘤性病变,如胰腺癌、肿块型慢性胰腺炎等。传统影像学技术(如经腹超声、CT、MRI等)凭借其无创、可重复的优势,在SPLs的筛查、诊断、治疗及预后中发挥着重要作用,但在小病灶检出、良恶性鉴别等方面存在一定局限性<sup>[1]</sup>。目前,超声内镜检查术(endoscopic ultrasonography, EUS)结合了内镜检查与超声成像的优势,凭借高分辨率成像能力与实时引导特性,已成为胰腺疾病诊断与治疗的关键工具<sup>[2]</sup>。EUS引导细针穿刺抽吸/活检术(EUS-guided fine-needle aspiration/biopsy, EUS-FNA/FNB)通过穿刺获取细胞学或组织学标本进行病理诊断,已被多项国内外指南推荐为获取胰腺病变病理诊断的首选微创方法。此外,新型诊断性EUS成像模式为表征胰腺病变特征提供了新视角<sup>[3]</sup>:对比增强谐波EUS(亦称谐波造影增强EUS)(contrast-enhanced harmonic EUS, CH-EUS)可动态显示病灶微血管灌注模式,评估病灶血流动力学特征;EUS弹性成像(EUS-elastography, EUS-E)基于组织应变可量化硬度差异,

显示组织生物力学特性。

随着技术的不断成熟,EUS在临床工作中已得到广泛应用。然而,传统模式EUS主要依赖形态学特征(如边界不规则、低回声等)进行诊断,其准确性存在局限性。EUS-FNA/FNB虽是一种成熟的胰腺和胰周病变组织采集技术,但其诊断效能仍受限于多种因素<sup>[4]</sup>。例如,慢性炎症导致的纤维化或肿瘤内部坏死区域等造成采样不足和标本质量不达标,导致诊断效能降低。因此,为了克服EUS-FNA/FNB在采样质量和诊断效能方面的局限,有关研究尝试探索CH-EUS和EUS-E引导FNA/FNB靶向穿刺的临床价值,即利用微血管或硬度特征识别最佳穿刺靶点,实现可视化精准靶向穿刺,以期改善采样标本质量,提高总体诊断准确率。

一、EUS引导组织采集(EUS-guided tissue acquisition, EUS-TA)技术概述及临床挑战

EUS-TA具体包括EUS-FNA和EUS-FNB两种采样技术。EUS-FNA/FNB能够在实时超声图像指导下取得可疑病灶的囊液、细胞、组织样本,用于开展生化、肿瘤指标检

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250916-00241

收稿日期 2025-09-16 本文编辑 朱悦

引用本文:杨继华,王俏,刘一朝,等.超声内镜不同成像模式引导组织采集对胰腺实性病变诊断价值的研究进展[J].中华消化内镜杂志,2026,43(3):240-246. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250916-00241.



测、病理分析、基因检测、分子鉴定、单细胞测序等,对于胰腺占位性病变具有较高的确诊价值。美国胃肠内镜学会最新指南纳入 25 项随机对照试验,分析显示,与 FNA 相比,FNB 诊断准确率更高(86.3% 比 82.8%),标本充分性更优(93.3% 比 78.9%),且所需平均穿刺次数更少(平均差-0.65 次),推荐 EUS-FNB 用于 SPLs 诊断<sup>[5]</sup>。

尽管 EUS-TA 在胰腺肿块组织采集领域展现出良好的优势,但相对较高的假阴性率仍然是一个未解决的问题。随着精准医学发展,对采集标本质量和诊断效能要求不断提高。近年来,各项研究不断探索在内镜设备、针头设计(类型和大小)<sup>[6]</sup>、采样技术(扇形、抽吸或穿刺次数等)<sup>[7-9]</sup>、现场评估<sup>[10-11]</sup>和标本处理等多方面的改进,以提高 EUS-TA 对 SPLs 的诊断效能,以针头设计以及采样技术的研究尤为突出。其中,针头设计不断改进创新,如不同形状的切割针尖、侧切孔设计、组织捕获装置等<sup>[12-13]</sup>,可尽可能多获得保留组织结构的高质量核心组织条,不仅提升诊断效能,同时也为后续基因组分析<sup>[14]</sup>和类器官培养<sup>[15]</sup>等研究提供了更好的基础。如今,新型图像增强技术 CH-EUS 和 EUS-E 通过更清晰地显示病变内部血管分布或硬度特征来识别最具诊断潜力的区域,为进行靶向穿刺采集提供了理论支持<sup>[16]</sup>。

## 二、CH-EUS 在 SPLs 中的应用

CH-EUS 是在传统 EUS 技术基础上结合超声造影剂与谐波成像技术发展而来。CH-EUS 核心原理基于二代超声造影剂中微气泡在特定声场下的非线性振动特性,选择性接收二次谐波信号而非基波信号,有效滤除背景噪声与运动伪影,显著提升微血管灌注成像的信噪比,从而更精确地显示病灶轮廓和血供特征<sup>[17]</sup>。研究显示,CH-EUS 在胰腺病变检测、分期判定及预后评估中展现出良好的优势与潜能<sup>[18-20]</sup>。

