

超声弹性成像在下肢深静脉血栓形成分期中的应用价值

刘 琦 郭瑞君

摘 要 **目的** 探讨超声弹性成像在下肢深静脉血栓形成分期中的应用价值。**方法** 选取我院110例下肢深静脉血栓患者,其中急性期43例、亚急性期37例、慢性期30例。应用超声弹性成像获取弹性成像评分及杨氏模量平均值(Emean),比较急性期、亚急性期、慢性期下肢深静脉血栓形成患者弹性成像评分、Emean及实验室指标的差异;分析弹性成像评分、Emean与实验室指标的相关性。应用Logistic回归分析下肢深静脉血栓形成分期的影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析弹性成像评分联合Emean对下肢深静脉血栓形成急性期的诊断效能。**结果** 急性期下肢深静脉血栓形成患者弹性成像评分、Emean均减低,活化部分凝血活酶时间(aPTT)、凝血酶原时间(PT)、纤维蛋白原(Fbg)均增高,与亚急性期、慢性期血栓形成患者比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析显示,弹性成像评分、Emean与aPTT、PT、Fbg均呈负相关(均 $P<0.05$)。Logistic回归分析显示,弹性成像评分、Emean均为下肢深静脉血栓形成分期的独立影响因素($OR=2.136, 1.201$,均 $P<0.05$)。ROC曲线分析显示,弹性成像评分联合Emean诊断急性期下肢深静脉血栓形成的曲线下面积为0.927(95%可信区间:0.872~0.972),高于单一指标应用的曲线下面积,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);其对应的灵敏度、特异度分别为89.55%、88.37%。**结论** 超声弹性成像在评估下肢深静脉血栓形成分期中有较高的应用价值。

关键词 超声弹性成像;下肢深静脉血栓;分期;弹性成像评分;杨氏模量平均值

[中图法分类号]R445.1;R543.6

[文献标识码]A

Application value of ultrasound elastography in staging deep venous thrombosis of lower extremities

LIU Qi, GUO Ruijun

Department of Ultrasound Medicine, Beijing Chao-Yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

ABSTRACT **Objective** To explore the application value of ultrasound elastography in staging deep venous thrombosis of lower extremities. **Methods** A total of 110 patients with deep venous thrombosis of lower extremities in our hospital were selected, including 43 cases in the acute phase, 37 cases in the subacute phase, and 30 cases in the chronic phase. Ultrasonic elasticity score and the mean of Young's modulus (Emean) were obtained by ultrasound elastography. Laboratory parameters, ultrasonic elasticity score and Emean were compared in patients with deep venous thrombosis of lower extremities in acute, subacute and chronic phases. The correlation between ultrasonic elasticity score, Emean and laboratory parameters were analyzed. Logistic regression was used to analyze the factors affecting the staging of deep venous thrombosis of lower extremities. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of ultrasonic elasticity score combined with Emean in the acute phase of deep venous thrombosis. **Results** The ultrasound elasticity score and Emean of patients with deep venous thrombosis of lower extremities in the acute phase were lower than those in the subacute phase and chronic phase, while the activated partial thromboplastin time (aPTT), prothrombin time (PT) and fibrinogen (Fbg) were higher than those in the subacute phase and chronic phase, with statistically significant differences (all $P<0.05$). The correlation analysis showed that ultrasonic elasticity score and Emean were negatively correlated with aPTT, PT and Fbg (all $P<0.05$). Logistic regression analysis showed that the ultrasonic elasticity score and Emean were independent influencing factors for staging the deep venous

thrombosis of lower extremities ($OR=2.136, 1.201$, both $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of ultrasonic elasticity score combined with Emean in diagnosing the acute phase of deep venous thrombosis of lower extremities was 0.927 (95%CI: 0.872~0.972), which was higher than single parameter, with statistical differences (both $P<0.05$). The sensitivity and specificity were 89.55%, 88.37%, respectively. **Conclusion** Ultrasound elastography has high application value in evaluating the staging of deep venous thrombosis of lower extremities.

