

浅谈乳腺 X 线摄影技术新进展

谢永玲 云峰 陈洋

海南省人民医院（海南省医科大学附属海南医院）放射科 海南 570311

摘要：近几年来，乳腺 X 线摄影技术飞速发展，为了提高乳腺癌的检出率，解决致密型乳腺因其脂肪组织占的比例额比较小，使腺体组织与病灶重叠所带来的病灶边缘的显示欠佳，大幅度提高致密型乳腺病变的显示率及可见性，全野数字化摄影、数字乳腺断层摄影、对比增强乳腺 X 线摄影、等发挥着各自的作用及优势。

关键词：全野数字化摄影；数字乳腺断层摄影；对比增强乳腺 X 线摄影；锥光束 CT

乳腺癌是威胁女性健康的常见恶性肿瘤，早期诊断、治疗是降低乳腺癌死亡率及提升患者预后生活质量的关键^[1]。医学影像技术作为不同类型乳腺疾病的重要诊断方法，最近几年得到不断发展与完善，目前许多医院在乳腺检查时多采用乳腺彩超、钼靶及核磁共振检查，这几种的检查的方法及原理大不相同，它们之间各有优势。它们之间既不可相互替代，但在临床上可以起到相互补充的作用。彩超且具有无创性及无放射性的优点，且价格相对便宜及预约时间短，使老百姓较容易接受，不仅可以反复检查及随诊复查，还可以多角度探查乳腺肿块及病灶的位置象限、形态大小、边界情况、内部回声、周围血流信号等。但由于超声对于病灶内是否存在细小的钙化常常难以显示，容易造成漏诊。磁共振可以同时检查双侧乳房，患者俯卧将乳房放置线圈内，多参数以及多平面显示出病变特征及与附近组织之间的关系。在乳腺癌的多中心与多病灶的诊断效果较理想，常用于临床术前分析与术后评估，对组织及肿块分辨率与敏感性如导管原位癌敏感性比较高，但对微钙化的特异性检出率较低，且存在严格的禁忌证如有金属或心脏起搏器置入患者，或有幽闭恐惧症及体质虚弱配合欠佳的患者不适用，且患者预约及检查时间较长、价格比其他检查的 2-4 倍，比较难于普通人群的乳腺筛查。所以，对于能够发现微小钙化等乳腺病灶的乳腺 X 线摄影，临床上有着无法替代的优势。乳腺 X 线摄影技术飞速发展：从全野数字化乳腺 x 射线摄影技术应用，再到乳腺三维摄影技术的使用；最后正式迎来了数字乳腺断层摄影开始投入临床使用，在此基础上，紧随其后推出的一项新技术：对比增强乳腺 X 线摄影，它是通过静脉注射碘对比剂后，通过获得两种能量图像来反映乳腺病灶摄取碘对

比剂的能力，间接观察肿块及其血供情况，目前已在临床上逐步应用；近几年，锥光束乳腺 CT 也已经在临床工作中投入使用。

1. 全野数字化乳腺 x 射线摄影技术 (Full-Field Digital Mammography, FFDM)

优势

FFDM 显示与屏片效果不同，其利用窗宽窗位的调整可以直接在显示屏上调整图像的对比度，使图像不因个体乳腺腺体差异影响最佳的显示效果，特别对隐匿在腺体中的微小钙化病变，病变显示细节上效果明显，解决了传统乳腺摄影中因个体差异及曝光量大小等原因，导致乳腺腺体细节显示欠佳的问题，同时在提高图像质量和对比度的情况下，使患者辐射剂量有所减少，2000 年已被广泛普及应用于临床乳腺肿瘤的筛查，目前已经全球推广使用并已被认可。

