

超声弹性成像在妇产领域中的应用进展

唐紫露 董晓静

摘 要 超声弹性成像可以客观测量组织弹性这一基本生物学特性,具有重要的临床意义和广阔的应用前景。目前,超声弹性成像已在甲状腺、乳腺、肾脏、肝脏、淋巴结、血管、皮肤和肌肉系统等领域取得显著应用成果,其在妇产领域中的价值也日益凸显,在预测引产结局、检测宫颈及宫体病变等方面的研究陆续展开。本文就超声弹性成像在妇产领域中的应用进展进行综述。

关键词 超声弹性成像;妇产;诊断

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Application progress of ultrasound elastography in obstetrics and gynecology

TANG Zilu, DONG Xiaojing

Department of Obstetrics and Gynecology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University,
Chongqing 400010, China

ABSTRACT Ultrasound elastography can objectively measure the basic biological characteristics of tissue elasticity, which has important clinical significance and broad application prospect. At present, ultrasound elastography has been widely used in clinical, which has achieved remarkable application results in thyroid, breast, kidney, liver, lymph nodes, blood vessels, skin and muscle system, and its value in the field of obstetrics and gynecology is increasingly prominent. Researches on predicting the outcome of induced labor and detecting cervical and uterine lesions have been carried out. This paper reviews the application progress of ultrasound elastography in obstetrics and gynecology.

KEY WORDS Ultrasound elastography; Obstetrics and gynecology; Diagnosis

超声弹性成像是近年来发展迅速的一种新兴成像技术,其可以客观测量组织弹性这一基本生物学特性,从而评估炎症、肿瘤等可能导致组织弹性改变的病理和生理变化。目前,超声弹性成像已广泛应用于甲状腺、乳腺、肾脏、肝脏、淋巴结、血管、皮肤和肌肉系统等领域。2006 年超声弹性成像开始用于测量宫颈弹性,以评估宫颈功能不全和早产;随后该技术在妇产领域中的应用逐渐广泛。本文就超声弹性成像在妇产领域中的应用进展进行综述。

一、超声弹性成像的概述

超声弹性成像的基本原理是对组织施加一个激励,使其在形态、位移、速度等方面发生变化,通过收集组织变化所产生的不同信号,获得组织的弹性信息。目前,应用于妇产领域的超声弹性成像可分为应变弹性成像和剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)。

1. 应变弹性成像:其包括外部由手动压缩引起的变形和内部由器官运动引起的变形,由于其未监测成像组织中的任何振动或波,因此也被称为“静态”技术。当组织被探头压缩时超声换能器可以检测其变形,通常用来量化组织应变的指标为应变比(strain ratio, SR),即病变部位的平均应变指数与周围正常组织的比值。该方法可以在一定程度上量化病灶的相对硬度,但不能提供硬度的绝对值;超声图像上的应变标度通常用彩色编码表示,根据不同颜色进行弹性评分,用于评估组织硬度。

2. SWE:该方法是基于运动波创建的图像,因此被称为“动态”技术。声波能量作用在组织上引起微小局部位移,诱发剪切波,利用超声成像监测剪切波的传播,并计算弹性模量值。该方法检测结果相对独立于操作者,更具客观性。此外, SWE 无需周围正常组织作为对比,因此可以用于研究弥漫性和局灶性病变。

基金项目:重庆医科大学未来医学青年创新团队发展支持计划项目(W0122);重庆医科大学附属第二医院“宽仁英才”项目(13-003-003);2023 年重庆市妇幼保健科研培育项目