### 1. CH-EUS 增强模式特征与诊断效能分析

在常规 EUS 模式下,多数 SPLs 表现为低回声肿块,鉴别诊断存在挑战。CH-EUS 则通过动态血流增强模式进一步辅助鉴别病变性质,典型 CH-EUS 图像表现胰腺癌为低增强,自身免疫性胰腺炎为等增强或高增强,胰腺神经内分泌肿瘤为高增强,坏死则呈无增强<sup>[21-23]</sup>。一项纳入 6 项研究、共 732 例患者的 meta 分析显示,相较于常规 EUS,CH-EUS 诊断胰腺癌的汇总敏感度(93% 比 86%)、特异度(80% 比 59%)和受试者工作特征曲线下面积(0.96 比 0.80)均更高<sup>[24]</sup>,表明 CH-EUS 对胰腺癌的诊断效能高于常规 EUS。除定性分析外,CH-EUS 还可通过时间强度曲线(time-intensity curve, TIC)进行定量分析。时间强度曲线描绘了注射超声造影剂后,胰腺肿瘤区内信号强度随时间的变化,量化分析病变峰值强度、达峰时间、斜率等参数,从而实现病变性质的鉴别诊断<sup>[25]</sup>。Iwasa 等<sup>[26]</sup>研究指出,单凭 CH-EUS 定性分析鉴别 SPLs 的敏感度、特异度和准确率分别为 89%、62% 和 85%;而结合时间强度曲线定量分析后,诊断效能分别为 100%、54% 和 94%,显示了定性与定量结合的综合优势。

### 2. CH-EUS 引导靶向 EUS-FNA/FNB

尽管 CH-EUS 性能优异,但在临床实践中,由于存在非典型增强模式及内镜医师判读的主观性,单独应用 CH-EUS 有时仍难以对 SPLs 做出最终诊断<sup>[27]</sup>。Kamata 等<sup>[28]</sup>曾报道,CH-EUS 检测到的胰腺癌缺血区域显著降低 EUS-FNA 的诊断敏感度,其机制可能与局部纤维化或坏死导致的取样不足相关,这一发现对理解 CH-EUS 引导靶向穿刺具有重要意义。此后,多项临床研究探讨了 CH-EUS 引导 FNA/FNB (CH-EUS-FNA/FNB) 在 SPLs 鉴别诊断中的应用价值<sup>[29-37]</sup>(表 1)。6 项研究(含 4 项前瞻性、2 项回顾性研究)直接比较了 CH-EUS-FNA 与 EUS-FNA 的诊断效能<sup>[29-34]</sup>。其中 4 项研究指出,CH-EUS-FNA 在诊断敏感度、阴性预测值和准确率等方面数值上高于 EUS-FNA,但差异无统计学意义<sup>[29-31-33]</sup>,这可能与样本量较小等因素有关。与之不同,Itonaga 等<sup>[34]</sup>研究中对 93 例患者先行 EUS-FNA,然后注射超声造影剂进行 CH-EUS-FNA,仅使用第 1 次和第 2 次的穿刺样本进行比较,结果显示,CH-EUS-FNA 采样率和敏感度显著高于 EUS-FNA,差异有统计学意义。在另一项研究中,CH-EUS-FNA 首针穿刺样本诊断效能高于常规 EUS-FNA,差异有统计意义;多针穿刺后,两种技术差异无统计学意义<sup>[30]</sup>。造成差异的原因可能跟显影时间有关,一旦造影剂被洗脱掉,CH-EUS 的优势便随之减弱。另外,3 项研究则比较了 CH-EUS-FNB 与 EUS-FNB 对 SPLs 的诊断效能,结果显示二者差异无统计学意义<sup>[35-37]</sup>。其中一项研究中虽有部分病例(<20%)使用了 FNA 针,但分析显示针型差异并无统计学意义<sup>[35]</sup>。值得注意的是,其中两项研究中,EUS-FNB 组均采用了扇形穿刺技术<sup>[36-37]</sup>,其中 Kuo 等<sup>[37]</sup>的研究直接比较 EUS-FNB 扇形穿刺技术与 CH-EUS-FNB,虽诊断准确性相当,但扇形穿刺技术具有无需额外使用造影剂的成本优势。在上述所有研究中,仅两项研究指出,CH-EUS-FNA/FNB 可减少细针穿刺数,从而进一步降低穿刺操作相关风险<sup>[30,36]</sup>。但需注意 Sugimoto 等<sup>[30]</sup>在常规 EUS-FNA 组中 5 例患者使用 25 G 针头,其口径较小可能对采样次数产生干扰。

综上,当前多数研究未能证实 CH-EUS 引导穿刺能显著提高 SPLs 的 FNA/FNB 诊断效能,其原因可能涉及多个方面。首先,多数研究样本量小,统计效力不足;加之不同研究在设备型号、穿刺针规格、造影剂种类及剂量、操作者经验等方面存在一定异质性,导致难以识别出两组间实际存在的差异。同时,研究中扇形穿刺技术和 FNB 穿刺针的使用已提高了常规穿刺的诊断效能,可能影响 CH-EUS 所能带来的效益。另外,CH-EUS 依赖造影剂的实时显影,其增强效果具有时间限制性,且造影剂的额外使用可能增加操作时间,相对于标准 EUS-FNA/FNB 的增量效益是否足以覆盖额外成本,仍需基于具体临床实践进行综合成本效益评估。尽管如此,CH-EUS 在术前评估中仍具有重要价值,能够识别病灶内富血供区域与坏死或纤维化区域,有助于穿刺靶点的选择。未来应致力于开展高质量前瞻性研究,严格控制混杂因素;同时积极探索人工智能在提升增强模式识别

