·诊治分析·

CEUS 灌注特征联合 VTIQ 定量参数在乳腺癌 SLN 性质诊断中的应用

赵红，叶爱莲，余燕青，毕云飞，叶瑞忠

【关键词】 超声造影；声触诊组织成像定量参数；乳腺癌；前哨淋巴结
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.12.021
【中图分类号】 R737.9　【文献标志码】 A　【文章编号】 1671-0800(2025)12-1291-04

乳腺癌是女性常见恶性肿瘤，术前精准评估前哨淋巴结（sentinel lymph node，SLN）性质，对指导治疗、改善预后至关重要[1-3]。超声因其无创、便捷、经济等优点，常用于腋窝淋巴结评估，但传统超声鉴别良恶性的敏感性及特异性有限[4-5]。超声造影（contrast-enhanced ultrasound，CEUS）可动态观察微循环灌注，提高微小转移灶检出率[6-7]。声触诊组织成像定量（virtual touch tissues imaging quantification，VTIQ）能定量分析组织刚度，为诊断提供客观依据，然而单一技术应用仍有局限[8-9]。本研究探讨 CEUS 联合 VTIQ 在乳腺癌 SLN 性质判别中的价值，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　选取 2022 年 1 月至 2025 年 1 月在淳安县第一人民医院治疗的 103 例乳腺癌患者，均为女性，年龄 43 ～ 72 岁，平均（54.4±9.9）岁；体质量指数 19.20 ～ 24.40 kg/m^2，平均（21.50±1.30）kg/m^2。纳入标准：（1）经病理学确诊；（2）接受常规超声、CEUS 及剪切波弹性成像检查。排除标准：（1）有放化疗等抗肿瘤治疗史，（2）有穿刺活检史，（3）合并其他恶性肿瘤，（4）妊娠期或哺乳期女性。本研究获得淳安县第一人民医院伦理委员会批准（2025-01-03-01），所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　CEUS 检查　采用 Philips iU22 超声系统及 L15 高频探头进行检查。对比剂使用 SonoVue，经 0.9%氯化钠注射液复溶后备用。患者取仰卧位，于乳晕区皮内分点注射对比剂，并沿乳头-腋窝轴向按摩以促进淋巴显影。在双幅造影模式下动态观察，将首次显影的淋巴结定义为 SLN，并记录其形态、边界、内部回声等特征。根据增强模式，将 SLN 分为 4 型[10]：I 型（均匀增强）、II 型（混杂增强）、III 型（周边环状增强）和 IV 型（无/微弱增强）。

1.2.2　剪切波弹性成像检查　在 VTIQ 模式下，对已标记的 SLN 进行检测。操作时注意手法轻柔和患者配合，以获取稳定的弹性图像。弹性质量图以颜色标示信号质量，弹性模量图用色谱实时显示组织刚度。根据弹性分布是否均匀，选取 7 个感兴趣区（ROI）测量剪切波速度（SWV），计算其最大值、最小值和平均值。质量控制在邻近均质脂肪处校准，色阶均匀表明数据可靠。所有图像由两名副主任医师独立评估，意见不一致时协商达成共识。

1.2.3　病理检查　于乳腺肿瘤周边 4 个象限分别皮内注射 1%亚甲蓝溶液，累计总量 4 ml。注射完毕后予以适度按摩，随即于术中开展蓝染淋巴管的精细解剖，精准分离并获取 SLN 以送检。阳性判定标准为：在淋巴结内可清晰观察到棕黄色染色的上皮细胞团，且背景染色呈现清晰状态[11]。

1.3　统计方法　采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析，计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数资料采用 χ^2 检验；多因素分析采用 Logistic 回归分析；绘制受试者工作特征（ROC）曲线评估各指标的预测价值。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

基金项目：浙江省医药卫生科技计划项目（2023XY142）
作者单位：311700 浙江省淳安，淳安县第一人民医院
通信作者：叶瑞忠，Email：13758142290@139.com

