

· 国家自然科学基金专栏 ·

三阴性乳腺癌全数字化乳腺 X 线摄影 (FFDM) 影像特征与腋窝淋巴结转移相关性的 logistic 回归分析

金彦桐, 刘兴远, 王秀兰, 程晓英, 高波

【摘要】 目的:探讨三阴性乳腺癌(TNBC)患者腋窝淋巴结转移(ALNM)的危险因素,并基于全视野数字乳腺 X 线摄影(FFDM)影像特征构建预测 ALNM 模型。**方法:**回顾分析 227 例经病理学检查证实为 TNBC 患者的临床病理资料。根据病理结果分为腋窝淋巴结转移组(90 例)和非转移组(137 例)。所有病例术前均行常规乳腺 FFDM 检查。比较两组 TNBC 患者临床病理特征(年龄、绝经状态、组织学分级、Ki-67 表达、病理类型)和肿瘤 FFDM 征象(腺体类型,肿瘤最大径、密度、形态、边缘、有无可疑钙化,FFDM 显示有无 ALNM 及有无邻近皮肤增厚或凹陷)的差异,采用单因素分析及二元 logistic 逐步回归分析筛选 TNBC 淋巴结转移的独立危险因素,并构建联合预测模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线评价模型预测腋窝淋巴结转移的价值。**结果:**单因素分析显示两组 TNBC 患者绝经状态,肿瘤的最大径、密度、形态、边缘、有无可疑钙化,FFDM 显示有无 ALNM、有无皮肤增厚或凹陷差异具有统计学意义,与腋窝淋巴结转移具有相关性($P < 0.05$);logistic 回归分析显示肿块边缘呈星芒状($OR = 12.362, P < 0.001$)、肿块伴可疑钙化($OR = 4.249, P = 0.001$)、FFDM 显示 ALNM($OR = 34.428, P < 0.001$)是 TNBC 腋窝淋巴结转移的独立危险因素。建立预测淋巴结转移的联合诊断模型为 $Logit(P) = -5.349 + 2.515X$ 肿块边缘呈星芒状 $+ 1.447X$ 肿块伴可疑钙化 $+ 3.539X$ FFDM 显示 ALNM。联合预测模型的曲线下面积(AUC)为 0.880,符合率 81.5%,敏感度 86.7%,特异度 73.7%。**结论:**FFDM 影像显示肿块边缘呈星芒状、肿块伴可疑恶性钙化、FFDM 显示 ALNM 是 TNBC 患者腋窝淋巴结转移的危险因素,据此构建的联合预测模型对 TNBC 淋巴结转移具有良好的预测价值。

【关键词】 三阴性乳腺癌;乳房 X 线摄影术;病理状态,体征和症状;肿瘤转移;回归分析

【中图分类号】 R737.9;R816.4;R441;R73-37;R311 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)10-1291-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.10.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Logistic regression analysis of the correlation between FFDM imaging features of triple-negative breast cancer and axillary lymph node metastasis JIN Yan-tong, LIU Xing-yuan, WANG Xiu-lan, et al. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150086, China

【Abstract】 Objective: To investigate the risk factors of axillary lymph node metastasis (ALNM) in patients with triple-negative breast cancer (TNBC), and construct a model to predict ALNM based on full-field digital mammography (FFDM) image features. **Methods:** The clinicopathologic data of 227 patients with TNBC confirmed by pathological examination were retrospectively analyzed. The patients were divided into axillary lymph node metastasis group (90 cases) and non-metastatic group (137 cases). All cases underwent routine breast FFDM examination before operation. The clinicopathologic features (age, menopausal status, histological grade, Ki-67 expression, pathological type) and tumor FFDM signs (glandular type, tumor maximum diameter, density, shape, margin, suspicious calcification, FFDM indicated ALNM and adjacent skin thickening or depression) were compared between the two groups of TNBC patients. Univariate analysis and binary logistic stepwise regression analysis were used to identify independent risk factors for TNBC lymph node metastasis, and a combined prediction

