

背景组织特征在乳腺超声中的研究进展

张若楠, 吴 琼, 王 影*

河北医科大学第二医院, 河北 石家庄

收稿日期: 2026年8月7日; 录用日期: 2026年9月1日; 发布日期: 2026年9月8日

摘 要

乳腺超声背景组织特征与病灶检出、诊断及乳腺癌风险评估关系密切。本文从背景回声异质性、腺体组织成分(Glandular Tissue Component, GTC)和自动乳腺全容积超声三个方面进行综述, 重点说明这些特征在病灶显示、诊断判断、组织组成评价及乳腺癌风险研究中的价值。复杂背景会降低病灶与周围组织的声学对比度, 使小病灶、等回声病灶及非肿块样异常的识别更加困难; GTC则从腺体成分保留角度, 为致密乳腺女性提供额外风险评估信息。未来需要建立标准化评价体系, 并开展多中心前瞻性研究, 以明确其临床价值, 为乳腺癌个体化筛查和精准诊疗提供依据。

关键词

乳腺超声, 背景组织特征, 腺体组织成分

Research Progress on Background Tissue Characteristics in Breast Ultrasound

Ruonan Zhang, Qiong Wu, Ying Wang*

The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang Hebei

Received: August 7, 2026; accepted: September 1, 2026; published: September 8, 2026

Abstract

Background tissue features on breast ultrasound are closely associated with lesion detection, diagnosis and breast cancer risk assessment. This paper reviews three aspects including background echogenic heterogeneity, glandular tissue component (GTC) and automated breast volume scanner ultrasound, and highlights their values in lesion visualization, diagnostic judgment, tissue composition evaluation and breast cancer risk research. Complex background reduces the acoustic contrast between lesions and surrounding tissues, bringing difficulties to the identification of small lesions, isoechoic lesions and non-mass abnormalities. From the perspective of glandular tissue

*通讯作者。

retention, GTC provides additional risk assessment information for women with dense breasts. Standardized evaluation systems and multicenter prospective studies are required in the future to clarify their clinical value and lay a foundation for individualized screening and precise diagnosis and treatment of breast cancer.

Keywords

Breast Ultrasound, Background Tissue Features, Glandular Tissue Component

Copyright © 2026 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

乳腺背景组织特征,是影响乳腺影像检查表现和临床判断的一个重要因素[1]。像钼靶所看到的乳腺密度,还有MRI中的背景实质强化(Background Parenchymal Enhancement, BPE),现在已成为乳腺影像学研究中的重要指标[2][3]。在超声检查中,背景组织特征在过去常常被当作阅片时的干扰项,临床医生对它的评价也主要是根据整体回声是否均匀来做一些描述,这种评价方法的临床价值有限[4]。不过,超声背景组织特征如今已经不再只是简单地描述图像,它开始被用到组织成分分层、诊断效能评估还有风险评估等环节里。尤其是ACR BI-RADS v2025把GTC纳入了超声组织成分评价框架,给超声背景组织特征的标准化评价和临床转化提供了新的依据[5]。本文就乳腺背景组织特征在钼靶、MRI及超声中的表现与意义,重点围绕超声背景组织特征的临床影响、风险价值及评估进展进行综述。

2. 乳腺超声背景组织特征的概念演进

乳腺超声背景组织特征是指在灰阶超声图像中,剔除局灶性肿块、钙化、结构扭曲等局部异常后,乳腺实质整体呈现的回声模式、组织构成及空间分布特征。其影像学基础由脂肪组织、纤维基质、腺体小叶、导管结构及其相互排列共同决定。不同个体乳腺内上述组织的比例和分布存在差异,因此可表现为以脂肪组织为主的均匀背景、以纤维腺体组织为主但结构较均一的背景,或由腺体、脂肪及纤维基质交错构成的非均匀背景[4]。超声背景组织特征并非完全稳定的静态指标,年龄、绝经状态、体质量指数、妊娠哺乳及内外源性激素水平等均可能通过影响腺体退化、脂肪替代及纤维腺体组织构成而改变其超声表现[6]。因此,在解读背景特征时应结合女性生理和内分泌状态,不可依靠单次超声结果直接推断长期乳腺癌风险。