表 1 CH-EUS-FNA/FNB 对胰腺实性病变鉴别诊断的相关研究

作者	年份	研究类型	样本量(例)	技术比较	诊断效能				
					敏感度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	准确率 (%)
Hou 等 <sup>[29]</sup>	2015	回顾性研究	163	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22 G)	81.6 70.8	100 100	100 100	74.1 61.1	87.9 80.0
Sugimoto 等 <sup>[30]</sup>	2015	前瞻性随机研究	40	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22/25 G)	90.0 85.0	- -	- -	- -	90.0 85.0
Seicean 等 <sup>[31]</sup>	2017	前瞻性研究	51	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22 G)	82.9 73.2	100 100	100 100	61.0 55.0	86.5 78.5
Seicean 等 <sup>[32]</sup>	2020	前瞻性随机研究	148	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22 G)	87.6 85.5	100 100	100 100	54.3 50.0	89.2 88.5
Facciorusso 等 <sup>[33]</sup>	2020	回顾性研究+倾向评分匹配	362	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22 G)	87.6 80.0	100 100	100 100	56.0 41.5	89.3 82.5
Itonaga 等 <sup>[34]</sup>	2020	前瞻性研究	93	CH-EUS-FNA(22 G) EUS-FNA(22 G)	76.5 58.8	100 100	- -	- -	- -
Cho 等 <sup>[35]</sup>	2021	前瞻性随机研究	240	CH-EUS-FNA/FNB(19~25 G) EUS-FNA/FNB(19~25 G)	85.8 88.3	- -	- -	- -	- -
Lai 等 <sup>[36]</sup>	2022	回顾性研究	152	CH-EUS-FNB(22 G) EUS-FNB(22 G)	- -	- -	- -	- -	91.7 90.6
Kuo 等 <sup>[37]</sup>	2023	前瞻性随机研究	118	CH-EUS-FNB(22 G) EUS-FNB(22 G 扇形)	100 100	66.7 100	98.2 100	100 100	98.3 100

注: EUS-FNA 指超声内镜引导细针穿刺抽吸术; EUS-FNB 指超声内镜引导细针穿刺活检术; CH-EUS-FNA 指对比增强谐波超声内镜引导细针穿刺抽吸术; CH-EUS-FNB 指对比增强谐波超声内镜引导细针穿刺活检术;“-”表示无相关数据

准确性中的应用,以及利用人工智能实现富血供区的实时标注、穿刺时机与路径的预测,进而更准确评估 CH-EUS 引导穿刺的临床价值。

### 三、EUS-E 在 SPLs 中的应用

EUS-E 是一种结合 EUS 与弹性成像技术的无创检查方法。弹性成像有两种类型<sup>[38]</sup>,即应变弹性成像(strain elastography, SE)和剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE),本文主要讨论应变弹性成像。当腔内探头主动加压或生理性运动(如血管搏动)对组织施加应力,组织将发生应变<sup>[39]</sup>。正常胰腺弹性良好,表现为平滑轮廓及均匀等回声结构。然而,随着生理状态的变化(如衰老、胰腺炎、恶性肿瘤等),组织硬化和弹性改变。因此, EUS-E 通过评估组织受压后产生的应变分布差异,即可间接反映其相对硬度或弹性的差异,从而辅助病变鉴别。

#### 1. EUS-E 硬度评估与诊断效能分析

EUS-E 对组织硬度的评估主要采用定性和半定量方法。定性 EUS-E 以色标描述组织硬度,红/绿色区域表示较软组织,蓝色区域表示较硬组织;或建立不同的评分系统用于胰腺肿块的诊断,即四分法<sup>[40]</sup>与五分法<sup>[41]</sup>。半定量分析引入应变直方图(strain histogram, SH)和应变比(strain ratio, SR)两个参数进行分析。SR 计算为两个非重叠感兴趣区域(region of interest, ROI)的相对应变值比(B/A, B 为参考区, A 为病变区);SH 则量化 ROI 内平均应变值并绘制直方图<sup>[39]</sup>。半定量分析可减少定性分析的主观性及观察者间差异。

国内学者 Zhang 等<sup>[42]</sup>对 19 项研究(1 687 例患者, 1 703 个胰腺肿块)的 meta 分析显示,定性法区分胰腺肿块良恶性的汇总敏感度和特异度为 98% 和 63%;半定量法汇

总敏感度和特异度为 95% 和 61%,其中 SR 法为 95% 和 67%,SH 法 96% 和 55%。分析表明,定性法与半定量法的诊断效能差异无统计学意义。半定量法在 SPLs 良恶性鉴别诊断中的效用已在许多研究中进行了评估<sup>[43-50]</sup>,已定义不同的临界值(表 2)。不同研究临界值及诊断效能差异较大,还需进一步比较两种半定量分析方法的差异;同时这反映出不同研究在患者人群、EUS-E 设备、操作者经验、参考标准(如最终诊断依据)、ROI 选择方法及临界值定义上的异质性。

使用诊断性试验准确性质量评价工具 QUADAS-2 及 Review Manager 5.4 软件对表 1 及表 2 文献进行质量评价,制作风险偏倚评价表,由两位研究者独立评估,如有差异,通过第三位研究者讨论解决差异。具体结果见图 1、2。

#### 2. EUS-E 引导靶向 EUS-FNA/FNB

EUS-E 不能替代组织学活检,但可辅助病灶性质判定、边界界定及引导靶向取样<sup>[51]</sup>。理论上, EUS-E 引导 FNA/FNB (EUS-E-FNA/FNB)可靶向穿刺蓝色硬区,选择性避开红/绿色软区(可能对应坏死),从而提高细针穿刺的标本质量和诊断率。

