



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250607

http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250607

China Journal of General Surgery, 2026, 35(7):1464-1471.

· 简要论著 ·

超声造影联合血清CA15-3预测浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移的价值

夏青¹, 李晓咪¹, 张晓宇¹, 崔童星², 孟春荣³, 王红艳⁴

(1. 山东省青岛市中医医院/青岛大学附属青岛市海慈医院 超声医学科, 山东 青岛 266000; 山东省青岛市市立医院

2. 乳腺外科 4. 超声科, 山东 青岛 266000; 3. 山东省潍坊市中医院 超声科, 山东 潍坊 261041)

摘要

背景与目的: 腋窝淋巴结转移是影响浸润性乳腺癌(IBC)临床分期、治疗方案选择及患者预后的重要因素。超声造影能够反映肿瘤微循环灌注特征, 血清糖类抗原15-3(CA15-3)可反映肿瘤负荷, 两者联合用于术前预测IBC患者腋窝淋巴结转移的价值尚缺乏充分证据。本研究旨在探讨超声造影联合血清CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移的预测价值。

方法: 回顾性纳入山东省青岛市中医医院/青岛大学附属青岛市海慈医院2022年7月—2025年6月132例IBC患者, 根据术后病理结果分为转移组69例和非转移组63例。比较两组超声造影特征及血清CA15-3水平, 采用多因素Logistic回归分析腋窝淋巴结转移的独立影响因素, 采用受试者工作特征(ROC)曲线评价各指标及联合模型的预测效能。

结果: 与非转移组比较, 转移组低分化、脉管癌栓比例增加, 血清CA15-3水平更高; 增强后病灶范围扩大、灌注缺损比例及峰值强度(PI)水平均升高, 达峰时间(TTP)缩短(均 $P<0.05$)。多因素Logistic回归分析显示, 脉管癌栓、增强后病灶范围扩大、灌注缺损、PI升高和CA15-3升高是IBC患者腋窝淋巴结转移的独立危险因素, TTP延长是保护因素(均 $P<0.05$)。联合预测模型的ROC曲线下面积为0.908, 敏感度为86.24%, 特异度为89.65%, 预测效能优于各单项指标。

结论: 超声造影联合血清CA15-3能够提高IBC患者腋窝淋巴结转移的预测效能, 可为术前无创评估腋窝淋巴结状态提供参考。

关键词

乳腺肿瘤; 淋巴转移; 超声造影; 糖类抗原15-3

中图分类号: R737.9

浸润性乳腺癌(invasive breast cancer, IBC)是乳腺癌中最常见的病理类型, 以癌细胞突破乳腺导管或小叶腺泡的基底膜并侵入间质为主要特征, 具有生长迅速、侵袭性强、易转移等特点^[1-3]。在IBC综合管理中, 腋窝淋巴结状态是决定临床分期、指导手术策略及制定术后放疗范围的关键指标, 且已被证实为影响患者预后的重要因素^[4-5]。前哨淋巴结活检虽是评估腋窝淋巴结转移的“金

标准”, 但作为有创检查, 存在感染、出血等风险, 且对合并严重基础疾病或既往有腋窝手术的患者不适用, 限制了其临床适用范围^[6-7]。超声造影通过注射造影剂增强血流与组织的回声对比, 可实时动态观察腋窝淋巴结的微循环灌注特征, 在评估腋窝淋巴结转移方面具有重要临床价值^[8]。糖类抗原15-3(cancer antigen 15-3, CA15-3)是目前临床应用较广泛的乳腺癌血清肿瘤标志物之一^[9]。其检测操作简便、成本较低, 易于在各级医院推广, 多项研究证实CA15-3是乳腺癌腋窝淋巴结转移的独立预测因子^[10-12], CA15-3反映的是肿瘤负荷和生物学活性, 与超声造影反映的肿瘤微循环灌注特征属于不同维度的信息, 二者联合可实现解剖-功

收稿日期: 2025-10-31; 修订日期: 2026-07-09。

作者简介: 夏青, 山东省青岛市中医医院/青岛大学附属青岛市海慈医院主治医师, 主要从事浅表血管超声方面的研究。

通信作者: 王红艳, Email: xinlisina@163.com

能-分子水平的多维度评估,理论上有助于提高预测准确性^[13]。本研究探讨超声造影结合血清CA15-3在IBC患者腋窝淋巴结转移中的评估价值,并分析IBC患者腋窝淋巴结转移的危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

