

## ❖ 心脏、血管影像学

## Application of real-time shear wave elastography in staging of common femoral venous thrombosis

HONG Dengke<sup>1</sup>, YANG Jiajia<sup>2</sup>, XUE Ensheng<sup>2\*</sup>, ZHANG Yu<sup>2</sup>,  
GUAN Yunbiao<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1</sup>

(1. Department of Vascular Surgery, 2. Department of Ultrasound, Fujian Medical University Union Hospital, Fuzhou 350001, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the value of real-time shear wave elastography (SWE) in staging of common femoral venous thrombosis (CFVT). **Methods** Totally 92 patients with unilateral CFVT were divided into acute phase (1—14 d,  $n=41$ ), subacute phase (15—30 d,  $n=24$ ) or chronic phase ( $>30$  d,  $n=27$ ) according to the time of complaint. Young's modulus mean values and two-dimensional (2D) ultrasound scores were compared among the three phases. ROC curve was used to evaluate the diagnostic effect of 2D ultrasound and SWE for acute and chronic CFVT. **Results** 2D ultrasound scores and Young's modulus values were significantly different among the three phases ( $P<0.001$ ), and the differences between each two phases were all statistically significant (all  $P<0.05$ ). AUC of SWE in diagnosing acute CFVT was 0.916 ( $P<0.05$ ), and the cutoff Young's modulus value was 13.50 kPa, with the sensitivity of 85.37% and specificity of 82.35%. AUC of 2D ultrasound for diagnosing acute CFVT was 0.800 ( $P<0.05$ ), and the cutoff ultrasound score was 2.00, with the sensitivity of 75.61% and specificity of 66.67%. AUC of the two methods for diagnosing acute CFVT had significant difference ( $P<0.001$ ). AUC of SWE in diagnosing chronic CFVT was 0.917 ( $P<0.05$ ), and the cutoff Young's modulus value was 16.40 kPa, with the sensitivity of 85.19% and specificity of 87.69%. AUC of 2D ultrasound in diagnosing chronic CFVT was 0.842 ( $P<0.05$ ), and the cutoff ultrasound score was 2.03, with the sensitivity of 87.21% and specificity of 69.23%. AUC of these two methods for diagnosing chronic CFVT had significant difference ( $P=0.010$ ). **Conclusion** Real-time SWE can be used to judge the clinical stage of CFVT, and its diagnostic efficiency may be better than conventional ultrasonography.

**[Keywords]** venous thrombosis; femoral vein; share wave; elasticity imaging techniques; ultrasonography

DOI:10.13929/j.1003-3289.201811110

## 实时剪切波弹性成像应用于股总静脉血栓 临床分期

洪登科<sup>1</sup>, 杨嘉嘉<sup>2</sup>, 薛恩生<sup>2\*</sup>, 张宇<sup>2</sup>, 官云彪<sup>1</sup>, 李南<sup>1</sup>

(1. 福建医科大学附属协和医院血管外科, 2. 超声科, 福建 福州 350001)

**[摘要]** **目的** 探讨实时剪切波弹性成像(SWE)应用于股总静脉血栓(CFVT)临床分期的价值。**方法** 根据主诉发病时间将 92 例单侧 CFVT 患者分为急性期(1~14 天,  $n=41$ )、亚急性期(15~30 天,  $n=24$ )及慢性期( $>30$  天,  $n=27$ ), 比较其二维超声评分及 SWE 所测杨氏模量值。采用 ROC 曲线评价二维超声及 SWE 对急性期、慢性期 CFVT 的诊断效能。**结果** 3 期患者间二维超声评分及杨氏模量值总体比较( $P$ 均 $<0.001$ )及两两比较差异均有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。以杨氏模量值=13.50 kPa 为截断值, SWE 诊断急性期 CFVT 的 AUC 为 0.916( $P<0.05$ ), 敏感度 85.37%, 特异度 82.35%; 以二维超声

