

· 临床研究 ·

基于灰阶超声联合剪切波弹性成像的影像组学模型 诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的临床价值

刘 晗 徐 楠 吴 杰 张一丹 王 颖 沈海云 孔文韬

摘 要 **目的** 基于灰阶超声(US)、剪切波弹性成像(SWE)图像特征及临床、病理指标构建双模态影像组学模型,探讨其对乳腺癌腋窝淋巴结转移的诊断价值。**方法** 选取于我院行乳腺癌手术治疗患者 306 例,按照 7:3 比例随机分为训练集(214 例)和验证集(92 例),基于术前 US 和 SWE 图像分别进行感兴趣区分割和特征提取。应用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)算法筛选关键特征并分别构建 US、SWE 影像组学标记物(US-RIS、SWE-RIS)。采用单因素和多因素 Logistic 回归在临床、病理指标和 RIS 中筛选变量并构建单模态 US、SWE 影像组学模型及双模态影像组学模型;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析并比较各影像组学模型、超声医师对乳腺癌腋窝淋巴结转移的诊断效能;绘制决策曲线评估各影像组学模型的临床实用价值;绘制校准曲线分析双模态影像组学模型预测结果与实际结果的一致性。**结果** 基于 LASSO 算法筛选出 13 个关键 US 图像特征和 17 个关键 SWE 图像特征,分别构建 US-RIS 和 SWE-RIS。单因素和多因素 Logistic 回归分析显示,BI-RADS 分类、肿瘤分类、US-RIS、SWE-RIS 均为乳腺癌腋窝淋巴结转移的独立预测因素。联合 BI-RADS 分类、肿瘤分类、US-RIS 及 SWE-RIS 构建的双模态影像组学模型在训练集中诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的曲线下面积(AUC)为 0.926,高于单模态 US、SWE 影像组学模型(0.807、0.828),差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);双模态影像组学模型在验证集中的 AUC 为 0.863,高于单模态 SWE 影像组学模型及超声医师(0.719、0.650),差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。决策曲线显示,双模态影像组学模型所获得的净收益最高;校准曲线显示,双模态影像组学模型预测腋窝淋巴结转移结果与实际结果具有较高的一致性。**结论** 基于 US、SWE 图像特征及临床、病理指标构建的双模态影像组学模型能准确预测乳腺癌腋窝淋巴结转移风险,可在术前为非侵入性地制定个体化治疗方案提供参考依据。

关键词 超声检查;剪切波弹性成像;乳腺癌;淋巴结转移;影像组学;预测模型

[中图分类号]R445.1;R737.9

[文献标识码]A

Clinical value of bimodal radiomics model based on gray-scale ultrasound combined with shear wave elastography in the diagnosis of axillary lymph node metastasis of breast cancer

LIU Han, XU Nan, WU Jie, ZHANG Yidan, WANG Ying, SHEN Haiyun, KONG Wentao

Department of Ultrasound Medicine, Nanjing Drum Tower Hospital, the Affiliated Hospital of Nanjing University Medicine School, Nanjing 210009, China

ABSTRACT **Objective** To construct bimodal radiomics model based on characteristics of gray scale ultrasound(US), shear wave elastography(SWE) and clinical and pathological indicators, and to explore its diagnostic value for axillary lymph node(ALN) metastasis of breast cancer.**Methods** A total of 306 patients who underwent surgical treatment of breast cancer in our hospital were selected and randomly divided into a training set(214 cases) and a verification set(92 cases) according to the ratio of 7:3, and the regions of interest were segmented based on preoperative conventional US and SWE images. The least absolute shrinkage and selection operator(LASSO) algorithm was used to screen key features and construct US and SWE radiomics signature(US-RIS, SWE-RIS), respectively. Univariate and multivariate Logistic regression were used to screen

基金项目:南京市医学科技发展资金(QRX17011)

作者单位:210009 南京市,南京大学医学院附属鼓楼医院超声医学科(刘晗、吴杰、张一丹、王颖、沈海云、孔文韬);南京大学医学院附属金陵医院 东部战区总医院超声诊断科(徐楠)

通讯作者:孔文韬,Email:breezewen@163.com

variables in clinical and pathological indicators and RIS, and construct single-modal US, SWE radiomics models and dual-modal radiomics models, Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze and compare the diagnostic efficiency of single-modal US, SWE radiomics model, dual-modal radiomics model, and sonographers on ALN metastasis of breast cancer. A decision curve was drawn to evaluate the clinical practical value of each model, the calibration curve was drawn to analyze the consistency between the prediction effect and the actual result of the dual-modal radiomics models.