KEY WORDS Ultrasound elastography; Lower extremity deep venous thrombosis; Stage; Ultrasonic elasticity score; Mean of Young's modulus

下肢深静脉血栓是指血液在下肢深静脉处凝固, 形成血块小团, 其可对下肢血液循环造成阻碍, 若未及时治疗, 易对患者下肢运动能力造成不利影响, 给患者的正常生活、工作带来极大困扰。但在实际诊疗中, 由于血栓大小、位置的不同, 诊疗方案及实际疗效存在一定差异, 因此需重视下肢深静脉血栓形成分期的诊断, 以便为患者制定更精准的治疗、护理方案^[1-2]。超声弹性成像可利用不同分期血栓形成的成分不同, 对其进行定性及定量分析, 以帮助临床推断血栓形成时间^[3]。本研究应用超声弹性成像检测各分期下肢深静脉血栓形成患者弹性成像评分及杨氏模量值, 旨在探讨其在下肢深静脉血栓形成分期中的应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2020 年 1 月至 2022 年 6 月于我院就诊的下肢深静脉血栓患者 110 例, 男 56 例, 女 54 例, 年龄 35~75 岁, 平均(55.08±6.43)岁, 体质量指数 18.12~29.77 kg/m², 平均(23.95±2.05)kg/m²; 症状开始时间 8~53 d, 平均(30.51±3.14)d, 其中急性期(症状开始时间<14 d)43 例、亚急性期(症状开始时间 14~30 d)37 例、慢性期(症状开始时间>30 d)30 例。纳入标准: ①符合《下肢深静脉血栓形成介入治疗规范的专家共识》(第 2 版)^[4]中下肢深静脉血栓诊断标准, 有肿胀、压痛、发热等症状, 影像学检查提示下肢深静脉血栓; ②年龄≥18 岁; ③基本资料齐全; ④意识清晰, 依从性良好; ⑤血糖、血压控制良好; ⑥能提供准确发病时间。排除标准: ①入组前即存在感染性疾病(如肺炎、出血热等)、凝血功能障碍, 以及肺栓塞、血栓形成综合征等严重并发症; ②合并血液系统疾病、陈旧性血栓、下肢静脉曲张、严重心脑血管疾病(如急性脑梗死、急性心力衰竭等)及肝、肾功能障碍; ③中途退出本研究, 或已参与其他试验; ④精神疾病、意识障碍或配合度过低。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声检查: 使用法国声科 Aixplorer 彩色多普勒超声诊断仪, SL15-4 线阵探头, 频率 4~15 MHz。受检者取仰卧位, 将患肢膝关节微曲、外旋, 先行常规超声检查定位血栓位置, 若管腔内见实性组织回声, 探头加压后管腔不消失或不完全消失, 则诊断为静脉血栓。选取管腔长轴切面, 开启超声弹性成像功能和双幅实时显示模式, 调整取样框位置、大小、感兴趣区, 感兴趣区范围包括血栓、包含该段血栓的血管结构及周围组织, 图像稳定后冻结图像进行弹性成像评分^[5], 启动 Q-BOX 功能测量杨氏模量平均值(Emean), 重复测量 3 次取平均值。以上操作均由同一经验丰富的超声医师完成。

2. 实验室指标检测: 采集患者清晨空腹静脉血标本, 检测活化部分凝血活酶时间(aPTT)、凝血酶原时间(PT)、纤维蛋白原(Fbg)。

三、统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件, 计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验或方差分析; 计数资料以频数或率表示, 组间比较采用 χ^2 检验。弹性成像评分、Emean 与实验室指标的相关性分析采用 Pearson 相关分析法。应用 Logistic 回归分析下肢深静脉血栓形成分期的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析弹性成像评分联合 Emean 对下肢深静脉血栓形成急性期的诊断效能; 曲线下面积比较采用 DeLong 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各分期下肢深静脉血栓形成患者基线资料、超声弹性成像指标及实验室指标比较

急性期血栓患者弹性成像评分、Emean 均减低, aPPT、PT、Fbg 均增高, 与亚急性期、慢性期血栓患者比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。各分期下肢深静脉血栓形成患者性别比、年龄、体质量指数、血栓位置、患侧比较差异均无统计学意义。见表 1 和图 1~3。