2 结果

2.1 病理结果 103 例乳腺癌患者，共检出 144 枚 SLN，术后病理检查转移性 SLN 58 枚，非转移性 SLN 86 枚。

2.2 转移性和非转移性 SLN 超声特征比较 转移性 SLN 长/短径比≤2、皮质厚度＞ 3.0 mm、形态不规则及内部回声不均匀比例均高于非转移性 SLN（均 $P < 0.05$），而增强模式Ⅰ型比例低于非转移性 SLN（$P < 0.05$），见表 1。

2.3 转移性和非转移性 SLN VTIQ 定量参数比较 转移性 SLN SWV 最大值、最小值和平均值均高于非转移性 SLN（均 $P < 0.05$）；两组周围脂肪 SWV 差异无统计学意义（$P > 0.05$），见表 2。

2.4 多因素 Logistic 回归分析 将长/短径比、皮质厚度、形态不规则、内部回声、增强模式、SWV 最大值、SWV 最小值和 SWV 平均值作为因变量，以是否为转移性作为自变量进行 Logistic 回归分析。结果显示皮质厚度、内部回声、增强模式及 SWV 平均值是转移性 SLN 的影响因素（均 $P < 0.05$），见表 3。

2.5 转移性 SLN 诊断模型的效能分析 根据因素分析构建模型：Logit（P）=0.898×皮质厚度+0.812×内部回声+1.332×增强模式+0.877×SWV 平均值−6.664。ROC 曲线分析显示，该模型诊断转移性 SLN 的 ROC 曲线下面积为 0.916（95%*CI*：0.879～0.954，$P < 0.05$），灵敏性和特异性分别为 86.60%和 82.90%，见图 1。

表 1 转移性和非转移性 SLN 超声特征比较 例（%）

指标	转移性（n=58）	非转移性（n=86）	χ^2 值	P 值
长/短径比			7.29	＜ 0.05
＞ 2	26（44.83）	58（67.44）		
≤2	32（55.17）	28（32.56）		
皮质厚度（mm）			30.25	＜ 0.05
＞ 3.0	41（70.69）	21（24.42）		
≤3.0	17（29.31）	65（75.58）		
边界模糊			0.30	＞ 0.05
是	39（67.24）	54（62.79）		
否	19（32.76）	32（37.21）		
形态不规则			7.45	＜ 0.05
是	35（60.34）	32（37.21）		
否	23（39.66）	54（62.79）		
内部回声			15.45	＜ 0.05
不均匀	36（62.07）	25（29.07）		
均匀	22（37.93）	61（70.93）		
淋巴门回声			0.67	＞ 0.05
正常	37（63.79）	49（56.98）		
异常	21（36.21）	37（43.02）		
增强模式			50.26	＜ 0.05
Ⅰ型	11（18.97）	65（75.58）		
Ⅱ型	17（29.31）	12（13.95）		
Ⅲ型	19（32.76）	9（10.47）		
Ⅳ型	11（18.97）	0		

注：SLN 为前哨淋巴结

3 讨论

本研究结果显示，在检出的 144 枚 SLN 中，病理确诊转移性 SLN 为 58 枚，非转移性 SLN 为 86 枚。该检出情况与文献报道相近[12-13]，进一步证实了 SLN 转移在乳腺癌中的普遍性。

本研究结果显示，转移性 SLN 与非转移性 SLN 的超声影像特征存在显著差异。转移性 SLN 更常表现为长/短径比≤2、皮质厚度＞ 3.0 mm、形态不规

表 2 转移性和非转移性 SLN VTIQ 定量参数比较 m/s

指标	转移性（n=58）	非转移性（n=86）	t 值	P 值
SWV 最大值	3.34±0.65	2.72±0.59	5.94	＜ 0.05
SWV 最小值	2.42±0.41	1.88±0.34	8.60	＜ 0.05
SWV 平均值	2.82±0.42	2.22±0.51	7.42	＜ 0.05
周围脂肪 SWV	1.26±0.18	1.25±0.10	0.43	＞ 0.05