Results Totally 13 US features and 17 SWE features screened by LASSO, the US-RIS and SWE-RIS were constructed, respectively. Univariate and multivariate Logistic regression results showed that BI-RADS grading, tumor classification, US-RIS and SWE-RIS were independent predictors of ALN metastasis of breast cancer. Combined with BI-RADS grading, tumor classification, US-RIS and SWE-RIS, the dual-modal radiomics models was constructed. The area under the curve (AUC) of the dual-modal radiomics model in training set was 0.926, which was higher than that of single-modal US, SWE radiomics model (0.807, 0.828), the differences were statistically significant (both $P < 0.05$). The AUC of dual-modal radiomics model in verification set was 0.863, which was higher than that of single-mode SWE radiomics model and sonographers (0.719, 0.650), the differences were statistically significant (both $P < 0.05$). The decision curve showed that the dual-modal radiomics models has the highest net income. The calibration curve showed that the prediction results of ALN metastasis by the dual-modal radiomics models had high consistency with the actual results. **Conclusion** A dual-modal radiomics model constructed by combining US, SWE image characteristics and clinicopathological indicators can accurately predict the risk of ALN metastasis of breast cancer. It can provide a non-invasive method to guide individualized treatment preoperatively.

KEY WORDS Ultrasonography; Shear wave elastography; Breast cancer; Lymph node metastasis; Radiomics; Prediction model

乳腺癌是女性最常见的癌症,也是癌症相关死亡的第二大原因^[1],其中转移性乳腺癌的预后较差,死亡率较高。腋窝淋巴结作为最常见的乳腺癌转移部位^[2],其转移状态是评估患者癌症分期和制定治疗策略的重要指标^[3]。目前临床乳腺癌腋窝淋巴结转移状态多通过腋窝淋巴结清扫(axillary lymph node dissection, ALND)或前哨淋巴结活检(sentinel lymph node biopsy, SLNB)确定,但其为有创性检查,可能导致淋巴水肿、疼痛、感觉障碍及运动受限等并发症^[4],且假阴性率较高(12.6%~14.2%)^[5]。灰阶超声(ultrasound, US)是诊断和评估乳腺疾病的常用影像学检查方法,研究^[6]表明US可以代替SLNB评估淋巴结转移状态,但诊断效能有限。剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)通过量化剪切波在组织中的传播速度,为乳腺肿块良恶性鉴别提供了更多信息^[7]。影像组学作为一种无创支持临床决策和精准医疗的方法,可以自动从医学影像图像中提取大量的定量特征,并进行客观和全面的评估。本研究基于乳腺肿块的US和SWE图像提取影像组学特征,联合临床、病理指标构建预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的影像组学模型并探讨其诊断效能,旨在为乳腺癌的术前治疗、术后管理等提供参考依据。

资料与方法

一、研究对象

选取2018年6月至2021年12月于我院行乳腺癌

手术治疗的女性患者306例,年龄24~87岁,平均(52.43±11.28)岁。按照7:3比例随机分为训练集(214例)和验证集(92例)。纳入标准:①经病理证实为乳腺癌;②经ALND或SLNB明确腋窝淋巴结转移状态;③术前1周均行US、SWE检查;④均为单发病灶;⑤临床信息和术前穿刺活检病理资料完整。排除标准:①超声检查前接受新辅助放疗、化疗或其他任何方式治疗;②超声图像未见病灶或图像质量欠佳;③多灶性或非肿块型乳腺癌;④转移性乳腺癌。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声检查:使用西门子Acuson S 3000彩色多普勒超声诊断仪,9L4线阵探头,频率4~9 MHz。由两名具有5年以上乳腺诊断经验的超声医师参考《美国医学超声学会乳腺超声检查实践指南》^[8]采集乳腺肿块的US和SWE图像,选取显示肿块最大径平面的图像进行分析,最终纳入612张DICOM格式的图像(每例患者US、SWE图像各1张)。然后对患者腋窝淋巴结进行检查,根据淋巴结转移的恶性征象^[9]判断其良恶性。若两名超声医师意见不一时,则由第3名具有15年乳腺诊断经验的超声医师判定。