作者单位:150086 哈尔滨,哈尔滨医科大学附属第二医院放射科

作者简介:金彦桐(1997-),女,吉林辽源人,硕士研究生,住院医师,主要从事乳腺肿瘤影像与研究。

通讯作者:高波, E-mail:gaobo72519@qq.com

基金项目:国家自然科学基金面上项目(62172129)

model was constructed. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the value of the model in predicting axillary lymph node metastasis. **Results:** Univariate analysis showed that there were significant differences in menopausal status, maximum diameter, density, shape, margin and suspicious calcification of tumors, ALNM and skin thickening or indentation indicated by FFDM between two groups of TNBC patients, which were correlated with axillary lymph node metastasis ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that tumor with spiculate margin ($OR = 12.362, P < 0.001$), tumor with suspicious calcification ($OR = 4.249, P = 0.001$), and FFDM indicated ALNM ($OR = 34.428, P < 0.001$) were independent risk factor for axillary lymph node metastasis in TNBC. The combined diagnostic model for predicting lymph node metastasis was established as $\text{Logit}(P) = -5.349 + 2.515 \times \text{tumor with spiculate margin} + 1.447 \times \text{tumor with suspicious calcification} + 3.539 \times \text{FFDM indicated ALNM}$. The area under the curve (AUC) of the combined prediction model was 0.880, with a coincidence rate of 81.5%, sensitivity of 86.7%, and specificity of 73.7%. **Conclusion:** FFDM imaging showed that tumor with spiculate margin, tumor with suspicious calcification, and FFDM indicated ALNM was a risk factor for axillary lymph node metastasis in patients with TNBC. The combined prediction model constructed based on these factors has good predictive value for TNBC lymph node metastasis.

【Key words】 Triple negative breast neoplasms; Mammography; Pathological conditions, signs and symptoms; Neoplasm metastasis; Regression analysis

三阴性乳腺癌(triple-negative breast cancer, TN-BC)是乳腺癌分子分型的一个特殊亚型,具有病程进展迅速、易早期转移、易复发等特点^[1-3]。由于其雌激素受体(estrogen receptor, ER)、孕激素受体(progesterone receptor, PR)、人表皮生长因子受体-2(human epidermal growth factor receptor-2, HER-2)表达均为阴性,对激素治疗和靶向治疗敏感度低,与其它乳腺癌亚型相比,患者的临床治疗更为棘手,预后较差^[1]。TNBC 更易发生腋窝淋巴结转移(axillary lymph node metastasis, ALNM)^[2,4],早期准确预测淋巴结状态是 TNBC 患者个体化治疗和预后评估的重要依据^[5]。全视野数字化乳腺 X 线摄影(full field digital mammography, FFDM)是临床诊断和筛查乳腺癌的首要检查方法^[3,6]。目前,分析乳腺 X 线征象与 TNBC 患者 ALNM 相关性的文献报道较少,且研究结果不一致。本研究基于 FFDM 影像及临床病理特征,探讨 TNBC 患者 ALNM 的危险因素并构建预测模型,为临床无创评估 TNBC 患者淋巴结转移提供依据。

材料与方法

1. 研究对象

回顾性分析 2013 年 1 月—2023 年 6 月本院乳腺外科收治的 227 例 TNBC 女性患者的临床资料。年龄 24~84 岁,中位年龄 52(46,61)岁。依据病理学检查是否出现腋窝淋巴结转移分为转移组($n=90$)和非转移组($n=137$)。纳入标准:①经手术病理证实为原发性 TNBC 患者;②在本院术前行常规乳腺 FFDM 检

查并有完整的影像资料、完整的临床及病理资料;③单侧单发病灶。排除标准:①乳腺 FFDM 检查前对肿块或者淋巴结进行穿刺或组织学活检者;②术前接受过新辅助化疗、放疗或内分泌治疗等患者;③非肿块型 TNBC 患者。本研究已通过本院医学伦理委员会审批(YJSKY2023-298)。

2. 检查方法及图像分析

采用美国 Hologic Lorad Selenia 全数字化乳腺机,常规行双侧乳腺的首尾位(cranio caudal, CC)及侧斜位(mediolateral oblique, MLO)摄片。参照美国放射学会乳腺影像报告及数据系统(BI-RADS, 第 5 版)标准,由 2 名有 10 年以上乳腺 X 线诊断工作经验的医师在不知道病理结果的情况下共同分析和评价 FFDM 图像,记录的征象包括腺体分型,肿块的最大径、密度、形态、边缘,肿块有无可疑钙化,FFDM 显示 ALNM,有无邻近皮肤增厚或凹陷。肿块内钙化呈不定形、粗糙不均质、细小多形、细线样或细线分支状,有以上一个或多个征象则认为肿块伴有可疑恶性钙化^[7]。FFDM 显示淋巴结:淋巴结肿大,呈圆形,短径 ≥ 10 mm^[6];淋巴结皮质增厚;脂肪门消失;边缘不清或伴有毛刺;伴微钙化,有以上一个或多个征象则认为 FFDM 显示 ALNM^[8]。

