

非肿块型乳腺癌的常规影像及影像组学诊断进展

邱琳, 组木热提·吐尔洪, 冷晓玲*

新疆医科大学附属肿瘤医院超声诊断科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年9月19日; 录用日期: 2023年10月13日; 发布日期: 2023年10月19日

摘要

在临床工作中, 许多患有乳腺癌的患者未必呈现明显的肿块或结节, 而是呈现非肿块型病变, 具有弥散分布、不明确的轮廓以及模糊的占位表现, 极易造成漏诊、误诊。目前, 此病变的主要诊断方式包括超声、乳腺钼靶X线检查及磁共振成像等。影像组学的不断发展与完善为非肿块型乳腺癌的诊断提供了新的应用方向。本文旨在对乳腺非肿块型乳腺癌的常规影像及影像组学诊断进展进行概述。

关键词

超声检查, X线钼靶, 磁共振成像, 非肿块型乳腺癌, 影像组学

Advances in Conventional Imaging and Radiomics Diagnosis of Non-Mass Breast Cancer

Lin Qiu, Zumureti·Tuerhong, Xiaoling Leng*

Department of Ultrasonography, Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Sep. 19th, 2023; accepted: Oct. 13th, 2023; published: Oct. 19th, 2023

Abstract

In clinical work, many patients with breast cancer may not present obvious lumps or nodules, but rather non-massive lesions with diffuse distribution, unclear contours, and ambiguous occupying manifestations, which can easily lead to missed diagnosis and misdiagnosis. Currently, the main

*通讯作者。

diagnostic is conventional ultrasound, mammography, and magnetic resonance imaging. The continuous development and improvement of radiomics offer fresh avenues for diagnosing breast cancer that lacks distinct masses. The purpose of this paper is to provide an overview of conventional imaging and the progress of diagnosis by radiomics of non-mass breast cancer.

Keywords

Ultrasound Examination, Mammography, Magnetic Resonance Imaging (MRI), Non-Mass Breast Cancer, Radiomics

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前, 乳腺癌的发病率已经超过肺癌, 成为全球第一大癌[1]。很多患者在确诊时已进入中晚期, 这会增加局部复发和远处脏器转移的风险。乳腺 NWL 在超声检查中, 病变缺乏清晰的边界, 并且在两个或多个扫描方向上没有明显的空间占据效应, 在超声图像上通常表现为局部低回声区未探及明显的形态和边界, NWL 占乳腺异常的 9.21% [2], 根据美国放射协会(ACR)发布的乳腺影像报告和数据系统(BI-RADS)中, 肿块型乳腺病变可以根据 BI-RADS 获得较高的诊断效能, 但对于超声局部回声明显不均匀或者有临床症状但没有发现占位的非肿块型病变, BI-RADS 评估为 0 类, 即没有相应的诊断标准, 极易发生漏诊、误诊[3]。与乳腺磁共振成像上的非肿块增强相对应[4]。非肿块型乳腺癌的多种表现方式与某些乳腺良性病变(如炎症、增生等)存在重叠, 因此目前针对这类疾病的定性诊断标准存在争议。这也是导致误判和漏诊的主要因素之一[5]。故非侵入性方法来区分 NWL 的良恶性已经成为目前诊断的难点。为了提高这类病变的诊断的特异性, 以避免一些患者接受不必要的穿刺活检, 本文旨在对乳腺非肿块型乳腺癌的常规影像及影像组学诊断进展进行综述。

2. 非肿块型乳腺癌的常规影像特征

2.1. 超声技术

2.1.1. 二维超声

常规二维超声检查(ultrasound, US)不受乳房致密程度的限制, 故已经成为乳腺的检测和诊断的常规成像工具[6]。乳腺 NWL 常表现为低回声区或低回声区伴钙化, 其中低回声区伴微钙化的发现与恶性病变密切相关[7]。吴小茜等[8]研究结果发现年龄、病变可触及、微钙化、后方回声衰减、结构扭曲、血流信号丰富和腋窝淋巴结异常是恶性乳腺 NWL 的危险因素。然而, NML 大部分为都是异常病变, 根据最新的文献统计[9]良性 NWL 占 53.8%, 恶性 NWL 占 46.2%, 其良恶性超声特征存在很大重叠, 结构扭曲和导管改变是良、恶性 NML 的共同特征[10] [11]。US 对非肿块型乳腺癌的误漏诊率相对较高, 具有高敏感性低特异性, 明确诊断需要超声引导下的活检[6] [8] [9]。