表1 各分期下肢深静脉血栓形成患者基线资料、超声弹性成像指标及实验室指标比较

分期	男/女 (例)	年龄(岁)	体质量指数 (kg/m ²)	血栓位置(例)				患侧(例)		超声弹性成像指标			实验室指标	
				股浅 静脉	腘静 脉	胫后 静脉	肌间 静脉	左	右	弹性成像 评分(分)	Emean (kPa)	aPTT(s)	PT(s)	Fbg(g/L)
急性期(43)	25/18	54.98±7.89	23.89±1.99	11	14	11	7	22	21	1.92±0.55	8.18±2.67	42.12±2.08	15.48±1.61	4.97±0.68
亚急性期(37)	17/20	54.98±7.89	23.96±2.07	8	12	9	8	16	21	2.77±0.66	15.43±5.01	38.16±1.64	13.08±1.28	4.11±0.59
慢性期(30)	14/16	55.11±6.49	24.02±2.11	7	10	7	6	18	12	3.02±0.71	18.12±6.86	24.85±1.64	10.06±1.01	3.02±0.41
<i>F</i> χ ² 值	3.746	0.010	0.040	1.231				5.628		31.440	41.500	827.140	140.870	97.740
<i>P</i> 值	0.154	0.992	0.964	0.975				0.060		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Emean: 杨氏模量平均值; aPTT: 活化部分凝血活酶时间; PT: 凝血酶原时间; Fbg: 纤维蛋白原

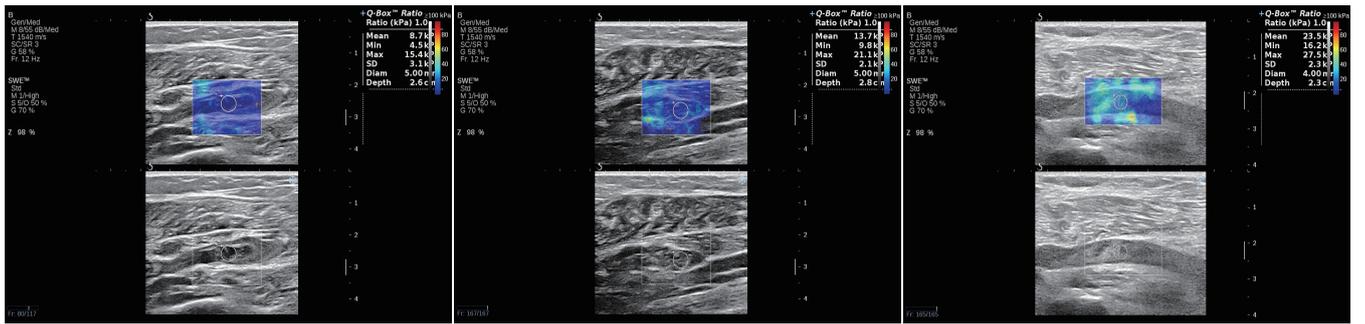


图1 急性期下肢深静脉血栓形成患者超声弹性成像图,弹性成像评分2分,Emean为8.7 kPa
图2 亚急性期下肢深静脉血栓形成患者超声弹性成像图,弹性成像评分2分,Emean为13.7 kPa
图3 慢性期下肢深静脉血栓形成患者超声弹性成像图,弹性成像评分3分,Emean为23.5 kPa

二、超声弹性成像指标与实验室指标的相关性分析

相关性分析显示,弹性成像评分与 aPTT、PT、Fbg 均呈负相关($r=-0.411$ 、 -0.484 、 -0.667 , 均 $P<0.05$); Emean 与 aPTT、PT、Fbg 均呈负相关($r=-0.426$ 、 -0.506 、 -0.712 , 均 $P<0.05$)。