3. 临床病理资料分析

所有标本经苏木精-伊红染色检测病理类型、组织学分级。采用免疫组化方法检测 ER、PR、HER-2、Ki-67 表达情况。ER/PR 结果:视野中肿瘤细胞核着色细胞数 $< 1\%$ 为阴性, $\geq 1\%$ 为阳性。HER-2 结果:0

或 1+ 为阴性, 3+ 为阳性, 2+ 需进一步通过荧光原位杂交 (fluorescence in situ hybridization, FISH) 扩增来进一步确定^[9]。Ki-67 的临界值设置为 14%, 核着色数 $\leq 14\%$ 者为低增殖表达, $> 14\%$ 者为高增殖表达^[9]。ER、PR、HER-2 表达均阴性为 TNBC 患者。记录患者确诊年龄、绝经状态、肿瘤组织学分级、Ki-67 增殖指数。

4. 统计学分析

应用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计学分析。不符合正态分布的计量资料采用 M(Q1, Q3) 表示; 计数资料采用例数或百分比表示, 组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法检验。将单因素分析有统计学意义的变量采用逐步法纳入多因素 logistic 回归分析, 筛选 TNBC 患者淋巴结转移的独立危险因素, 据此构建多因素 logistic 回归模型, 以 Hosmer-Lemeshow 检验验证模型的拟合优度, 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评价各项 FFDM 影像特征及联合预测模型对 TNBC 患者淋巴结转移的预测效能。

结 果

1. 两组 TNBC 患者临床病理特征比较

转移组与非转移组 TNBC 患者绝经状态比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 已绝经患者淋巴结转移阳性率高。而患者的年龄、组织学分级、Ki-67 增殖指数、病理类型比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 1)。

表 1 TNBC 转移组与非转移组临床病理特征比较 [例(%)]

临床病理参数	n	转移组 (n=90)	非转移组 (n=137)	χ^2	P
年龄(岁)				0.595	0.743
≤45	54	19(21.1)	35(25.5)		
45~55	81	33(36.7)	48(35.0)		
>55	92	38(42.2)	54(39.4)		
绝经				6.730	0.009
否	97	29(32.2)	68(49.6)		
是	130	61(67.8)	69(50.4)		
组织学分级				0.015	0.903
I、II级	47	19(21.1)	28(20.4)		
III级	180	71(78.9)	109(79.6)		
Ki-67				2.810	0.094
≤14%	10	7(7.8)	3(2.2)		
>14%	217	83(92.2)	134(97.8)		
病理类型				0.326	0.568
浸润性导管癌	209	84(93.3)	125(91.2)		
其他	18	6(6.7)	12(8.8)		

2. 两组 TNBC 患者 FFDM 征象比较

转移组与非转移组 TNBC 患者肿块的最大径、密度、形态、边缘、有无可疑钙化、FFDM 显示 ALNM、有无邻近皮肤增厚或凹陷比较差异具有统计学意义 ($P < 0.05$), 肿块最大径 > 2 cm、呈高密度、不规则形态、边缘呈星芒状、伴可疑恶性钙化、FFDM 图像有 ALNM、有皮肤增厚或凹陷的 TNBC 患者淋巴结转移阳性率高 (图 1~4), 而腺体类型比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 2)。

3. TNBC 患者 ALNM 的多因素 logistic 回归分析

将单因素分析中差异有统计学意义的肿块最大径、密度、形态、边缘、有无可疑钙化, FFDM 显示 ALNM、有无皮肤增厚或凹陷纳入二元 logistic 逐步回归

表 2 TNBC 转移组与非转移组 FFDM 征象比较 [例(%)]

FFDM 征象参数	n	转移组 (n=90)	非转移组 (n=137)	χ^2	P
腺体类型				2.347	0.125
非致密型(脂肪型/散在纤维腺体型)	122	54(60.0)	68(49.6)		
致密型(不均匀致密型/极度致密型)	105	36(40.0)	69(50.4)		
最大径(cm)				8.605	0.003
≤2	95	27(30.0)	68(49.6)		
>2	132	63(70.0)	69(50.4)		
肿块密度				4.495	0.034
等密度	128	43(47.8)	85(62.0)		
高密度	99	47(52.2)	52(38.0)		
肿块形态				4.101	0.043
圆形/卵圆形	89	28(31.1)	61(44.5)		
不规则形	138	62(68.9)	76(55.5)		
肿块边缘				28.740	<0.001
非星芒状(清楚/遮蔽/小分叶/模糊)	157	44(48.9)	113(82.5)		
星芒状	70	46(51.1)	24(17.5)		
肿块伴可疑钙化				13.042	<0.001
无	148	46(51.1)	102(74.5)		
有	79	44(48.9)	35(25.5)		
FFDM 显示 ALNM				64.468	<0.001
无	163	38(42.2)	125(91.2)		
有	64	52(57.8)	12(8.8)		
皮肤增厚或凹陷				10.622	0.001
无	199	71(78.9)	128(93.4)		
有	28	19(21.1)	9(6.6)		