作者单位:400010 重庆市,重庆医科大学附属第二医院妇产科

通讯作者:董晓静, Email: xffdoctor@163.com

二、超声弹性成像在产科领域中的应用

1. 预测引产结局: 宫颈柔软度是宫颈成熟度评分(Bishop 评分)的组成部分之一, 目前常用于临床预测引产结局, 但其主观性较强。超声弹性成像具有客观性和可重复性, 应用该方法评估宫颈僵硬程度可能有助于预测引产结局。Syun-Ichi 等^[1]应用应变弹性成像评估妊娠期宫颈成熟度, 探讨超声弹性成像评估妊娠期宫颈的可行性, 结果显示在图像分析系统和由探头横向移动而引起的可变性等方面需要改进。而后 Swiatkowska-Freund 和 Preis^[2]提出了一种改进方法, 即利用呼吸或动脉搏动提供的运动定量评估宫颈应变, 此结果相对独立于操作者。Yo 等^[3]应用该方法发现应变弹性成像在预测引产结局中具有较高的准确性, 且弹性程度与 Bishop 评分呈正相关($r=0.46, P<0.01$), 可用于预测分娩时间。但由于该技术缺乏测量标准化如压力控制、感兴趣区域选择等不足, 其临床应用受限。E-cervix 是一种针对宫颈应变弹性成像研发的半自动测量多个弹性指标的软件包, 提高了弹性测值的整体性和可比性。Rizzo 等^[4]使用 E-cervix 检测单胎妊娠孕妇宫颈弹性值, 分析其用于预测 7 d 内分娩的有效性, 发现应变弹性成像联合宫颈长度可提高预测足月孕妇分娩时间的准确性。

2. 预测早产: Gesthuysen 等^[5]研究发现早孕孕妇和正常孕妇的宫颈弹性指数分别为 1.61、1.27, 差异有统计学意义($P<0.01$), 弹性评分较宫颈长度具有更高的预测价值(曲线下面积分别为 0.8059、0.7631), 表明应变弹性成像可预测早产。Patberg 等^[6]对 742 例中孕期单胎妊娠孕妇行 E-cervix 检测, 发现弹性指数的增加与自发性早产风险的增加显著相关。熊德庆等^[7]研究发现 E-cervix 对宫颈机能不全孕妇的早产风险有一定预测价值。李凌等^[8]应用 SWE 技术测量宫颈内口前后唇弹性值及宫颈长度, 结果显示 SWE 可有效预测早产。总之, 超声弹性成像通过测量宫颈弹性在预测早产方面的准确性较高, 有望广泛应用于临床。

3. 评估子宫瘢痕情况: Seliger 等^[9]应用超声弹性成像检测术前 24 h 内子宫瘢痕弹性, 并于术中取部分子宫瘢痕组织, 术后 1 h 内进行体外拉伸应力应变特性分析, 结果显示超声弹性成像有助于确定子宫下段的瘢痕弹性特征。马戎等^[10]研究认为 SWE 可为剖宫产后再次妊娠者分娩方式、分娩时间的选择提供参考。赵妍妍等^[11]则认为经阴道超声联合 SWE 在剖宫产后再次妊娠者分娩方式、分娩时间的选择方面均具有指导意义。但超声弹性成像用于评估子宫瘢痕弹性的研究仍存在评估方法客观性欠佳、样本量较小等不足, 有待今后进一步探讨。

4. 评估胎盘情况: 胎盘是维持胎儿发育的重要器官, 具有防御、合成、物质交换和免疫等功能。胎盘形成过程中滋养细胞侵入失败、子宫螺旋动脉重塑障碍等均可导致长期胎盘灌注不良、细胞应激、缺血和出血性损伤均可导致组织纤维化, 使胎盘硬度增加。研究^[12]发现子痫前期发病组剪切波速度(1.41 m/s)明显高于低危非发病组和高危非发病组(1.03 m/s、1.07 m/s), 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。Anuk 等^[13]研究发现妊娠期糖尿病孕妇胎盘弹性模量值较正常孕妇显著增加(13.0 kPa vs.