早期ACR BI-RADS把背景回声纹理分为均匀脂肪型、均匀纤维腺体型和不均匀型,这为超声背景组织特征的描述提供了基本框架[4]。不过,这种分型方法主要靠整体视觉印象去判断,难以区分腺体、纤维基质以及脂肪组织的占比,也不能充分反映不均匀背景的差异程度。Kim等[7]在此基础上提出了改良背景回声分型,按照纤维腺体中低回声或中等回声腺体区域的占比,把背景不均质程度细化成四个等级,分别是均匀型、轻度不均匀型、中度不均匀型和显著不均匀型。这种分法能更细致地区分背景的复杂程度。另一方面,国内有学者也曾根据腺体、纤维组织和脂肪组织比例提出多种分型方法[8]。但各研究采用的评价切面不一样,判定阈值和技术条件不统一,造成不同研究得出的结果难以直接比较,大范围的临床推广存在局限性。

GTC的提出,推动乳腺超声背景组织特征评价由“回声模式描述”向“组织成分分层”发展。GTC

主要评估纤维腺体组织内部腺体成分所占比例,反映低回声腺体组织与相对高回声纤维基质之间的相对构成[9]。通常将 GTC 分为极少、轻度、中度和显著四级[10],同时可进一步划分为低 GTC 和高 GTC [1]。与传统背景回声分型不同, GTC 关注的并非乳腺实质是否均匀,而是纤维腺体组织内部腺体成分的相对保留程度。因此, GTC 不应被视为乳腺密度或背景回声纹理的简单替代指标,而是为致密乳腺内部组织异质性的识别提供了新的超声学视角[10] [11]。

3. 钼靶乳腺密度与 MRI 背景实质强化：超声背景组织特征的比较基础

钼靶乳腺密度和 MRI BPE 是目前乳腺影像中应用较成熟的背景组织评价指标[4]。钼靶乳腺密度主要反映乳腺内纤维腺体组织相对于脂肪组织的总体比例,并可按照纤维腺体组织分布及其对潜在病灶的遮蔽程度进行分级[4]。由于纤维腺体组织与多数乳腺癌在钼靶图像上均表现为较高密度,致密乳腺中正常实质与病灶易发生重叠,从而降低病灶与周围组织之间的对比度,增加病灶漏检风险[2]。除影响钼靶筛查敏感性外,较高乳腺密度还与乳腺癌发生风险升高相关,因此已成为乳腺癌风险评估及补充筛查策略制定的重要影像学依据[12]。

然而,乳腺密度主要反映纤维腺体组织的总体量,难以进一步区分腺体成分、纤维基质及脂肪组织在乳腺内部的相对构成。即使钼靶密度分级相同,不同女性的乳腺组织结构、腺体成分保留程度及局部空间分布仍可能存在差异[13]。因此,乳腺密度能够提示乳腺整体背景的结构性特征,但对乳腺实质内部组织构成及局部回声差异的反映相对有限[2]。

MRI BPE 反映的是增强检查中正常纤维腺体组织的血流灌注情况、血管通透性特征以及与激素相关的功能活动[4]。BPE 程度受多种因素影响,包括年龄、绝经状态、月经周期、妊娠哺乳史以及激素类药物使用情况。绝经前女性或处于激素活跃状态时, BPE 通常呈现较高水平[14]。BPE 过高会削弱病灶与周围实质之间的强化对比度,增加小病灶和非肿块样强化的识别困难。也有研究提示 BPE 升高与乳腺癌风险增加可能存在关联[15]。

