

· 综述 ·

## 乳腺肿瘤三维成像技术的进展和比较

王培蕾<sup>1,2</sup> 综述, 黄备建<sup>1,2</sup> 审校

1. 复旦大学附属中山医院超声科, 上海 200032;

2. 上海市影像医学研究所, 上海 200032

**【摘要】** 乳腺癌是女性恶性肿瘤中的高发疾病, 早期诊断极为重要。多年来, 二维乳腺成像技术一直是乳腺肿瘤的重要筛查和诊断手段。随着越来越多图像特征不典型的乳腺癌被发现, 二维成像技术暴露了诸多不足, 而新型三维成像技术为二维乳腺成像提供了更丰富的诊断信息。本文就乳腺肿瘤三维成像技术的进展进行综述。

**【关键词】** 三维成像; 乳腺癌; 诊断

中图分类号: R737.9 文献标志码: A 文章编号: 1008-617X(2017)06-0436-05

**Progress and comparison of three-dimensional imaging of breast tumor** WANG Peilei, HUANG Beijian (1.Department of Ultrasound, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Shanghai Institute of Medical Imaging, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: HUANG Beijian E-mail: huang.beijian@zs-hospital.sh.cn

**【Abstract】** Breast cancer is a female malignant tumor with high incidence, and early diagnosis is extremely important. Over the past years, the two-dimensional imaging technology has been an important tool for breast cancer screening and diagnosis. However, more and more non-typical image features are confirmed, and two-dimensional imaging has shown many deficiencies. The application of new three-dimensional imaging technology can provide richer diagnostic information than two-dimensional imaging technology. This paper reviews the progress of three-dimensional imaging of breast tumors.

**【Key words】** Three-dimensional imaging; Breast cancer; Diagnosis

乳腺癌发病率位居女性恶性肿瘤首位, 早期诊断主要依靠影像学检查<sup>[1]</sup>。由于部分恶性病灶早期图像特征不典型, 使二维图像无法为诊断提供较为全面的信息。近年来, 新型三维成像技术的涌现, 为乳腺高危病灶的信息采集和显示提供了新途径, 弥补了二维成像技术的一些不足。目前具有乳腺肿瘤三维成像功能的影像学技术有: X线三维成像、MRI、放射性核素融合显像、三维超声(three-dimensional ultrasonography, 3D-US)和自动乳腺全容积扫描(automated breast volume scanner, ABVS)。本文就上述三维成像技术在乳腺肿瘤诊断方面的进展进行综述。

### 1 乳腺X线三维成像技术

众所周知, 传统乳腺钼靶X线摄影(mammography, MMG)具有操作简单、方便快捷、辐射剂量小及对钙化灵敏度高等优点, 成为乳腺肿瘤筛查和诊断的基本手段之一。但MMG

在广泛应用时也暴露了许多不足, 如X线投照时组织结构的重叠效应影响图像的分辨率及对比度, X线摄影的灵敏度和特异度还受乳腺组织密度、病灶大小、特殊的乳腺癌亚型及被检者年龄等的影响, 常规的投照体位(头尾位和内外斜位)不利于对近胸壁深部、高位及乳腺尾部病灶的检出等。2000年出现的二维全数字化乳腺X线摄影(full-field digital mammography, FFDM)增加了图像后处理功能, 在一定程度上改善了图像对比度, 提高了诊断的灵敏度及特异度, 降低了召回率。尽管如此, 二维MMG和FFDM仍没有解决致密型乳腺组织被重叠投照而造成假阳性率增高的问题。新近出现的X线三维成像技术[数字乳腺断层摄影(digital breast tomosynthesis, DBT)和锥光束乳腺CT(cone beam breast computed tomography, CBBCT)]对上述局限性进行了改善, 提供了MMG无法显示的乳腺三维断层图

像。

2011年, DBT通过美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)认证, 已在欧洲用于乳腺疾病检查<sup>[2]</sup>。该系统利用平板探测器接收装置, 从不同角度快速采集乳腺组织信息, 重建出与探测器平面平行的任意深度层面的乳腺三维断层影像。DBT检查体位常规采用头尾位与内外斜位结合以提高病灶检出率, 摄片时采集一系列低剂量的X线曝光, 单次曝光剂量不足MMG的10%, 累计曝光剂量符合乳腺X线摄影标准的安全范围<sup>[3]</sup>。DBT的每张独立视图是通过将间隔1 mm的若干张影像加以合成, 形成整个乳房的切片, 从而显著减轻或消除乳腺组织重叠的影响, 增加与周围组织的对比度, 更清晰地显示肿块边缘及微小钙化的特征, 与FFDM联合应用能提高乳腺肿瘤早期诊断的灵敏度和特异度<sup>[4]</sup>。

