

超声新技术在乳腺良恶性病变诊断中的应用进展

杨意 综述, 姜伟[△] 审校

524023 广东 湛江, 广东医科大学 第一临床医学院(杨意); 518052 广东 深圳, 华中科技大学协和深圳医院 超声科(姜伟)

[摘要] 乳腺癌的发病率和死亡率在我国逐年上升, 严重危害我国女性的身心健康。超声检查实时、无创, 对致密型腺体的乳腺检查效果较为敏感, 目前已经成为我国女性乳腺癌筛查和乳腺常规检查的重要手段。近年来, 许多新技术的出现弥补了常规超声诊断的不足。自动乳腺全容积成像技术是全自动三维成像, 能清晰显示病变冠状面的信息。弹性成像能实时定性、定量反映病变软硬程度。超声造影能灵敏捕捉低速血流信号, 提高早期乳腺癌的检出率。超声光散射断层成像依据组织内血红蛋白浓度等参数进行功能成像, 以鉴别乳腺病变良恶性及用于乳腺癌疗效评估。人工智能诊断技术基于大型数据库和深度学习, 能捕捉人眼看不见的精细信息, 达到更为客观和精确的诊断。目前, 嫁接在超声仪器上的乳腺人工智能辅助诊断系统 S-detect 技术已投入临床应用。本文将归纳、总结以上技术的最新进展并结合其在乳腺良恶性病变诊断中的应用进行介绍。

[关键词] 乳腺病变; 超声新技术; 自动乳腺全容积成像; 弹性成像; 超声造影; 超声光散射断层成像; 人工智能

[中图分类号] R737.9; R730.41 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1674-0904.2020.11.012

引文格式: Yang Y, Jiang W. Progress in the application of new ultrasound technologies in the diagnosis of benign and malignant breast lesions [J]. J Cancer Control Treat, 2020, 33(11): 894-900. [杨意, 姜伟. 超声新技术在乳腺良恶性病变诊断中的应用进展[J]. 肿瘤预防与治疗, 2020, 33(11): 894-900.]

Progress in the Application of New Ultrasound Technologies in the Diagnosis of Benign and Malignant Breast Lesions

Yang Yi, Jiang Wei

First School of Clinical Medicine, Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, Guangdong, China (Yang Yi); Department of Ultrasound, Huazhong University of Science and Technology Union Shenzhen Hospital, Shenzhen 518052, Guangdong, China (Jiang Wei)

Corresponding author: Jiang Wei, E-mail: 2646748175@qq.com

[Abstract] The incidence and mortality of breast cancer are increasing year by year in China, which seriously endangers the physical and mental health of Chinese women. Ultrasound examination is real-time, non-invasive, and sensitive to dense breast tissues. At present, it has become an important means of breast cancer screening and routine breast examination for women in China. In recent years, many new techniques have been developed to make up for the deficiency of conventional ultrasound. Automated breast volume scanner is a fully automatic 3D imaging technology, which clearly displays the coronal plane of breast lesions. Elastasonography is capable of qualitatively and quantitatively evaluating the stiffness of breast lesions in real time. Contrast-enhanced ultrasound imaging can sensitively capture low-speed blood flow signal and improve the detection rate of early breast cancer. Ultrasound-guided diffuse optical tomography is used to distinguish benign from malignant breast lesions and evaluate the therapeutic effect based on the concentration of hemoglobin in the tissues. Artificial intelligence diagnosis is based on big data and deep learning, which is capable of capturing detailed information invisible to human eyes and achieving more objective and accurate diagnosis. At present, S-detect, an artificial intelligence-aided diagnosis system for breast lesions grafted on ultrasound instrument has been put into clinical application. In this paper, the latest advances of the above techniques and their application in the diagnosis of benign and malignant breast lesions are summarized.

[收稿日期] 2020-04-07 **[修回日期]** 2020-07-05

[通讯作者] [△]姜伟, E-mail: 2646748175@qq.com

tem for breast lesions grafted on ultrasound instrument has been put into clinical application. In this paper, the latest advances of the above techniques and their application in the diagnosis of benign and malignant breast lesions are summarized.

rized.