将2022年7月—2025年6月山东省青岛市中医医院/青岛大学附属青岛市海慈医院收治的132例IBC患者作为研究对象,根据是否发生腋窝淋巴结转移分为转移组($n=69$)和非转移组($n=63$)。纳入标准:(1)经病理检查确诊为IBC^[14],单侧患病;(2)年龄 ≥ 18 岁,女性;(3)术前未接受抗肿瘤治疗者;(4)能够配合检查者。排除标准:(1)IBC复发患者;(2)存在超声造影检查禁忌证,如超声造影剂过敏、严重脏器功能障碍等;(3)合并其他部位原发性恶性肿瘤;(4)孕期或产后女性;(5)合并精神系统疾病者。山东省青岛市中医医院/青岛大学附属青岛市海慈医院医学伦理委员会已批准本研究(批准号:2025HC04LS007)。

1.2 方法

1.2.1 超声造影检查 由1名具有5年以上乳腺超声造影经验的医师操作,该医师对患者的病理结果及血清CA15-3水平均不知情(盲法评估),采用迈瑞医疗Resona 8彩色多普勒超声诊断仪配备高频线阵探头(频率5~14 MHz),流程如下:患者取仰卧位,上肢外展,充分暴露腋窝,先行常规二维超声观察腋窝淋巴结的大小、形态、皮质厚度、淋巴门结构及血流分布。随后切换至造影模式,经肘静脉团注造影剂(声诺维)2.4 mL,继以5 mL生理盐水冲管,同步启动动态影像采集。注射造影剂后连续动态观察5 min,存储图像供后续分析。所有图像资料由同一医师在1周后再次读取以进行观察者内一致性检验($\kappa > 0.80$)。记录超声造影特征,包括增强顺序和方式、增强后有无病灶范围扩大和边缘放射状汇聚、有无灌注缺损、峰值强度(PI)、达峰时间(TTP)、平均渡越时间(MTT)、开始增强时间(AT)、PI减半时间(DT/2)、灌注上升斜率(AS)、时间-强度曲线下面积(tAUC)。

1.2.2 血清指标检测 患者入院后于清晨空腹状

态下采集外周静脉血3 mL,置于离心机中(转速3 600 r/min,离心半径12 cm)离心10 min,获取上层血清。采用酶联免疫吸附法检测血清CA15-3,试剂盒购自上海博尔森生物科技有限公司,操作步骤严格按照产品说明书进行。

1.3 统计学处理

采用SPSS 25.0软件分析。计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,行 t 检验;计数资料用例数(百分比)[n (%)]描述,行 χ^2 检验;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估超声造影特征、CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移的预测价值,采用多因素Logistic逐步回归分析(将单因素 $P < 0.10$ 的变量纳入)分析影响因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 转移组与非转移组临床病理特征及超声造影参数比较

临床病理特征方面,转移组低分化、脉管癌栓所占比例大于非转移组,血清CA15-3水平高于非转移组(均 $P < 0.05$);超声造影参数方面,转移组增强后病灶范围扩大、灌注缺损所占比例大于非转移组,PI高于非转移组,TTP短于非转移组(均 $P < 0.05$)(表1)。

2.2 IBC患者腋窝淋巴结转移的多因素Logistic回归分析

以IBC患者是否发生腋窝淋巴结转移为因变量(否=0,是=1),以分化程度、脉管癌栓、超声造影特征、CA15-3为自变量,采用向前逐步法筛选独立影响因素,结果显示,脉管癌栓、超声造影增强后病灶范围扩大、灌注缺损、高PI、高CA15-3水平是IBC患者腋窝淋巴结转移的危险因素,长TTP是IBC患者腋窝淋巴结转移的保护因素(均 $P < 0.05$)(表2)。

2.3 超声造影参数与CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移的预测价值

增强后病灶范围扩大、灌注缺损、PI、TTP、CA15-3预测IBC患者腋窝淋巴结转移的ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.745、0.806、0.876、0.812、0.842,均低于联合预测的AUC(0.908)(表3)(图1)。