2015年2月, 由美国纽约科宁公司研发的首款用于乳腺疾病诊断的CBBCT通过美国FDA批准, 成为CT技术在乳腺疾病诊断方面应用的重大突破。CBBCT通过发生器发射低能X线, 围绕照射体进行环形多次数字式投照, 直接采集乳腺组织投影的二维平面数据, 经计算机重建后的三维图像更加准确真实, 各向同性的空间分辨率较高。在X线照射剂量上, CBBCT检查时患者双侧乳腺接受的照射剂量与MMG相当, 显著低于传统螺旋CT。在对乳房的覆盖范围上, CBBCT较MMG覆盖范围更全面, 能降低隐匿部位病灶的漏诊率<sup>[5]</sup>。在诊断效能上, CBBCT较MMG更高, 其多平面、多角度三维成像能清晰显示病灶的细微结构, 有利于对多发小病灶的检出。在微钙化检出上, CBBCT的灵敏度也较MMG高<sup>[6]</sup>。He等<sup>[7]</sup>比较CBBCT、MMG和普通二维超声对乳腺癌的检出效能, 显示三者的灵敏度分别为88.2%、84.5%和84.5%, 特异度分别为84.0%、81.3%和86.7%, 且CBBCT的动态增强模式能使诊断的灵敏度提高20.3%。

DBT和CBBCT作为新型X线三维断层成像技术, 与MMG和FFDM相比, 尚处于临床应用初期阶段。虽然国外已对两者的图像质量和诊断价值等进行了相关研究, 并开始应用于乳腺疾病筛查诊断中, 但国内对该项技术还不熟悉, 相关临

床应用和研究也较少, 未能普及用于乳腺疾病诊断中。

## 2 乳腺MRI

MRI作为乳腺三维成像技术之一, 于20世纪50年代开始逐渐应用于乳腺疾病检查中。乳腺MRI检查时, 被检者俯卧于检查床, 双侧乳腺自然悬垂于乳腺专用线圈中, 无须加压下连续完整扫描双侧乳腺, 然后重建出双乳三维薄层立体图像。乳腺癌MRI主要表现为: 形态不规则, 边界不清, 可见“蟹足样”或“星芒状”浸润的结节或肿块影, T1WI多数呈等低信号, T2WI一般呈等高信号。乳腺癌动态增强MRI(dynamic contrast enhanced MRI, DCE-MRI)一般表现为明显的均匀或不均匀强化, 较平扫易检出体积较小的肿瘤。时间-强度曲线(time-intensity curve, TIC)类型分为: I型, 持续上升型; II型, 平台型; III型, 廓清型。良性病变增强以I、II型为主, 恶性病变则以II、III型为主<sup>[8]</sup>。MRI检查不受乳腺组织密度的影响, 软组织分辨率高且无辐射, 所获图像亦无组织结构重叠; MRI三维多参数成像序列能清晰显示病灶在不同序列上的信号强度、形态、大小、边缘及其与周围组织的关系等, 并同时显示腋窝、胸骨旁淋巴结形态及胸壁有无肿瘤侵犯的征象, 这些对乳腺肿瘤的良恶性鉴别及准确定位具有重要意义。有文献Meta分析显示, MRI诊断乳腺肿瘤的灵敏度和特异度分别为91.6%和85.5%<sup>[9]</sup>。然而, MRI检查对钙化不敏感、禁忌证较多、检查时间长及检查费用昂贵等缺陷使其在乳腺疾病的临床应用中相对受限。

## 3 乳腺核素显像融合技术——正电子发射断层成像

正电子发射断层成像(positron emission tomography, PET)作为乳腺核素显像技术之一, 融合螺旋CT三维重建技术, 成为一种兼具功能学与形态学显像的三维影像技术。PET/CT利用肿瘤组织高代谢的特点, 通过静脉注射<sup>18</sup>F-脱氧葡萄糖, 恶性肿瘤组织放射性摄取增强, 表现为结节状或块状放射性浓聚, 良性病变多表现为放射性稀疏或无放射性, 某些炎性病灶可表现为斑片状的放射性异常浓聚, 对临床上难以被常规检查发现的非肿块型乳腺癌的检出具有一定参考价