钼靶乳腺密度、MRI BPE 和超声背景组织特征从不同方面提供信息。钼靶乳腺密度主要反映纤维腺体组织的总量和这种组织对 X 线显示病灶时产生的遮挡效应。MRI BPE 更多体现乳腺实质的功能活动状态。超声背景组织特征则能够显示乳腺实质内部的组织构成情况及其在声像图上的表现差异[16]。三种指标并非相互替代的指标,而是分别从不同维度提供信息。在乳腺影像综合评估中,应结合不同检查方式所反映的背景组织特征进行综合判断[16]。

4. 超声背景组织特征的临床影响及应用价值

4.1. 对病灶显示与检出效能的影响

乳腺背景回声纹理及其异质性可影响超声病灶显示。一般而言,在均匀脂肪型或均匀纤维腺体型背景中,肿块边界、形态、内部回声及后方声学特征更易识别[5]。而在不均匀背景中,正常腺体、导管、脂肪小叶和纤维基质交错分布,可形成局灶性低回声、假结节样表现及局部结构紊乱,从而干扰真实病灶边界和内部回声特征的观察[17]。该影响在小病灶、等回声病灶及非肿块样异常中更为突出。对于与周围腺体组织回声接近的病灶,局灶性回声改变可能与背景实质相互重叠,导致病灶边界和内部回声及整体形态显示不充分[10]。非肿块样异常通常不具备典型的三维占位特征,且缺乏明确形态或边界,其识别主要依赖于局灶性回声异常、结构扭曲或钙化等伴随征象,易与不均匀良性背景混淆[18]。

Park 等开展的多模态对照研究证实,在常规超声中看不见、但 MRI 导航超声能检出的额外病灶中,69.6%位于不均匀背景回声内,65.2%表现为等回声,均显著高于常规超声可检出病灶组。不均匀背景回声与病灶等回声表现可能共同降低病灶与背景之间声学对比度,从而增加常规超声漏检风险[19]。MRI 导

航超声这一特定临床场景下,背景不均匀与病灶检出率下降之间的关联。但此研究样本量较小,且研究对象为 MRI 已发现的额外病灶,所以不能据此推断一般筛查人群中的总体漏诊风险。

背景回声异质性不单是乳腺实质的一种描述性特征,它还改变病灶和背景之间的声学对比度,同时影响局部异常在声像图上的可识别性。这些因素共同作用于超声对病灶的显示能力和检出效能。对致密乳腺、小病灶、等回声病灶和非肿块样异常,需要留意复杂背景带来的干扰[6] [18]。

4.2. 对诊断效能和 BI-RADS 判读的影响

不均匀背景中,局灶性低回声区、导管异常还有结构紊乱等这些良性表现,有可能呈现出与结节相似的低回声区。这些影像学表现又跟 BI-RADS 中部分可疑征象存在重叠[18]。阅片者为了避免漏诊,可能对这些良性背景结构过度关注,这样一来,短期随访、穿刺活检或进一步检查的比例也会升高。Choi 等人[20]在一项针对东亚四十到四十九岁女性开展的自动乳腺超声筛查研究中发现,背景回声不均质人群召回率更高,特异性更低。这个结果提示,背景回声特征不仅是图像背景的描述指标,还会实际影响超声筛查效能和阅片决策过程。不过需要说明的是,复杂背景导致召回率升高或假阳性增加,反映的是对病灶判读和筛查表现带来的影响,并不等于背景不均匀本身能够预测未来乳腺癌发生风险。

传统 BI-RADS 分类主要依据病灶形态、边缘、方向、内部回声及后方声学特征进行恶性风险评估,背景组织特征尚未被纳入核心分层变量[21]。BI-RADS 4A 病灶属于低度可疑恶性病变,通常推荐组织学活检,但其实际恶性率相对较低,临床中存在一定过度活检问题[22] [23]。已有回顾性研究将背景 GTC 纳入 BI-RADS 4A 病灶风险评估,结果显示,高 GTC 背景下病灶恶性率显著高于总体 4A 人群及低 GTC 组;高 GTC 可能与 BI-RADS 4A 病灶恶性风险升高相关,因此可为病灶形态学征象之外的风险评估提供补充信息[24]。但现有研究的评价方法和结局指标尚不统一,仍不足以据此改变既有 BI-RADS 管理策略,需进一步验证其是否可在不增加漏诊风险的前提下减少不必要活检。