[Key words] Breast lesion; New ultrasonic technology; Automated breast volume scanner; Elastography; Contrast-enhanced ultrasound; Diffused optical tomography; Artificial intelligence; S-detect

近年来,乳腺癌在全球女性中发病率和死亡率居高不下,2018 年全球约有 1 810 万新发癌症病例,其中乳腺癌 210 万,约占 11.6%^[1]。而中国是东亚地区女性乳腺癌发病人数最多的国家,发病人数约 36.8 万,占世界女性乳腺癌发病人数的 17.6%,居全球第一位^[2]。预计到 2021 年,乳腺癌的发病率将增加到 85/10 万女性。在所有恶性疾病中,乳腺癌也被认为是绝经后妇女死亡的主要原因之一,占有所有癌症死亡总数的 23%^[3]。乳腺癌的早期诊断和治疗是降低死亡率、提高乳腺癌患者生存质量的关键^[4]。超声检查简便易行、实时动态,广泛应用于乳腺癌的早期筛查,同时因其对于致密型乳腺敏感性高,可作为 X 线钼靶的有效补充^[5]。目前,如何利用超声技术对乳腺良恶性病变进行更快速、准确的诊断是临床工作重点,本文拟对超声新技术在乳腺良恶性病变诊断中的应用进展综述如下:

1 自动乳腺全容积成像技术 (automated breast volume scanner, ABVS)

ABVS 是一种三维容积超声成像系统,扫描探头频率 5 ~ 14 MHz,最大扫描面积为 15.4 cm × 16.8 cm,扫描深度 6 cm,采集图像层间距 0.5 ~ 8.0 mm^[6]。ABVS 对乳腺自动连续扫描后进行三维重建,新增的冠状面有助于直观、立体显示乳腺病变的边缘、微钙化、导管扩张情况等。

有研究认为 ABVS 与手动超声在乳腺良恶性病变的诊断价值方面无明显差异,但能提供冠状面的诊断信息^[7]。张惠等^[8]认为 ABVS 冠状面能清楚显示乳腺导管之间的解剖关系,对导管内的微钙化和不明显扩张较为敏感。刘嘉琳等^[9]认为乳腺良恶性病变在冠状面的钙化、“汇聚”、“毛刺”、“成角”方面有明显差异,可用于鉴别诊断。恶性肿瘤生长刺激周围组织反应性生成纤维组织,肿瘤牵拉纤维和周围组织在冠状面上形成“汇聚征”,被证实与乳腺浸润性导管癌^[10]及肿瘤分子标记物有相关性^[11],可用于预测病变预后。研究表明,ABVS 能显著提高乳腺影像报告和数据系统 (breast imaging reporting and data system, BI-RADS) 4 类病变诊断的灵敏度、特异度、准确度^[12],甚至有可能将不典型的 BI-RADS4A 类降级为 BI-RADS3 类,减少不必要的穿刺活检^[13]。

ABVS 在乳腺病变的检出方面具有优势,其扫描范围广,可减少位于乳腺周边、乳头下方及体积较小病灶的漏检。Choi 等^[14]发现 ABVS 联合 BI-RADS 分类能提高不典型和直径较小的恶性病变的检出率和诊断准确性。ABVS 联合 X 线钼靶能提高无症状、致密型乳腺的女性乳腺癌检出率^[15]。ABVS 还能检出常规超声易漏诊的微钙化^[16]。ABVS 是标准化、全自动容积成像,不依赖操作者手法,漏诊可能性较低。目前有计算机辅助诊断 (computer-aided diagnosis, CAD) 系统能提示 ABVS 成像中可疑的病变区域,并进行追踪导航,减少医师漏诊可能^[17]。

但 ABVS 检查也存在局限性:1) 不适用于乳房较大、表面有破溃、部分凹陷或肿物明显突出于皮肤表面的患者;2) 无法像常规超声一样叠加彩色多普勒及弹性成像等技术,诊断信息较为单一;3) 不能获得腋窝淋巴结的图像,无法判断恶性病灶的转移情况,需要加用手持超声进行扫查;4) 医师后期在工作站上诊断时间较长,易产生疲劳等^[18]。

2 弹性成像技术

弹性是生物组织的一种属性,由于恶性病变内肿瘤细胞外基质胶原纤维数量增加、结缔组织增生,使组织变硬;良性组织的细胞外基质主要由间质细胞和腺上皮细胞构成,质地较软^[19]。弹性成像的原理是对组织施加一个激励,组织将遵循弹性力学、生物力学发生位移、形变等,探头接收信号后,计算出系列弹性参数值,结合数字信号处理或数字图像处理技术,将获得的数字信号以灰阶或彩色的方式编码成像^[20]。本文将介绍应变弹性成像 (strain elastography, SE) 和剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 在乳腺良恶性病灶诊断中的研究进展。

2.1 SE

SE 的原理是操作者通过探头手动给组织施加一定的压力,组织受压后产生形变,通过检测其形变程度计算出不同组织的弹性参数,然后把数字信号进行彩色编码以获得弹性图^[21]。日本 Tsukuba 大学 Itoh 等^[22]最早提出乳腺超声弹性成像 5 分评分法。罗葆明等^[23]于 2006 年提出改良 5 分法,此法在 5 分法基础上增加对图像表现的描述分类,其敏