2. 影像组学特征提取及筛选:使用Image J软件(<http://imagej.net>)人工勾画每张US和SWE图像的肿瘤感兴趣区(ROI)。见图1。基于MATLAB R2021b软

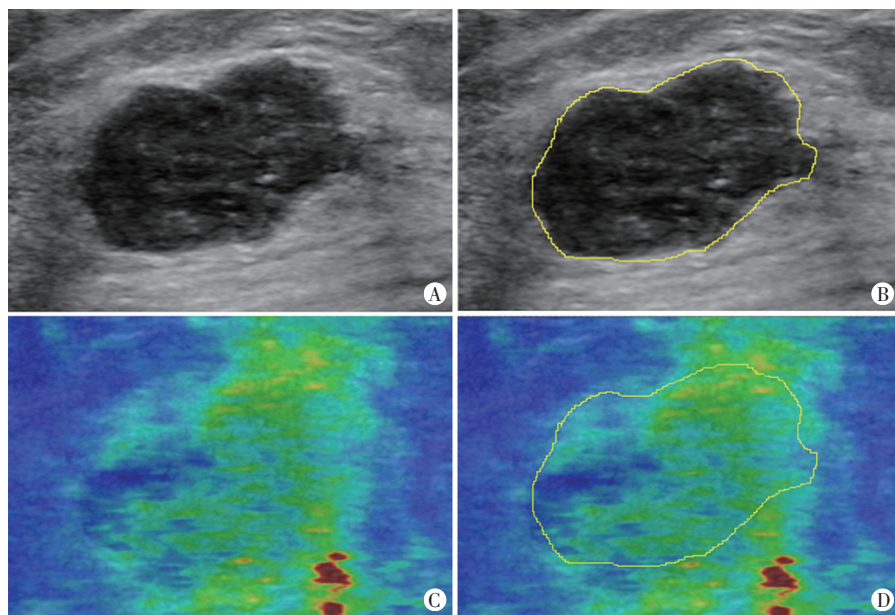


图1 人工勾画US(A、B)和SWE(C、D)图像的乳腺肿块感兴趣区示意图

件,使用乳腺超声分析工具(BUSAT)提取US和SWE图像的影像组学特征,US图像特征包括BI-RADS分级特征和纹理特征。应用组内和组间相关系数(ICC)评估影像组学特征在观察者内和观察者间的重复性。随机选取US和SWE图像各30张进行ROI分割和特征提取,1周后由同一超声医师进行相同操作以评估观察者内的一致性,再由另一超声医师进行相同操作以评估观察者间的一致性。若 $ICC > 0.75$ 则认定特征提取具有较好的一致性并纳入后续研究。为获取与腋窝淋巴结转移状态最相关的影像特征,本研究将训练集中的US和SWE图像特征进行拼接,应用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)^[10]算法进行筛选。将筛选出的拥有非零系数的US和SWE图像特征分别建立影像组学标记物(RIS),其中US-RIS由所有关键US图像特征及其相应权重系数乘积之和组成,SWE-RIS由所有关键SWE图像特征及其相应权重系数乘积之和组成。

3. 临床、病理指标收集:收集信息包括年龄、肿瘤大小(超声图像显示的病灶最大径)、BI-RADS分类、肿瘤位置、WHO分级(共I~III级,级别越高代表恶性程度越大)、肿瘤分类、分子分型、腋窝淋巴结状态(阳性或阴性),以及雌激素受体(ER)、孕激素受体(PR)、人表皮生长因子受体-2(HER-2)、Ki-67表达。其中ER、PR、HER-2及Ki-67表达由穿刺活检获取的标本进行免疫组化检查获得;根据St.Gallen共识^[11],将阳性细胞核数在14%以上定义为Ki-67高表达,反之为Ki-67低表达;肿瘤分类参考第5版WHO肿瘤分类标准^[12]。