2.1.2. 多普勒超声

多普勒超声(CDFI)可以显示病变的血流速度和方向的信息, 这是因为肿瘤细胞能够分泌细胞因子, 促进新生血管的形成, 从而使肿瘤周围的组织血流信号变得更加丰富, 导致了 RI 值的增加[12], CDFI

能够实时地显示乳腺病变和周围组织中的异常血管。

血管超声 + 微血管多普勒超声技术(AP)是一种创新的多普勒超声技术。AP 依赖于两个关键的支柱来实现非聚焦或平面波和三维壁滤波。平面或未聚焦的波以最大允许的脉冲重复被发送到身体,被探索组织的所有像素都可以从单一的未聚焦的电离中重建,其采样率明显高于常规的 CDFI。AP 与常规 CDFI 相比,具有更高的帧率和更好的空间分辨率,可以提供更快的图像更新速度,从而实现动态血流的实时检测。AP 可以描述微血管的形态学和分布特征,由于血管分布是肿瘤分化的重要因素,且 AP 在血管检测方面表现良好,从而可以提高乳腺病变良、恶性的诊断[13]。

2.1.3. 超声造影

超声造影(CEUS)是用于评估病变区域内微血管的分布和动态血流灌注情况。由于气体、血液和软组织之间存在声阻抗差异,恶性组织中富含新生血管,因此声波反射显著增强,从而实现了检测病变组织的最终目的。研究表明[14]非肿块型乳腺癌在 CEUS 中多表现为不均匀高增强、增强范围扩大,并可伴周围血管征。少数腺病在造影是也可表现为高增强且范围扩大,浆细胞性乳腺炎又称脂肪坏死性乳腺炎,其血供丰富而且易扩散至周边小叶间组织,所有造影也常常表现为高增强并且范围增大[15]。既往研究发现 US + CEUS 诊断的灵敏度会大大提高。

2.1.4. 弹性成像

超声弹性成像技术(SWE)是用于评估组织的弹性特性一种医学成像技术,可以提供更多关于组织性质的信息,对乳腺病变的诊断和定位提供支持。基本原理是通过超声波的压力或位移采集,测量组织的变形程度,从而评估组织硬度。如 TOZA-KI 等发现乳腺恶性病变的 SWE 图像多表现为“硬环征”和“多彩色变型”,这也构成了 SWE 在区分乳腺病变的良性和恶性之间的理论基础。王福霞[16]等研究发现恶性病变会展现出更多独特的表现,如“空洞征”和“马蹄征”。Choi 等[17]等研究表明,仅使用 SWE 来鉴别乳腺的良恶性病变是不够的,SWE 与 CDFI 两者的技术的联合使用可提高非肿块型乳腺癌诊断的准确度,避免不必要的活检。

2.2. 乳腺钼靶 X 线检查

乳腺钼靶 X 线检查通常用于早期筛查和诊断乳腺癌,该检查有助于发现乳腺组织中的结节、肿块和钙化等异常变化。在乳腺 X 线图像中,乳腺癌的通常表现为异常占位或钙化灶,乳腺癌的钙化灶通常表现为点状、颗粒状或线状,并且可能具有不规则性质。NWL 的恶性 X 线征象主要是:微钙化、结构扭曲、局限性腺体密度的不对称增高、腺体密度的弥漫性增高[18] [19]。首先,微钙化是其主要 X 线征象之一,微钙化的形态多种多样,包括细小多形性钙化、沙粒样、线样、分支状和虫蠕状钙化等。这些钙化可能分布在导管及其分支,还可能呈现出局部或成簇的分布模式。其次,结构扭曲在 X 线图像中常表现为乳腺组织实质的紊乱,乳腺小梁的错位、变形,表现为“蟹足征”和“星芒征”。此外,非对称性局部腺体密度增高也是非肿块型乳腺癌的重要特征,表现为乳腺局部密度增高,伴有边缘模糊的小片状阴影,这种表现在两个不同体位的 X 线图像上也可能相似。最后,弥漫性改变是乳腺腺体层增厚和皮肤水肿的表现,主要见于炎性乳癌[20]。需要指出的是,非肿块型乳腺癌在 X 线检查中容易漏诊,特别是对于那些乳腺病变在 X 线上没有明显边界和肿块影的情况,尤其是在致密型乳腺组织中。这可能与乳腺钼靶不能很好地区分结构重叠有关。