感性、准确性更好,但仍具有主观性。为了避免评分的主观性,应变率(strain ratio, SR)比值即病灶与周围正常腺体组织的弹性系数之比,客观地将弹性成像技术进行量化^[20],还能更好地反映相同个体病变区域与正常组织的软硬差异。胡晓丹等^[24]回顾性分析乳腺良恶性肿瘤 213 例,用改良 5 分法与 SR 比值诊断的曲线下面积(area under curve, AUC)分别为 0.921 和 0.926;在 SR 最佳诊断界点 3.055 下,特异度和准确度明显升高。计算病变在弹性和二维灰阶图像上面积的比值可得到面积比(EI/B-mode ratio),Barr 等^[25]用 Meta 分析对比 5 分法、SR 法、面积比,发现用面积比诊断乳腺癌的灵敏度、特异度最高,阴性似然比最低。但以上 3 种方法测量时均需人工手动施压,无法达到实时成像及测量,其诊断结果也受操作者经验技术、病变的深度和大小,以及所选病变的感兴趣区域等因素的影响^[26]。

2.2 SWE

SWE 是利用超声探头晶片发射脉冲,使感兴趣区域内产生瞬时剪切波,利用高达 5 000 帧/s 的超高速成像系统对剪切波进行追踪、捕获,探头捕获到感兴趣区内反射的剪切波信号后得出剪切波传播速度(shear wave velocity, SWV)用以计算杨氏模量值(elasticity index, EI),SWV 与 EI 的转换公式为 $E = 3\rho Cs^2$ (E 为 EI; ρ 为组织密度; Cs 为 SWV)^[21]。根据胡克定律,在物体的弹性限度内,应力与应变成正比,即杨氏模量越大,组织的硬度就越大,因而可以根据杨氏系数定量评价不同生物组织的弹性值^[20]。刁雪红等^[19]发现乳腺良恶性病变的 SWV 平均值与 EI 平均值有明显差异,绘制受试者操作特征曲线得到诊断最佳界点 SWV 为 4.2 m/s,对应 EI 值为 50.0 kPa,此时诊断敏感度、特异度为 85.2%、91.3%。在 SWE 最佳诊断界值的选择上,薛姗姗等^[27]认为以 EI 平均值为诊断截断值鉴别乳腺病变良恶性的 AUC 最大(0.931),准确率为 91.45%、其次为 SWV, AUC 为 0.899,准确率为 89.81%。也有报道认为 EI 最大值、病灶与脂肪组织 EI 值比率才是鉴别乳腺良恶性肿瘤最佳参数^[28]。上述差异的产生可能与良恶性病变弹性系数重叠有关,例如导管内癌及粘液癌的整体硬度偏小,良性病灶内发生钙化或产生胶原纤维硬度变大^[29]。目前诊断良恶性病灶最佳弹性参数及界值并未统一,还需在常规超声基础上结合其他技术综合分析。

3 超声造影技术

超声造影是将含有气泡的造影剂悬浮液通过外

周静脉注入人体,使造影剂气体微泡在声场中产生散射,从而提高图像对比度。其能实时、动态观察,定性、定量评估病变的血流灌注及分布情况,明显提高低速血管的检出率。恶性病变常产生大量新生血管,血管常走行迂曲;血管内皮细胞基膜缺损,管壁通透性变大;血管舒缩成分减少,导致静脉回流障碍^[30]。新生血管数量、结构和分布的异常是超声造影诊断乳腺良恶性病变的基础。

杨磊等^[31]对 172 例乳腺病变行超声造影,诊断敏感性为 95.24%,特异性为 96.59%,恶性病变主要为不均匀高增强,增强时边界不清、增强后范围扩大,良性病变为整体性不同程度均匀增强。目前许多学者用时间-强度曲线来反映病变增强程度随时间变化的趋势,然后定量分析达峰时间(time to peak, TTP)、峰值强度(peak intensity, PI)、上升支斜率、AUC 等参数用以鉴别乳腺病变的良恶性^[32]。曾锦树等^[33]认为乳腺恶性病变的 TTP 较短,而廓清时间迟,PI、上升支斜率、AUC 均大于良性病变($P < 0.05$)。段婧等^[34]用 Logistic 分析发现 PI 和 TTP 为乳腺癌的相关因素,乳腺癌通常表现为 PI 强度较高, TTP 较短。