4. 影像组学模型构建:在训练集中,采用单因素Logistic回归分析筛选US-RIS、SWE-RIS和临床、病理指标中的候选变量。将 $P < 0.2$ 的候选变量纳入以赤池信息准则为停止准则的多因素Logistic向后逐步回归,并构建双模态影像组学模型以预测乳腺癌腋窝淋巴结转移状态。为方便模型的临床应用与推广,本研究通过绘制列线图将模型可视化。为探索联合US、SWE图像特征及临床、病理指标的双模态影像组学模型的预测价值,本研究应用相同方法建立了基于US-RIS、SWE-RIS分别联合临床、病理指标的单模态US影像组

学模型和单模态SWE影像组学模型,并将各模型、超声医师的诊断效能进行比较。

三、统计学处理

应用R 4.1.2、Python 3.6、Matlab R2021b统计软件,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;偏态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以例或率表示,组间比较采用Fisher精确检验或 χ^2 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,分析各模型分别在训练集和验证集中预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的效能,曲线下面积(AUC)比较采用DeLong检验。通过量化不同阈值概率下的净效益,绘制决策曲线评估各模型的临床实用价值;绘制校准曲线分析双模态影像组学模型列线图预测结果与实际结果的一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、淋巴结转移状态及训练集与验证集临床、病理指标比较

根据ALND或SLNB结果,乳腺癌腋窝淋巴结转移阳性者119例,淋巴结转移阴性者187例。训练集与验证集的临床、病理指标比较,差异均无统计学意义。见表1。

二、影像组学特征提取及筛选

使用BUSAT共提取544个US图像特征(包括100个BI-RADS分类特征、444个纹理特征)和544个SWE图像特征。组内ICC和组间ICC分别为0.803~0.990、

表 1 训练集与验证集临床指标比较

指标	训练集(214)	验证集(92)	P值
年龄(岁)	52.87±11.45	51.50±11.40	0.2004
病灶最大径(cm)	2.25±0.95	1.95±0.91	0.3439
BI-RADS 分类(例)			
4A 类	22	10	0.9164
4B 类	49	20	
4C 类	63	31	
5 类	80	31	
肿瘤位置(例)			
外上象限	57	26	0.9563
外下象限	20	8	
内上象限	59	24	
内下象限	18	10	
乳腺中央	60	24	
WHO 分级(例)			
I 级	25	15	0.3268
II 级	90	42	
III 级	99	35	
肿瘤分类(例)			
非浸润性癌	15	5	0.6282
浸润性癌			
非特殊类型	182	77	
特殊类型	9	7	
罕见癌	8	3	
ER 表达(例)			
+	152	69	0.5672
-	62	23	
PR 表达(例)			
+	140	59	0.9312
-	74	33	
HER-2 表达(例)			
+	177	82	0.2093
-	37	10	
Ki-67 表达(例)			
高表达	181	79	0.9083
低表达	33	13	
分子分型(例)			
Luminal A 型	6	2	0.9920
Luminal B 型	153	67	
HER-2 过表达型	44	18	
三阴性	11	5	
腋窝淋巴结转移(例)			
+	85	34	0.7438
-	129	58	

ER:雌激素受体;PR:孕激素受体;HER-2:人表皮生长因子受体-2;
+示阳性;-示阴性

0.779~0.935,表明提取的影像组学特征在观察者内和观察者间的一致性良好。在训练集中应用LASSO算法筛选出13个关键US图像特征和17个关键SWE图像特征,并分别建立了US-RIS和SWE-RIS。