劣势

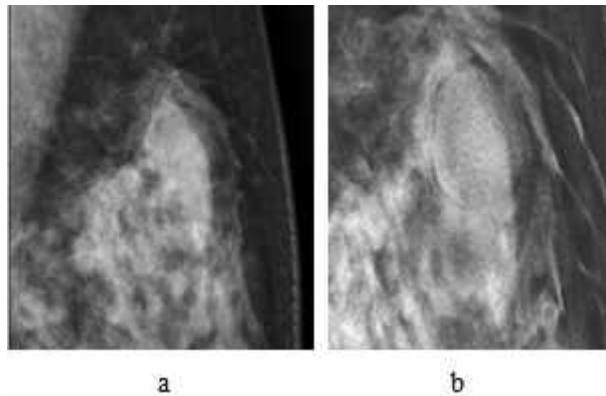
患者自己触诊到肿块，明确肿块的质地、边界及活动度，但是由于 FFDM 是通过压迫腺体的方法投射至探测器平面上，通过显示屏进行观察的技术，是三维投照转化成二维图像的过程，其会造成部分图像损失，乳腺密度及脂肪或腺体含量可造成单纯肿块常常与正常腺体组织重叠，难以较清晰地观察病灶及边缘特征图（1），易在一定程度上造成腺体组织被掩盖而出现漏诊或误诊事件^[2]。

2. 数字乳腺断层摄影 digital breast tomosynthesis (DBT)

近几年来，随着影像学的发展，针对乳腺 X 线摄影的设备更新发展较快，DBT 已在临床上得到广泛的应用，各个厂家的技术也日趋成熟。我院引进的是富士多功能乳腺

摄影系统，大大提高了对乳腺早期微小病变的显示能力。是唯一提供双模式断层摄影的厂家，富士的乳腺断层成像功能提供两种模式，提供更灵活的临床选择。这两种模式分别为快速（ST）模式和高清（HR）模式。ST 模式采样角度为 $\pm 7.5^\circ$ ，能在 4 秒内成像。而 HR 模式采样角度为 $\pm 20^\circ$ ，能在 9 秒内成像。该技术可对乳腺进行多角度多方

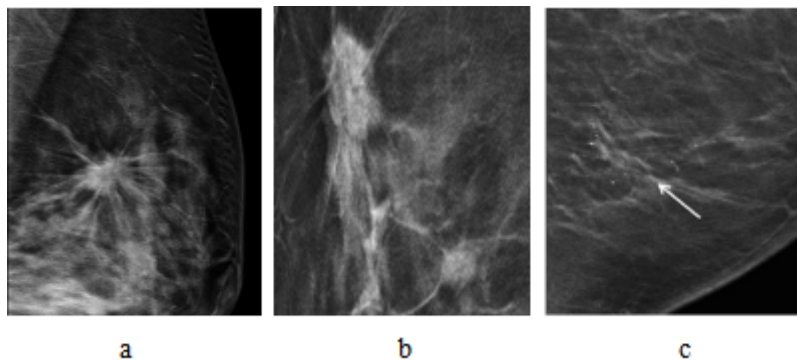
位进行投照，获得乳腺三维影像，增加对乳腺病灶三维结构的显示^[9]，实现了对乳房内部组织结构的高精度分层观察。有利于显示隐藏于腺体内的肿块 - 图（1），减少隐匿性癌症的漏诊率，在细节显示方面显示更佳 - 图（2）。更适用于显示微小病灶，比如微钙化和针尖样毛刺。



图(1) 乳腺密度及脂肪或腺体含量可造成单纯肿块常常与正常腺体组织重叠,易在一定程度上造成腺体组织被掩盖而出现漏诊或误诊事件。

注：a: 二维影像中，很难在腺体中分辨出肿物的边界是否清晰及形态是否规则。

b: 在 DBT 影像中，可以很清楚的显示出肿块边界及形态的细节。



图(2) DBT 对显示肿块的细节显示。

注：a: 针尖样毛刺；b: 显示多个病灶；c: 线性排列的微钙化灶

2.1 工作原理

这是一种专门针对乳腺患者的新型断层高级应用成像技术，有效融合了传统断层摄影及数字影像处理技术。X 线球管在一个弧度范围内移动对置于平板探测器的乳腺腺体进行逐层精检断层摄影：在乳腺断层成像过程中，X 射线球管在采集一系列低剂量 X 射线图像的同时会在一个弧度范围内移动。从不同角度获得的图像将在各乳腺断层成像的层级范围中重新构建，通过观察重新构建的乳腺断层图像，我们可以非常容易地识别出这些病变部位。根据断层图像序

列自动合成出一张符合临床医生诊断习惯的类 2D 的 S-View 图像。无需进行 2D 图像的拍摄，有效降低辐射剂量。同时在诊断断层图像时 S-View 可以帮助医生更好地了解乳腺整体构造，乳腺腺体密度及腺体结构等，同时更好的确认病灶分布情况。