**[基金项目]** 福建省卫计委青年基金项目(2015-2-9)。

**[第一作者]** 洪登科(1982—), 男, 福建石狮人, 硕士, 主治医师。研究方向: 血管外科疾病的诊治。E-mail: DKHong@fjmu.edu.cn

**[通信作者]** 薛恩生, 福建医科大学附属协和医院超声科, 350001。E-mail: xuees01@163.com

**[收稿日期]** 2018-11-20 **[修回日期]** 2019-06-06

评分=2.00 为截断值,二维超声诊断急性期 CFVT 的 AUC 为 0.800( $P<0.05$ ),敏感度 75.61%,特异度 66.67%;2 种方法 AUC 差异有统计学意义( $P<0.001$ )。以杨氏模量值=16.40 kPa 为截断值,SWE 诊断慢性期 CFVT 的 AUC 为 0.917( $P<0.05$ ),敏感度 85.19%,特异度 87.69%;以二维超声评分=2.03 为截断值,二维超声诊断慢性期 CFVT 的 AUC 为 0.842 ( $P<0.05$ ),敏感度 87.21%,特异度 69.23%;两种方法 AUC 差异有统计学意义( $P=0.010$ )。结论 SWE 可用于判断 CFVT 临床分期,且效果好于常规超声。

[关键词] 静脉血栓形成;股静脉;剪切波;弹性成像技术;超声检查

[中图分类号] R364.15; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2019)08-1200-05

不同时期下肢深静脉血栓(deep venous thrombosis, DVT)组织构成及患者预后均不同,需采用不同的治疗方案<sup>[1-2]</sup>。目前临床对 DVT 分期尚缺乏准确可靠的手段,主要依据患者主诉的症状出现时间进行粗略判断。有学者<sup>[3]</sup>认为常规超声可通过回声强度来估计血栓形成时期,但对其可靠性尚存在争议。实时剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)技术被认为具有辅助判断血栓分期的潜力<sup>[4-6]</sup>。本研究探讨实时 SWE 应用于股总静脉血栓(common femoral venous thrombosis, CFVT)临床分期的价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2016 年 6 月—2018 年 6 月于我院接受诊治、并经超声及血管造影确诊的 92 例单侧 CFVT 患者的影像资料及临床资料,男 50 例,女 42 例,年龄 22~83 岁,平均(55.6±12.8)岁,发病时间 1~87 天,中位发病时间 15(6.25, 32.00)天。根据发病时间<sup>[7]</sup>,判定为急性期(1~14 天)41 例,男 23 例,女 18 例,年龄 22~76 岁,平均(54.4±12.9)岁,左侧 37 例、右侧 4 例,完全阻塞(超声及造影提示管腔内无血流)37 例、不完全阻塞(超声及造影于管腔内见细窄或断续的血流束)4 例;亚急性期(15~30 天)24 例,男 10 例,女 14 例,年龄 28~77 岁,平均(54.0±12.7)岁,左侧 23 例、右侧 1 例,完全阻塞 19 例、不完全阻塞 5 例;慢性期(>30 天)27 例,男 17 例,女 10 例,年龄 31~83 岁,平均(58.9±12.5)岁,左侧 25 例、右侧 2 例,完全阻塞 18 例、不完全阻塞 9 例。

1.2 仪器与方法 采用声科 Aixplorer 型超声诊断仪, L10-2 线阵探头,频率 2~10 MHz。嘱患者平卧,先行常规超声检查,连续扫查患侧下肢股总静脉,获取横轴及纵轴二维图像,记录血栓回声高低及均质性,观察管腔内血流充填情况。以邻近病变段血管周围肌肉的肌束回声作为标准<sup>[8]</sup>判断血栓回声强度,高于、等于、低于肌束回声分别记为高回声、等回声、低回声。当血栓呈多种回声混合表现时,以血栓整体回声即占最大比例的回声强度为最终结果。记录血栓的二维超声评分,低回

声记为 1 分,等回声 2 分,高回声 3 分;血栓回声为不均质者加 1 分,均质者不加分。

手持探头轻置于血栓段静脉处体表,采用长轴切面,启动 SWE 双幅模式,同时显示二维及弹性图像(量程 0~180 kPa),调整 ROI 位置,使其包括病变血管结构及周围适量组织,待弹性图像稳定后冻结图像。对于完全阻塞者,将 Q-Box 调节至 50%血管腔内径大小,并置于管腔中央测量杨氏模量值;对于不完全阻塞者,将 Q-Box 调节至 50%血栓内径大小,并置于血栓中央测量杨氏模量值;Q-Box 自动计算平均杨氏模量值,并于静脉血栓的上、中、下段分别进行多次(每段≥3 次)测量,取其平均值为最终结果(图 1~3)。