分析,结果显示肿块边缘呈星芒状、肿块伴可疑恶性钙化、FFDM 显示 ALNM 是 TNBC 患者 ALNM 的独立危险因素(表 3)。

4. logistic 回归模型及 ROC 曲线分析结果

根据多因素 logistic 回归分析结果建立预测模型: $\text{Logit}(P) = -5.349 + 2.515X_{\text{肿块边缘呈星芒状}} + 1.447X_{\text{肿块伴可疑钙化}} + 3.539X_{\text{FFDM 显示 ALNM}}$ 。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示模型拟合效果良好,自由度=4, $P=0.953$ 。最终此模型在本样本中预测 TNBC 患者 ALNM 符合率为 81.5%,各项单独预测时 ROC 曲线下肿块边缘呈星芒状、肿块伴可疑钙化、FFDM 显示 ALNM 的曲线下面积(area under curve, AUC)分别为 0.668、0.617、0.745,以此联合模型预测 TNBC 淋巴结转移的 AUC 为 0.880(表 4、图 5),优于 FFDM 各征象单独预测,表明该联合预测模型效能良好。

讨 论

TNBC 是具有高度异质性的乳腺癌特殊亚型,只占乳腺癌总数的 10%~20%^[5,10]。腋窝淋巴结转移是 TNBC 患者重要预后因素^[11],术前准确预测淋巴结状态对 TNBC 患者临床分期、精准化治疗具有重要意义。目前,有关 TNBC 影像征象与淋巴结转移相关性研究报道较少,且结论各不相同。本研究的特色为基于 FFDM 影像特征,探讨乳腺癌特殊亚型 TNBC 患者 ALNM 的危险因素并构建预测模型。结果表明联合多个 FFDM 影像特征构建的模型能有效评估 TNBC 患者淋巴结状态,为临床医生术前预测 ALNM 提供一种准确、易操作的参考方法。

与非 TNBC 相比,TNBC 更倾向于良性肿瘤的影像学特点,常表现为肿块,钙化少见,肿块形态呈圆形或椭圆形比率高,毛刺边缘少见^[3]。本研究结果显示肿块边缘呈星芒状、肿块伴可疑钙化、FFDM 显示 ALNM 是 TNBC 患者淋巴结转移的独立危险因素,当出现上述征象时 TNBC 患者 ALNM 转移危险性增

加,据此构建的预测模型诊断效能良好。

FFDM 显示肿块呈星芒状边缘(从肿块边缘发出的放射状线影^[7])是诊断乳腺癌的重要影像征象。肿块边缘呈星芒状表明肿瘤的恶性度更高,星芒状边缘病理基础是肿瘤细胞侵袭到周围腺体组织、导管、淋巴管并诱导纤维结缔组织增生引起^[12]。星芒状边缘形成还可能与癌细胞缺乏粘附因子有关,导致淋巴结转移的可能性增加^[13]。本研究显示边缘呈星芒状的肿瘤更易出现淋巴结转移,是 TNBC 患者 ALNM 的独立危险因素,Xu 和 Cong 等^[12,13]基于乳腺 X 线摄影发现星芒状边缘是浸润性乳腺癌 ALNM 的独立危险因素。Song 和 Wang 等^[5,14]分别探讨超声和 MRI 征象,结果显示肿瘤边缘不是 TNBC 患者 ALNM 的独立危险因素。以上研究结果不同可能是由于样本量和检查方法的差异以及肿块边缘分组方法不同所致。需要在今后的研究中加大样本量,统一肿块边缘分类标准进一步验证。

与非 TNBC 相比,TNBC 影像征象显示钙化者少见^[3,10]。本研究肿块伴可疑钙化在转移组与非转移组所占比率分别为 48.9%和 25.5%,表明伴可疑钙化的肿瘤更易发生淋巴结转移,多因素分析显示其为 TNBC 患者淋巴结转移的独立危险因素。Xu 等^[12]分析数字乳腺断层摄影(digital breast tomosynthesis, DBT)征象发现肿块伴可疑钙化与乳腺癌患者 ALNM 存在相关性,但不是独立危险因素。超声研究报道 TNBC 肿瘤有无可疑钙化在转移组与非转移组差异无统计学意义^[14,15],这可能是由于超声对微钙化的检出率低,敏感性和特异性低于乳腺 X 线摄影所致。