2.2 工作模式

根据每款机器型号不同，以富士星奕炫为例，按常规投照体位摆放双侧乳腺并投照，在 DBT 成像中，可选择快速 (ST) 模式：扫描小角度 ($+7.5 \sim -7.5$) 度，高速低剂量

采集模式。或高清（HR）模式：扫描大角度（+20 ~ -20）的高 Z 轴分辨率采集模式，使乳腺腺体在同一压迫条件下同时获得 DBT 和 FFDM 图像，根据被检测乳腺腺体压迫时的厚度来决定其具体的重建层数，并在 5 ~ 10s 内通过计算机后处理重建出层厚为 1mm 的断层图像。

2.3 优势

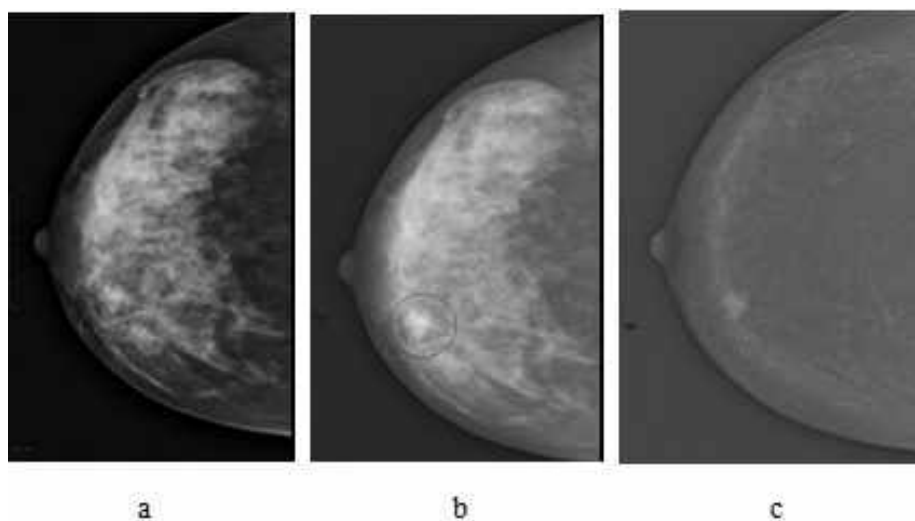
减轻了由于压迫腺体检查所造成的组织重叠效应，能够有效地消除或降低腺体重叠干扰，ST 模式通过高对比图像，适用于显示隐藏于腺体内的肿块，HR 模式更适用于显示微小病灶，如微钙化和针尖样毛刺，大大提高了乳腺肿块及乳腺癌的诊断效果。同时具有照射野自动跟踪、患者信息多屏显示等功能，并独创 iAEC 技术智慧识别腺体，优化剂量，即使乳房内有假体植入的患者，也能自动识别假体与腺体区域启动自动曝光功能。

2.4 劣势

DBT 对乳腺内乳腺癌钙化的检出率与常规 2D 图像的检出率相比优势并不明显。

3. 对比增强乳腺 X 线摄影（contrast enhanced digital mammography, CEDM）

是近几年乳腺 X 线摄影的新技术，能利用剪影的方法消除正常的乳腺组织，尤其是致密型乳腺的腺体对于肿块组织的干扰，仅单独显示异常的肿瘤组织。通过静脉注射碘对比剂后，在常规乳腺钼靶投照体位下，机器按压住乳房 1 次同时进行 2 次不同的能量拍摄，获得一组可以反映乳腺病灶摄取碘对比剂的能力的影像图片，显示肿瘤组织内异常血管增生及代谢情况的低能图和减影图，目前已在临床上逐步应用。- 图（3）



图（3）通过图像间接观察肿块及其血供情况，显示肿瘤组织内异常血管增生及代谢情况

注：a: 低能量图；b: 高能量图；c: 剪影图

3.1 检查原理

有资料显示，85% 的乳腺癌影像表现为边界不规则的结节或肿块^[4]，癌的生长需要营养，营养来自血管。由于癌细胞大量增殖，它们需要大量营养，因此癌症本身会产生大量新血管。当然，正常的乳腺也是从血管中获取营养的，但是因为它的细胞体积是正常的，补充一点点营养就足够了。由于癌症有许多供血血管，在 X 射线照射下会在片上显示白色的碘造影剂，将其注入血管后并进行 X 线摄片，供血血管会迅速吸收造影剂。如果在此时拍摄，就会显示区别于正常腺体组织的白色肿块影。另一方面，正常的乳腺也会缓