三、影像组学模型构建

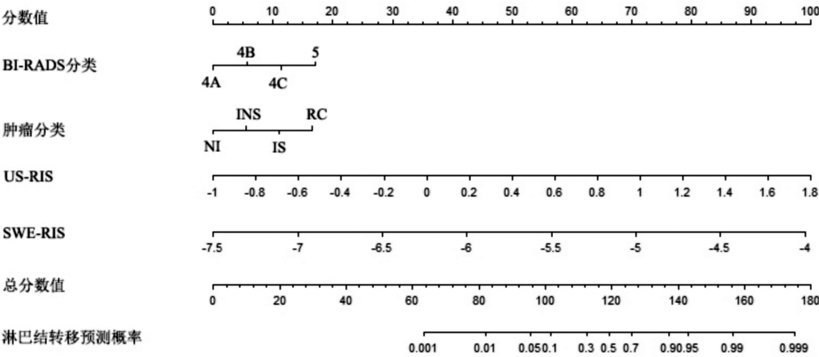
单因素 Logistic 回归分析显示,BI-RADS 分类、肿瘤位置、肿瘤大小、肿瘤分类、US-RIS、SWE-RIS 均为乳腺癌腋窝淋巴结转移的相关因素($OR=1.7651$ 、 0.8305 、 1.4179 、 1.4562 、 14.2626 、 10.8492 ,均 $P<0.05$)。将上述变量纳入多因素 Logistic 向后逐步回归,结果显示 BI-RADS 分类、肿瘤分类、US-RIS、SWE-RIS 均为乳腺癌腋窝淋巴结转移的独立预测因素。见表 2。基于上述 4 个独立预测因素和临床、病理指标构建双模态影像组学模型并绘制列线图。见图 2。

表 2 多因素 Logistic 向后逐步回归分析结果

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	OR 值(95%可信区间)	P 值
BI-RADS 分类	0.7072	0.2220	3.185	2.0283(1.3333~3.2022)	0.0015
肿瘤分类	0.6847	0.3845	1.781	1.9831(0.9445~4.3244)	0.0750
US-RIS	4.4154	0.7286	6.060	82.7214(22.1783~391.8973)	<0.0001
SWE-RIS	3.3954	0.5510	6.343	32.9723(12.2475~107.6236)	<0.0001

四、模型效能比较及验证

在训练集中,双模态影像组学模型诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的 AUC 为 0.926,均高于单模态 US、SWE 影像组学模型(AUC 分别为 0.807、0.828),差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。在验证集中,双模态影像组学模型诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的 AUC 为 0.863,单模态 US、SWE 影像组学模型的 AUC 分别为 0.815、0.717,双模态与单模态 SWE 影像组学模型的 AUC 比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。此外,双模态影像组学模型在训练集和验证集的 AUC 均高于超声医师,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 3 和图 3。



NI:原位癌;INS:非特殊类型浸润性癌;IS:特殊类型浸润性癌;RC:罕见癌;US-RIS:灰阶超声影像组学标记物;SWE-RIS:剪切波弹性成像影像组学标记物

图 2 预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的双模态影像组学模型列线图

训练集及验证集中各模型的决策曲线显示,应用双模态影像组学模型所获得的净收益在较为宽泛的阈概率范围内均高于单模态US、SWE影像组学模型。

见图4。校准曲线显示,应用双模态影像组学模型预测腋窝淋巴结转移结果与实际结果具有较高的一致性。见图5。

表3 超声医师及各模型诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的效能比较

诊断方法	AUC	准确率(%)	灵敏度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)
超声医师	0.650 [#]	69	49	81	62	71
单模态US影像组学模型						
训练集	0.807 [*]	74	61	83	70	76
验证集	0.815	77	59	88	74	78
单模态SWE影像组学模型						
训练集	0.828 [*]	79	65	89	80	79
验证集	0.717 [#]	65	41	79	54	70
双模态影像组学模型						
训练集	0.926	84	78	88	81	86
验证集	0.863	78	62	88	75	80