当大量癌细胞浸润淋巴结时,致其失去正常形态,体积增大,淋巴结门偏移或消失。本研究 227 例 TNBC 患者有 90 例发生淋巴结转移,转移率为 39.6%,与既往研究相似^[6]。文献报道超声、MRI、乳腺 X 线图像显示 ALNM 是预测淋巴结转移的独立危险因素^[12,16,17]。本研究发现对于乳腺癌的特殊亚型 TNBC,FFDM 显示 ALNM 也是预测转移的独立危险因

表 3 TNBC 腋窝淋巴结转移相关因素的二元 logistic 逐步回归分析

因素	β	S. E.	Wald χ^2	OR	95%CI	P
肿块边缘	2.515	0.440	32.661	12.362	5.219~29.284	<0.001
肿块伴可疑钙化	1.447	0.417	12.050	4.249	1.877~9.615	0.001
FFDM 显示 ALNM	3.539	0.487	52.889	34.428	13.265~89.353	<0.001

表 4 各项单独 FFDM 征象与联合应用的预测效能

组别	AUC	95%CI	敏感度	特异度	符合率
肿块边缘	0.668	0.594~0.742	51.1%	82.5%	70.0%
肿块伴可疑钙化	0.617	0.541~0.692	48.9%	74.5%	64.3%
FFDM 显示 ALNM	0.745	0.675~0.815	57.8%	91.2%	78.0%
联合模型	0.880	0.834~0.926	86.7%	73.7%	81.5%