早期 Jafri 等<sup>[52]</sup>报道了 13 例 EUS-E-FNA 的研究,由于样本量有限,未能证实 EUS-E 引导靶向穿刺的临床价值。随后, Facciorusso 等<sup>[53]</sup>对 54 例患者进行回顾性分析,研究指出 EUS-E-FNA 诊断 SPLs 的敏感度、特异度和准确率分别为 93.4%、100% 和 94.4%,优于常规应用 EUS-E 诊断(分别为 86.9%、75%、85.1%),展现出了良好的应用价值。然而,该研究未设计常规 EUS-FNA 对照组,使其结果对比论证力度受到限制。后来, Gheorghiu 等<sup>[54]</sup>开展了一项包含 60 例患者的前瞻性研究,对同一病变依次采用 EUS-E-FNA 和常规

表 2 超声内镜弹性成像半定量分析对胰腺实性病变良恶性鉴别诊断的不同研究对比

方法	作者	年份	研究类型	样本量(例)	临界值	敏感度(%)	特异度(%)	准确率(%)
应变比	Kim 等 <sup>[43]</sup>	2017	前瞻性研究	555	8.86	95.6	96.3	96.2
	Okasha 等 <sup>[44]</sup>	2018	前瞻性研究	325	4.2	95	63	87
					10.9	75	88	79
	Dyrla 等 <sup>[45]</sup>	2019	前瞻性研究	123	7.87~18.23	100	97.8	99.2
	Okasha 等 <sup>[47]</sup>	2021	前瞻性研究	100	3.04	95.83	61	86
	Bajaj 等 <sup>[49]</sup>	2023	前瞻性研究	52	17	94.8	57.4	74
Cho 等 <sup>[50]</sup>	2023	回顾性研究	134	17.14	68.2	86.4	77.3	
应变直方图	Costache 等 <sup>[46]</sup>	2020	前瞻性研究	97	80	100	29.63	80.41
					60	98.57	37.04	81.44
					40	92.86	55.56	82.47
					33	85.71	62.96	79.38
	Okasha 等 <sup>[47]</sup>	2021	前瞻性研究	100	97	89	43	76
Ohno 等 <sup>[48]</sup>	2021	回顾性研究	64	48.6	60.5	76.2	65.8	

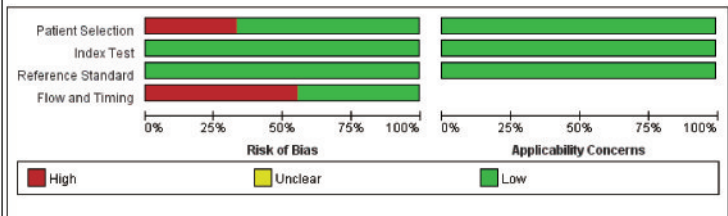
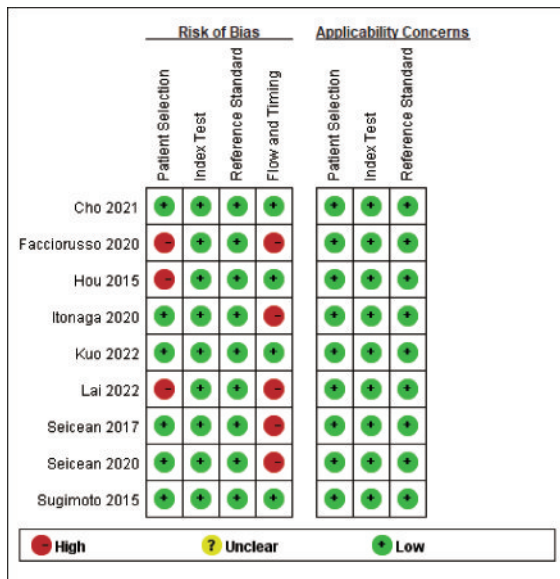


图 1 表 1 纳入研究的偏倚风险评价结果

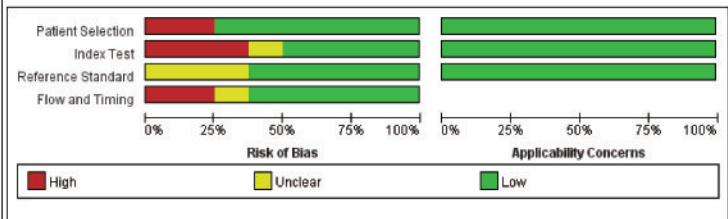
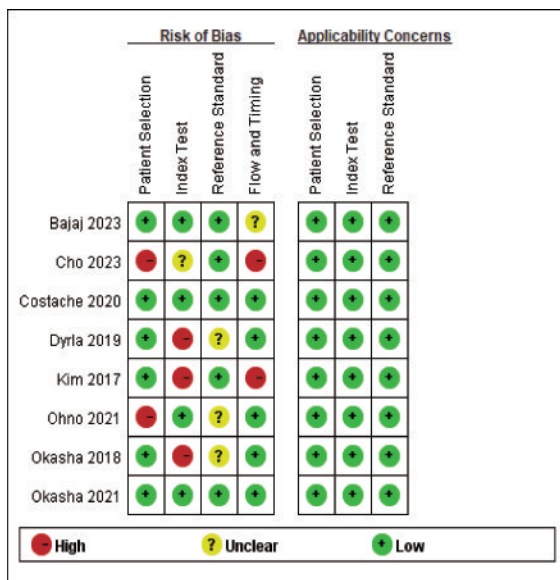