与双模态影像组学模型在训练集比较,^{*} $P<0.05$;与双模态影像组学模型在验证集比较,[#] $P<0.05$ 。AUC:曲线下面积

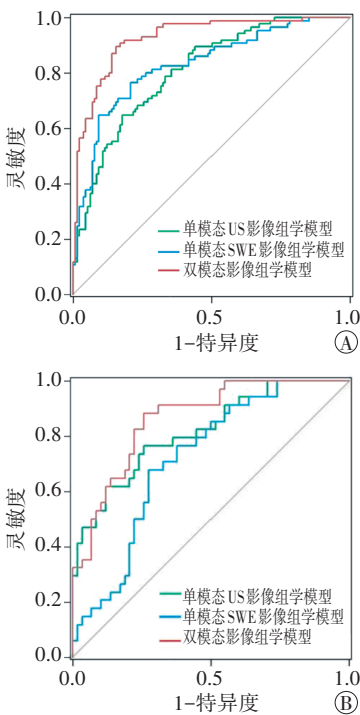


图3 训练集(A)和验证集(B)中各影像组学模型诊断乳腺癌腋窝淋巴结转移的ROC曲线图

讨论

US因可动态观察、无创、便捷等优点,在评估淋巴结状态方面具有重要的临床价值,是目前临床最常用的诊断淋巴结转移的方法之一。研究^[6,13]发现部分US图像特征(如病灶大小、边界、距皮肤深度等)与乳腺癌腋窝淋巴结转移具有相关性,但仅依据US图像特征诊断淋巴结转移状态的效能较低(AUC为0.585~

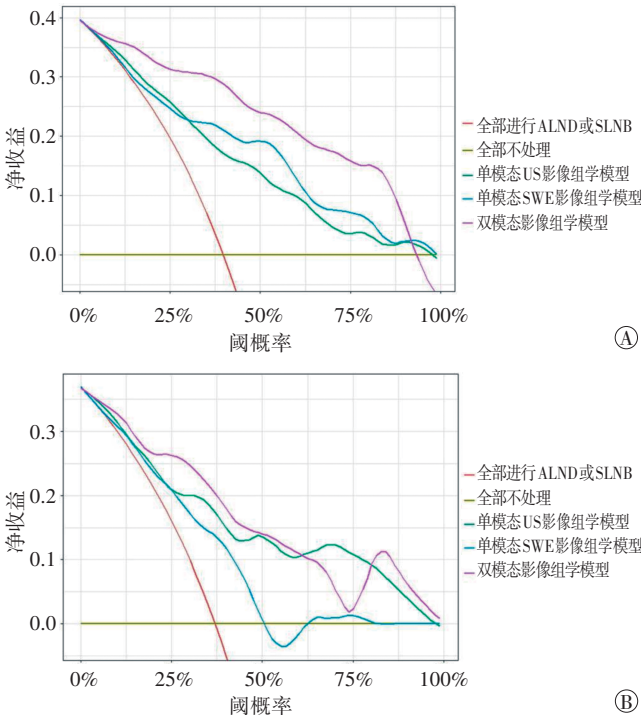


图4 训练集(A)和验证集(B)中各影像组学模型决策曲线图

0.719)。SWE作为一种检测组织硬度的新技术,在鉴别乳腺病变良恶性方面显示出良好的应用前景^[14]。乳腺癌灶的硬度是腋窝淋巴结转移的预测因素,其硬度越高,转移可能性越大,但其预测效能也不尽人意(AUC为0.759)^[15]。目前基于患者临床指标评估淋巴结转移的研究较多,但其诊断效能也因脱离图像特征而受到限制(AUC为0.664~0.742)^[16]。影像组学作为一种快速发展的精准医疗方法,能从影像图像中提取