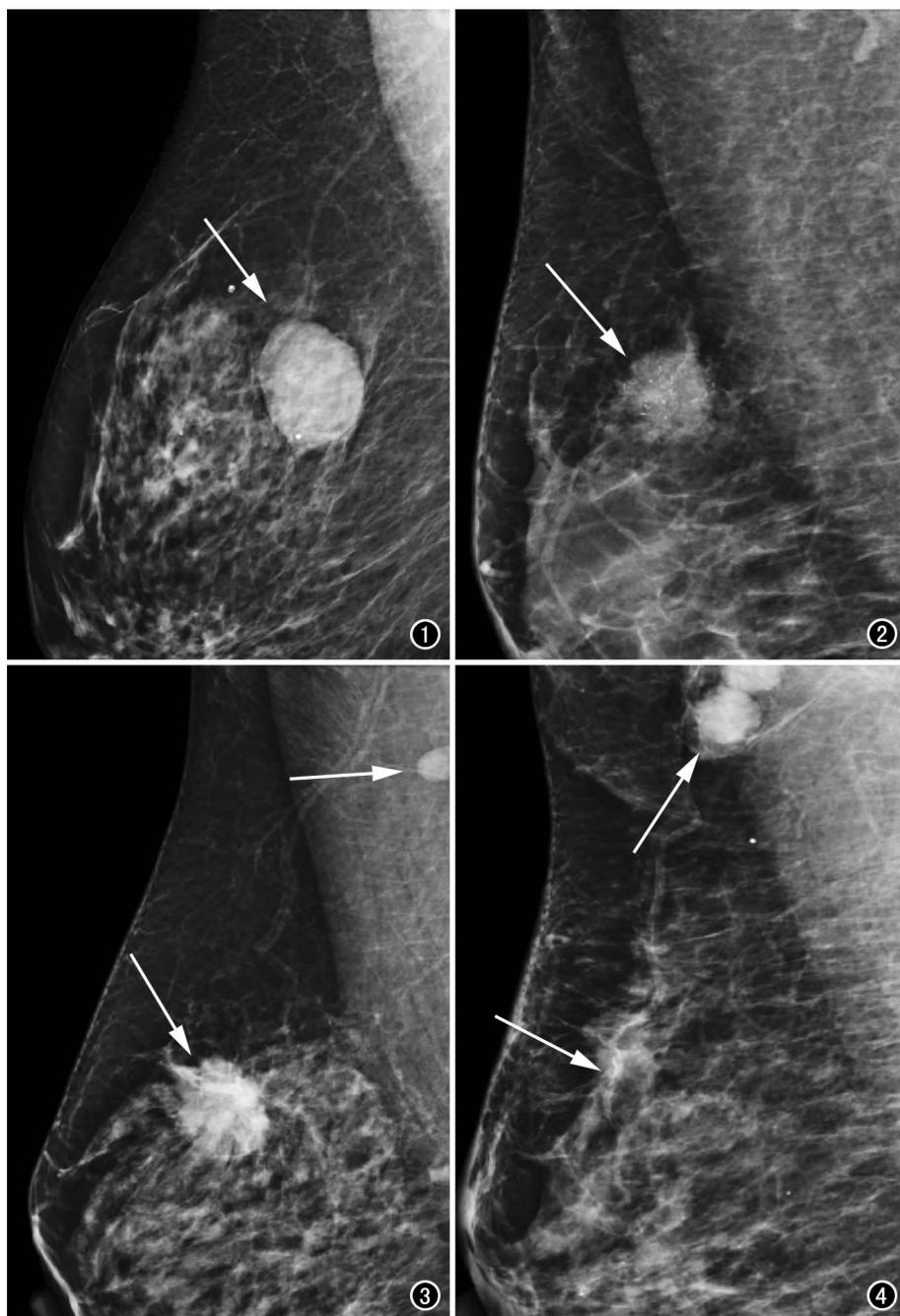


图 1 女,46 岁,FFDM 示右乳上方卵圆形肿块(箭),最大径 3.7cm,高密度,边缘清晰,肿块内未见可疑恶性钙化,FFDM 显示无 ALNM。病理:浸润性导管癌Ⅲ级,Ki-67 60%,无腋窝淋巴结转移。图 2 女,24 岁,FFDM 示右乳上方不规则形肿块(箭),最大径 2.2cm,等密度,星芒状边缘,肿块内见簇状细小多形钙化,FFDM 显示无 ALNM。病理:浸润性导管癌Ⅲ级,Ki-67 90%,有腋窝淋巴结转移。图 3 女,61 岁,FFDM 示右乳上方不规则形肿块(箭),最大径 2.8cm,高密度,星芒状边缘,肿块内及周围见簇状细小多形钙化,腋下见小淋巴结(上箭),FFDM 显示无 ALNM。病理:浸润性导管癌Ⅱ级,Ki-67 45%,有腋窝淋巴结转移。图 4 女,60 岁,FFDM 示右乳上方不规则形肿块(右箭),最大径 2.1cm,等密度,星芒状边缘,肿块内见簇状细小多形钙化,邻近皮肤增厚(左箭),腋下见肿大淋巴结(上箭),呈圆形,密度高,FFDM 显示有 ALNM。病理:浸润性导管癌Ⅲ级,Ki-67 30%,有腋窝淋巴结转移。

素,FFDM 评估转移淋巴结的敏感度和特异度分别为 57.8% 和 91.2%。Xu 等^[12]报道 DBT 摄影评估乳腺癌淋巴结转移的敏感度和特异度分别为 38.8% 和 97.2%,我们和 Xu 等的研究都显示 FFDM 评估转移淋巴结的敏感性有限,这可能是由于乳腺 X 线摄片受投照体位限制,部分患者腋窝区没能完全包括在投照范围内,导致其腋窝转移淋巴结未能全部显示^[6]。超声是影像学评价 ALNM 的主要方法,研究报道对于 TNBC 患者,超声显示 ALNM 也是淋巴结转移重要的相关因素^[14]。

本研究患者绝经状态,肿瘤的最大径、密度、形态、邻近皮肤增厚或凹陷与 TNBC 淋巴结转移有相关性,但均不是独立危险因素。基于超声征象的研究显示 TNBC 患者绝经状态在转移组与非转移组差异无统计学意义^[14,15]。我们的研究结果不同可能是由于样本量和研究对象的差异所致。本研究显示 >2 cm 的 TNBC 肿瘤更易发生淋巴结转移。肿瘤大小与 TNBC 淋巴结转移相关性还存在争议。Dent 等^[4]研究发现 TNBC 肿瘤大小在转移组与非转移组差异无统计学意义,非 TNBC 肿瘤直径越大,淋巴结阳性率越高。Neha 等^[18]认为肿瘤大小是 TNBC 淋巴结转移的独立危险因素。本研究所有病例肿块呈高密度或等密度,没有呈低密度肿块,且高密度肿块更易发生淋巴结转移,与既往研究结果一致^[19]。TNBC 虽为高侵袭性肿瘤,但与非 TNBC 相比,肿瘤形态较多表现为规则形^[3],本研究显示 TNBC 肿瘤呈不规则形态者更易发生淋巴结转移,与既往研究结果一致^[12]。当癌细胞浸润皮下淋巴管、悬韧带时,会导致患侧乳腺淋巴回流障碍、悬韧带短缩,FFDM 上表现为