缓吸收造影剂。患者在同一个体位下进行机器对腺体的压迫固定，可在很短时间间隔内进行低能和高能 2 个不同能量射线的曝光照射，获得 2 组图像，低能射线为 26 ~ 31 kVp，高能射线为 45 ~ 49 kVp 碘原子发生电离的最低能量为 33.2 keV^[5]，在低能量 X 线照射下，碘不能吸收 X 线发生电离，而软组织能够吸收低能 X 射线，因此低能图像相当于传统钼靶乳腺 x 线摄影图像。而在高能量 X 线照射下，含碘血管及软组织均能够吸收 x 线，故高能量图像与低能量图像两者的减影图为肿块血管的碘摄取图像。通过图像后处理技术，进行高能图与低能图的减影与图像重建，可得到显示肿

块碘摄取能力的减影图像。片上可见含碘的血管而消除了正常乳腺组织的影响干扰，使得常规摄影时一些无法定性的乳腺肿块或病灶得到了更敏感的探查及显示。

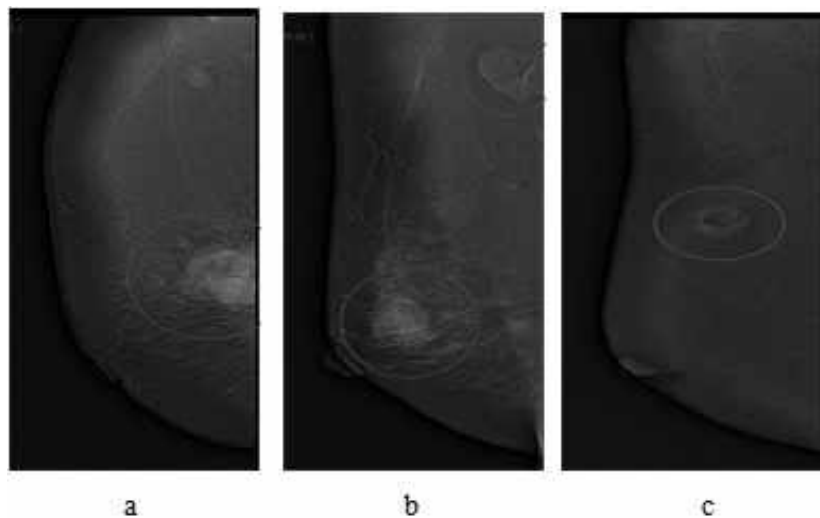
3.2 检查方法

在常规 DBT 或 FFDM 检查的基础上再行同样体位的 CEDM 检查，两项检查间隔时间尽量在 1 周内完成。患者坐姿经高压注射器由上臂静脉注射造影剂，注射剂量：3mL/sec，剂量：1.5 ~ 2 mL /kg，造影剂：300/350/370mg 碘 /mL，若 60kg，一般 30sec 就注射完成，2 分钟开始第一张片拍摄，并在 7 分钟内完成检查。低能图像（即为常规的 FFDM）以及高低能“减影”的图像上传可进行病灶诊断。

3.3 优势

目前 CEDM 是临床上一个能多途径去发现乳腺病灶的辅助检查手段，阴性预测值很高，为掩盖在致密型乳腺腺体下的肿瘤诊断带来了新的突破，相较于常规钼靶乳腺 X 线

检查技术敏感性、特异性上有所增高。CEDM 在结合 DM 图像基础上，可以显示肿块的分叶状形态、毛刺、不均匀强化及内部的簇样钙化等恶性征象，提高了诊断乳腺癌的信心，同时可以排除 DM 图像常发现的不对称致密影中的假阳性肿块，这种肿块临床上常难以诊断^[6]。通过低能图和减影图的图像间接观察肿块及其血供情况，显示肿瘤组织内异常血管增生及代谢情况。对于表现为局部结构增粗、扭曲，似有团片状纠集等因乳房内区域性腺体实质失去正常排列方式的结构紊乱的肿块类疾病或浸润性癌在 CEDM 上均有不同程度的强化 - 图（4），多表现为肿块型明显强化；部分导管原位癌可不强化；良性病变也可出现强化，甚至是高度强化；良、恶性病变均可表现为环形强化。但在临床实际工作应用中，CEDM 只能作为乳腺 X 线检查的补充手段，不能单独用于乳腺或肿块疾病的影像诊断，需结合低能图及 FFDM 图像三者同时诊断。