由 2 名具有 3 年以上血管超声及 SWE 操作经验的超声科医师在双盲原则下完成所有检查并做出诊断,诊断意见不同时,由 1 名血管超声专业主任医师会诊,给出最终诊断结果。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 22.0 及 MedCalc 统计分析软件。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示,不符合者以中位数(上下四分位数)表示。3 期患者间年龄、二维超声评分及杨氏模量值比较采用单因素方差分析或 Kruskal-Wallis H 秩和检验,两两比较采用 Bonferroni 法。计数资料比较采用 Fisher 确切概率法或  $\chi^2$  检验。绘制 ROC 曲线,根据约登指数最高临界点确定二维超声评分及杨氏模量值区分 CFVT 临床分期的截断值,采用 Z 检验比较二维超声与 SWE 的 AUC。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

3 期患者间性别( $\chi^2=2.414, P=0.299$ )、年龄( $F=1.252, P=0.291$ )、病变侧别( $P=0.882$ )、完全阻塞例数( $\chi^2=5.784, P=0.055$ )差异均无统计学意义。

2.1 超声结果 急性期及亚急性期 CFVT 患者股总静脉管腔均呈不同程度增宽,慢性期患者管腔无明显增宽或缩小;探头加压时 3 期患者管腔均不能被压瘪, CDFI 血流信号变细或中断。急性期患者 CFVT 整体

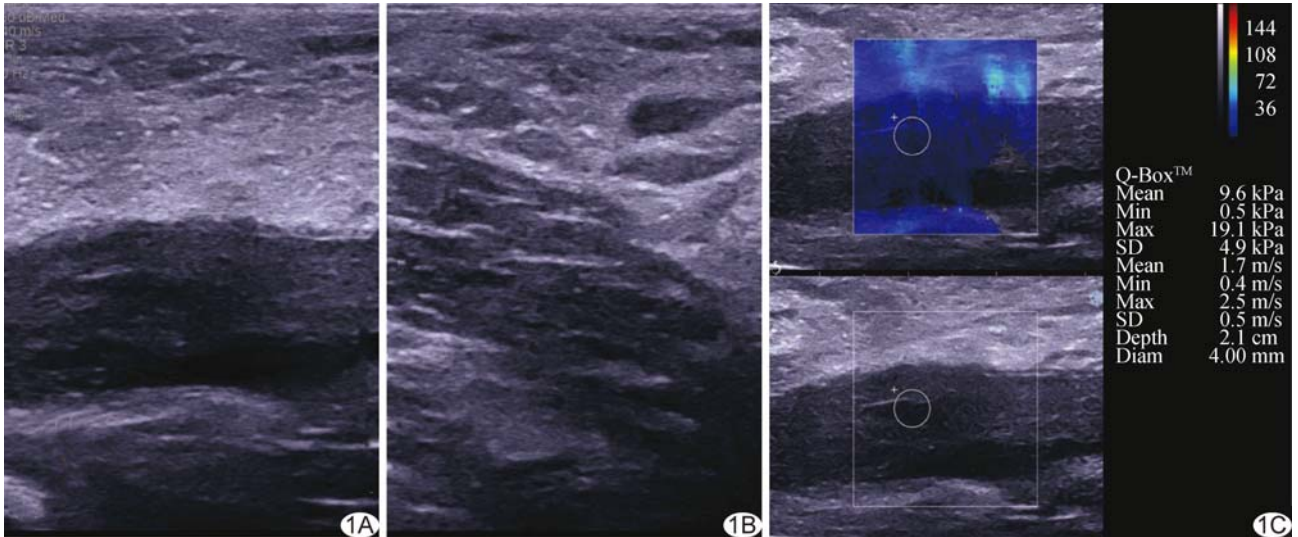


图 1 患者男, 54 岁, 左侧 CFVT, 急性期(主诉发病 10 天) A. 声像图示 CFVT 呈不均质等回声, 二维超声评分 3 分; B. 邻近病变段血管周围肌肉组织, 肌束回声强度与血栓整体回声强度相近; C. SWE 示 Q-Box 区域平均杨氏模量值为 9.60 kPa