注：SLN 为前哨淋巴结，VTIQ 为声触诊组织成像定量，SWV 为剪切波速度

表 3 多因素 Logistic 回归分析

指标	b 值	SE 值	$Wald$ 值	P 值	OR 值（95%*CI*）
长/短径比	0.112	0.554	0.04	＞ 0.05	1.119（0.378～3.313）
皮质厚度	0.898	0.223	16.22	＜ 0.05	2.455（1.586～3.800）
形态不规则	0.334	0.401	0.69	＞ 0.05	1.397（0.636～3.065）
内部回声	0.812	0.201	16.32	＜ 0.05	2.252（1.519～3.304）
增强模式	1.332	0.254	27.50	＜ 0.05	3.789（2.303～6.233）
SWV 最大值	0.332	0.602	0.30	＞ 0.05	1.394（0.428～4.535）
SWV 最小值	0.289	0.443	0.43	＞ 0.05	1.335（0.560～3.181）
SWV 平均值	0.877	0.215	16.64	＜ 0.05	2.404（1.577～3.663）
常数项	−6.664	1.323	25.37	＜ 0.05	

注：SWV 为剪切波速度

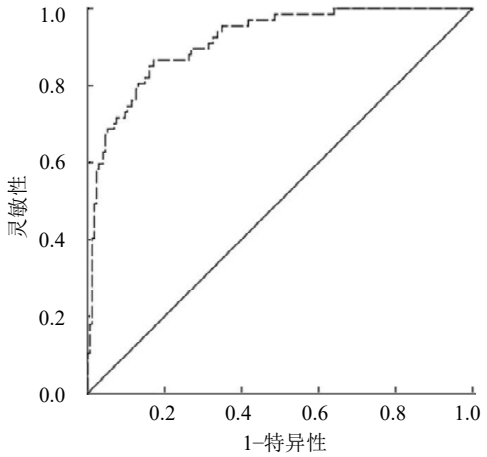


图 1　转移性前哨淋巴结诊断模型效能的 ROC 曲线图

则及内部回声不均匀。这些特征与肿瘤细胞浸润、增殖导致的结构改变有关[14]。

既往研究指出[15]，转移性 SLN 内肿瘤细胞会破坏正常血管结构，导致灌注不均。本研究中转移性 SLN 的Ⅰ型均匀增强比例显著较低，这与肿瘤相关血管结构异常、对比剂分布不匀有关。转移性 SLN 常因肿瘤细胞局部浸润形成局部充盈缺损，多表现为不均匀增强（Ⅱ型）或周围完整或不完整的环形增强（Ⅲ型）。Ⅱ型增强是肿瘤局部浸润形成局部充盈缺损所致。对于Ⅲ型增强，既往研究认为由于肿瘤细胞在实质中形成，并与周围淋巴组织混合诱导新血管形成，新血管分布不均导致对比剂呈现环形增强及实质不均匀分布[16-17]。而当肿瘤细胞浸润大部分正常淋巴组织或主要淋巴管被阻塞时，则呈现无增强或弱增强（Ⅳ型）。相比之下，非转移性 SLN 中Ⅰ型增强模式更为常见，但本研究仍观察到部分病例（12 例Ⅱ型、9 例Ⅲ型）存在异常增强表现，这可能与局部淋巴组织轻微病变、血管分布差异等因素有关。此外，注射部位、按摩力度等操作因素也可能影响微泡稳定性，进而对增强模式判断造成干扰[18]。

本研究结果显示，转移性 SLN 的 SWV 最大值、最小值及平均值均显著高于非转移性 SLN，而两组周围脂肪的 SWV 值则无显著差异。其机制主要与肿瘤细胞浸润有关：当乳腺癌细胞侵入 SLN 后，会在淋巴窦及实质内异常增殖，导致局部及整体细胞密度升高、间质压力增加，从而引起淋巴结硬度上升，表现为 SWV 各值的显著增高[19]。平均 SWV 值反映了淋巴结的整体硬度状态，其升高提示肿瘤的广泛浸润[20]。此外，周围脂肪组织因未直接受浸润，其 SWV 值在两组间无差异，这排除了周围组织的干扰，进一步证实了 SLV 硬度改变对转移的特异性提示作用。