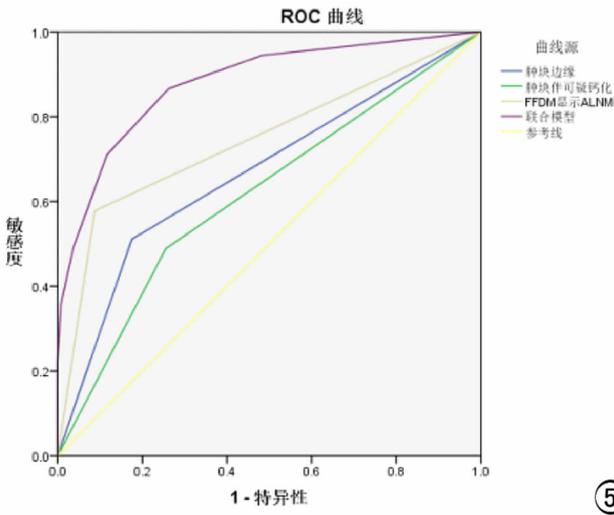


图 5 各项单独 FFDM 征象与联合应用预测 TNBC 患者 ALNM 的 ROC 曲线。

皮肤增厚、凹陷^[20]。超声显示皮肤增厚、凹陷是浸润性乳腺癌 ALNM 的独立危险因素^[17]。MRI 发现合并征象与乳腺癌 ALNM 存在相关性，皮肤增厚、皮肤凹陷及乳头凹陷者发生淋巴结转移的可能性大^[20]。FFDM 合并征象与 TNBC 患者 ALNM 的相关性有待进一步探讨。

目前，Ki-67 临界值在乳腺癌的临床工作中缺乏统一标准。研究显示 TNBC 患者 Ki-67 增殖指数普遍偏高^[1]，TNBC 的基线 Ki-67 值通常高于管腔型乳腺癌^[21]。文献报道高表达的 Ki-67 与 TNBC 淋巴结转移显著相关^[22]。本研究 Ki-67 临界值为 14%，高表达者所占占比率为 95.6%，此项研究中的 Ki-67 临界值偏低，不能精准显示 Ki-67 与 TNBC 患者淋巴结转移的相关性，用于预测 TNBC 淋巴结转移的最佳 Ki-67 临界值有待进一步探讨。

本研究根据多因素 logistic 回归分析结果构建预测模型，本预测模型的 AUC 为 0.880，敏感度 86.7%，特异度 73.7%，说明其预测效能好，预测价值较高，为临床术前准确预测 TNBC 患者 ALNM 提供了新思路。Wang 等^[2]基于超声特征预测 TNBC 患者淋巴结转移的 AUC 为 0.6898。Song 等^[5]分析 MRI 特征，采用 3 种机器学习算法（支持向量机、随机森林、logistic 回归）评估 TNBC 淋巴结转移，三种算法所取得的最大 AUC 值为 0.74。由此可见，本研究基于 FFDM 的预测模型诊断效能优于既往超声、MRI 相关文献报道。

本研究局限性：首先，属于单中心回顾性研究，不可避免存在一定的选择偏差；其次，我们只探讨了肿块伴有可疑钙化与 ALNM 的相关性，未具体分析钙化的形态、分布情况对 ALNM 的影响。此外，本研究只