早期恶性病变的肿瘤细胞未突破导管基底膜浸润周围组织,常规超声恶性征象不典型,容易导致漏诊、误诊。赵姣等^[35]对 80 例早期乳腺癌患者进行回顾性研究,发现超声造影的特异性和敏感性分别为 76.9%、94.1%,均显著高于常规超声。徐玮^[36]认为超声造影对早期乳腺癌敏感性、准确性甚至高于 MRI 检查。在早期乳腺癌血流的检出方面,一种新型血流成像技术——超微血管成像,对肿瘤早期细微、低速血管显示率较高,甚至可媲美超声造影,并且具有无创、操作简便、实时性好的优点,有望代替超声造影^[37-38]。另外,超声造影还用于预测乳腺癌前哨淋巴结转移^[39]及新辅助化疗疗效评估等。超声造影的不足在于:1) 造影成像结果受注射方法、仪器调节、造影伪像、病灶部位等影响;2) 乳腺良恶性病变的微循环状态重叠而造影可能无法鉴别^[40];3) 评价乳腺良恶性病变增强模式定性或定量的标准并没有统一。

4 超声光散射断层成像

超声光散射断层成像是结合常规超声和光散射断层成像技术(diffuse optical tomography, DOT)的新型功能成像技术,其引入常规超声对病变进行定位,利用光学数据系统,根据不同组织部位和层面对光

线吸收率的不同,进而分析病变组织内血红蛋白浓度、血氧饱和度等参数,最终反映乳腺病变形态信息和代谢状态^[41]。研究发现,乳腺恶性病变血红蛋白含量的平均最大值高于良性;对于恶性病变,总血红蛋白的平均最大值与肿瘤的病理分期和细胞核恶性程度有关;放射科医师结合常规超声和总血红蛋白数对恶性病变进行诊断,其灵敏度 96.6%~100%,阳性预测值 52.7%~59.4%,阴性预测值 99.0%~100%^[42]。病变检出方面,一种基于大数据、计算机神经网络辅助诊断技术的超声光散射成像乳腺诊断系统对 T1 期乳腺癌的诊断优于超声,可作为早期乳腺癌诊断的有效手段之一^[43]。Zhi 等^[44]认为乳腺癌的临床病理特征如雌、孕激素受体状态、腋窝淋巴结转移情况、淋巴结血管侵犯与否均与乳腺癌总血红蛋白浓度(total hemoglobin concentration, THC)有关,DOT 技术能有效检测 THC,从而为术前提供治疗依据和判断病变预后。肿瘤的组织代谢及功能变化早于形态学,超声光散射断层成像对肿瘤功能代谢变化的监测较为敏感,从而利于评估、跟踪乳腺癌新辅助化疗的疗效^[45]。

5. 人工智能 (artificial intelligence, AI) 诊断

5.1 AI 与乳腺超声

AI 是基于数学、计算机科学等,研究、开发用于模拟延伸和拓展人的智能的理论、方法及应用系统的一门新的技术科学^[46]。乳腺医学影像 AI 技术最早发展起来的是 CAD 系统。传统 CAD 受人为勾画、特征提取的影响^[47]而准确性不高。深度学习能自主提取海量图像的精微特征,实现端到端的学习。卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)是深度学习最有代表性的模型,在乳腺超声图像的检测、分类上表现优异^[48]。AI 依据大型数据集进行高级学习,还具有计算速度快、重复性强等优势,未来有望成为超声医师的得力助手。

5.2 AI 的应用:

5.2.1 AI 对乳腺病变的检测 ABVS 能有效提高乳腺病变的检出率^[49],Moon 等^[50]将一款基于 3D CNN 的 CAD 系统应用于 ABVS,测试 3 次诊断灵敏度为 100%、95.3% 及 90.9%。ABVS 阅片时间较长,容易造成医师疲劳从而导致漏诊。Van Zelst 等^[51]发现影像医师在 CAD 辅助诊断时每例患者的诊断时间明显缩短(158.8 秒 vs 134.0 秒),同时 CAD 在扫描过程中能快速提示可疑病灶区并追踪定位,减少漏诊可能。Jiang 等^[52]发现在 CAD 辅助

下,放射科医师对无症状且具有致密型乳腺的患者诊断时间每人减少 1 分 9 秒,同时保持良好的准确性。由于常规超声需要人为手动扫描乳腺组织并冻结图像,目前 AI 应用较少,故具有主观性及漏诊可能。综上所述,未来基于全容积乳腺超声无人为依赖的 AI 软件也许能有效避免乳腺癌筛查中存在的漏诊问题^[48]。