表 1 两组临床病理特征及超声造影参数比较

项目	非转移组(n=63)	转移组(n=69)	t/χ^2	P
临床特征				
年龄[岁,n(%)]				
<50	21(33.33)	21(30.43)	0.031	0.859
≥50	42(66.67)	48(69.56)		
绝经[n(%)]				
是	46(73.02)	54(78.26)	0.493	0.482
否	17(26.98)	15(21.74)		
肿瘤位置[n(%)]				
左侧	33(52.38)	29(42.03)	0.416	0.519
右侧	30(47.62)	40(57.97)		
临床分期[n(%)]				
I~II期	37(58.73)	32(46.38)	2.014	0.156
III~IV期	26(41.27)	37(53.62)		
分化程度[n(%)]				
低分化	17(26.98)	31(44.93)	4.582	0.032
中高分化	46(73.02)	38(55.07)		
肿瘤直径[cm,n(%)]				
<3	35(55.56)	29(42.03)	2.412	0.120
≥3	28(44.44)	40(57.97)		
脉管癌栓[n(%)]				
有	10(15.87)	22(31.88)	4.597	0.032
无	53(84.13)	47(68.12)		
CA15-3(U/mL, $\bar{x} \pm s$)	43.65±5.27	62.13±7.75	15.869	<0.001
超声造影参数				
增强顺序[n(%)]				
向心性	49(77.78)	58(84.06)	0.846	0.358
非向心性	14(22.22)	11(15.94)		
增强方式[n(%)]				
高增强	26(41.27)	39(56.52)	3.065	0.080
等增强/低增强	37(58.73)	30(43.48)		
增强后病灶范围扩大[n(%)]				
有	29(46.03)	45(65.22)	4.921	0.027
无	34(53.97)	24(34.78)		
增强后边缘放射状汇聚[n(%)]				
有	28(44.44)	42(60.87)	3.567	0.059
无	35(55.56)	27(39.13)		
灌注缺损[n(%)]				
有	25(39.68)	46(66.67)	9.647	0.002
无	38(60.32)	23(33.33)		
PI(dB, $\bar{x} \pm s$)	24.19±3.47	29.65±4.02	8.316	<0.001
TTP(s, $\bar{x} \pm s$)	21.43±3.15	17.59±2.64	7.613	<0.001
MTT(s, $\bar{x} \pm s$)	95.28±10.36	93.15±10.22	1.188	0.237
AT(s, $\bar{x} \pm s$)	12.77±2.35	13.54±2.41	1.855	0.066
DT/2(s, $\bar{x} \pm s$)	106.49±11.53	109.12±11.74	1.297	0.197
AS($\bar{x} \pm s$)	0.65±0.03	0.66±0.04	1.613	0.109
tAUC(dB·s, $\bar{x} \pm s$)	1 924.477±532.29	2 023.65±537.44	1.064	0.289

表2 IBC患者腋窝淋巴结转移的多因素Logistic逐步回归分析

变量	赋值	β	S.E.	Wald/ χ^2	P	OR(95% CI)
脉管癌栓	无=0;有=1	1.125	0.231	23.718	<0.001	3.080(1.959~4.844)
超声造影增强后病灶范围扩大	无=0;有=1	0.624	0.159	15.402	<0.001	1.866(1.367~2.549)
灌注缺损	无=0;有=1	0.855	0.193	19.625	<0.001	2.351(1.611~3.432)
PI	以原数值输入	0.761	0.182	17.483	<0.001	2.140(1.498~3.058)
TTP	以原数值输入	-0.937	0.214	19.171	<0.001	0.392(0.258~0.596)
CA15-3	以原数值输入	1.003	0.212	22.384	<0.001	2.726(1.799~4.131)

表3 超声造影参数与CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移的诊断效能

指标	AUC	95% CI	截断值	特异度(%)	敏感度(%)	约登指数
超声造影增强后病灶范围扩大	0.745	0.693~0.797	—	57.35	78.57	0.359
灌注缺损	0.806	0.754~0.858	—	64.19	80.44	0.463
PI	0.876	0.824~0.928	26.92 dB	72.42	87.52	0.599
TTP	0.812	0.765~0.869	19.51 s	65.26	81.96	0.472
CA15-3	0.842	0.790~0.894	52.89 U/mL	68.35	84.25	0.526
联合	0.908	0.856~0.960	—	89.65	86.24	0.759

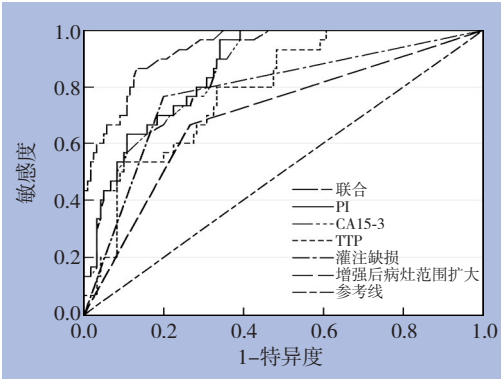


图1 超声造影参数与CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移的预测ROC曲线

3 讨论

乳腺癌是我国女性最常见的恶性肿瘤，近年来其发病率持续上升，且发病年龄趋于年轻化，这与社会节奏加快、生活压力增大及不良生活习惯密切相关^[15-16]。IBC是乳腺癌的一种亚型，患者在早期诊断并及时接受规范抗肿瘤治疗后，能够有效延长生存时间^[17]。腋窝淋巴结是IBC最常见的转移部位之一，可导致病情恶化、治疗难度增加，并显著提高患者的死亡风险^[18]。因此，早期准确评估腋窝淋巴结是否转移对临床决策具有重要意义。