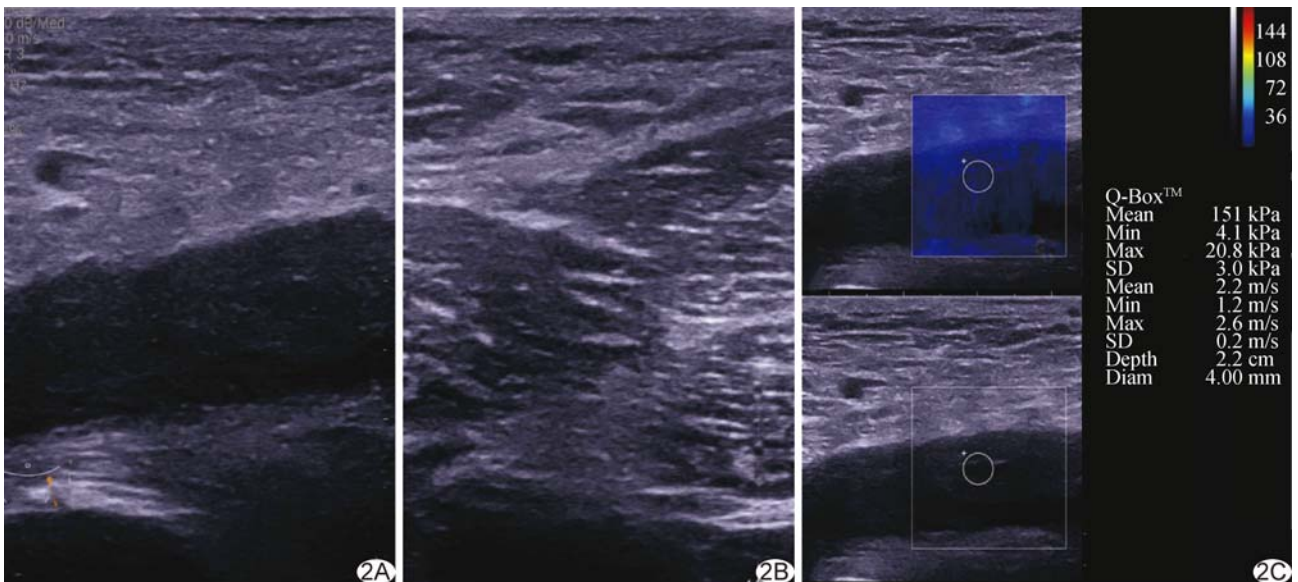


图 2 患者女, 67 岁, 左侧 CFVT, 亚急性期(主诉发病 15 天) A. 声像图示 CFVT 呈不均质低回声, 二维超声评分 2 分; B. 邻近病变段血管周围肌肉组织, 肌束回声强度高于血栓整体回声强度; C. SWE 示 Q-Box 区域平均杨氏模量值为 15.10 kPa

表现为低回声 30 例、等回声 11 例, 血栓回声不均质 25 例、均质 16 例; 亚急性期患者低回声 14 例、等回声 7 例、高回声 3 例, 不均质 23 例、均质 1 例; 慢性期患者低回声 2 例、等回声 14 例、高回声 11 例, 27 例均回声不均质。

3 期患者间二维超声评分及杨氏模量值总体比较 ( $P$  均  $< 0.001$ ) 及两两比较差异均有统计学意义 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 见表 1。

## 2.2 诊断效能

2.2.1 急性期 以杨氏模量值 = 13.50 kPa 为截断值,

SWE 诊断急性期 CFVT 的 AUC 为 0.916 ( $P < 0.05$ ), 敏感度 85.37%, 特异度 82.35%; 以二维超声

表 1 3 期 CFVT 患者二维超声评分及杨氏模量值比较 [中位数(上下四分位数)]