2.3. 磁共振

磁共振(MRI) I 可以作为在超声和乳腺钼靶 X 线检查不确定的情况中的补充手段,特别是致密性乳腺背景中的女性[21] [22]。乳腺非肿块强化(NME)指的是与周围正常乳腺实质不同的强化区域,其边界不明

确,无法像肿块那样勾勒出明显的三维轮廓,通常没有明显的占位效应,而常常伴有脂肪或正常组织的夹杂[3]。NEW 的分布可见多种特征,包括弥漫性、局灶状、斑点状、区域性、线样、分支管状样、段样等。在内部强化方面,可以观察到均匀、不均匀、块状、网状、簇样、环样以及从状强化的表现。虽然 MRI 在检测乳腺癌是目前最敏感的方法,但在 NME 乳腺病变的良恶性还难以区分。

2.3.1. 动态对比增强

动态对比增强(DCE-MRI)通过注射静脉造影剂来获得多时相的肿瘤组织增强图像,并记录血流动力学变化的指标。DCE-MRI 是检测 NEW 病变的重要方法,形态学特征是最重要的参数。NWE 为恶性病变时常表现为导管样、节段样、簇状小环样分布和不均质的强化,良性病变常表现为区域性、多发性、弥漫性强化[23] [24]。Liu [25]等研究结果显示节段性强化和簇状强化是 NEW 为恶性病变的重要预测因素。增强时间-信号曲线(time-signal intensity curve, TIC)是用于描述信号强度随时间和对比剂变化而变化的一种方法[26],NWE 为恶性病变是通常呈现出 II 型平台型的特征[27]。

2.3.2. 扩散加权成像

弥散加权成像(DWI)是一种用于检测和评估组织中水分子运动的成像技术[5]。随着 DWI 的应用,我们开始观察到运动和扩散的图像变得更加清晰。此外,我们可以通过非相干运动成像来量化评估组织中水分子的扩散情况,这主要通过测量表观扩散系数(ADC)来实现。ADC 反映了水分子在组织中扩散的特性,而在多细胞组织中,ADC 通常会降低,乳腺恶性肿瘤通常表现出较低的 ADC 值[5] [28]。Tang 等[29]研究乳腺非肿块强化(NME)病变的 ADC 值,通过比较与对侧正常腺体和胸大肌的相对 ADC 值(rADC)来证明 ADC 在良性和恶性病变的诊断中的价值。研究表明,这两种 rADC 值在区分乳腺 NME 病变的良性和恶性方面,并没有比病灶 ADC 值更具优势。另一方面,张天月等[30]采用了基于毛细血管微循环灌注的体素内不相干运动(IVIM)模型,以研究乳腺非肿块型病变的良性和恶性鉴别。研究表明,在鉴别诊断中,纯扩散系数 D 值具有更高的价值,而 ADC 和灌注分数的鉴别诊断价值处于中间位置。在这些数值中,恶性病变的 ADC 值和 D 值较低,而灌注分数较良性病变高。

3. 影像组学在乳腺非肿块型病变良恶性鉴别的应用

传统的 BI-RADS 分类是基于我们肉眼观察的医学影像图像数据的特征,然而影像组学可以从影像数据中隐藏的特征,这些特征和信息与疾病的生物学行为是息息相关的,经过预处理的医学图像中提取最相关的和最有信息量的特征来建立机器学习模型,对鉴别乳腺 NWL 病变良恶性表现出较好的诊断效能,影像组学已经成为一种新型辅助诊断工具。