超声造影是临床上常见的一种影像学检查方法，其凭借无创、高分辨率、实时动态成像等优点，已被广泛用于IBC的辅助诊断和腋窝淋巴结转

移评估^[19]。本研究结果显示，转移组增强后病灶范围扩大、灌注缺损所占比例大于非转移组，PI高于非转移组，TTP短于非转移组。这说明超声造影特征在IBC患者腋窝淋巴结转移预测方面具有重要的价值。结合本研究数据，转移组增强后病灶范围扩大比例为65.22%，显著高于非转移组的46.03%，经多因素Logistic回归分析，增强后病灶范围扩大使腋窝淋巴结转移风险增加（OR=1.866，95% CI=1.367~2.549）。病灶范围扩大提示癌细胞增殖活跃、侵袭性强，更易突破组织屏障，经淋巴或血管途径播散，从而显著增加腋窝淋巴结转移风险^[20]。赵艳方等^[21]研究表明，增强后病灶范围扩大是乳腺癌患者发生腋窝淋巴结转移的危险因素。本研究中，转移组灌注缺损比例为66.67%，显著高于非转移组的39.68%，多因素分析显示灌注缺损使转移风险增加（OR=2.351，95% CI=1.611~3.432）。肿瘤细胞快速增殖导致营养需求增加，当血供不足时，中心区域易发生液化坏死，在超声造影中表现为灌注缺损^[22]。李文肖等^[23]发现，超声造影显示灌注缺损与乳腺癌患者腋窝淋巴结转移显著相关。从病理生理机制看，灌注缺损提示局部血流灌注异常所致的缺氧微环境，可诱导缺氧诱导因子1 α 过表达，进而上调血管内皮生长因子和基质金属蛋白酶的表达，促进肿瘤血管新生，破坏细胞外基质屏障，增强肿瘤细胞的迁移和淋巴管浸润能力，从而增加腋窝淋巴结转移风险^[24]。周春桥^[25]亦证实，超声造影灌注缺损是乳腺癌腋窝淋

巴结转移的独立预测因素 ($OR=2.641$)。

PI是超声造影中反映病灶局部血流量和血管密度的定量参数。本研究中,转移组PI为(29.65 ± 4.02) dB,显著高于非转移组的(24.19 ± 3.47) dB,多因素分析显示随着PI增加转移风险上升($OR=2.140$, $95\% CI=1.498\sim 3.058$)。PI越高提示肿瘤新生血管越丰富且通透性越高,为肿瘤细胞提供了充足的氧气与营养支持,并且使其更易通过血管壁进入淋巴循环,从而显著提高腋窝淋巴结转移风险^[26-27]。TTP是指从造影剂注入到目标病灶内信号强度达到峰值所需的时间,常用于衡量肿瘤的血流灌注速度^[28]。本研究中转移组TTP为(17.59 ± 2.64) s,显著短于非转移组的(21.43 ± 3.15) s,多因素分析显示长TTP是转移的保护因素($OR=0.392$, $95\% CI=0.258\sim 0.596$)。TTP缩短是肿瘤高灌注状态的影像学表现,意味着血流速度加快,组织氧合和营养供应更为充分,有利于肿瘤细胞的活跃增殖和局部侵袭,并为其脱离原发灶、经淋巴系统播散至腋窝淋巴结提供有利条件^[29]。马鑫等^[30]研究发现,PI增加和TTP缩短与肿瘤组织的血流灌注增强有关,且是影响乳腺癌腋窝淋巴结转移的重要因素。汪越君等^[31]的研究也显示,转移组灌注缺损和放射状增强发生率均显著高于未转移组,联合评估的AUC达0.919。

CA15-3是一种由乳腺导管上皮细胞分泌的糖蛋白抗原,属于黏液蛋白1(mucin 1, MUC-1)家族,在健康人体内含量极低^[32]。史玲玲等^[33]的研究显示,有淋巴结转移的乳腺癌患者血清CA15-3水平高于无淋巴结转移患者。Geng等^[34]的研究显示,血清CA15-3升高是乳腺癌淋巴结转移的独立预测因子。此外,多项研究进一步证实了CA15-3与腋窝淋巴结转移的密切关联:李霞等^[35]研究发现,腋窝淋巴结转移患者的血清CA15-3水平显著高于无转移患者,且CA15-3与病理诊断的一致性达到中等水平($\kappa=0.430$);冯霖等^[36]研究表明,CA15-3 ≥ 11.98 U/mL是乳腺癌腋窝淋巴结转移的独立影响因素。本研究发现,转移组血清CA15-3水平高于非转移组,多因素分析显示CA15-3升高明显增加转移风险($OR=2.726$, $95\% CI=1.799\sim 4.131$)。这说明血清CA15-3水平升高与IBC患者腋窝淋巴结转移密切相关。究其原因,高水平CA15-3提示患者肿瘤负荷增加,可通过诱导肿瘤细胞分泌血管生成因子,促进肿瘤周围淋巴管生成;同