图 2 表 2 纳入研究的偏倚风险评价结果

EUS-FNA 进行穿刺,结果显示,EUS-E-FNA 和 EUS-FNA 诊断 SPLs 的敏感度分别为 89.5% 和 93% ( $P=0.4975$ ),准确率为 90.0% 和 93.3% ( $P=0.5135$ ),特异度均为 100%,表明两种方法具有相似的临床效用。与之不同,Nayak 等<sup>[55]</sup>一项随机对照试验纳入 40 例患者,将患者直接分组并比较两种穿刺方式,研究显示 EUS-E-FNA 组诊断敏感度、特异度、准确率为 82.3%、100%、85%,而常规 EUS-FNA 组为 87.5%、100%、90%,各指标差异同样无统计学意义。此研究再次显示两种方法在 SPLs 诊断效能方面差异无统计学意义。同时,有关研究在 EUS-E-FNB 方面也进行了探索。Ohno 等<sup>[56]</sup>一项前瞻性研究评估了 EUS-E-FNB 对 55 例 SPLs 的诊断价值,研究基于 EUS-E 表现将患者分为均质组与异质组,并在异质组中分别穿刺硬区与软区,结果显示,异质组硬区与软区在采样率(88% 比 92%)、诊断敏感度(92% 比 84%)、特异度(均为 100%)、组织学评分等方面差异均无统计学意义;异质组整体与均质组相比,差异亦无统计学意义。结果表明,EUS-E 所反映的组织弹性差异并不影响 EUS-FNB 的样本质量及诊断效能。进一步地, Lee 等<sup>[57]</sup>一项大规模回顾性研究( $n=652$ )分析了基于 SR 的肿瘤硬度与 EUS-TA 诊断效能间的关系,研究以 SR=27.4 临界值将患者分为高、低硬度组,结果显示,两组的 EUS-TA 诊断率差异无统计学意义(93.3% 比 92.6%,  $P=0.562$ ),但高硬度组所需的穿刺次数显著更多。这进一步表明,基于 EUS-E 测量的组织硬度对组织采集和诊断效能无影响。

综上,当前研究尚未能证实 EUS-E 引导靶向硬区穿刺可显著提高 SPLs 穿刺标本质量及诊断效能。除样本量、内镜设备、穿刺针型号等潜在因素外,该技术还受限于肿瘤异质性、组织学复杂性、操作者技术等多重因素。慢性胰腺炎基础上可能难以准确区分炎性硬化与恶性硬化;同时病变部位及穿刺部位的选择一定程度上影响探头施加的压力,从而影响图像质量及术者判读。尽管如此,EUS-E 在 SPLs 诊断中的辅助价值仍值得进一步探索。未来应推动人工智能辅助 EUS-E 半定量分析技术的研发与验证,实现 SR、SH 等参数的自动化提取与标准化判读,减少人工判读的主观性误差,并通过多中心研究验证人工智能辅助系统对 EUS-E 引导靶向穿刺诊断效能的提升作用。同时,应加强基础研究,深入探索组织硬度与肿瘤组织(如纤维化比例、细胞密度、坏死程度)之间的组织学关联,为其临床转化提供理论依据。

#### 四、总结与展望

虽然 CH-EUS 与 EUS-E 在理论上能够通过识别富血供或高硬度区域优化靶向穿刺,提高对 SPLs 的诊断效能,但当前临床研究并未显著证实该优势,反映出理论预期与有限临床应用间存在一定矛盾。这一矛盾可能源于多方面因素:首先,现有研究多为单中心、回顾性、小样本研究,存在一定偏倚;其次,不同研究在设备型号、穿刺针规格、造影剂使用及操作者经验等方面存在差异,导致结果难以直接比较;此外,

CH-EUS 依赖造影剂的实时显影,增强效果具有时效性,而 EUS-E 则可能与病变部位、穿刺部位及探头施加压力有关,且两种成像模式均受操作者图像判读主观性的影响。另一方面,部分研究中 FNB 穿刺针、扇形采样技术以及病理医师快速现场细胞学评估的应用,使得常规 EUS-FNA/FNB 的诊断效能已有提升,在一定程度上降低了 CH-EUS 与 EUS-E 可能带来的效益。同时,胰腺病变固有的组织学复杂性,如慢性炎症背景、血管侵犯,也增加了通过成像特征精准分析的难度。

尽管如此,CH-EUS 与 EUS-E 在术前评估尤其对常规 EUS 难以确诊或初次取样失败的病例仍具有重要辅助价值。未来应致力于开展大样本、多中心、随机对照试验,尽可能统一影像判读、穿刺技术(如统一使用 22 G、扇形手法等)、病理诊断标准,进一步进行临床验证。后续研究还应继续探索多种先进成像模式,如剪切波弹性成像、D-eFLOW 成像等与 EUS-TA 技术的融合,以及深入研究组织硬度与血流特征同肿瘤微环境之间的组织学关联。同时,研究应拓展人工智能辅助图像定性识别与定量分析的应用,实现增强区域自动分割、弹性参数实时计算、穿刺路径规划等。我们相信,未来通过上述方面共同努力,将推动 EUS-TA 技术向智能化、精准化、个体化诊疗方向持续发展。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