4.3. 与乳腺癌恶性风险的关联及其潜在价值

与背景回声异质性主要影响病灶显示和阅片判断不同,GTC 更侧重反映纤维腺体组织内部腺体成分的相对保留程度,因而具有被进一步用于乳腺癌风险分层的潜在价值[10]。现有研究的重点并非单纯判断乳腺是否致密,而是探讨 GTC 能否在传统乳腺密度及临床危险因素基础上提供附加风险信息。由此,GTC 为超声背景组织特征由描述性指标向潜在风险标志物发展提供了相对明确的研究路径。

目前较具代表性的纵向证据来自致密乳腺筛查人群。Lee 等[11]对 8483 名钼靶致密乳腺女性进行筛查超声研究发现,中度或显著 GTC 女性的后续乳腺癌发生风险高于极少或轻度 GTC 女性;在校正年龄及乳腺密度后,风险比仍为 1.50 (95% CI: 1.05~2.10)。这一结果提示,GTC 在传统乳腺密度信息之外提供与腺体组织保留状态相关的附加风险信息,而不只是乳腺整体致密程度的另一种表达。

从潜在组织学来看,腺体成分保留程度与乳腺小叶退化状态存在一定联系,而小叶退化不足与乳腺癌风险升高相关[25]。Lee 等[11]进一步发现,GTC 与小叶退化程度呈反向关系,即小叶退化不完全者出现中度或显著 GTC 的可能性更高。由此推测,高 GTC 可能在一定程度上反映乳腺组织中腺体成分保留较多及小叶退化不足的状态,为其与后续乳腺癌风险之间的关联提供了可能的组织学解释。

Bao 等[26]在中国女性人群中的研究也提示,超声乳腺背景实质模式与乳腺癌患病状态可能存在一定关联。在这项回顾性横断面研究中发现,在病理已经证实乳腺癌女性中不均型和纤维型比例较高。该结果提示,超声背景组织特征可能包含与乳腺癌相关的信息,并且在中国女性中具有进一步研究价值;但该研究纳入的是既往或当前患有乳腺癌的女性,并未评估随访期间新发乳腺癌的发生情况。同时,其分型方法不同于 BI-RADS 背景回声分类和 GTC 分级,因此不能直接作为预测未来乳腺癌风险的依据[26]。

总体而言,现阶段关于 GTC 与未来乳腺癌风险关系的证据仍相对有限。现有研究多集中于特定筛查人群或致密乳腺女性,且不同研究在 GTC 的评价方法、分级阈值、图像采集方式及随访终点不统一。筛查检出癌、病灶恶性率及 BI-RADS 4A 再分层价值均不能直接等同于个体远期发病风险[24] [27]。因此, GTC 目前更适合作为具有潜在价值的辅助风险标志物,其在不同人群中的稳定性及增量预测价值仍需多中心前瞻性队列研究证实。

4.4. 标准化评价与技术进展

传统乳腺超声对背景回声的判断,很大程度上依赖阅片者的视觉印象,容易受设备型号、增益设置及阅片经验等多因素干扰。背景回声和 GTC 的观察者间一致性虽然能够达到中等甚至较好水平,但无法完全摆脱主观性的影响[7] [27]。因此,乳腺超声背景组织特征评价有必要从单纯的定性描述,转向一种半量化的评价方式,这种评价需要有明确的评价对象、清晰的分层阈值,以及可重复测量的基础。