时还可通过调节肿瘤微环境中的免疫细胞功能,抑制其对肿瘤细胞的识别与杀伤能力,诱导免疫逃逸,从而显著提高腋窝淋巴结转移风险^[37-38]。

本研究ROC分析显示,超声造影特征联合CA15-3预测IBC患者腋窝淋巴结转移的AUC为0.908,高于各指标单独预测。具体而言,联合预测的特异度达89.65%,较CA15-3单独预测(68.35%)提高了21.30个百分点,提示联合模型在减少假阳性方面优势明显。这说明超声造影特征联合CA15-3预测IBC患者腋窝淋巴结转移的效能更高。超声造影可提供腋窝淋巴结的形态学及微循环灌注信息,但该方法对操作者经验依赖性强,图像解读存在一定主观性;CA15-3检测虽客观性强,但易受乳腺良性疾病或其他系统性疾病干扰,可能出现假阳性或假阴性结果。二者联合可发挥影像学征象+分子标志物的多模态互补优势:超声造影从血流动力学维度评估淋巴结转移风险,CA15-3从肿瘤负荷和生物学活性维度提供补充信息,二者相互验证、交叉确认,从而显著提高预测准确性。多因素分析显示,脉管癌栓、增强后病灶范围扩大、灌注缺损、高PI、短TTP、高CA15-3水平是IBC患者腋窝淋巴结转移的危险因素。进一步证实以上指标在IBC患者腋窝淋巴结转移评估中发挥重要作用。

综上所述,超声造影特征、血清CA15-3对IBC患者腋窝淋巴结转移具有一定的诊断价值,且二者联合诊断的准确率更高。但本研究存在一定局限性:本研究为单中心研究,病例来源集中于单一医疗机构,可能存在选择偏倚,研究结论的外推性受限;样本量虽经估算满足统计学最低要求(132例),但分组后转移组69例、非转移组63例,在多因素Logistic回归分析中,每个自变量对应的事件数约为11.5例(69/6),虽达到统计学最低要求(建议 ≥ 10 例/变量),但仍偏少,可能影响回归系数的稳定性;超声造影操作和图像分析由1名医师完成,虽采用盲法评估和观察者内一致性检验,但缺乏观察者间一致性检验,操作者依赖性仍可能影响结果的可重复性;本研究为回顾性分析,可能存在信息偏倚;联合预测模型基于单中心数据构建,缺乏外部验证队列,模型的实际泛化能力和临床推广价值尚需多中心、大样本前瞻性研究进一步验证。

作者贡献声明:夏青负责起草文章,对文章的知识性内容作批评式审阅;李晓咪负责统计分析、行政、技术或材料支持;孟春荣提供经费;王红艳提出指导性意见;崔童星负责支持性贡献;张晓宇负责设计试验、实验研究、分析并解释数据。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 白宾,秦双,郑鹏飞. 浸润性乳腺癌改良根治术后化疗患者复发的危险因素及预防对策[J]. 海南医学, 2025, 36(12):1768-1771. doi:10.3969/j.issn.1003-6350.2025.12.019.
- [2] 刘金虹,赵杰,刘长鑫. 环状RNA对乳腺癌调控作用的研究进展[J]. 感染、炎症、修复, 2024, 25(4):335-340. doi:10.3969/j.issn.1672-8521.2024.04.018.
- [3] 温鑫鑫,李南林. 抗体药物偶联类药物在乳腺癌脑转移治疗中的研究进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2024, 18(5):72-75.
- [4] 依帕拉·伊力哈木,王蕾,马涛,等. 基于血清标志物等临床特征的机器学习模型在浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移预测中的应用研究[J]. 中国肿瘤临床, 2025, 52(10):507-514. doi:10.12354/j.issn.1000-8179.2025.20250203.
- [5] 陈民,梁新风,戴妮妮. 超声造影诊断浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移价值及其影响因素分析[J]. 中国医学装备, 2021, 18(9):84-87. doi:10.3969/J.ISSN.1672-8270.2021.09.020.
- [6] 阮彦,查国芬,郑雨欣,等. 基于病理和超声图像特征的列线图模型预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2024, 26(7): 590-595. doi: 10.3969/j. issn. 1008-6978.2024.07.013.
- [7] 史娜,王爽,马兆丽,等. 超声联合免疫炎症指标构建列线图预测早期浸润性导管癌淋巴结转移[J]. 中国超声医学杂志, 2025, 41(3):265-269. doi:10.3969/j.issn.1002-0101.2025.03.006.
- [8] 王春平,金铁,董金凤. 超声造影在浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移中的诊断价值[J]. 浙江创伤外科, 2021, 26(3):601-602. doi: 10.3969/j.issn.1009-7147.2021.03.100.
- [9] 王春平,金铁,董金凤. 超声造影在浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移中的诊断价值[J]. 浙江创伤外科, 2021, 26(3):601-602. doi:10.3969/j.issn.1009-7147.2021.03.100.
- [10] 王春平,金铁,董金凤. 超声造影在浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移中的诊断价值[J]. 浙江创伤外科, 2021, 26(3):601-602. doi:10.3969/j.issn.1009-7147.2021.03.100.
- [11] 陈利俊,肖帅,张莉芳,等. 血浆CEA、CA125和CA153检测在乳腺癌诊断中的应用策略[J]. 广东医学, 2025, 46(9):1323-1328. doi:10.13820/j.cnki.gdyx.20243352.
- [12] 曾玉蓉,凌梅平,尹东旭,等. 基于术前瘤周水肿MRI特征联合血清CA15-3、CEA水平构建的列线图模型对浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移负荷的预测价值[J]. 医学影像学杂志, 2025, 35(9):68-75. doi:10.20258/j.cnki.1006-9011.2025.09.016.