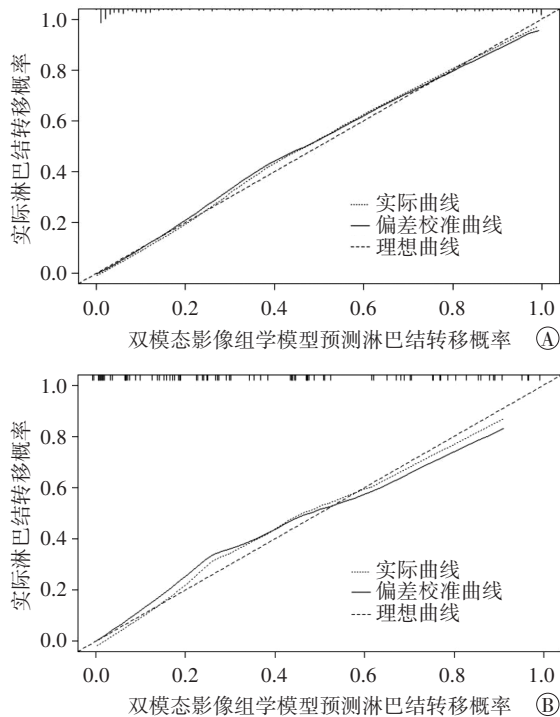


图5 训练集(A)和验证集(B)中双模态影像组学模型列线图的校准曲线图

大量的定量特征,将图像数字化,目前已广泛应用于疾病的辅助诊断^[17-18]、预后预测^[19]和转移预测^[20]等方面,成为弥合医学影像与个体化医学鸿沟的桥梁。本研究基于乳腺肿块的US和SWE图像提取影像组学特征,构建预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的影像组学模型并探讨其诊断效能,旨在为乳腺癌的术前治疗、术后管理等提供参考依据。

本研究通过分别提取US和SWE图像特征建立RIS,多因素Logistic向后逐步回归分析显示US-RIS、SWE-RIS与淋巴结转移的回归系数和OR值均远高于BI-RADS分类和肿瘤分类。表明本研究建立的2个RIS在最终的淋巴结转移预测模型中所占权重大于临床、病理指标。在临床应用中,超声医师仅需手动勾画US或SWE图像中的肿瘤ROI,将其输入至BUSAT工具包即可获得相关影像组学特征,利用相应公式计算出对应RIS,为术前评估乳腺癌腋窝淋巴结转移状态提供更有价值的影像学信息。

本研究基于US、SWE图像特征及临床、病理指标构建了预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的影像组学模型,且证实了该模型具有较好的预测能力(在训练集、验证集中AUC分别为0.926、0.863),同时经验证发现其预测效能均高于单模态US、SWE影像组学模型。此外,超声医师评估乳腺癌腋窝淋巴结转移的AUC、准确率、灵敏度及特异度分别为0.650、69%、

49%及81%,均低于双模态影像组学模型,证实联合US、SWE图像特征和临床、病理指标可为无创预测乳腺癌腋窝淋巴结转移提供附加价值和临床实用性。与使用单一SWE值预测腋窝淋巴结转移的研究^[21]比较,本研究应用影像组学的方法联合US与SWE图像特征,具有更高的预测效能。分析其原因,本研究通过提取US与SWE图像特征,可对整个ROI进行全面分析,并不局限于在ROI中测量SWE值的传统方法,为预测乳腺癌腋窝淋巴结转移提供更多有价值的信息。

本研究的局限性:①作为回顾性研究,其选择性偏倚或误差无法避免,如超声检查由不同医师完成,图像质量存在差异;②虽然同时纳入了US和SWE图像特征构建模型,但样本量偏小,可能限制其临床应用;③因难以选择与淋巴结转移最为相关的病灶图像,故将多灶性乳腺癌排除,仅纳入单发病灶患者。有待今后增大样本量对多灶性乳腺癌的淋巴结转移状态进行预测。

综上所述,本研究基于US和SWE图像特征及临床、病理资料构建了预测乳腺癌腋窝淋巴结转移的双模态影像组学模型,并证实其具有良好的诊断效能,可为临床医师制定乳腺癌精准化、个体化治疗方案提供参考依据,避免过度的ALND及SLNB。

参考文献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer Statistics, 2021 [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(1): 7-33.
- [2] Zha HL, Zong M, Liu XP, et al. Preoperative ultrasound-based radiomics score can improve the accuracy of the Memorial Sloan Kettering Cancer Center nomogram for predicting sentinel lymph node metastasis in breast cancer [J]. Eur J Radiol, 2020, 135(1): 109512.
- [3] Sun Q, Lin X, Zhao Y, et al. Deep learning vs. deep learning vs. radiomics for predicting axillary lymph node metastasis of breast cancer using ultrasound images: don't forget the peritumoral region [J]. Front Oncol, 2020, 10(1): 53.
- [4] Zhou LQ, Wu XL, Huang SY, et al. Lymph node metastasis prediction from primary breast cancer US images using deep learning [J]. Radiology, 2020, 294(1): 19-28.
- [5] Giuliano AE, Ballman KV, McCall L, et al. Effect of axillary dissection vs no axillary dissection on 10-year overall survival among women with invasive breast cancer and sentinel node metastasis: the ACOSOG Z0011 (Alliance) randomized clinical trial [J]. JAMA, 2017, 318(10): 918-926.
- [6] Guo Q, Dong Z, Zhang L, et al. Ultrasound features of breast cancer for predicting axillary lymph node metastasis [J]. J Ultrasound Med,