图（4） 结构紊乱的肿块类疾病或浸润性癌在 CESM 上均有不同程度的强化。

注：a：右乳上象限肿块明显不均匀强化，右腋下淋巴结强化。

4. 小结

作为乳腺癌检查的最常用的影像学检查手段，乳腺 X 线摄影已经广泛应用于临床的普查与筛查，并且能够成功地发现病变并早期干预治疗，大大提高了乳腺癌患者的 5-10 年以上生存率。近几年来，传统的乳腺 X 线摄影成像已经飞跃性发展成多种更为先进的检查方法，主要包括数字乳腺断层摄影、对比增强数字乳腺双能量减影、锥光束 CT(Cone Beam Breast Computed Tomography. CBBCT) 等。这些新兴技术，特别是乳腺 CT 技术，正逐步以改进的细节分辨率和减

少其照射剂量水平为目标，提供了比常规 X 线更加清晰和无重叠的图像，在未来的临床乳腺成像中，乳腺 CT 也会像传统检查 CT 一样，向能谱方向发展。特别是 X 射线能量分辨光子计数探测器技术的问世，促使 X 射线探测器技术和多能 CT 成像技术的发展有了质的飞跃 [7-8]，光子计数探测器通过设置电子学阈值滤除低能噪声，使图像的信噪比大大提高。另外，光子计数探测器可以探测 X 射线丰富的能谱信息，基于此发展多能成像技术，对于降低辐射剂量，消除图像伪影，提升图像对比度具有重要帮助^[9]，未来的方向，

会在较低剂量的情况下，更早期达到对微钙化点和细小肿瘤等病灶的精确定位和良好分辨，为乳腺癌的早期诊断、定性分析和定量评估提供强有力的工具。

参考文献：

[1] 李静, 柯承露. 乳腺影像检查方法优选及临床应用中需注意的问题 [J]. 中华全科医师杂志, 2018, 17(3): 167-170.

[2] CHOI G, WOO O H, SHIN H S, et al. Comparison of two-dimensional synthesized mammogram (2DSM) and conventional full-field digital mammogram (FFDM) for evaluation of breast cancer [J]. Clin Imaging, 2017, 5(43): 170.

[3] 汤伟, 李瑞敏, 高毅, 等. 数字乳腺断层融合 X 线摄影与常规影像学检查诊断效能的对比研究 [J]. 中国癌症, 2017, 27(6): 487-495.

[4] 李登维, 郭永萍, 曾薇. 256 例乳腺 Ca 的钼靶 X 线分析 [J]. 泸州医学院学报, 2010, 33(2): 193-195. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2669.2010.02.030.

[5] Travieso Aja MM, Rodriguez Rodriguez M, Alay6n Herndndez S, et al. Dual-energy contrast-enhanced

mammography. Radiologia, 2014, 56(5): 390-399.

[6] 盛蕾, 锁彤, 张霞, 等. 对比增强乳腺 X 线摄影对于致密型乳腺乳腺癌的诊断价值 [J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(2): 98-102. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1005-1201.2019.02.004.

[7] Hao Jia, Zhang Li, et al. Recent development of color X-ray imaging technology [J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2011, 16(2): 203-208.

[8] Taguchi K, Iwanczyk JS. Vision 20/20: Single photon counting x-ray detectors in medical imaging [J]. Med Phys, 2013, 40(10): 100901

[9] Shikhaliev PM, Fritz SG. Photon counting spectral CT versus conventional CT: comparative evaluation for breast imaging application [J]. Phys Med Biol, 2011, 56(7): 1905-1930.

作者简介：

谢永玲(1981—), 女, 汉族, 海南省海口市人, 学历本科, 单位海南省人民医院, 职位主管技师, 研究方向乳腺钼靶