- 9011.2025.09.016.
- [13] 卢焦. 超声造影联合血清学指标评价乳腺BI-RADS 4类结节及腋窝淋巴结转移的研究[D]. 右江: 右江民族医学院, 2025. doi: 10.27908/d.cnki.gymzy.2025.000114.
- Lu J. Study on the Evaluation of Breast BI-RADS Category 4 Nodules and Axillary Lymph Node Metastasis Using Contrast-Enhanced Ultrasound Combined with Serological Markers[D]. Youjiang: Youjiang Medical University for Nationalities, 2025. doi: 10.27908/d.cnki.gymzy.2025.000114.
- [14] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2021年版)[J]. 中国癌症杂志, 2021, 31(10):954-1040. doi:10.19401/j.cnki.1007-3639.2021.10.013.
- Breast cancer Professional Committee of China Anti Cancer Association. Guidelines and Specifications for breast cancer Diagnosis and Treatment of China Anti Cancer Association (2021)[J]. China Oncology, 2021, 31(10):954-1040. doi:10.19401/j.cnki.1007-3639.2021.10.013.
- [15] 何思怡, 李贺, 曹毛毛, 等. 全球及我国女性乳腺癌疾病负担年龄分布及变化趋势[J]. 中国肿瘤, 2023, 32(1):1-7. doi:10.11735/j.issn.1004-0242.2023.01.A001.
- He SY, Li H, Cao MM, et al. Age distribution and trend of disease burden for female breast cancer worldwide and in China[J]. China Cancer, 2023, 32(1): 1-7. doi:10.11735/j.issn.1004-0242.2023.01.A001.
- [16] 蓝桂奎. 58例非典型乳腺癌常规超声诊断分析[J]. 临床医学研究与实践, 2024, 9(29): 123-126. doi: 10.19347/j.cnki.2096-1413.202429031.
- Lan GL. Conventional ultrasound diagnosis analysis of 58 cases of atypical breast cancer[J]. Clinical Research and Practice, 2024, 9 (29):123-126. doi:10.19347/j.cnki.2096-1413.202429031.
- [17] Kuerer HM, Valero V, Smith BD, et al. Selective elimination of breast surgery for invasive breast cancer: a nonrandomized clinical trial[J]. JAMA Oncol, 2025, 11(5): 529-534. doi: 10.1001/jamaoncol.2025.0207.
- [18] Sun P, Guo R, Hu X, et al. Predicting axillary lymph node metastasis in breast cancer based on ultrasound radiofrequency time-series analysis[J]. Acta Radiol, 2024, 65(10): 1178-1185. doi:10.1177/02841851241268463.
- [19] Li SY, Li YM, Fang YQ, et al. Contrast-enhanced ultrasound radiomics model for predicting axillary lymph node metastasis and prognosis in breast cancer: a multicenter study[J]. BMC Cancer, 2025, 25(1):1315. doi:10.1186/s12885-025-14632-9.
- [20] Song Y, Liu J, Jin C, et al. Value of contrast-enhanced ultrasound combined with immune-inflammatory markers in predicting axillary lymph node metastasis of breast cancer[J]. Acad Radiol, 2024, 31(9):3535-3545. doi:10.1016/j.acra.2024.06.013.