#### 参 考 文 献

- [1] Şolea SF, Brisc MC, Orăşeanu A, et al. Revolutionizing the pancreatic tumor diagnosis: emerging trends in imaging technologies: a systematic review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60(5):695. DOI: 10.3390/medicina60050695.
- [2] Poiraud M, Gkolfakis P, Arvanitakis M. Recent developments in the field of endoscopic ultrasound for diagnosis, staging, and treatment of pancreatic lesions[J]. *Cancers (Basel)*, 2023, 15(9):2547. DOI: 10.3390/cancers15092547.
- [3] Kamata K, Kitano M, Omoto S, et al. New endoscopic ultrasonography techniques for pancreaticobiliary diseases[J]. *Ultrasonography*, 2016, 35(3): 169-179. DOI: 10.14366/usg.15042.
- [4] Sun L, Li Y, Song Q, et al. The factors that influence the diagnostic accuracy and sample adequacy of EUS-guided tissue acquisition for the diagnosis of solid pancreatic lesions [J]. *Endosc Ultrasound*, 2024, 13(3): 183-189. DOI: 10.1097/eus.000000000000060.
- [5] ASGE Standards of Practice Committee, Machicado JD, Sheth SG, et al. American Society for Gastrointestinal Endoscopy guideline on role of endoscopy in the diagnosis and management of solid pancreatic masses: methodology and review of evidence[J]. *Gastrointest Endosc*, 2024, 100(5): e1-e78. DOI: 10.1016/j.gie.2024.06.003.
- [6] Nawacki Ł, Gorczyca-Głowacka I, Zieliński P, et al. A 22-G or a 25-G needle: which one to use in the diagnostics of solid pancreatic lesions? A systematic review and meta-analysis[J]. *Cancers (Basel)*, 2024, 16(12): 2266. DOI: 10.3390/cancers16122266.
- [7] Chalhoub JM, Hawa F, Grantham T, et al. Effect of the