临床分期	二维超声评分	杨氏模量值(kPa)
急性期(n=41)	2.00(1.00, 2.50)*#	7.90(5.85, 12.80)*#
亚急性期(n=24)	2.00(2.00, 3.00)	14.60(11.43, 18.05)
慢性期(n=27)	3.00(3.00, 4.00)*	19.10(17.70, 24.80)*
H 值	35.195	54.824
P 值	$< 0.001$	$< 0.001$

注: \* : 与亚急性期比较,  $P < 0.05$ ; # : 与慢性期比较,  $P < 0.05$

评分=2.00 为截断值,二维超声诊断急性期 CFVT 的 AUC 为 0.800 ( $P<0.05$ ),敏感度 75.61%,特异度 66.67%;两种方法 AUC 差异有统计学意义 ( $Z=4.337, P<0.001$ ),见图 4。

2.2.2 慢性期 以杨氏模量值=16.40 kPa 为截断值,SWE 诊断慢性期 CFVT 的 AUC 为 0.917 ( $P<0.05$ ),敏感度 85.19%,特异度 87.69%;以二维超声评分=2.03 为截断值,二维超声诊断慢性期 CFVT 的 AUC 为 0.842 ( $P<0.05$ ),敏感度 87.21%,特异度 69.23%;两种方法 AUC 差异有统计学意义 ( $Z=$

2.591,  $P=0.010$ ),见图 5。

### 3 讨论

DVT 是血液在深静脉管腔内不正常凝结而形成的血管外科常见病<sup>[9]</sup>,由于左右髂总静脉存在解剖学差异等原因,DVT 好发于左侧下肢。本组 92 例单侧 CFVT 患者中,85 例发生于左侧下肢,右侧下肢仅 7 例。依据病程发展,DVT 可分为急性期、亚急性期及慢性期。急性期静脉血栓主要由血细胞和纤维蛋白构成,纤维蛋白成分随病程进展而逐渐增多,血栓发生机化,进而改变血凝块的物理特性,故血栓的发展是由软

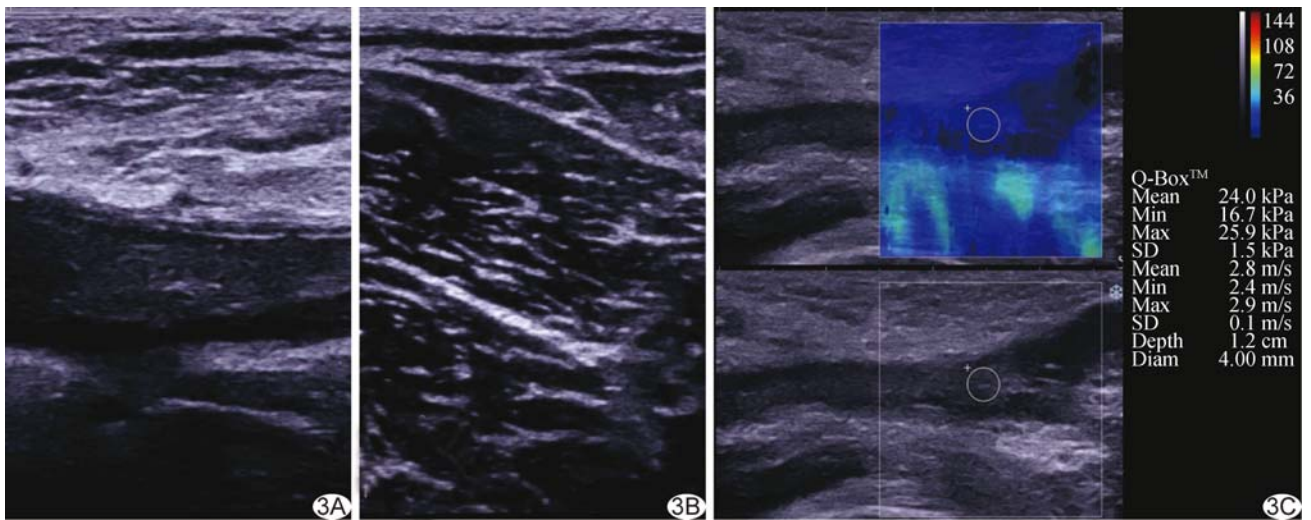


图 3 患者男,59 岁,左侧 CFVT,慢性期(主诉发病 42 天) A. 声像图示 CFVT 呈不均质高回声,二维超声评分 4 分; B. 邻近病变段血管周围肌肉组织,肌束回声强度低于血栓整体回声强度; C. SWE 示 Q-Box 区域平均杨氏模量值为 24.00 kPa