值。PET/CT横断面扫描后重建三维图像,立体直观地显示被扫描部位的解剖结构和全身放射性分布,有利于对乳腺癌淋巴结转移、骨转移灶的准确定位及临床分期。但PET/CT采用低能X线,获得的断层三维图像分辨率不高,不利于对乳腺癌常表现出的微分叶、毛刺及边缘模糊等特征的观察,常不单独用于对病灶的形态学评价。此外,PET/CT检查时显影剂的放射性辐射及X线的体外照射均无法避免,检查时间长,价格非常昂贵,故对乳腺癌早期发现价值不高,主要用于对乳腺癌确诊患者的临床分期及全身骨转移病情评估等方面且有重要价值<sup>[10]</sup>。

#### 4 乳腺3D-US

乳腺3D-US利用容积探头在常规二维超声断面扫描的基础上,通过不同扫查方式,将获得的二维图像及相对解剖位置信息利用计算机软件重建出具有横断面、冠状面和矢状面的三维立体图像;其中冠状面“太阳征”对乳腺癌的诊断具有很高特异度<sup>[11]</sup>。相比普通二维超声,3D-US的图像整体而直观,对操作者的空间想象力及解剖病理基础要求不高,但重建后的三维图像在一定程度上牺牲了对病灶微细结构的显示,降低了图像分辨率。检查时浅表器官乳房形态易变且受呼吸运动的影响,造成三维图像稳定性差,病灶定位不准确等。因此,3D-US目前在妇产科领域应用较广,而在乳腺疾病检查中应用较少。

#### 5 ABVS

ABVS由德国SIEMENS公司研制,自2009年问世以来一直是乳腺超声三维成像技术成像的热点。检查时,被检查者仰卧于检查床暴露胸部,操作者根据患者乳腺体积大小调节机械臂及探头,常规扫查中位、内侧位和外侧位3个切面(也可根据情况增加扫查切面),使用型号为14L5BV、频率为5~14 MHz的线阵探头。扫查时,尽量使探头在每个切面上均能最大限度地覆盖单侧乳腺后再进行逐层扫查。扫查的最大宽度、长度和深度分别为15.4、16.8和6.0 cm,采集图像层间距为0.5 mm,单次扫描耗时约1 min。因ABVS具有自动调整深度、增益及聚焦范围等功能,操作者在调节好探头与患者体位后只需启动操作键,便可获得最佳质量图像。扫描

后的数据经传输系统传送至工作站并自动重建出三维图像。重建后的图像分辨率高,能清晰显示病灶在冠状面、矢状面、横断面的特征及位置信息。整个检查过程将检查操作与诊断独立分开,不仅消除了操作者依赖性,还减轻了诊断医师的工作量。同时,图像标准化存储便于长期随访观察病灶的变化,可重复性佳,有望以全新的诊断流程和模式在乳腺疾病随访和乳腺癌筛查中发挥重要作用。

ABVS图像特点主要体现在冠状面、矢状面和横断面3个正交切面的各自特征。ABVS的冠状面图像上,乳腺癌主要表现为边缘不规则的“纠集征”,恶性病灶侵袭牵拉周围正常组织可能是主要原因,而“高回声边界”多预示良性病变,两者的特异度均较高<sup>[12]</sup>;矢状面及横断面较显著的特征分别表现为边缘分叶、边缘模糊<sup>[13]</sup>。有Meta分析显示,ABVS对乳腺癌诊断的灵敏度为92%,特异度为84.9%<sup>[14]</sup>。苏昆仑等<sup>[15]</sup>评估ABVS对致密型乳腺乳腺癌诊断的灵敏度高于传统二维超声,且较MMG能更清晰地显示致密乳腺腺体组织与周围脂肪组织间的关系;ABVS的冠状面还能直观显示微钙化分布范围,对微钙化的检出率较传统二维超声高,特别是非肿块型乳腺癌的微钙化。Xu等<sup>[16]</sup>在ABVS联合超声弹性成像对乳腺肿瘤诊断价值的研究中,得出ABVS联合超声弹性成像诊断的灵敏度、特异度和准确率分别为100.0%、87.5%和95.7%,提高了ABVS对乳腺癌诊断的准确率和特异度。