8.3 kPa), 差异有统计学意义($P<0.05$)。Arslan 等^[14]研究发现胎儿单脐动脉的孕妇胎盘边缘剪切波速度低于正常妊娠孕妇(0.876 m/s vs. 0.957 m/s), 差异有统计学意义($P<0.05$)。提示超声弹性成像可提供关于胎盘结构和功能的信息, 但其测量受组织深度的影响, 位于子宫后壁的胎盘测量可能受限。

5. 评估备孕期内膜: 人工流产可能对子宫内膜造成损伤, 子宫内膜恢复情况直接影响妇女的生育能力。Jiao 等^[15]应用 SWE 评估流产后妇女与正常妇女的子宫内膜厚度及弹性值, 发现子宫内膜硬度随着人工流产次数的增加而增加, 人工流产后子宫内膜硬度的改变可能早于临床表现和子宫内膜厚度改变。表明 SWE 测得的子宫内膜弹性可为评估子宫内膜恢复情况提供参考, 从而指导人工流产后妇女生育能力的恢复。对于辅助生殖助孕的患者, 备孕期女性子宫内膜允许胚胎着床的能力, 即子宫内膜容受性与受精卵的着床密切相关。有学者^[16]比较了复发性流产患者与对照组内膜弹性值、同期备孕妇女不同时间子宫内膜弹性值, 发现 SWE 对子宫内膜容受性具有一定的评估价值。然而, Kabukçu 等^[17]研究显示子宫内膜弹性值对受孕率无显著影响, 不能预测人工授精结果, 这可能是由于子宫内膜弹性主要受腺体增生影响, 与其厚度无直接相关。总之, 目前超声弹性成像检测子宫内膜容受性的价值尚未明确, 仍需更多研究进一步探讨。

6. 异位妊娠: 异位妊娠为受精卵种植于宫腔以外部位的妊娠, 破裂时可因大出血而威胁孕妇生命。Akbas 和 Koyuncu^[18]研究结果显示, 异位妊娠及早期正常妊娠者的肌层弹性模量值(8.31 kPa、8.83 kPa)均低于非妊娠者(14.85 kPa), 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。宋金爽^[19]研究发现超声弹性成像对包块边界的显示较常规超声更清晰, 并可能区分异位妊娠包块与实性黄体。总之, 超声弹性成像可作为异位妊娠诊断与鉴别诊断的辅助手段, 但仍需大样本量的临床研究进一步验证。

三、超声弹性成像在妇科领域中的应用

1. 宫颈病变: 宫颈病变包括良性病变、宫颈上皮内瘤变(CIN)及恶性病变。宫颈良性病变主要包括宫颈息肉和宫颈肌瘤, 恶性病变主要指宫颈癌。CIN 是一种癌前病变, 如未及时治疗, 可能进展为宫颈癌。当宫颈发生病理改变时, 其弹性也随之改变, 朱一平等^[20]研究发现正常宫颈组织与宫颈癌病灶的弹性模量平均值分别为(16.69±2.22)kPa、(77.15±17.58)kPa, 差异有统计学意义($P<0.05$), 但正常宫颈组织与 CIN 病灶弹性模量平均值[(17.16±2.15)kPa]比较差异无统计学意义。原因可能为 CIN 病灶处于早期阶段, 宫颈弹性尚未发生变化。Dudea-Simon 等^[21]研究发现, 恶性病变、CIN、良性病变的 SR 分别为 1.75、1.42、0.89, 两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。此外, 肿瘤边界处的硬度可反映肿瘤对周围宫颈组织的侵犯程度, 为临床分期提供有价值的信息。Zhang 等^[22]研究发现超声弹性成像在宫颈癌Ⅲ期、Ⅳ期患者中的诊断灵敏度及准确率分别为 94.74%、96.00% 和 87.50%、96.00%, 均显著高于常规超声, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。表明超声弹性成像可用于宫颈病变的鉴别诊断、评估宫颈癌的浸润程度及临床分期等方