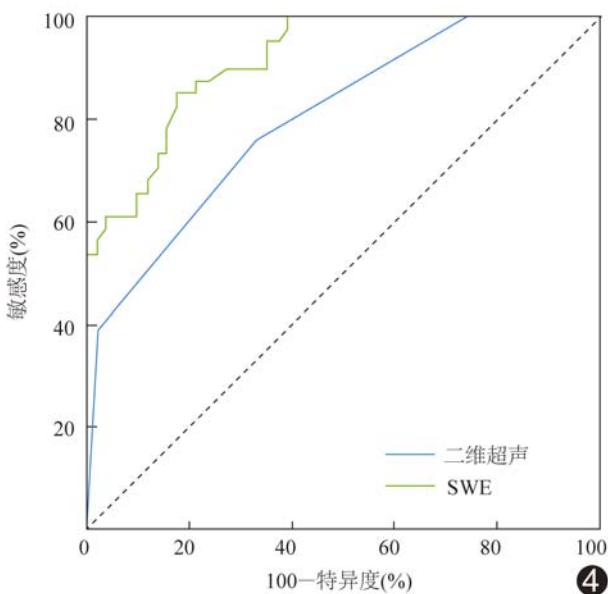


图 4 SWE 与二维超声诊断急性期 CFVT 的 ROC 曲线

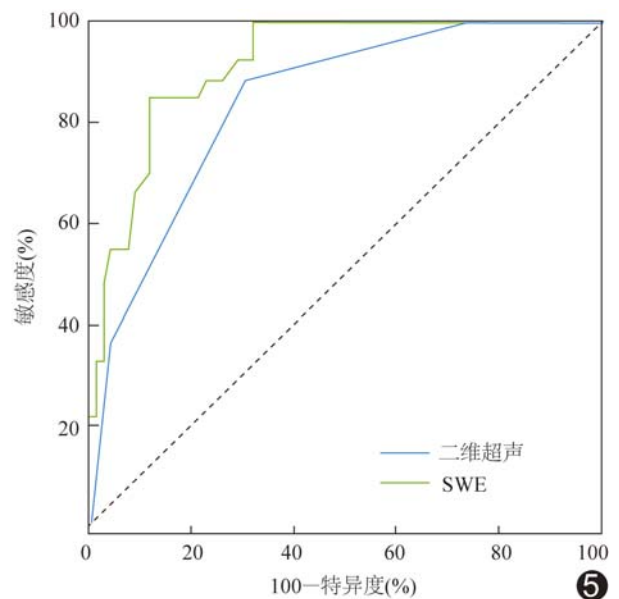


图 5 SWE 与二维超声诊断慢性期 CFVT 的 ROC 曲线

变硬的弹性变化过程<sup>[10]</sup>。不同时期 DVT 的病理变化及组织构成不同,其治疗方案及预后均不同,故准确判断血栓分期临床意义重大。

目前主要通过主诉发病时间来粗略判断血栓分期,受患者主观因素及血栓起始部位不同的影响较大,准确性不一。股总静脉接受下肢股浅静脉、股深静脉及大隐静脉的血液回流,与下游其他部位深静脉堵塞不同,一旦堵塞往往引起明显下肢肿痛,尤其是大腿部位肿痛,因此 CFVT 的形成时间与患者主诉大腿肿痛发病时间之间的偏倚较小,故本研究仅纳入 CFVT 患者为研究对象,并以其主诉大腿肿痛发生时间作为分期依据。既往研究<sup>[1,8]</sup>显示,血栓逐渐成熟过程中的病理变化在二维声像图上表现为回声强度逐渐升高,同时血栓也由均质逐渐变为不均质,故有学者<sup>[3,8]</sup>通过常规超声观察血栓回声性质来辅助进行血栓分期。本研究中 3 期患者的二维超声评分统计涵盖了回声高低及均质性 2 种因素,3 期间评分差异具有统计学意义,且随着疾病进展评分逐渐升高,反映了随着血栓发展其二维回声发生变化的过程。但不同个体血栓发展及构成的异质性可使不同时期血栓的声像图表现出现交叉,且常规超声缺乏量化指标,主观性较强,这些因素均可降低其诊断效能。