- number of passes on diagnostic performance of EUS fine-needle biopsy of solid pancreatic masses: a systematic review and meta-analysis[J]. *Gastrointest Endosc*, 2024,100(4): 595-604.e8. DOI: 10.1016/j.gie.2024.05.022.
- [8] Facciorusso A, Crinò SF, Ramai D, et al. Comparative diagnostic performance of different techniques for EUS-guided fine-needle biopsy sampling of solid pancreatic masses: a network meta-analysis[J]. *Gastrointest Endosc*, 2023, 97(5): 839-848.e5. DOI: 10.1016/j.gie.2023.01.024.
- [9] Magahis PT, Westerveld D, Simons M, et al. Outcomes of endoscopic ultrasound-guided fine needle biopsy using a novel hydrostatic stylet tissue acquisition technique[J]. *J Clin Gastroenterol*, 2024, 58(4): 407-414. DOI: 10.1097/MCG.0000000000001934.
- [10] Cai Y, Rao X, Zhang J, et al. A rapid on-line evaluation (ROLE) protocol in the diagnostic performance improvement in endoscopic ultrasound-guided tissue acquisition for solid pancreatic lesions[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14(6): 597. DOI: 10.3390/diagnostics14060597.
- [11] Huang J, Cheng G, Wu W, et al. Macroscopic on-site magnifier-based evaluation to estimate visible tissue core cut-off lengths using EUS-FNA with 22-gauge needles[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2024, 137(4): 493-495. DOI: 10.1097/CM9.0000000000002972.
- [12] 潘承业, 李诗钰, 王凯旋, 等. 新型超声内镜穿刺活检针在胰腺实性病变中的应用进展[J]. *中华消化内镜杂志*, 2023, 40(10): 841-844. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20230309-00388.
- [13] Ishikawa T, Suzuki H, Hori Y, et al. Randomized trial comparing the Franseen needle versus 2 types of sharpened-tip 3-prong needles in EUS-guided tissue acquisition from solid pancreatic lesions[J]. *Gastrointest Endosc*, 2025, 102(5): 703-713. DOI: 10.1016/j.gie.2025.03.641.
- [14] Ko SW, Jo IH, Yoon SB. Feasibility and clinical utility of endoscopic ultrasound-guided tissue acquisition for comprehensive genomic profiling in pancreatic cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Pancreatol*, 2025, 25(1):89-97. DOI: 10.1016/j.pan.2024.12.012.
- [15] Wang MJ, Gao C, Huang X, et al. Establishing pancreatic cancer organoids from EUS-guided fine-needle biopsy specimens[J]. *Cancers (Basel)*, 2025,17(4):692. DOI: 10.3390/cancers17040692.
- [16] Krishnan K, Bhutani MS, Aslanian HR, et al. Enhanced EUS imaging (with videos) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2021, 93(2): 323-333. DOI: 10.1016/j.gie.2020.06.075.
- [17] Alvarez-Sánchez MV, Napoléon B. Contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasound imaging: basic principles, present situation and future perspectives[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(42): 15549-15563. DOI: 10.3748/wjg.v20.i42.15549.
- [18] Nakai A, Kamata K, Hyodo T, et al. Utility of contrast-enhanced harmonic EUS for diagnosis of portal vein invasion by pancreatic cancer[J]. *Endosc Ultrasound*, 2022, 11(5):401-406. DOI: 10.4103/EUS-D-21-00185.
- [19] Emori T, Nuta J, Kawaji Y, et al. Value of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasound for diagnosing hepatic metastases of pancreatic cancer: a prospective study[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2021,36(12):3402-3409. DOI: 10.1111/jgh.15661.
- [20] Yamashita Y, Ashida R, Kojima F, et al. Utility of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography for prediction of pathological response after neoadjuvant chemotherapy in patients with pancreatic cancer[J]. *Pancreatol*, 2023, 23(8): 1014-1019. DOI: 10.1016/j.pan.2023.10.016.
- [21] Cho MK, Moon SH, Song TJ, et al. Contrast-enhanced endoscopic ultrasound for differentially diagnosing autoimmune pancreatitis and pancreatic cancer[J]. *Gut Liver*, 2018,12(5):591-596. DOI: 10.5009/gnl17391.
- [22] Dong Y, D'Onofrio M, Hocke M, et al. Autoimmune pancreatitis: imaging features[J]. *Endosc Ultrasound*, 2018, 7(3):196-203. DOI: 10.4103/eus.eus\_23\_17.
- [23] Kitano M, Kudo M, Yamao K, et al. Characterization of small solid tumors in the pancreas: the value of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography[J]. *Am J Gastroenterol*, 2012,107(2):303-310. DOI: 10.1038/ajg.2011.354.
- [24] Yamashita Y, Shimokawa T, Ashida R, et al. Comparison of endoscopic ultrasonography with and without contrast enhancement for characterization of pancreatic tumors: a meta-analysis[J]. *Endosc Int Open*, 2022, 10(4): E369-E377. DOI: 10.1055/a-1782-5033.
- [25] Saftoiu A, Vilmann P, Dietrich CF, et al. Quantitative contrast-enhanced harmonic EUS in differential diagnosis of focal pancreatic masses (with videos)[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015,82(1):59-69. DOI: 10.1016/j.gie.2014.11.040.
- [26] Iwasa Y, Iwashita T, Ichikawa H, et al. Efficacy of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasound for pancreatic solid tumors with a combination of qualitative and quantitative analyses: a prospective pilot study[J]. *Dig Dis Sci*, 2022,67(3):1054-1064. DOI: 10.1007/s10620-021-06931-5.
- [27] Kanazawa K, Chiba M, Kato M, et al. Diagnostic dilemma of biliopancreatic contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(8): 1983. DOI: 10.3390/diagnostics12081983.
- [28] Kamata K, Takenaka M, Omoto S, et al. Impact of avascular areas, as measured by contrast-enhanced harmonic EUS, on the accuracy of FNA for pancreatic adenocarcinoma[J]. *Gastrointest Endosc*, 2018, 87(1): 158-163. DOI: 10.1016/j.gie.2017.05.052.
- [29] Hou X, Jin Z, Xu C, et al. Contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration in the diagnosis of solid pancreatic lesions: a retrospective study[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0121236. DOI: 10.1371/journal.pone.0121236.
- [30] Sugimoto M, Takagi T, Hikichi T, et al. Conventional versus contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography-guided fine-needle aspiration for diagnosis of solid pancreatic lesions: a prospective randomized trial[J]. *Pancreatol*, 2015, 15(5): 538-541. DOI: 10.1016/j.pan.2015.06.005.
- [31] Seicean A, Badea R, Moldovan-Pop A, et al. Harmonic contrast-enhanced endoscopic ultrasonography for the guidance of fine-needle aspiration in solid pancreatic masses [J]. *Ultraschall Med*, 2017, 38(2): 174-182. DOI: 10.1055/s-0035-1553496.
- [32] Seicean A, Samarghitan A, Bolboacă SD, et al. Contrast-enhanced harmonic versus standard endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration in solid pancreatic lesions: a single-center prospective randomized trial[J]. *Endoscopy*, 2020, 52(12): 1084-1090. DOI: 10.1055/a-1193-4954.