- 2018, 37(6):1354-1353.
- [7] Zhang Q, Xiao Y, Chen S, et al. Quantification of elastic heterogeneity using contourlet-based texture analysis in shear-wave elastography for breast tumor classification[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2015, 41(2):588-600.
- [8] Whitman G, Rapp C, Piccoli C, et al. AIUM practice guideline for the performance of a breast ultrasound examination [J]. *J Ultrasound Med*, 2009, 28(1):105-109.
- [9] Ecanow JS, Abe H, Newstead GM, et al. Axillary staging of breast cancer: What the radiologist should know [J]. *Radiographics*, 2013, 33(6):1589-1612.
- [10] Tang G, Qi L, Sun Z, et al. Evaluation and analysis of incidence and risk factors of lower extremity venous thrombosis after urologic surgeries: a prospective two-center cohort study using LASSO-Logistic regression[J]. *Int J Surg*, 2021, 89(5):105948.
- [11] Goldhirsch A, Wood WC, Coates AS, et al. Strategies for subtypes—dealing with the diversity of breast cancer: highlights of the St. Gallen International Expert Consensus on the Primary Therapy of Early Breast Cancer 2011[J]. *Ann Oncol*, 2011, 22(8):1736-1747.
- [12] Tan PH, Ellis I, Allison K, et al. The 2019 World Health Organization classification of tumours of the breast [J]. *Histopathology*, 2020, 77(2):181-185.
- [13] Zheng X, Yao Z, Huang Y, et al. Deep learning radiomics can predict axillary lymph node status in early-stage breast cancer[J]. *Nat Commun*, 2020, 11(1):1236.
- [14] Berg WA, Cosgrove DO, Doré CJ, et al. Shear-wave elastography improves the specificity of breast US: the BE1 multinational study of 939 masses[J]. *Radiology*, 2012, 262(2):435-449.
- [15] Kilic F, Velidedeoglu M, Ozturk T, et al. Ex vivo assessment of sentinel lymph nodes in breast cancer using shear wave elastography [J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(2):271-217.
- [16] Tapia G, Ying V, Di Re A, et al. Predicting non-sentinel lymph node metastasis in Australian breast cancer patients: are the nomograms still useful in the post-Z0011 era? [J]. *ANZ J Surg*, 2019, 89(6):712-717.
- [17] Huang YQ, Liang CH, He L, et al. Development and validation of a radiomics nomogram for preoperative prediction of lymph node metastasis in colorectal cancer [J]. *J Clin Oncol*, 2016, 34(18):2157-2164.
- [18] Guo J, Liu Z, Shen C, et al. MR-based radiomics signature in differentiating ocular adnexal lymphoma from idiopathic orbital inflammation[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(9):3872-3881.
- [19] Aerts HJ, Velazquez ER, Leijenaar RT, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach[J]. *Nat Commun*, 2014, 5(6):4006.
- [20] Lambin P, Leijenaar RTH, Deist TM, et al. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine [J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2017, 14(12):749-762.
- [21] Youk JH, Son EJ, Kim JA, et al. Pre-operative evaluation of axillary lymph node status in patients with suspected breast cancer using shear wave elastography [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(8):1581-1586.

(收稿日期:2022-08-25)

《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准,集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发行,月刊。为“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”“中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)”。设有临床研究、实验研究、经验交流、病例报道、述评、专家讲座、工程及译文等栏目,报道超声医学领域影像诊断与治疗的先进技术和前沿进展,为广大临床超声医师和研究人员提供良好的学术交流平台。

本刊刊号:ISSN 1008-6978;CN 50-1116/R。邮发代号:78-116。

每期定价:19元,全年228元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅。

地址:重庆市渝中区临江路74号,重庆医科大学附属第二医院内,临床超声医学杂志编辑部。邮编:400010。

电话:023-63811304,023-63693117

Email:lccsecq@vip.163.com