纳入了肿块性病变，以后会对非肿块病变进行分析。

综上所述，TNBC 患者发生 ALNM 的危险因素包括肿块边缘呈星芒状、肿块伴可疑钙化、FFDM 显示 ALNM，据此构建预测模型对淋巴结转移有较好的预测价值。

参考文献：

- [1] Da SJ, Cardoso NN, Izetti P, et al. Triple negative breast cancer; A thorough review of biomarkers [J]. Crit Rev Oncol Hematol, 2020, 145: 102855.
- [2] Wang J, Lu X, Zheng X, et al. Clinical value of preoperative ultrasound signs in evaluating axillary lymph node status in triple-negative breast cancer [J]. J Oncol, 2022, 2022: 2590647.
- [3] Gao B, Zhang H, Zhang SD, et al. Mammographic and clinicopathological features of triple-negative breast cancer [J]. Br J Radiol, 2014, 87(1039): 20130496.
- [4] Dent R, Trudeau M, Pritchard KI, et al. Triple-negative breast cancer: clinical features and patterns of recurrence [J]. Clin Cancer Res, 2007, 13(15 Pt 1): 4429-4434.
- [5] Song SE, Woo OH, Cho Y, et al. Prediction of axillary lymph node metastasis in early-stage triple-negative breast cancer using multiparametric and radiomic features of breast MRI [J]. Acad Radiol, 2023, 30(Suppl 2): S25-S37.
- [6] Tan H, Wu Y, Bao F, et al. Mammography-based radiomics nomogram: a potential biomarker to predict axillary lymph node metastasis in breast cancer [J]. Br J Radiol, 2020, 93(1111): 20191019.
- [7] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会, 中华医学会肿瘤学分会乳腺肿瘤学组. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2024 年版) [J]. 中国癌症杂志, 2023, 33(12): 1092-1187.
- [8] Chang JM, Leung J, Moy L, et al. Axillary nodal evaluation in breast cancer: state of the art [J]. Radiology, 2020, 295(3): 500-515.
- [9] Fan M, He T, Zhang P, et al. Heterogeneity of diffusion-weighted imaging in tumours and the surrounding stroma for prediction of Ki-67 proliferation status in breast cancer [J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 2875.
- [10] 程晓英, 张慧, 李巍, 等. 三阴性与非三阴性乳腺癌的 X 线特征探讨 [J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(7): 1186-1190.
- [11] 沈松杰, 孙强, 周易冬, 等. 三阴性乳腺癌预后相关因素分析 [J]. 中华外科杂志, 2013, 51(11): 1000-1004.
- [12] Xu M, Yang H, Yang Q, et al. Radiomics nomogram based on digital breast tomosynthesis: preoperative evaluation of axillary lymph node metastasis in breast carcinoma [J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2023, 149(11): 9317-9328.
- [13] Cong Y, Wang S, Zou H, et al. Imaging predictors for nonsentinel lymph node metastases in breast cancer patients [J]. Breast Care (Basel), 2020, 15(4): 372-379.
- [14] 常乾坤, 白春强, 王伟芳, 等. 三阴性乳腺癌临床及超声表现与腋窝淋巴结转移的相关性分析 [J]. 医学研究生学报, 2022, 35(12): 1304-1308.
- [15] 段彤彤, 李晓琴, 范光磊, 等. 三阴性乳腺癌超声表现及其腋窝淋巴结转移的相关危险因素 [J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(4): 381-385.
- [16] Song D, Yang F, Zhang Y, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI

- radiomics nomogram for predicting axillary lymph node metastasis in breast cancer[J]. *Cancer Imaging*, 2022, 22(1): 17.
- [17] 金华, 罗伟权, 纪宗萍, 等. 乳腺癌超声影像组学图像特征 Logistic 回归方程预测腋窝淋巴结转移风险[J]. *中国超声医学杂志*, 2021, 37(2): 139-142.
- [18] Chintapally N, Englander K, Gallagher J, et al. Tumor characteristics associated with axillary nodal positivity in triple negative breast cancer[J]. *Diseases*, 2023, 11(3): 118.
- [19] 徐莉, 张刚, 刘园园, 等. 浸润性导管癌钼靶 X 线征象: 高密度与等密度肿块比较[J]. *实用医学杂志*, 2013, 29(3): 377-380.
- [20] 牟方胜, 陈莉, 陈垚, 等. 乳腺癌的 MRI 间接征象与淋巴结转移相关性[J]. *放射学实践*, 2019, 34(6): 635-639.
- [21] Aleskandarany MA, Green AR, Benhasouna AA, et al. Prognostic value of proliferation assay in the luminal, HER2-positive, and triple-negative biologic classes of breast cancer[J]. *Breast Cancer Res*, 2012, 14(1): R3.
- [22] Han JS, Cao D, Molberg KH, et al. Hormone receptor status rather than HER2 status is significantly associated with increased Ki-67 and p53 expression in triple-negative breast carcinomas, and high expression of Ki-67 but not p53 is significantly associated with axillary nodal metastasis in triple-negative and high-grade non-triple-negative breast carcinomas[J]. *Am J Clin Pathol*, 2011, 135(2): 230-237.

(收稿日期: 2023-11-07 修回日期: 2024-05-08)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则, 国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序, 《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2023 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息, 致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台, 以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动, 分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文, 投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信, 通过“添加朋友”, 在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号, 点击“关注”, 添加到通讯录。
3. 打开微信, 点击“扫一扫”, 手机镜头对准下面的二维码, 扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!