- [33] Facciorusso A, Cotsoglou C, Chierici A, et al. Contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration versus standard fine-needle aspiration in pancreatic masses: a propensity score analysis[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2020, 10(10): 792. DOI: 10.3390/diagnostics10100792.
- [34] Itonaga M, Kitano M, Kojima F, et al. The usefulness of EUS-FNA with contrast-enhanced harmonic imaging of solid pancreatic lesions: a prospective study[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2020,35(12):2273-2280. DOI: 10.1111/jgh.15144.
- [35] Cho IR, Jeong SH, Kang H, et al. Comparison of contrast-enhanced versus conventional EUS-guided FNA/ fine-needle biopsy in diagnosis of solid pancreatic lesions: a randomized controlled trial[J]. *Gastrointest Endosc*, 2021, 94(2):303-310. DOI: 10.1016/j.gie.2021.01.018.
- [36] Lai JH, Lin CC, Lin HH, et al. Is contrast-enhanced endoscopic ultrasound-guided fine needle biopsy better than conventional fine needle biopsy? A retrospective study in a medical center[J]. *Surg Endosc*, 2022,36(8):6138-6143. DOI: 10.1007/s00464-022-09253-3.
- [37] Kuo YT, Chu YL, Wong WF, et al. Randomized trial of contrast-enhanced harmonic guidance versus fanning technique for EUS-guided fine-needle biopsy sampling of solid pancreatic lesions[J]. *Gastrointest Endosc*, 2023, 97(4): 732-740. DOI: 10.1016/j.gie.2022.12.004.
- [38] Iglesias-Garcia J, de la Iglesia-Garcia D, Lariño-Noia J, et al. Endoscopic ultrasound (EUS) guided elastography[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13(10): 1686. DOI: 10.3390/diagnostics13101686.
- [39] Dietrich CF, Bibby E, Jenssen C, et al. EUS elastography: how to do it? [J]. *Endosc Ultrasound*, 2018, 7(1): 20-28. DOI: 10.4103/eus.eus\_49\_17.
- [40] Iglesias-Garcia J, Larino-Noia J, Abdulkader I, et al. EUS elastography for the characterization of solid pancreatic masses [J]. *Gastrointest Endosc*, 2009, 70(6): 1101-1108. DOI: 10.1016/j.gie.2009.05.011.
- [41] Giovannini M, Hookey LC, Bories E, et al. Endoscopic ultrasound elastography: the first step towards virtual biopsy? Preliminary results in 49 patients[J]. *Endoscopy*, 2006, 38(4): 344-348. DOI: 10.1055/s-2006-925158.
- [42] Zhang B, Zhu F, Li P, et al. Endoscopic ultrasound elastography in the diagnosis of pancreatic masses: a meta-analysis[J]. *Pancreatol*, 2018, 18(7): 833-840. DOI: 10.1016/j.pan.2018.07.008.
- [43] Kim SY, Cho JH, Kim YJ, et al. Diagnostic efficacy of quantitative endoscopic ultrasound elastography for differentiating pancreatic disease[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2017,32(5):1115-1122. DOI: 10.1111/jgh.13649.
- [44] Okasha HH, Mahdy RE, Elkholy S, et al. Endoscopic ultrasound (EUS) elastography and strain ratio, could it help in differentiating malignant from benign pancreatic lesions? [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(36): e11689. DOI: 10.1097/MD.00000000000011689.
- [45] Dyrła P, Gil J, Niemczyk S, et al. Elastography in the diagnosis of pancreatic malignancies[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2019,1133:41-48. DOI: 10.1007/5584\_2018\_303.
- [46] Costache MI, Cazacu IM, Dietrich CF, et al. Clinical impact of strain histogram EUS elastography and contrast-enhanced EUS for the differential diagnosis of focal pancreatic masses: a prospective multicentric study[J]. *Endosc Ultrasound*, 2020, 9(2):116-121. DOI: 10.4103/eus.eus\_69\_19.
- [47] Okasha HH, El-Amin H, Sayed ZE, et al. Role of endoscopic ultrasound elastography strain histograms in the evaluation of patients with pancreatic masses[J]. *Turk J Gastroenterol*, 2021, 32(6):519-525. DOI: 10.5152/tjg.2021.20678.
- [48] Ohno E, Kawashima H, Ishikawa T, et al. Diagnostic performance of endoscopic ultrasonography-guided elastography for solid pancreatic lesions: shear-wave measurements versus strain elastography with histogram analysis[J]. *Dig Endosc*, 2021, 33(4): 629-638. DOI: 10.1111/den.13791.
- [49] Bajaj K, Yaseen T, Tasneem AA, et al. Role of endoscopic ultrasound in predicting solid pancreatic lesions using strain ratio and elastography[J]. *Euroasian J Hepatogastroenterol*, 2023,13(1):1-4. DOI: 10.5005/jp-journals-10018-1386.
- [50] Cho IR, Jeong SH, Kang H, et al. Diagnostic performance of endoscopic ultrasound elastography for differential diagnosis of solid pancreatic lesions: a propensity score-matched analysis[J]. *Pancreatol*, 2023,23(1):105-111. DOI: 10.1016/j.pan.2022.12.002.
- [51] Lewey SM. Top tips in EUS elastography (with videos) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2023, 97(3): 574-584. DOI: 10.1016/j.gie.2022.10.029.
- [52] Jafri M, Sachdev AH, Khanna L, et al. The role of real time endoscopic ultrasound guided elastography for targeting EUS-FNA of suspicious pancreatic masses: a review of the literature and a single center experience[J]. *JOP*, 2016, 17(5): 516-524.
- [53] Facciorusso A, Martina M, Buccino RV, et al. Diagnostic accuracy of fine-needle aspiration of solid pancreatic lesions guided by endoscopic ultrasound elastography[J]. *Ann Gastroenterol*, 2018, 31(4): 513-518. DOI: 10.20524/aog.2018.0271.
- [54] Gheorghiu M, Sparchez Z, Rusu I, et al. Direct comparison of elastography endoscopic ultrasound fine-needle aspiration and b-mode endoscopic ultrasound fine-needle aspiration in diagnosing solid pancreatic lesions[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(3): 1302. DOI: 10.3390/ijerph19031302.
- [55] Nayak HK, Rai A, Gupta S, et al. Endoscopic ultrasound (EUS) elastography-guided fine-needle aspiration cytology (FNAC) versus conventional EUS FNAC for solid pancreatic lesions: a pilot randomized trial[J]. *Indian J Gastroenterol*, 2025,44(6):872-877. DOI: 10.1007/s12664-024-01673-4.
- [56] Ohno E, Kawashima H, Ishikawa T, et al. The role of EUS elastography-guided fine needle biopsy in the histological diagnosis of solid pancreatic lesions: a prospective exploratory study[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 16603. DOI: 10.1038/s41598-022-21178-4.
- [57] Lee TS, Lee SH, Kim J, et al. Increased needle passes for comparable diagnostic yield in endoscopic ultrasound-guided tissue acquisition for pancreatic stiff lesions measured by elastography[J]. *Pancreatol*, 2024, 24(7): 1192-1198. DOI: 10.1016/j.pan.2024.09.011.