当前,影像组学主要用于乳腺癌、肺癌、脑胶质瘤等多个领域,通过使用计算方法来量化图像的纹理、形状、密度、强度等特征,医学图像不仅仅是对疾病和解剖结构的可视化呈现,同时包含了疾病的生物学特征和信息,影像组学可以提取出这些潜在的生物标志物,建立用于临床决策支持的模型。在乳腺病变研究区域的具体用途多种多样,例如病灶检测特别是微小乳腺癌和良恶性诊断、区分恶性病变的不同组织学类型(如导管内原位癌与浸润性癌)、预测预后(如无远处复发、对新辅助治疗的反应),或确定肿瘤的基因组学特征(如乳腺癌分子亚型、Oncotype DX 复发评分) [31] [32] [33]。李汉森等[34]利用表现为 NME 病变的 42 例乳腺癌和 30 例乳腺炎患者的 DCE-MRI 病灶增强峰值的图像,使用线性判别分析分类器提取肉芽肿性乳腺炎、非肿块型乳腺癌及正常乳腺组织的纹理特征,对这三类组织进行分类的总体准确率达 89.6%。Tan 等[35]通过收集了 147 例 NME 病变的增强纹理特征、临床以及常规 MR 特征(CRMC)作为观察指标。筛选出相关的特征,然后建立了一个用于分类绝经前女性 NME 病变良恶性的模型。其研究结果显示,纹理分析(Texture Analysis, TA)联合 CRMC 构建的模型在区分乳腺 NME 病变的良、恶性

的诊断效能要优于单独使用 TA 或 CRMC。以上研究均提示纹理分析可以量化评估肿瘤的异质性，对区分 NME 的良恶性具有附加价值。Li [36]等通过收集 232 NWE 患者，基于临床和常规 Mr 特征、影像组学特征和影像组学联合信息，采用多变量逻辑回归分析建立了三种模型，结果显示，影像组学联合模型具有更佳诊断效能，具有临床实用价值。此外彭程宇等研究发现[37]，对于 X 线表现为非对称和结构扭曲的 NWL，其影像组学特征分类模型的诊断价值有限，但是对于结构扭曲，联合运用影像组学分析方法是可以提高其区分 NWL 良恶性的诊断效能。目前关于超声影像组学应用于非肿块乳腺癌的诊断研究鲜见报道，值得我们日后继续深入研究。

4. 总结与展望

综上所述，乳腺癌的病理组织学分型呈现多种多样和复杂的特征。并且恶性 NWL 的影像表现特征性不足，难以与乳腺腺病、硬化性病变及炎症性病变等良性病变鉴别。由于钼靶对于致密型乳腺和无钙化型病变的敏感性低，易造成漏诊，所以我们需要联合超声检查来提高诊断效能。US 由于不受乳腺致密程度的干扰，已经被广泛应用于乳腺癌的筛查与诊断中。CDFI 可以显示乳腺病变的血流分布和血流速度变化，恶性病变的血流要更加丰富、紊乱和不规则。CEUS 对病变微血管的分布更为敏感，SWE 可以通过定量测量或定性图来评估病变的硬度程度，恶性组织的硬度要高于良性。有很多研究显示多种超声联合应用的诊断效能要优于单独应用 US，多模态超声联合可以提供其诊断非肿块型乳腺癌的特异性。然而超声对于没有占位效应的微小钙化容易漏诊，既往研究结果指出[38]微钙化是其中最重要的特征。同时，伴随微钙化的 NWL 病变往往具有较高的恶性风险，因此需要结合乳腺钼靶检查来进行评估。MRI 可以提供高分辨率的乳腺图像，可以更清晰地显示乳腺组织中的异常改变，对于超声和乳腺 X 线摄影结果不确定的情况，MRI 支持多平面扫描和三维重建，能更好地显示病变的范围、位置和侵袭度，有助于对 NWL 良恶性的鉴别诊断。

目前国内外关于乳腺 NWL 的研究成果较少，对该类病变的良恶性鉴别缺少系统性的认识。影像组学作为一种重要工具，能够通过从医学图像中提取深层次的定量特征，为解决这一类问题提供了全新的途径。总的来说，综合多种超声技术、钼靶和 MRI 的联合应用目前已成为一种重要手段用来检测非肿块型乳腺癌，而随着影像组学的不断发展，它为非肿块型乳腺癌的诊断提供了新的应用前景，能够从医学影像数据中提取最具价值的信息，为这类病变的诊断和治疗提供了有力的辅助决策支持。