面,今后有望在评估宫颈癌术后恢复及放化疗效果方面进一步研究。

2. 子宫肌瘤与子宫腺肌瘤:子宫肌瘤与子宫腺肌瘤的临床症状、发病人群极为相似,临床诊断时需对二者进行仔细鉴别。超声弹性成像是评价子宫肌瘤的一种新兴技术。Zhang等^[23]研究显示子宫肌瘤的剪切波速度大于正常子宫肌层 $[(4.8 \pm 1.9) \text{ m/s vs. } (5.6 \pm 2.5) \text{ m/s}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$),表明SWE有助于区分子宫肌瘤与正常子宫。另有研究^[24]发现变性子宫肌瘤剪切波速度多低于非变性子宫肌瘤 $[(2.52 \pm 0.66) \text{ m/s vs. } (2.82 \pm 0.47) \text{ m/s}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。目前,关于超声弹性成像用于两种疾病鉴别诊断的研究结果并不一致,Stoelinga等^[25]认为超声弹性成像具有鉴别子宫腺肌瘤与子宫平滑肌瘤的能力,子宫平滑肌瘤呈实性,子宫腺肌瘤为腺状组织,这为超声弹性成像的鉴别诊断提供了可能。另有研究^[26]认为超声弹性成像不能区分子宫肌瘤与子宫腺肌瘤,原因可能为腺状组织本身质软,其进入肌层后的异常生长导致局部肌层内存在充血和反应性肌肥大,使僵硬程度增加。因此超声弹性成像在子宫肌瘤与子宫腺肌瘤中的诊断及鉴别诊断价值仍待更多研究进一步探讨。

3. 子宫内膜病变:子宫内膜病变包括子宫内膜息肉、黏膜下肌瘤、子宫内膜增生和子宫内膜癌等,早期诊断及治疗能缓解患者症状并改善预后。杜媛和郑楠^[27]研究表明SR区分子宫内膜良恶性病变的截断值为3.54。Du等^[28]研究发现子宫内膜息肉、子宫内膜增生、子宫内膜癌弹性模量平均值依次升高,分别为 $(15.68 \pm 8.18) \text{ kPa}$ 、 $(21.20 \pm 12.57) \text{ kPa}$ 、 $(49.36 \pm 25.51) \text{ kPa}$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。Zhao等^[29]研究发现,SWE可用于判断子宫内膜癌病灶是否侵犯肌层及侵犯深度,有助于临床制定手术方式和预后评估。未来的研究可能专注于超声弹性成像评估子宫内膜癌浸润深度和分期的能力,以获得更多的量化指标帮助临床诊断。

4. 卵巢病变:卵巢癌发病率居妇产科恶性肿瘤的第3位,仅次于宫颈癌和子宫内膜癌,由于其缺少早期特异性症状和有效筛查方法,患者就诊时多为晚期,死亡率较高。肖艳菊等^[30]研究发现良恶性卵巢病变的剪切波速度分别为 $(1.97 \pm 0.36) \text{ m/s}$ 、 $(2.90 \pm 0.66) \text{ m/s}$,差异有统计学意义($P < 0.05$),表明超声弹性成像对良恶性卵巢病变有一定鉴别诊断价值;且恶性病灶的剪切波速度可为卵巢癌术前分期提供参考^[31]。此外,马文琦等^[32]研究认为多囊卵巢综合征(PCOS)患者卵巢SR与卵巢体积和卵泡数均呈正相关($r = 0.565, 0.653$, 均 $P < 0.01$),表明超声弹性成像在PCOS诊断中具有较好的临床应用价值。但Ertekin等^[33]研究发现PCOS组与对照组卵巢弹性模量平均值比较差异无统计学意义,分析原因为该研究行SWE测量时感兴趣区面积选择较大,测量区域内纳入了部分囊肿,降低了间质弹性;且该研究纳入的患者较年轻,平均年龄为 (21.5 ± 3.7) 岁,可能处于PCOS的早期阶段,尚未发生组织病理学变化。

四、总结与展望

总之,超声弹性成像具有无创、准确、客观、价廉、可重复性

佳等优势,能够为临床医师提供更多、更有价值的参考信息。目前超声弹性成像已逐步应用于妇产科的多项临床工作中,随着该技术的不断发展,其成像方案应逐步完善和规范,以进一步提高客观性和准确性。未来超声弹性成像在妇产领域中可能会发挥更重要的作用。