- [21] 赵艳方, 马宁, 李晔. 乳腺癌的超声影像特征及其与腋窝淋巴结转移的关系[J]. 临床医学工程, 2024, 31(10):1197-1198. doi: 10.3969/j.issn.1674-4659.2024.10.1197.
- Zhao YF, Ma N, Li Y. Ultrasound imaging features of breast cancer and their relationships with metastasis of axillary lymph nodes[J]. Clinical Medical & Engineering, 2024, 31(10): 1197-1198. doi: 10.3969/j.issn.1674-4659.2024.10.1197.
- [22] 王少博, 董琼, 陈轶杰. 超声检查对乳腺癌患者腋窝淋巴结转移的预测价值分析[J]. 中国卫生工程学, 2024, 23(3):385-387.
- Wang SB, Dong Q, Chen YJ. Analysis of the predictive value of ultrasonography in axillary lymph node metastasis of breast cancer patients[J]. Chinese Journal of Public Health Engineering, 2024, 23 (3):385-387.
- [23] 李文肖, 刘燕, 曹春莉, 等. 常规超声联合超声造影预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的价值[J]. 实用医学杂志, 2022, 38(18):2272-2278. doi:10.3969/j.issn.1006-5725.2022.18.005.
- Li WX, Liu Y, Cao CL, et al. The value of conventional ultrasound combined with contrast-enhanced ultrasound for predicting axillary lymph node metastasis of breast cancer[J]. The Journal of Practical Medicine, 2022, 38(18): 2272-2278. doi: 10.3969/j.issn.1006-5725.2022.18.005.
- [24] 王爱霞. 基于常规超声联合CEUS构建早期乳腺癌前哨淋巴结转移预测模型[J]. 影像研究与医学应用, 2024, 8(24):68-70. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2024.24.020.
- Wang AX. Prediction model of sentinel lymph node metastasis in early breast cancer based on conventional ultrasound combined with CEUS[J]. Journal of Imaging Research and Medical Applications, 2024, 8(24): 68-70. doi: 10.3969/j.issn.2096-3807.2024.24.020.
- [25] 周春桥. 乳腺癌超声造影与预后因素的关联性研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2017.
- Zhou CQ. Study on the correlation between CEUS and prognostic factors of breast cancer[D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2017.
- [26] 张毅, 徐海峰, 樊小伟. 基于病理学指标和超声参数的列线图预测三阴性乳腺癌腋窝淋巴结转移的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2024, 26(12): 991-996. doi: 10.3969/j.issn.1008-6978.2024.12.006.
- Zhang Y, Xu HF, Fan XW. Clinical value of a nomogram based on pathological indexes and contrast-enhanced ultrasound parameters for predicting axillary lymph node metastasis in triple negative breast cancer[J]. Journal of Clinical Ultrasound in Medicine, 2024, 26(12):991-996. doi:10.3969/j.issn.1008-6978.2024.12.006.
- [27] Liu X, Wang M, 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. doi:10.1007/s10549-023-07063-2.
- [28] 黄浩, 谢斌, 张玉敏, 等. 超声造影评估裸鼠食管癌移植瘤血管生