随着ABVS不断被认识与研究,其在乳腺疾病中的诊断价值得到认可;其还在较多领域中被拓展应用,如外周血管病变、乳腺假体植入整形、风湿性关节炎的关节损伤、腹股沟疝和切口疝金属支架植入修复效果评估及其他软组织领域等<sup>[17-20]</sup>。此外,ABVS能较精确地从三维角度测量肿瘤距皮肤表面和乳头的距离及肿块深度,同时冠状面再现外科手术视野,从而在乳腺癌手术治疗及新辅助化疗后效果评估等方面具有十分重要的临床参考价值<sup>[21]</sup>。当然,ABVS仍有诸多不足之处,如ABVS每次扫描只能获得单侧乳腺的单一灰阶图像,无法同时显示病灶的血供信息、阻力指数及弹性值等,矩形框探头尚不能对腋窝

淋巴结进行扫描,检查时患者乳房受压可能会有一定的不适甚至疼痛等。

## 6 乳腺三维成像技术的比较

上述5种乳腺三维成像技术各具特点。ABVS和MRI在技术成熟度及诊断效能方面较X线三维成像、PET/CT和3D-US更佳,目前主要用于乳腺高危病灶的精查。金叶等<sup>[22]</sup>回顾性分析70例乳腺肿块患者77个病灶,发现ABVS和MRI所测病灶最大值差异无统计学意义,且与病理测值别呈正相关;两者对乳腺肿块诊断的灵敏度为91.18%和85.29%,特异度为86.0%和90.70%,准确率88.31%和88.31%,与目前较多文献报道的乳腺MRI和ABVS检查灵敏度高、特异度相对较低的观点相一致,且两者的准确率均不低于传统二维超声及MMG<sup>[9,12,14]</sup>。相比MRI检查,ABVS不具备对肿瘤组织血流灌注情况评估的功能,这可能是其最大劣势之一。但ABVS冠状面和矢状面对乳腺扩张导管与乳头关系连续而无创的显示具有独特诊断优势,对部分血供丰富、多伴钙化特点的乳腺导管内癌的形态学评价可能较增强MRI及超声造影(contrast-enhanced ultrasonography, CEUS)等血流动力学成像技术更为重要。相比DCE-MRI,乳腺二维CEUS的TIC形态特征表现为良性肿瘤呈缓慢增强快速减退,恶性肿瘤呈快速增强缓慢减退。与CEUS联用,有利于提高ABVS对肿瘤良恶性的鉴别。CEUS在乳腺癌新辅助化疗疗效评价方面也具有很高的参考价值。对于经济条件差的患者,如需优先考虑检查费用、时间、安全性等因素,CEUS可替代DCE-MRI起重要作用<sup>[23]</sup>。

## 7 展望

乳腺肿瘤三维成像技术凭借立体直观、多层面成像及标准化存储等优势,为乳腺肿瘤的诊断提供了新方法。相信随着新型乳腺三维成像技术的不断成熟与优化,其将成为乳腺肿瘤的重要检查手段,并给患者带来更多益处。