GTC 为这一转变提供了比较清晰的路径。除 GTC 外,纤维腺体组织跟脂肪组织厚度比值(FGT/FAT),还有纤维腺体组织内脂肪小叶的显示情况,也可作为辅助指标,用来反映乳腺组织构成情况。Uematsu 等人[28]提出将 GTC、脂肪小叶和 FGT/FAT 厚度比值相结合,对超声下致密和非致密乳腺进行分层。对于 GTC 和脂肪小叶表现不典型者,FGT/FAT 比值可作为辅助判断参数。上述方法提示,常规超声图像具备开展乳腺组织组成半量化评价的基础。但不同研究在评价区域、测量层面、阈值设置还有图像质量控制方面还不统一,想要推广到不同中心应用的话,它的价值还需要做进一步的验证。

ABUS 可在相对固定的扫描条件下获取全乳三维容积数据,并进行多层面重建,有助于减少手持扫描中因扫查范围和操作者差异导致的图像采集不一致[29]。更适合用于全局背景评价,并可为后续自动分割、组织比例测量和人工智能建模提供相对一致的图像基础[30]。但 ABUS 本身属于标准化图像采集技术,并不等同于定量评价方法;不同设备平台、图像重建方式及阅片习惯仍可能影响背景分型结果。此外,ABUS 与手持式超声所得背景回声分型不宜直接互换[31]。

4.5. 现有研究的局限性与争议

乳腺超声背景组织特征具备一定临床参考意义,但相关研究结论解读仍需慎重。现有研究多为回顾性横断面及病例对照研究,仅能证实该指标与病变、诊断结果存在关联,难以充分验证长期风险预测价值与临床获益[24] [26] [31]。纵向研究数据大多局限于致密乳腺及特定筛查人群,能否推广至不同年龄、乳腺密度及患病风险的女性,仍有待验证[11] [31]。不同研究选择的观察终点存在差异,背景回声异质性研究侧重病灶显示、筛查召回率与特异性, GTC 研究关注病灶恶性比例、筛查检出癌及随访新发乳腺癌风险[11] [24] [26] [30]。各类指标分别对应诊断效能、现有病灶风险与远期患病风险,不可等同看待。乳腺背景不均干扰病灶识别,其与乳腺癌远期风险之间的关系尚不能据此直接推断。高 GTC 与 BI-RADS 4A 病灶恶性率升高相关,但也无法预判远期乳腺癌发病[11] [24]。

现阶段背景组织特征的临床应用尚未达成共识。GTC 可在乳腺密度、常规危险因素外补充评估信息,辅助风险分层[31]。但年龄、绝经状态、乳腺密度均会影响乳腺背景表现,校正混杂因素后,相关风险关联能否稳定存在仍需验证,也缺乏证据表明标准化评估复杂乳腺背景可带来稳定临床获益。目前仅可将其作为辅助参考指标,不宜直接作为独立诊疗依据。针对 BI-RADS 4A 病灶,高 GTC 提示恶性概率可能增加,现有证据尚不足以支持仅依据 GTC 改变活检决策[24]。后续需进一步研究,明确其能否在不增加漏诊的前提下减少不必要活检,明确相较于传统危险因素的增量价值[22]-[24]。

5. 临床转化与未来展望

未来研究需持续推动乳腺超声背景组织特征从研究指标向临床应用转化。首先应建立贴合临床需求

的标准化培训体系,统一 GTC 与背景回声评判标准,搭建典型病例和标准图像库,规范评估区域、分级要点与常见判读难点,并依靠一致性检验确认方案可行性[28] [31]。同时针对不同经验水平的超声医师界定指标适用范围,不能脱离病灶形态与临床资料,单纯依靠背景特征开展诊断。还可将背景组织特征结构化整合进超声报告,为 GTC 等潜在风险分层指标设置固定填报条目,理清其与背景回声、乳腺密度、BI-RADS 分类的联系,在保证信息完整的前提下简化报告内容[5] [9]。后续可尝试联合年龄、绝经状态、乳腺密度等传统危险因素构建评估模型,让影像描述转化为风险分层参考指标[16]。风险模型的建立还应经过独立人群中的外部验证,并结合校准度、区分度及决策曲线等指标评价其临床效用,避免仅依据单中心回顾性数据判断其临床价值[32] [33]。