参考文献

- [1] Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., *et al.* (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [2] J Zhang, X., *et al.* (2021) Re-Evaluation of High-Risk Breast Mammography Lesions by Target Ultrasound and ABUS of Breast Non-Mass-Like Lesions. *BMC Medical Imaging*, **21**, 1-9.
- [3] D'orsi, C., Morris, E. and Mendelson, E. (2013) ACR BI-RADS[®] Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System.
- [4] Zhang, W., Xiao, X., Xu, X., *et al.* (2018) Non-Mass Breast Lesions on Ultrasound: Feature Exploration and Multi-mode Ultrasonic Diagnosis. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **44**, 1703-1711. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2018.05.005>
- [5] Yabuuchi, H., Matsuo, Y., Kamitani, T., *et al.* (2010) Non-Mass-Like Enhancement on Contrast-Enhanced Breast MR Imaging: Lesion Characterization Using Combination of Dynamic Contrast-Enhanced and Diffusion-Weighted MR Images. *European Journal of Radiology*, **75**, E126-E132. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.09.013>
- [6] Brem, R.F., Lenihan, M.J., Lieberman, J., *et al.* (2015) Screening Breast Ultrasound: Past, Present, and Future. *American Journal of Roentgenology*, **204**, 234-240. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12072>
- [7] Wang, Z.L., Li, N., Li, M., *et al.* (2015) Non-Mass-Like Lesions on Breast Ultrasound: Classification and Correlation with Histology. *La Radiologia Medica*, **120**, 905-910. <https://doi.org/10.1007/s11547-014-0493-x>

- [8] 吴小茜, 江燕辉, 刘美伶, 等. 恶性乳腺非肿块型病变超声特征分析及列线图预测模型构建[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(1): 119-123.
- [9] Park, K.W., Park, S., Shon, I., et al. (2021) Non-Mass Lesions Detected by Breast US: Stratification of Cancer Risk for Clinical Management. *European Radiology*, **31**, 1693-1706. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07168-y>
- [10] Ko, K.H., Jung, H.K., Kim, S.J., et al. (2014) Potential Role of Shear-Wave Ultrasound Elastography for the Differential Diagnosis of Breast Non-Mass Lesions: Preliminary Report. *European Radiology*, **24**, 305-311. <https://doi.org/10.1007/s00330-013-3034-4>
- [11] Choe, J., Chikarmane, S.A. and Giess, C.S. (2020) Nonmass Findings at Breast US: Definition, Classifications, and Differential Diagnosis. *Radiographics*, **40**, 326-335. <https://doi.org/10.1148/rg.2020190125>
- [12] 李晔, 王知力. 非肿块型乳腺病变的超声诊断[J]. 解放军医学院学报, 2015, 36(9): 957-959.
- [13] Chen, J., Liu, D., Wang, J., et al. (2022) Clinical Application of Super Sensitive Microflow Ultrasound on the Detection of Intraplaque Neovascularization in Patients with atheromatous Carotid Artery Plaque. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, **82**, 283-293. <https://doi.org/10.3233/CH-221510>
- [14] 徐子杭, 姜珏, 贾琬莹, 等. 超声造影对肉芽肿性小叶性乳腺炎和乳腺癌的鉴别诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(5): 402-404.
- [15] 王伟, 赵丹, 兰晶, 等. 多模态超声成像评分法对非肿块型乳腺病变良恶性的鉴别诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38(10): 1097-1100.
- [16] 王福霞, 张茜, 孙楠, 等. 多模态超声在非肿块型乳腺病变中的诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(6): 642-646.
- [17] Choi, J.S., Han, B.-K., Ko, E.Y., et al. (2016) Additional Diagnostic Value of Shear-Wave Elastography and Color Doppler US for Evaluation of Breast Non-Mass Lesions Detected at B-Mode US. *European Radiology*, **26**, 3542-3549. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4201-6>
- [18] 史叶锋, 刘怡文. 非肿块型乳腺癌的钼靶 X 线诊断分析[J]. 实用医学杂志, 2010, 26(24): 4548-4550.
- [19] 安向红, 张伟. 非肿块型乳腺癌的 CR 钼靶诊断分析[J]. 实用诊断与治疗杂志, 2008, 22(2): 126-127.
- [20] 谭艳娟, 包凌云. 非肿块型乳腺癌的影像学诊断进展[J]. 中国临床医学影像杂志, 2016, 27(4): 288-290.
- [21] Friedewald, S.M., Rafferty, E.A., Rose, S.L., et al. (2014) Breast Cancer Screening Using Tomosynthesis in Combination with Digital Mammography. *Journal of the American Medical Association*, **311**, 2499-2507. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.6095>
- [22] Kuhl, C.K., Stobel, K., Bieling, H., et al. (2017) Supplemental Breast MR Imaging Screening of Women with Average Risk of Breast Cancer. *Radiology*, **283**, 361-370. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016161444>
- [23] 于洪伟, 闫燃, 王武. 乳腺 MRI 动态增强对非肿块样强化病灶的诊断与鉴别诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(11): 1770-1773.
- [24] 彭晓澜, 张盛箭, 李裕生, 等. 乳腺 X 线摄影、超声、MRI 对乳腺非肿块强化病灶诊断价值的对照研究[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(8): 1209-1213.
- [25] Liu, G., Li, Y., Chen, S.L., et al. (2022) Non-Mass Enhancement Breast Lesions: MRI Findings and Associations with Malignancy. *Annals of Translational Medicine*, **10**, 1-9. <https://doi.org/10.21037/atm-22-503>
- [26] 龚良庚, 程流泉. 乳腺非肿块性浸润性导管癌 MRI 诊断[J]. 中国医学影像学杂志, 2011, 19(8): 601-604.
- [27] 尉丽君, 罗娅红. 乳腺非肿块型癌与肿块型癌的 MR 表现差异研究[J]. 放射学实践, 2017, 32(6): 561-565.
- [28] Woodhams, R., Matsunaga, K., Iwabuchi, K., et al. (2005) Diffusion-Weighted Imaging of Malignant Breast Tumors—The Usefulness of Apparent Diffusion Coefficient (ADC) Value and ADC Map for the Detection of Malignant Breast Tumors and Evaluation of Cancer Extension. *Journal of Computer Assisted Tomography*, **29**, 644-649. <https://doi.org/10.1097/01.rct.0000171913.74086.1b>
- [29] Tang, W., Chen, L., Jin, Z., et al. (2021) The Diagnostic Dilemma with the Plateau Pattern of the Time-Intensity Curve: Can the Relative Apparent Diffusion Coefficient (rADC) Optimise the ADC Parameter for Differentiating Breast Lesions? *Clinical Radiology*, **76**, 688-695. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2021.04.015>
- [30] 张天月, 汪登斌, 王丽君, 等. IVIM 磁共振成像对乳腺非肿块强化病变的诊断价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(3): 242-247.
- [31] Tagliafico, A.S., Piana, M., Schenone, D., et al. (2020) Overview of Radiomics in Breast Cancer Diagnosis and Prognostication. *Breast*, **49**, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2019.10.018>
- [32] Lyu, S., Zhang, M., Zhang, B., et al. (2023) The Value of Radiomics Model Based on Ultrasound Image Features in the Differentiation between Minimal Breast Cancer and Small Benign Breast Masses. *Journal of Clinical Ultrasound*.