Logistic 回归分析显示，皮质厚度、内部回声、增强模式和 SWV 平均值是 SLN 转移的独立影响因素。基于此建立的诊断模型具有较高的诊断效能（*AUC*=0.916，灵敏度 86.60%，特异性 82.90%），可为术前评估和临床决策提供可靠依据。本研究结合 CEUS 与 VTIQ 进行多模态分析，不仅从形态学上揭示了转移 SLN 的特征（如皮质增厚、形态不规则），还通过 SWV 定量评估了其硬度变化，为理解 SLN 转移机制提供了新视角。然而，本研究样本量有限，且未分析不同病理类型或分子亚型的影响，有待未来进一步深入探讨。

综上所述，基于 CEUS 灌注特征联合 VTIQ 定量参数构建诊断模型，对乳腺癌转移性和非转移性 SLN 有较好的诊断价值，值得临床使用。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参　考　文　献

[1] MARME F, KRIEGHOFF-HENNING E, GERBER B, et al. Deep learning to predict breast cancer sentinel lymph node status on INSEMA histological images[J]. Eur J Cancer, 2023, 195: 113390.

[2] VAZQUEZ J C, PINERO A, DE CASTRO F J, et al. The value of sentinel lymph-node biopsy in women with node-positive breast cancer at diagnosis and node-negative tumour after neoadjuvant therapy: A systematic review[J]. Clin Transl Oncol, 2023, 25(2): 417-428.

[3] WEI C Y, DENG Y Q, WEI S S, et al. Lymphovascular invasion is a significant risk factor for non-sentinel nodal metastasis in breast cancer patients with sentinel lymph node (SLN)-positive breast cancer: A cross-sectional study[J]. World J Surg Oncol, 2023, 21 (1): 386.

[4] MACHADO P, LIU J B, NEEDLEMAN L, et al. Sentinel lymph node identification in patients with breast cancer using lymphosonography[J]. Ultrasound Med Biol, 2023, 49(2): 616-625.

[5] LIU X, WANG M H, WANG Q, et al. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound for sentinel lymph node metastasis in breast cancer: An updated meta-analysis[J]. Breast Cancer Res Treat, 2023, 202(2): 221-231.

[6] ROCCO N, VELOTTI N, PONTILLO M, et al. New techniques versus standard mapping for sentinel lymph node biopsy in breast cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. Updat Surg, 2023, 75(6): 1699-1710.

[7] OMOTO K, FUTSUHARA K, WATANABE T. Sentinel lymph node identification using contrast-enhanced ultrasound in breast cancer: Review of the literature[J]. J Med Ultrason, 2024, 51(4):