参考文献

- [1] Syun-Ichi Y, Yoshimasa K, Shiro K, et al. Tissue elastography imaging of the uterine cervix during pregnancy [J]. J Med Ultrason, 2007, 34(4): 209-210.
- [2] Swiatkowska-Freund M, Preis K. Elastography of the uterine cervix: implications for success of induction of labor [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2011, 38(1): 52-56.
- [3] Yo Y, Kotani Y, Shiro R, et al. Relationship between cervical elastography and spontaneous onset of labor [J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 19685.
- [4] Rizzo G, Pietrolucci ME, Mappa I, et al. Sonoelastographic assessment of the uterine cervix in the prediction of imminent delivery in singleton nulliparous women near term: a prospective cohort study [J]. J Ultrasound Med, 2021, 40(3): 559-568.
- [5] Gesthuysen A, Hammer K, Möllers M, et al. Evaluation of cervical elastography strain pattern to predict preterm birth [J]. Ultraschall Med, 2020, 41(4): 397-403.
- [6] Patberg ET, Wells M, Vahanian SA, et al. Use of cervical elastography at 18 to 22 weeks' gestation in the prediction of spontaneous preterm birth [J]. Am J Obstet Gynecol, 2021, 225(5): 1-9.
- [7] 熊德庆, 申俊玲, 谢萍, 等. 宫颈弹性成像联合阴道超声预测宫颈机能不全孕妇早产的价值 [J]. 疑难病杂志, 2021, 20(10): 1036-1039.
- [8] 李凌, 熊雯, 陈琴, 等. 经阴道宫颈剪切波弹性成像预测早产 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18(7): 406-410.
- [9] Seliger G, Chaoui K, Lautenschläger C, et al. Ultrasound elastography of the lower uterine segment in women with a previous cesarean section: comparison of in-/ex-vivo elastography versus tensile-stress-strain-rupture analysis [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2018, 225(1): 172-180.
- [10] 马戎, 鲁琰, 马建秀, 等. 弹性成像技术在瘢痕子宫再次妊娠分娩方式预测中的价值 [J]. 保健医学研究与实践, 2019, 16(3): 55-58.
- [11] 赵妍妍, 南瑞霞, 万映, 等. TVS联合实时剪切波弹性成像对剖宫产术后SP再次分娩方式的预测 [J]. 河北医学, 2021, 27(8): 1271-1275.
- [12] Fujita Y, Nakanishi TO, Sugitani M, et al. Placental elasticity as a new non-invasive predictive marker of pre-eclampsia [J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45(1): 93-97.
- [13] Anuk Alt, Tanacan A, Erol SA, et al. Evaluation of the relationship between placental stiffness measured by shear wave elastography and perinatal outcomes in women with gestational diabetes mellitus [J]. Acta Radiol, 2022, 63(12): 1721-1728.
- [14] Arslan H, Tolunay HE, Cim N, et al. Shear-wave elastography - virtual touch tissue quantification of fetal placenta with a single umbilical artery [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2019, 32(15):