临床推广还需充分考量不同人群、医疗场景下的成本效益。开展背景特征评估会增加培训与阅片成本,已有研究表明,结构化整合影像学指标可能有助于减少不必要活检,但相关证据主要来自其他影像学决策工具,尚不能直接推及 GTC 等背景组织指标[23]。不同年龄、乳腺密度及患病风险人群的获益存在差别,需要多中心研究验证其应用价值与卫生经济学效益。更为关键的是,在利用该特征指导活检、随访和筛查方案前,必须获取高质量循证依据,开展多中心前瞻性长期随访研究,验证其在传统危险因素之外的增量预测价值,评估引入指标后能否优化诊疗决策、减少不必要活检,且不提升漏诊与间期癌风险[11] [23] [31]。只有评估手段重复性良好、风险预测作用稳定,并能够在真实临床中带来确切获益,背景组织特征才适合纳入常规报告与风险评估体系。

总体而言,乳腺超声背景组织特征正从基础影像描述向组织评估、风险分层方向发展,但其临床转化需要标准化评价、可靠循证证据与明确临床获益共同支撑[1] [28] [31]。后续研究应当区分各项指标对应的临床意义,避免混淆诊断效能、病灶恶性风险和远期乳腺癌发病风险,推动该指标从科研层面逐步走向常态化临床应用。研究应继续推动乳腺超声背景组织特征由研究指标向临床应用转化[30]。

参考文献

- [1] Chang, J.M., Leung, J.W.T., Heacock, L., Lee, S.H., Moon, W.K. and Hooley, R.J. (2026) Breast US: State of the Art. *Radiology*, **318**, e233101. <https://doi.org/10.1148/radiol.233101>
- [2] Expert Panel on Breast Imaging, Paulis, L.V., Lewin, A.A., et al. (2025) ACR Appropriateness Criteria® Supplemental Breast Cancer Screening Based on Breast Density: 2024 Update. *Journal of the American College of Radiology*, **22**, S405-S423. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2025.02.023>
- [3] Bechyna, S. and Baltzer, P.A.T. (2025) Impact of Background Parenchymal Enhancement on Diagnostic Performance of Breast MRI: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology*, **315**, e241919. <https://doi.org/10.1148/radiol.241919>
- [4] D'Orsi, C.J., Sickles, E.A., Mendelson, E.B. and Morris, E.A. (2013) ACR BI-RADS Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. American College of Radiology.
- [5] Minichetti, P., Cereser, L., Versienti, E., Francioso, F., Sparascio, F., Girometti, R., et al. (2026) BI-RADS V2025: Key Updates and Implications for Breast Imaging Practice. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/ajr.26.35051>
- [6] Ko, K.H., Jung, H.K. and Kim, I. (2017) Analysis of Background Parenchymal Echogenicity on Breast Ultrasound: Correlation with Mammographic Breast Density and Background Parenchymal Enhancement on Magnetic Resonance Imaging. *Medicine*, **96**, e7850. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000007850>
- [7] Kim, W.H., Lee, S.H., Chang, J.M., Cho, N. and Moon, W.K. (2017) Background Echotexture Classification in Breast Ultrasound: Inter-Observer Agreement Study. *Acta Radiologica*, **58**, 1427-1433. <https://doi.org/10.1177/0284185117695665>
- [8] 赵若兰, 王影. 女性乳腺超声背景特征与乳腺癌关联性的研究进展[J]. 河北医科大学学报, 2022, 43(11): 1351-1355.
- [9] 宋宏萍, 舒瑞. ACR 第 6 版 BI-RADS 超声部分更新内容解读[J]. 中华超声影像学杂志, 2025, 34(5): 369-376.
- [10] Lee, S.H. and Moon, W.K. (2022) Glandular Tissue Component on Breast Ultrasound in Dense Breasts: A New Imaging Biomarker for Breast Cancer Risk. *Korean Journal of Radiology*, **23**, 574-580. <https://doi.org/10.3348/kjr.2022.0099>