5.2.2 AI 对乳腺病变的诊断 目前 AI 诊断主要为基于常规超声对乳腺病变的良恶性分类和 BI-RADS 分类。Han 等^[53]利用 GoogleNet CNN 构建模型,其诊断乳腺良恶性病变 AUC 大于 0.9,灵敏度 86%,特异度 96%,准确度 90%,此模型能快速诊断并辅助医师诊断。Fujioka 等^[54]对比一款 CNN 模型与另外 3 名影像医师对乳腺超声良恶性病变的诊断情况:灵敏度 0.958 vs (0.583~0.917)、特异度 0.925 vs (0.604~0.771)、准确度 0.925 vs (0.658~0.792),而 CNN 模型诊断每例患者只需要 1.0 秒。Huang 等^[55]根据乳腺 BI-RADS 分类,运用两次 CNN 模型分别进行病灶的识别和特征提取,结果显示模型诊断 BI-RADS 3 类、4A 类、4C 类的准确性均大于 90%。有学者^[56]研究发现一款基于深度学习的 CAD 对乳腺良性病变,特别是纤维瘤和乳腺腺病诊断的特异度较高,能减少非必要病理活检。AI 诊断快速、准确,分类程度也越来越精准,能够给超声医师诊断乳腺病变提供一定的帮助和参考。

5.2.3 S-detect 技术 S-detect 技术是由韩国三星公司研发的一款基于“深度学习”算法、嫁接在超声仪器上的二维超声 CAD 系统,其根据美国放射学学院 BI-RADS 的超声描述法,提示乳腺病变“可能良性”或“可能恶性”^[57]。Zhao 等^[58]认为 S-detect 技术诊断特异度较高,AUC 与有经验的医师相当,并高于住院医师。也有研究认为 S-detect 技术对直径较大、内部有钙化、血管分布密集的乳腺肿块容易出现假阳性,而对直径较小、内部无钙化的乳腺肿块容易出现假阴性^[59]。在 S-detect 与医师联合诊断的研究中,Park 发现低年资医师诊断的阴性预测值和 AUC 值、高年资医师诊断的特异度和阳性预测值均得到提高^[57];Cho 等^[60]认为联合 S-detect 技术有助于提高不同年资放射科医师诊断特异性、阳性预测值和准确性。值得注意的是,当不同年资医师采用不同的联合诊断方法如:方法 1:在 S-detect 诊断为“可能良性”则将原分类下调 1 级,如为“可能恶性”则上调 1 级,3 类不再下调,5 类不再上调,或方法 2:重新分级评价,两种方法的联合诊断效能均不

相同,医师应灵活参考诊断结果,选择是否进行分类调整^[61]。综上所述,S-detect 技术能对乳腺病变进行快速诊断,但是其诊断为良性的病变仍有恶性的可能,所以超声医师更应该结合自身经验及其他技术综合诊断。

6 结 语

超声新技术的出现弥补了常规超声诊断的不足,提供了更为全面、客观、准确的诊断信息。ABVS 克服了常规超声依赖人工手动操作的弊端,清晰显示病变冠状面及与周围组织的关系。弹性成像能定性、定量反映病变软硬程度,具有很好的鉴别诊断意义。超声造影能灵敏检出恶性病灶新生血管细微的血流信号,对早期乳腺癌尤为敏感。超声光散射断层技术对乳腺病变功能、代谢的变化较为敏感,利于动态检测新辅助化疗疗效。超声 AI 辅助诊断能提高医师诊断效率和效能,减少漏诊。综上所述,只有全面综合地应用各种技术才能发挥出各自的优势,从而给乳腺癌患者带来益处。

作者声明:本文全部作者对于研究和撰写的论文出现的不端行为承担相应责任;并承诺论文中涉及的原始图片、数据资料等已按照有关规定保存,可接受核查。

学术不端:本文在初审、返修及出版前均通过中国知网(CNKI)科技期刊学术不端文献检测系统的学术不端检测。

同行评议:经同行专家双盲外审,达到刊发要求。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

文章版权:本文出版前已与全体作者签署了论文授权书等协议。

[参考文献]