<https://doi.org/10.1002/jcu.23556>

- [33] H. Xu, J.K. Liu, Z. Chen, C.H. Wang, Y.Y. Liu, M. Wang, 王猛. 探索基于 DCE-MRI 的瘤内和瘤周影像组学特征术前预测浸润性乳腺癌中导管原位癌成分的价值[J]. 国际医学放射学杂志, 2022, 45(5): 614.
<https://doi.org/10.19300/j.2022.e0712>
- [34] 李汉森, 章强, 齐海坤, 等. 基于增强 MRI 纹理分析区分非产褥期乳腺炎与非肿块样强化病灶乳腺癌[J]. 中国医学影像学杂志, 2017, 25(5): 354-359.
- [35] Tan, Y., Mai, H., Huang, Z., *et al.* (2021) Additive Value of Texture Analysis Based on Breast MRI for Distinguishing between Benign and Malignant Non-Mass Enhancement in Premenopausal Women. *BMC Medical Imaging*, **21**, Article No. 48. <https://doi.org/10.1186/s12880-021-00571-x>
- [36] Li, Y., Yang, Z., Lv, W., *et al.* (2021) Non-Mass Enhancements on DCE-MRI: Development and Validation of a Radiomics-Based Signature for Breast Cancer Diagnoses. *Frontiers in Oncology*, **11**, Article 738330.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2021.738330>
- [37] 彭程宇, 刘万花, 叶媛媛, 王瑞, 高飞, 张番栋. 影像组学对不同 X 线表现类型乳腺病灶良恶性的鉴别诊断效能[J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28(11): 820-824.
- [38] 陈卫国, 秦耿耿, 徐维敏, 等. 非肿块型钙化性乳腺癌微钙化 X 线表现与病理结果对照[J]. 南方医科大学学报, 2014, 34(4): 523-527.