- 成情况的实验研究[J]. 临床超声医学杂志, 2024, 26(3):184-189. doi:10.3969/j.issn.1008-6978.2024.03.003.
- Huang H, Xie B, Zhang YM, et al. An experimental study on the evaluation of angiogenesis of transplanted tumor in nude mice with esophageal cancer by contrast-enhanced ultrasound[J]. Journal of Clinical Ultrasound in Medicine, 2024, 26(3): 184-189. doi: 10.3969/j.issn.1008-6978.2024.03.003.
- [29] 霍晶, 高琪磊, 沈琪琪, 等. 超声造影定量参数联合癌胚抗原、中性粒细胞/淋巴细胞比值对乳腺癌改良根治术后复发转移的预测价值[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(22): 4289-4293. doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.22.018.
- Huo J, Gao QL, Shen QQ, et al. Predictive value of quantitative parameters of contrast-enhanced ultrasound combined with carcinoembryonic antigen and neutrophil/lymphocyte ratio for recurrence and metastasis of breast cancer after modified radical mastectomy[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2023, 23(22): 4289-4293. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2023.22.018.
- [30] 马鑫, 张盛敏, 施霞. 超声造影特征联合 NLR、TSR 诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的价值[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(23):27-33. doi:10.3969/j.issn.1005-8982.2024.23.005.
- Ma X, Zhang SM, Shi X. The value of ultrasound contrast features combined with NLR and TSR in diagnosing axillary lymph node metastasis of breast cancer[J]. China Journal of Modern Medicine, 2024, 34(23):27-33. doi:10.3969/j.issn.1005-8982.2024.23.005.
- [31] 汪越君, 吴仲兰. 乳腺癌病理预后因子表达及腋窝淋巴结转移状态下的超声造影定性、弹性成像定量特征分析[J]. 南昌大学学报:医学版, 2025, 65(2):70-76. doi:10.13764/j.cnki.ncdm.2025.02.010.
- Wang YJ, Wu ZL. Analysis of CEUS qualitative and elastic imaging quantitative characteristics of pathological prognostic factors expression and axillary lymph node metastasis status in breast cancer[J]. Journal of Nanchang University:Medical Sciences, 2025, 65(2):70-76. doi:10.13764/j.cnki.ncdm.2025.02.010.
- [32] 陈桂芳, 何英. 多模态超声及血清肿瘤标志物预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的研究进展[J]. 江苏医药, 2024, 50(6):638-641. doi: 10.19460/j.cnki.0253-3685.2024.06.023.
- Chen GF, He Y. Advances in multimodal ultrasound and serum tumor markers for predicting axillary lymph node metastasis in breast cancer[J]. Jiangsu Medical Journal, 2024, 50(6): 638-641. doi:10.19460/j.cnki.0253-3685.2024.06.023.
- [33] 史玲玲, 董林, 潘滇豫. 糖类抗原 125、糖类抗原 153 水平与乳腺癌患者临床特征及预后的关系[J]. 癌症进展, 2021, 19(1):38-41. doi:10.11877/j.issn.1672-1535.2021.19.01.10.
- Shi LL, Dong L, Pan DY. Analysis of the relationship between the expression of carbohydrate antigen 125, carbohydrate antigen 153 and clinical characteristics and prognosis of breast cancer[J]. Oncology Progress, 2021, 19(1):38-41. doi:10.11877/j.issn.1672-1535.2021.19.01.10.
- [34] Geng SK, Fu SM, Zhang HW, et al. Predictive nomogram based on serum tumor markers and clinicopathological features for stratifying lymph node metastasis in breast cancer[J]. BMC Cancer, 2022, 22(1):1328. doi:10.1186/s12885-022-10436-3.
- [35] 李霞, 赖瑾瑜. 超声造影、MRI 及血清学检测在评估小于 40 岁乳腺癌患者腋窝淋巴结转移中的应用价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(11): 78-81. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.029.
- Li X, Lai JY. Application value of contrast-enhanced ultrasound, MRI and serological tests in evaluating axillary lymph node metastasis in breast cancer patients under 40 years old[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2022, 20(11): 78-81. doi: 10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.029.
- [36] 冯霖, 何真, 王欣欣. 超声 BI-RADS 分级联合血清 CA153、CEA、ALP 检测在乳腺癌早期诊断及腋窝淋巴结转移预测中的应用[J]. 中国医学创新, 2023, 20(28): 146-152. doi: 10.3969/j.issn.1674-4985.2023.28.034.
- Feng L, He Z, Wang XX. Application of ultrasound BI-RADS grading combined with serum CA153, CEA and ALP detection in the early diagnosis of breast cancer and prediction of axillary lymph node metastasis[J]. Medical Innovation of China, 2023, 20(28):146-152. doi:10.3969/j.issn.1674-4985.2023.28.034.
- [37] 高建清, 郭海兰, 徐娜, 等. 基于超声特征及常规肿瘤标志物的乳腺癌腋窝淋巴结转移风险预测模型的构建及评价[J]. 转化医学杂志, 2025, 14(5): 79-84. doi: 10.3639/j.issn.2095-3097.2025.05.017.
- Gao JQ, Guo HL, Xu N, et al. Construction and evaluation of a risk prediction model for axillary lymph node metastasis in breast cancer based on ultrasound characteristics and conventional tumor markers[J]. Translational Medicine Journal, 2025, 14(5):79-84. doi: 10.3639/j.issn.2095-3097.2025.05.017.
- [38] Bai X, Wang Y, Song R, et al. Ultrasound and clinicopathological characteristics of breast cancer for predicting axillary lymph node metastasis[J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2023, 85(2): 147-162. doi: 10.3233/ch-231777.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式:夏青, 李晓咪, 张晓宇, 等. 超声造影联合血清 CA15-3 预测浸润性乳腺癌腋窝淋巴结转移的价值[J]. 中国普通外科杂志, 2026, 35(7): 1464-1471. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250607

Cite this article as: Xia Q, Li XM, Zhang XY, et al. Predictive value of contrast-enhanced ultrasound combined with serum CA15-3 for axillary lymph node metastasis in invasive breast cancer[J]. Chin J Gen Surg, 2026, 35(7): 1464-1471. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250607