- [1] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, *et al.* Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018,68(6):394-424.
- [2] 李杰,张雪,李道娟,等. 2011~2015 年河北省肿瘤登记地区女性乳腺癌发病死亡分析[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2019,32(11):962-968.
- [3] Akram M, Iqbal M, Daniyal M, *et al.* Awareness and current knowledge of breast cancer[J]. *Biol Res*, 2017,50(1):33.
- [4] Azamjah N, Soltan-Zadeh Y, Zayeri F. Global trend of breast cancer mortality rate: A 25-year study[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2019,20(7):2015-2020.
- [5] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2019 年版)[J]. *中国癌症杂志*, 2019,29(8):609-680.
- [6] 刘娟,马苏美,王惠. 自动乳腺超声成像系统的临床应用现状[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019,27(8):634-636.
- [7] Wang HY, Jiang YX, Zhu QL, *et al.* Differentiation of benign and malignant breast lesions: A comparison between automatically generated breast volume scans and handheld ultrasound examinations[J]. *Eur J Radiol*, 2012,81(11):3190-3200.
- [8] 张惠,刘玉萍,邓立强,等. 自动乳腺全容积成像检查在 BI-RADS 4A 类肿块再评估诊断中的价值[J]. *四川医学*, 2018,39(11):1215-1219.
- [9] 刘嘉琳,周杨,吴佳玲,等. 自动乳腺全容积成像冠状面征象对乳腺良性病变的鉴别诊断价值[J]. *肿瘤影像学*, 2020,29(1):17-21.
- [10] 徐哲婷,韦舒静,魏均羽,等. 自动乳腺全容积成像冠状面图像特征在乳腺病变鉴别诊断中的应用价值[J]. *中国临床新医学*, 2019,12(2):175-179.
- [11] 文欢,肖际尔,周允全,等. 乳腺浸润性导管癌聚集征与肿瘤临床病理特征的关系[J]. *中国普通外科杂志*, 2018,27(11):1424-1431.
- [12] 徐哲婷,韦舒静. 自动乳腺全容积成像在乳腺 BI-RADS 4 类病灶诊断中的应用价值[J]. *广西医科大学学报*, 2017,34(12):1713-1717.
- [13] 李可基,龚业琼,申俊玲,等. 自动乳腺全容积成像结合超声乳腺影像报告和数据系统分类诊断常规超声征象不典型的乳腺癌[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2018,15(8):477-480.
- [14] Choi EJ, Choi H, Park EH, *et al.* Evaluation of an automated breast volume scanner according to the fifth edition of BI-RADS for breast ultrasound compared with hand-held ultrasound[J]. *Eur J Radiol*, 2018,99:138-145.
- [15] 荆露霞,黄备建. 自动乳腺全容积成像在乳腺癌中的临床研究进展及前景[J]. *肿瘤影像学*, 2020,29(1):44-49.
- [16] Zhan J, Diao XH, Pang Y, *et al.* Is there an extraclinical value of automated breast volume scanner compared with hand-held ultrasound? A pilot study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017,96(37):e7765.
- [17] Xu X, Bao L, Tan Y, *et al.* 1000-case reader study of radiologists' performance in interpretation of automated breast volume scanner images with a computer-aided detection system[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2018,44(8):1694-1702.
- [18] 张歌,闫静茹,巨艳,等. 自动乳腺超声成像系统在乳腺癌筛查和诊断中的应用进展[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2017,14(11):805-809.
- [19] 刁雪红,刘迎春,陈林,等. 新型实时剪切波弹性成像对乳腺肿块良恶性的鉴别诊断价值[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2017,26(3):183-186.
- [20] 徐争,杨丽春. 乳腺超声弹性成像的应用进展[J]. *中国医学影像学杂志*, 2013,21(2):155-156.
- [21] Sigrist R, Liau J, Kaffas AE, *et al.* Ultrasound elastography: Review of techniques and clinical applications[J]. *Theranostics*, 2017,7(5):1303-1329.
- [22] Itoh A, Ueno E, Tohno E, *et al.* Breast disease: Clinical applica-