- [11] Lee, S.H., Ryu, H.S., Jang, M., Yi, A., Ha, S.M., Kim, S., *et al.* (2021) Glandular Tissue Component and Breast Cancer Risk in Mammographically Dense Breasts at Screening Breast Us. *Radiology*, **301**, 57-65. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021210367>
- [12] Monticciolo, D.L., Newell, M.S., Moy, L., Lee, C.S. and Destounis, S.V. (2023) Breast Cancer Screening for Women at Higher-than-Average Risk: Updated Recommendations from the ACR. *Journal of the American College of Radiology*, **20**, 902-914. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2023.04.002>
- [13] 侯怡如, 于韬, 叶冬慢, 等. 乳腺密度的多模态影像学评估及其在乳腺癌风险预测中的应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2026, 37(3): 209-213.
- [14] Kim, S.J., Jung, H.K., Han, B., Lee, J.H., Oh, K.S., Lee, J.S., *et al.* (2020) Relationship between Breast Ultrasound Background Echotexture and Magnetic Resonance Imaging Background Parenchymal Enhancement and the Effect of Hormonal Status Thereon. *Ultrasound Quarterly*, **36**, 179-191. <https://doi.org/10.1097/ruq.0000000000000487>
- [15] Brooks, J.D., Christensen, R.A.G., Sung, J.S., Pike, M.C., Orlow, I., Bernstein, J.L., *et al.* (2022) MRI Background Parenchymal Enhancement, Breast Density and Breast Cancer Risk Factors: A Cross-Sectional Study in Pre- and Post-Menopausal Women. *NPJ Breast Cancer*, **8**, Article No. 97. <https://doi.org/10.1038/s41523-022-00458-2>
- [16] Acciavatti, R.J., Lee, S.H., Reig, B., Moy, L., Conant, E.F., Kontos, D., *et al.* (2023) Beyond Breast Density: Risk Measures for Breast Cancer in Multiple Imaging Modalities. *Radiology*, **306**, e222175. <https://doi.org/10.1148/radiol.222575>
- [17] Zhang, Y., Ma, L., Hu, N., Chang, C., Gao, Y. and Chen, Y. (2025) Pregnancy Associated Breast Cancer: Correlation between Parity and Ultrasonic Characteristics of Tumors & Background Echotexture. *Cancer Imaging*, **25**, Article No. 119. <https://doi.org/10.1186/s40644-025-00941-6>
- [18] Kim, H., Lee, H. and Choi, J.S. (2025) Nonmass Lesions on Breast Ultrasound: Radiologic-Pathologic Correlation and a Practical Guide to Diagnostic Approach. *Korean Journal of Radiology*, **26**, 1133-1148. <https://doi.org/10.3348/kjr.2025.1125>
- [19] Park, A.Y., Seo, B.K., Han, H., Cho, K.R., Woo, O.H., Cha, S.H., *et al.* (2018) Clinical Value of Real-Time Ultrasonography-MRI Fusion Imaging for Second-Look Examination in Preoperative Breast Cancer Patients: Additional Lesion Detection and Treatment Planning. *Clinical Breast Cancer*, **18**, 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.clbc.2017.07.007>
- [20] Choi, W.J., Kim, S.H., Shin, H.J., Bang, M., Kang, B.J., Lee, S.H., *et al.* (2021) Automated Breast US as the Primary Screening Test for Breast Cancer among East Asian Women Aged 40-49 Years: A Multicenter Prospective Study. *European Radiology*, **31**, 7771-7782. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-07864-3>
- [21] Choi, J.S. (2023) Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS): Advantages and Limitations. *Journal of the Korean Society of Radiology*, **84**, 3-14. <https://doi.org/10.3348/jksr.2022.0142>
- [22] Hai, L., Feng, Y., Zhao, J., Tang, Q., Wang, X., Cao, X., *et al.* (2022) An Improved Nomogram to Reduce False-Positive Biopsy Rates of Breast Imaging Reporting and Data System Ultrasonography Category 4A Lesions. *Cancer Control*, **29**. <https://doi.org/10.1177/10732748221122703>
- [23] Vatteroni, G., Dietzel, M. and Baltzer, P.A.T. (2025) Can Structured Integration of BI-RADS Criteria by a Clinical Decision Rule Reduce the Number of Unnecessary Biopsies in BI-RADS 4 Lesions? A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Radiology*, **35**, 1504-1513. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11274-6>
- [24] Zhong, Y., Chen, Y.T., Qiu, Y.D., Xiao, Y., Chen, X., Wang, L., *et al.* (2025) Sonographic Glandular Tissue Component: A Potential Imaging Marker for Upgrading BI-RADS 4A Breast Masses. *Academic Radiology*, **32**, 3883-3891. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2025.03.041>
- [25] Milanese, T.R., Hartmann, L.C., Sellers, T.A., Frost, M.H., Vierkant, R.A., Maloney, S.D., *et al.* (2006) Age-Related Lobular Involution and Risk of Breast Cancer. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, **98**, 1600-1607. <https://doi.org/10.1093/jnci/djj439>
- [26] Bao, Z., Zhao, Y., Chen, S., Chen, X., Xu, X., Wei, L., *et al.* (2021) Evidence and Assessment of Parenchymal Patterns of Ultrasonography for Breast Cancer Detection among Chinese Women: A Cross-Sectional Study. *BMC Medical Imaging*, **21**, Article No. 152. <https://doi.org/10.1186/s12880-021-00687-0>
- [27] Kim, M.K., Kim, H., Baek, S., Ko, E.Y., Han, B., Ko, E.S., *et al.* (2026) Association of Breast Tissue Composition on Preoperative Automated Breast Ultrasound with Accuracy of Cancer Multiplicity Evaluation and Recurrence-Free Survival in Patients with Early-Stage Breast Cancer. *Korean Journal of Radiology*, **27**, 97-110. <https://doi.org/10.3348/kjr.2025.1249>
- [28] Uematsu, T., Nakashima, K., Nasu, H., Igarashi, T., Okayama, Y. and Notsu, A. (2024) Preliminary Study of Standardized Semiquantitative Method for Ultrasonographic Breast Composition Assessment. *Journal of Medical Ultrasonics*, **51**, 497-505. <https://doi.org/10.1007/s10396-024-01463-7>
- [29] 孙雨, 杨琛. 基于自动乳腺超声诊断系统的乳腺肿瘤人工智能诊断研究进展[J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32(11): 1176-1181.