- 2481-2485.
- [15] Jiao Y, Xue N, Zou C, et al. Assessment of early damage of endometrium after artificial abortion by shear wave elastography[J]. Insights Imaging, 2020, 11(1):28.
- [16] 汪期明, 张海霞, 朱森华, 等. 实时剪切波超声弹性成像在备孕期女性子宫内膜容受性中的应用研究[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(10):1151-1154.
- [17] Kabukçu C, Çabuş Ü, Öztekin Ö, et al. The strain rate of endometrium measured by real-time sonoelastography as a predictive marker for pregnancy in gonadotropin stimulated intrauterine insemination cycles[J]. J Obstet Gynaecol Res, 2021, 47(10):3561-3570.
- [18] Akbas M, Koyuncu FM. The utility of myometrial and cervical ultrasound shear wave elastography in the diagnosis of ectopic pregnancy[J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46(4):2215-2221.
- [19] 宋金爽. 超声弹性成像在宫外孕包块诊断与鉴别诊断中的初步应用[D]. 遵义:遵义医科大学, 2016.
- [20] 朱一平, 郭道宁, 王亮, 等. 腹部超声、阴道超声联合剪切波弹性成像诊断宫颈癌的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(7):517-520.
- [21] Dudea-Simon M, Dudea SM, Burde A, et al. Usefulness of real time elastography strain ratio in the assessment of cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer using a reference material[J]. Med Ultrason, 2020, 22(2):145-151.
- [22] Zhang Y, Yan Y, Yang Y. Study on value of ultrasonic elastography in diagnosis of clinical staging of cervical cancer and efficacy evaluation of radiotherapy[J]. Oncol Lett, 2019, 17(6):4901-4906.
- [23] Zhang M, Wasnik AP, Masch WR, et al. Transvaginal ultrasound shear wave elastography for the evaluation of benign uterine pathologies: a prospective pilot study[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(1):149-155.
- [24] 张菁菁, 徐海飞, 李统怀, 等. 声辐射力脉冲成像联合应力式弹性成像诊断子宫肌瘤变性的应用价值[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(11):843-846.
- [25] Stoelinga B, Hehenkamp WJK, Nieuwenhuis LL, et al. Accuracy and reproducibility of sonoelastography for the assessment of fibroids and adenomyosis, with magnetic resonance imaging as reference standard[J]. Ultrasound Med Biol, 2018, 44(8):1654-1663.
- [26] Pongpunprut S, Panburana P, Wibulpolprasert P, et al. A comparison of shear wave elastography between normal myometrium, uterine fibroids, and adenomyosis: a cross-sectional study[J]. Int J Fertil Steril, 2022, 16(1):49-54.
- [27] 杜媛, 郑楠. 经阴道超声弹性成像技术对子宫内膜增生和子宫内膜癌的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(8):1369-1372.
- [28] Du YY, Yan XJ, Guo YJ, et al. Transvaginal real-time shear wave elastography in the diagnosis of endometrial lesions[J]. Int J Gen Med, 2021, 14(1):2849-2856.
- [29] Zhao HX, Du YY, Guo YJ, et al. Application value of real-time shear wave elastography in diagnosing the depth of infiltrating muscular layer of endometrial cancer[J]. J Ultrasound Med, 2021, 40(9):1851-1861.
- [30] 肖艳菊, 郑红雨, 杜阳春, 等. 声脉冲辐射力弹性成像对良、恶性卵巢肿瘤的鉴别诊断价值[J]. 广西医科大学学报, 2020, 37(1):83-86.
- [31] 肖艳菊, 郑红雨, 杜阳春, 等. 二维超声及声脉冲辐射力弹性成像技术在卵巢癌术前分期中应用价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2021, 35(8):848-850.
- [32] 马文琦, 贾琬莹, 刘艳巧, 等. 超声弹性成像诊断多囊卵巢综合征的价值探讨[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(1):30-32.
- [33] Ertekin E, Turan OD, Tuncyurek O. Is shear wave elastography relevant in the diagnosis of polycystic ovarian syndrome? [J]. Med Ultrason, 2019, 21(1):158-162.

(收稿日期:2022-12-30)

《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准,集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发行,月刊。为“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”“中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)”。设有临床研究、实验研究、经验交流、病例报道、述评、专家讲座、工程及译文等栏目,报道超声医学领域影像诊断与治疗的先进技术和前沿进展,为广大临床超声医师和研究人员提供良好的学术交流平台。

本刊刊号:ISSN 1008-6978;CN 50-1116/R。邮发代号:78-116。

每期定价:19元,全年228元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅。

地址:重庆市渝中区临江路74号,重庆医科大学附属第二医院内,临床超声医学杂志编辑部。邮编:400010。

电话:023-63811304,023-63693117

Email:lccscq@vip.163.com