- tion of US elastography for diagnosis [J]. *Radiology*, 2006, 239 (2): 341-350.
- [23] 罗葆明, 欧冰, 智慧, 等. 改良超声弹性成像评分标准在乳腺肿块鉴别诊断中的价值[J]. *现代临床医学生物工程杂志*, 2006, 12(5): 396-398.
- [24] 胡晓丹, 肖蓉, 杨昭晖. 超声弹性成像应变率比值法与改良 5 分法在乳腺良恶性肿瘤中的诊断价值[J]. *中国医学影像学杂志*, 2016, 24(12): 900-902.
- [25] Barr RG, De Silvestri A, Scotti V, *et al.* Diagnostic performance and accuracy of the 3 interpreting methods of breast strain elastography: A systematic review and Meta-analysis [J]. *J Ultrasound Med*, 2019, 38(6): 1397-1404.
- [26] 陈文艺, 张欢, 彭玉兰. 超声弹性成像在乳腺疾病诊断中的应用进展[J]. *生物医学工程与临床*, 2020, 24(1): 105-109.
- [27] 薛姗姗, 赵巧玲, 阮骊韬, 等. 实时剪切波弹性成像技术在乳腺肿块诊断中的临床应用价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2019, 30(11): 778-782.
- [28] Youk JH, Gweon HM, Son EJ. Shear-wave elastography in breast ultrasonography: The state of the art [J]. *Ultrasonography*, 2017, 36(4): 300-309.
- [29] 李静, 郭丽苹, 尹丽, 等. 超声造影联合弹性成像对 BI-RADS 4 类乳腺肿块的诊断价值[J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(4): 589-592.
- [30] 柯霓, 陈文卫. 乳腺良恶性结节的超声造影模式与病理学对比分析[J]. *武汉大学学报(医学版)*, 2018, 39(4): 536-540.
- [31] 杨磊, 王晓荣, 马方婧, 等. 超声造影鉴别诊断乳腺良恶性病灶的价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(6): 439-442.
- [32] Li W, Zhou Q, Xia S, *et al.* Application of contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of ductal carcinoma in situ: Analysis of 127 cases [J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(1): 39-50.
- [33] 曾锦树, 陈世良, 许翔, 等. 超声造影在乳腺良恶性病灶鉴别诊断中的应用[J]. *中国超声医学杂志*, 2013, 29(6): 500-503.
- [34] 段婧, 赵成茂, 汪学昌, 等. 乳腺癌超声造影特征及定量参数的诊断价值研究[J]. *中国医药*, 2019, 14(5): 735-737.
- [35] 赵姣, 周琦. 乳腺常规超声与超声造影对早期乳腺癌的诊断价值[J]. *中国肿瘤临床与康复*, 2019, 26(12): 1429-1431.
- [36] 徐玮. 超声造影诊断早期乳腺癌敏感性和特异性分析[J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2019, 16(1): 53-56.
- [37] Park AY, Kwon M, Woo OH, *et al.* A prospective study on the value of ultrasound microflow assessment to distinguish malignant from benign solid breast masses: Association between ultrasound parameters and histologic microvessel densities [J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(5): 759-772.
- [38] Park AY, Seo BK. Up-to-date Doppler techniques for breast tumor vascularity: Superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound [J]. *Ultrasonography*, 2018, 37(2): 98-106.
- [39] 杨少玲, 唐克强, 陶均佳, 等. 经皮下注射超声造影剂对乳腺癌前哨淋巴结的诊断效果[J]. *中国肿瘤临床与康复*, 2017, 24(1): 10-13.
- [40] 罗俊, 陈吉东, 陈琴, 等. 乳腺良恶性病灶超声造影预测模型在乳腺影像报告与数据系统 4 类乳腺病灶恶性风险评估中的应用价值[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2016, 13(6): 459-465.
- [41] Zhu Q, Poplack S. A review of optical breast imaging: Multi-modality systems for breast cancer diagnosis [J]. *Eur J Radiol*, 2020, 129: 109067.
- [42] Zhu Q, Ricci AJ, Hegde P, *et al.* Assessment of functional differences in malignant and benign breast lesions and improvement of diagnostic accuracy by using US-guided diffuse optical tomography in conjunction with conventional US [J]. *Radiology*, 2016, 280 (2): 387-397.
- [43] 韩晓蓉, 梁琦, 宁平, 等. 超声光散射成像乳腺诊断系统对 T₁ 期乳腺癌的诊断价值[J]. *中华乳腺病杂志(电子版)*, 2019, 13(6): 343-349.
- [44] Zhi W, Wang Y, Chang C, *et al.* US-guided diffuse optical tomography: Clinicopathological features affect total hemoglobin concentration in breast cancer [J]. *Transl Oncol*, 2018, 11(4): 845-851.
- [45] Zhi W, Liu G, Chang C, *et al.* Predicting treatment response of breast cancer to neoadjuvant chemotherapy using Ultrasound-guided diffuse optical tomography [J]. *Transl Oncol*, 2018, 11(1): 56-64.
- [46] 罗晓, 李安华. 人工智能在乳腺癌诊治中的应用与思考 [J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(4): 247-251.
- [47] Wu G, Zhou L, Xu J, *et al.* Artificial intelligence in breast ultrasound [J]. *World J Radiol*, 2019, 11(2): 19-26.
- [48] 刘睿峰, 夏宇, 姜玉新. 人工智能在超声医学领域中的应用 [J]. *协和医学杂志*, 2018, 9(5): 453-457.
- [49] 荆露霞, 黄备建. 自动乳腺全容积成像在乳腺癌中的临床研究进展及前景 [J]. *肿瘤影像学*, 2020, 29(1): 44-49.
- [50] Moon WK, Huang YS, Hsu CH, *et al.* Computer-aided tumor detection in automated breast ultrasound using a 3-D convolutional neural network [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2020, 190: 105360.
- [51] van Zelst J, Tan T, Clauser P, *et al.* Dedicated computer-aided detection software for automated 3D breast ultrasound; an efficient tool for the radiologist in supplemental screening of women with dense breasts [J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(7): 2996-3006.
- [52] Jiang Y, Inciardi MF, Edwards AV, *et al.* Interpretation time using a concurrent-read computer-aided detection system for automated breast ultrasound in breast cancer screening of women with dense breast tissue [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(2): 452-461.
- [53] Han S, Kang HK, Jeong JY, *et al.* A deep learning framework for supporting the classification of breast lesions in ultrasound images [J]. *Phys Med Biol*, 2017, 62(19): 7714-7728.
- [54] Fujioka T, Kubota K, Mori M, *et al.* Distinction between benign and malignant breast masses at breast ultrasound using deep learning method with convolutional neural network [J]. *Jpn J Radiol*, 2019, 37(6): 466-472.
- [55] Huang Y, Han L, Dou H, *et al.* Two-stage CNNs for computerized BI-RADS categorization in breast ultrasound images [J]. *Biomed Eng Online*, 2019, 18(1): 1-18.
- [56] Xiao M, Zhao C, Zhu Q, *et al.* An investigation of the classification accuracy of a deep learning framework-based computer-aided diagnosis system in different pathological types of breast lesions