SWE 技术可通过测定 ROI 内杨氏模量值而定量反映目标组织的弹性或硬度,受操作者人为因素影响小,结果更具客观性及可重复性<sup>[11]</sup>。本研究比较 3 期 CFVT 患者的平均杨氏模量值,结果发现急性期 < 亚急性期 < 慢性期,间接反映了不同时期血栓硬度的变化,提示 SWE 技术对 CFVT 分期诊断具有应用潜力,与既往研究<sup>[12]</sup>结果相符;进一步 ROC 曲线分析结果显示,SWE 在 CFVT 分期中较常规超声具有更高诊断效能,其诊断急性期及慢性期的 AUC 均大于二维超声。

本研究的局限性首先在于未考虑患者体型对结果的影响,如患者肥胖或患肢过于肿胀致目标血管深度增加时以及血栓机化程度高时,剪切波能量衰减明显或不产生剪切波,可能导致测量误差<sup>[1,13]</sup>,而血栓引起静脉管壁的病理变化也可能影响 SWE 对血栓弹性的

测量;其次,本研究属回顾性研究,病程较长患者可能接受过相应治疗,难免存在误差。

综上所述,SWE 可用于判断 CFVT 临床分期,且效果好于常规超声。

## [参考文献]

- [1] Liu XN, Li N, Wen CY. Effect of pathological heterogeneity on shear wave elasticity imaging in the staging of deep venous thrombosis. *PLoS One*, 2017, 12(6):e0179103.
- [2] 安鹏,尹家保,杨浩,等.床旁彩色多普勒超声引导腘静脉置管溶栓疗法在下肢深静脉血栓治疗中的应用. *中国介入影像与治疗学*, 2018, 15(3):144-147.
- [3] Karande GY, Hedgire SS, Sanchez Y, et al. Advanced imaging in acute and chronic deep vein thrombosis. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2016, 6(6):493-507.
- [4] Mfoumou E, Tripette J, Blostein M, et al. Time-dependent hardening of blood clots quantitatively measured in vivo with shear-wave ultrasound imaging in a rabbit model of venous thrombosis. *Thromb Res*, 2014, 133(2):265-271.
- [5] Pan FS, Tian WS, Luo J, et al. Added value of two-dimensional shear wave elastography to ultrasonography for staging common femoral vein thrombi. *Med Ultrason*, 2017, 19(1):51-58.
- [6] 徐焯,刘静华.孕产妇女下肢深静脉血栓的超声研究进展. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2017, 14(9):652-655.
- [7] 李晓强,王深明.深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第 2 版). *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2013, 5(3):53-57.
- [8] 李俊来,宋阳光,唐杰.提高下肢静脉血栓超声诊断水平的对策. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2009, 6(5):3-5.
- [9] Wang C, Wang L, Zhang YH, et al. A novel approach for assessing the progression of deep venous thrombosis by area of venous thrombus in ultrasonic elastography. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2014, 20(3):311-317.
- [10] 胡震,章春泉,刘燕娜,等.弹性成像应变率比值法评价血栓硬度与短期溶栓效果的相关性研究. *中国超声医学杂志*, 2015, 31(8):739-741.
- [11] 王红卫,史华宁.肝脏剪切波弹性成像影响因素的研究进展. *中国医学影像技术*, 2016, 32(9):1452-1456.
- [12] 宋晓乐,唐力,杨军.实时剪切波弹性成像技术评价下肢深静脉血栓. *中国医学影像技术*, 2013, 29(12):1957-1959.
- [13] 张静秋,陆永萍,夏菲,等.实时剪切波对慢性期下肢深静脉血栓硬度的分段研究. *中国超声医学杂志*, 2017, 33(8):731-733.