-
- [30] Choi, E.J., Choi, H., Byon, J.H. and Youk, J.H. (2023) Analysis of Background Echotexture on Automated Breast Ultrasound Using BI-RADS and Modified Classification: Association with Clinical Features and Mammographic Density. *Journal of Clinical Ultrasound*, **51**, 687-695. <https://doi.org/10.1002/jcu.23426>
 - [31] Huang, J.N., Yan, H.J., Qiu, Y.X., *et al.* (2026) ABUS-Based Glandular Tissue Component Classification for Breast Cancer Risk Prediction in Chinese Women with Dense Breasts: A Retrospective Study. *BMC Medical Imaging*, **26**, Article No. 106. <https://doi.org/10.1186/s12880-026-02190-w>
 - [32] Hueting, T.A., van Maaren, M.C., Hendriks, M.P., Koffijberg, H. and Siesling, S. (2023) External Validation of 87 Clinical Prediction Models Supporting Clinical Decisions for Breast Cancer Patients. *The Breast*, **69**, 382-391. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2023.04.003>
 - [33] Eriksson, M., Czene, K., Vachon, C., Conant, E.F. and Hall, P. (2023) A Clinical Risk Model for Personalized Screening and Prevention of Breast Cancer. *Cancers*, **15**, Article No. 3246. <https://doi.org/10.3390/cancers15123246>