- [J]. J Thorac Dis, 2019, 11(12): 5023-5031.
- [57] Park HJ, Kim SM, La Yun B, *et al.* A computer-aided diagnosis system using artificial intelligence for the diagnosis and characterization of breast masses on ultrasound: Added value for the inexperienced breast radiologist[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(3): e14146.
- [58] Zhao C, Xiao M, Jiang Y, *et al.* Feasibility of computer-assisted diagnosis for breast ultrasound: The results of the diagnostic performance of S-detect from a single center in China[J]. Cancer Manag Res, 2019, 11: 921-930.
- [59] Wu JY, Zhao ZZ, Zhang WY, *et al.* Computer-aided diagnosis of solid breast lesions with ultrasound: Factors associated with false-negative and false-positive results[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(12): 3193-3202.
- [60] Cho E, Kim EK, Song MK, *et al.* Application of computer-aided diagnosis on breast ultrasonography: Evaluation of diagnostic performances and agreement of radiologists according to different levels of experience[J]. J Ultrasound Med, 2018, 37(1): 209-216.
- [61] 李响, 程慧芳, 闫虹, 等. 常规超声联合 S-Detect 技术对乳腺病灶的诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35(3): 225-228.

· 读者 · 作者 · 编者 ·

英文摘要的定义及其特点

摘要(abstract)是现代科技论文中必不可少的内容,GB/T6447-1986《文摘编写规则》对摘要的定义为:文摘是“以提供文摘内容梗概为目的,不加评论和补充解释,简明、确切地记叙文献重要内容的短文”。英文摘要作为科技论文的重要组成部分,有其特殊的意义和作用,它是国际间知识传播、学术交流与合作的桥梁和媒介,尤其是目前国际上各主要检索机构的数据库对英文摘要的依赖性很强;因此,好的英文摘要对于增加期刊和论文的被检索和引用机会、吸引读者、扩大影响起着不可忽视的作用。

摘要是论文主体的高度浓缩,它应该能提炼论文的主要观点,简明地描述论文的内容和规范,简短地进行概括和总结。

英文摘要的基本特点

- 1) 通常为一段,应统一、连贯、简明、独立;
- 2) 应顺序体现论文的目的、方法、结果、结论和建议等;
- 3) 各个部分之间的联系和转换逻辑上要严谨;
- 4) 不能添加论文涉及范围以外的新的信息,但可以总结本文;
- 5) 能被更加广泛的读者所理解;
- 6) 通常用被动语态,弱化作者,强化信息。

英文摘要的可能用途

- 1) 作者在准备一篇论文的时候会自己或要求其助手为他从不同水平的期刊摘取相关论文的摘要,供其快速决定是否需要阅读其全文;
- 2) 读者通常先阅读摘要,然后判断是否值得花费时间阅读全文;
- 3) 图书馆采购人员通过摘要对期刊或系列读物内容得出一个总体判断;
- 4) 一些组织或会议的报纸也会为其会员提供有关的文章摘要。

本刊编辑部