581-585.
[8] SHAHRIARIRAD R, MESHKATI YAZD S M, FATHIAN R, et al. Prediction of sentinel lymph node metastasis in breast cancer patients based on preoperative features: A deep machine learning approach[J]. Sci Rep, 2024, 14: 1351.
[9] 贾妍,蒲欢,彭娟,等.超声造影联合声触诊组织成像定量技术诊断乳腺癌前哨淋巴结[J]. 中国医学影像技术,2021,37(5):698-701.
[10] 刘微微,舒开凤,糜春,等.术前超声造影对乳腺癌前哨淋巴结转移的预测价值[J].蚌埠医学院学报, 2023, 48(3):387-390.
[11] ZHANG D Q, SVENSSON M, EDEN P, et al. Identification of sentinel lymph node macrometastasis in breast cancer by deep learning based on clinicopathological characteristics[J]. Sci Rep, 2024, 14: 26970.
[12] OMRANIPOUR R, ABASSI M, NAZARIAN N, et al. Breast cancer sentinel lymph node detection rate: First large scale multi-centric data for technetium phytate[J]. Arch Iran Med, 2023, 26 (11): 618-622.
[13] 丁颖,李家菊,王国亮.乳腺癌患者HER2,CA153 表达与声触诊组织成像定量技术参数的相关性分析[J].中国医学装备, 2024, 21 (3):78-81.
[14] 吕菲菲,朱淑庆,崔月,等.多模态超声成像对乳腺癌前哨淋巴结转移的诊断价值[J].中国临床医学, 2023, 30(4):669-675.
[15] REIMER T. Omission of axillary sentinel lymph node biopsy in early invasive breast cancer[J]. Breast, 2023, 67: 124-128.
[16] 张迎舟,张宁,刘艳超,等.乳腺癌前哨淋巴结超声影像准确性多因素分析与豁免前哨淋巴结活检术的可行性研究 [J]. 中国医学装备, 2023, 20(8):61-65.
[17] 董维露,蔡婷,许华宁,等.乳腺癌前哨淋巴结经皮淋巴管超声造影结合临床病理特征的 Logistic 回归分析 [J]. 中华超声影像学杂志, 2023, 32(12):1083-1089.
[18] 祖潇,董维露,蔡婷,等.基于多模态超声特征构建乳腺癌前哨淋巴结转移列线图预测模型[J].中华超声影像学杂志, 2024, 33(10): 862-870.
[19] 刘小蓝,麦湘湘,孙章秀,等. 不同病理特征乳腺癌患者 BI-RADS 分类、剪切波速度及糖类抗原 153 的差异分析[J]. 临床超声医学杂志,2024,26(3):205-209.
[20] 周菊英,郭强,张子宁,等. 超声造影联合声触诊组织成像量化技术诊断乳腺癌前哨淋巴结的效能[J]. 临床与病理杂志,2022,42 (11):2648-2653.

收稿日期:2025-07-20
(本文编辑:吴迪汉)

IVIM 联合 TCL 在膀胱癌肌层浸润评估中的应用价值

叶正武,孟庆涛,潘宇宁

【关键词】 膀胱癌;体素内不相干运动成像;肿瘤基底接触长度
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.12.022
【中图分类号】 R737.14 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)12-1294-04

膀胱癌是泌尿系统最常见的恶性肿瘤,发病率和死亡率分别位居第 9 位及第 13 位。准确评估膀胱癌是否发生肌层浸润对制定适当的治疗策略至关重要。目前,临床上常规使用的超声、CT 及磁共振等影像学方法在肌层浸润的评估方面存在一定的局限性。功能性磁共振成像是一种新兴的技术,已经成为评估肿瘤微血管灌注和扩散的重要工具。其中体素内不相干运动成像(intravoxel incoherent motion,IVIM)技术已经相对比较成熟,其能通过定量测量磁共振图像中组织的扩散和灌注等微观运动所表达出的信号,计算出包括表观扩散系数(apparent diffusion coefficient,ADC)、真实扩散系数(true diffusion coefficient,D)、假扩散系数(pseudo-diffusion coefficient,D*)及灌注分数(perfusion fraction,f)等多个数值,目前已用于前列腺癌、乳腺癌等疾病的诊断[1-2],部分学者也将其用于膀胱癌肌层浸润的诊断[3]。本研究结合膀胱癌患者 IVIM 序列各参数和肿瘤基底接触长度(tumor contact length,TCL),探讨 IVIM 参数、TCL 对膀胱癌肌层侵犯的诊断价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 6 月至 2024 年 12 月滁州市第一人民医院收治的膀胱癌患者 78 例,其中女 15 例,男 63 例;年龄 24 ~ 94 岁,平均(59.0±35.0)

作者单位: 315211 宁波,宁波大学医学部(叶正武、潘宇宁);滁州市第一人民医院(孟庆涛)
通信作者: 潘宇宁,Email:panyuning@163.com