## 参考文献

- [1] 黄哲宙,陈万青,吴春晓,等.中国女性乳腺癌的发病和死亡现状——全国32个肿瘤登记点2003—2007年资料分析报告[J].肿瘤,2012,32(6):435-439.
- [2] HOOLEY R J, DURAND M A, PHILPOTTS L E. Advances in digital breast tomosynthesis [J]. AJR Am J Roentgenol, 2016, 27: 1-11.
- [3] FENG S S, SECHOPOULOS I. Clinical digital breast tomosynthesis system: dosimetric characterization [J]. Radiology, 2012, 263(1): 35-42.
- [4] GILBERT F J, TUCKER L, YOUNG K C. Digital breast tomosynthesis (DBT): a review of the evidence for use as a screening tool [J]. Clin Radiol, 2016, 71(2): 141-150.
- [5] O'CONNELL A, CONOVER D L, ZHANG Y, et al. Cone-beam CT for breast imaging: Radiation dose, breast coverage, and image quality [J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(2): 496-509.
- [6] ZHAO B, ZHANG X, CAI W, et al. Cone beam breast CT with multiplanar and three dimensional visualization in differentiating breast masses compared with mammography [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(1): 48-53.
- [7] HE N, WU Y, KONG Y, et al. The utility of breast cone-beam computed tomography, ultrasound, and digital mammography for detecting malignant breast tumors: A prospective study with 212 patients [J]. Eur J Radiol, 2016, 85(2): 392-403.
- [8] BALASUBRAMANIAN P. The role of MR mammography in differentiating benign from malignant in suspicious breast masses [J]. J Clin Diag Res, 2016, 10(9): TC05-TC08.
- [9] ZHANG L, TANG M, MIN Z, et al. Accuracy of combined dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging and diffusion-weighted imaging for breast cancer detection: a meta-analysis [J]. Acta Radiol, 2016, 57(6): 651-660.
- [10] GROVES A M, SHASTRY M, BEN-HAIM S, et al. Defining the role of PET-CT in staging early breast cancer [J]. Oncologist, 2012, 17(5): 613-619.
- [11] 李程,李安华.三维超声冠状面成像鉴别乳腺实性病灶良恶性的应用价值[J].中华医学超声杂志(电子版),2014,6(6):447-451.
- [12] CHEN L, CHEN Y, DIAO X, et al. Comparative study of automated breast 3-D ultrasound and handheld b-mode ultrasound for differentiation of benign and malignant breast masses [J]. Ultrasound Med Biol, 2013, 39(10): 1735-1742.
- [13] ZHENG F Y, YAN L X, HUANG B J, et al. Comparison of retraction phenomenon and BI-RADS-US descriptors in differentiating benign and malignant breast masses using an automated breast volume scanner [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(11): 2123-2129.
- [14] MENG Z, CHEN C, ZHU Y, et al. Diagnostic performance of the automated breast volume scanner: a systematic review of inter-rater reliability/agreement and meta-analysis of diagnostic accuracy for differentiating benign and malignant breast lesions [J]. Euro Radiol, 2015, 25(12): 3638-3647.
- [15] 苏昆仑,徐海滨,张正贤,等.自动乳腺全容积扫描系统

- 对致密乳腺中乳腺癌的诊断价值 [J]. 中华超声影像学杂志, 2015, 24(1): 55-59.
- [16] XU C, WEI S, XIE Y, et al. Combined use of the automated breast volume scanner and the US elastography for the differentiation of benign from malignant lesions of the breast [J]. BMC Cancer, 2014, 14: 798.
- [17] WU J, WANG Y, YU J, et al. Identification of implanted mesh after incisional hernia repair using an automated breast volume scanner [J]. J Ultrasound Med, 2015, 34(6): 1071-1081.
- [18] CHEN T, GAO H, GUO W, et al. A novel application of the Automated Breast Volume Scanner (ABVS) in the diagnosis of soft tissue tumors [J]. Clin Imaging, 2015, 39(3): 401-407.
- [19] 司彩凤, 崔可飞, 付 超, 等. 自动乳腺全容积成像系统在小腿肌间静脉血栓诊断中的应用 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2014, 25(8): 592-595.
- [20] KAWASHIRI S Y, SUZUKI T, NISHINO A, et al. Automated Breast Volume Scanner, a new automated ultrasonic device, is useful to examine joint injuries in patients with rheumatoid arthritis [J]. Mod Rheumatol, 2015, 25(6): 837-841.
- [21] CHANG J M, CHA J H, PARK J S, et al. Automated breast ultrasound system (ABUS): reproducibility of mass localization, size measurement, and characterization on serial examinations [J]. Acta Radiol, 2015, 56(10): 1163-1170.
- [22] 金 叶, 李凤华, 杜 晶, 等. 自动乳腺全容积扫查与增强磁共振成像诊断乳腺病灶对比研究 [J]. 中国医学影像技术, 2015, 23(3): 409-412.
- [23] AMIOKA A, MASUMOTO N, GOUDA N, et al. Ability of contrast-enhanced ultrasonography to determine clinical responses of breast cancer to neoadjuvant chemotherapy [J]. Jpn J Clin Oncol, 2016, 46(4): 303-309.

(收稿日期: 2017-06-20 修回日期: 2017-08-02)