三、Logistic 回归分析

以超声弹性成像指标为自变量,下肢深静脉血栓形成分期为因变量(急性期=0,亚急性期、慢性期=1),进行 Logistic 回归分析,结果显示,弹性成像评分、Emean 均为下肢深静脉血栓形成分期的独立影响因素(均 $P<0.05$)。见表2。建立弹性成像评分联合 Emean 诊断模型: $\text{Logit}(P) = -10.006 + 1.268 \times \text{弹性成像评分} +$

表2 Logistic 回归分析

变量	β 值	S.E. 值	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	OR值(95%可信区间)
弹性成像评分	1.268	0.406	9.755	0.002	3.555(1.604~7.881)
Emean	0.602	0.118	25.921	<0.001	1.825(1.448~2.300)
常量	-10.006	1.949	26.361	<0.001	-(-)

$0.602 \times \text{Emean}$ 。

四、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示,弹性成像评分联合 Emean 诊断急性期下肢深静脉血栓形成的曲线下面积为 0.922(95% 可信区间:0.872~0.972),高于单一指标,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);其对应的灵敏度、特异度分别为 89.55%、88.37%。见表3。

表3 弹性成像评分、Emean 单独及联合诊断下肢深静脉血栓形成分期的 ROC 曲线分析

方法	曲线下面积(95%可信区间)	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	<i>P</i> 值
弹性成像评分	0.693(0.594~0.792)	2分	59.70	76.74	0.3644	0.001
Emean	0.894(0.833~0.954)	12.26 kPa	83.58	88.37	0.7195	<0.001
二者联合	0.922(0.872~0.972)	-	89.55	88.37	0.7792	<0.001

讨 论

深静脉血栓可引起严重的并发症“肺栓塞”。研究^[6-7]表明,下肢深静脉血栓多见于有大手术史者、严重创伤者、长期卧床者、肢体制动者、恶性肿瘤病症者,静脉血流滞缓、静脉壁损伤及血液高凝等可能是导致下肢深静脉血栓形成的主要原因,且高龄、妊娠、

长期吸烟史、肥胖等均与下肢深静脉血栓形成密切相关,加强预防治疗对降低发生风险、减轻血栓所致损害有重要意义。2017年欧洲心脏病学会指南^[8]提出血栓形成时间的不同,应采取不同诊疗措施。急性期血栓可采取溶栓、介入及手术取栓等治疗方式,亚急性和慢性期血栓由于血栓成分中纤维蛋白含量较高而不易脱落,在治疗上以单纯抗凝和开通闭塞血管为

主^[9]。然而由于部分老年患者感知能力下降、症状不典型及表达能力丧失等因素,往往不能准确判断血栓形成时间。超声弹性成像可直接测量软组织的弹性模量绝对值即杨氏模量值,利用不同组织弹性系数间的差异,为受检部位血管及管腔内物质的相对硬度提供量化参考依据,能更直观、准确地评估血栓、血管硬度及弹性变化情况,为其鉴别诊断提供参考依据^[10]。本研究结果显示,急性期血栓患者弹性成像评分、E_{mean}均减低,aPPT、PT、Fbg均增高,与亚急性期、慢性期血栓患者比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与胡剑等^[11]研究结果一致,随着血栓形成时间的延长,其成分发生改变,硬度增加。血栓形成初期主要以血小板聚集为主,随着血小板的聚集及凝血酶、纤维蛋白原的释放、激活,纤维蛋白网罗红细胞和少量白细胞逐渐形成血栓固体,此时血栓组织与血管壁无明显粘连,血栓成分以血小板、纤维素为主,故aPTT、PT、Fbg均增高^[12];随着时间迁延,血栓内胶原蛋白、成纤维细胞占比均升高,血栓开始出现纤维化,血管壁向血栓内长出肉芽组织,血栓内水分被吸收并逐渐与血管壁紧密粘连,血栓不易破碎、脱落^[13-14],同时aPTT、PT、Fbg均减低。本研究 Logistic 回归分析显示,弹性成像评分、E_{mean}均为下肢深静脉血栓形成分期的独立影响因素($OR=2.136、1.201$,均 $P<0.05$),表明弹性成像评分、E_{mean}与血栓形成分期密切相关。且弹性成像评分、E_{mean}均与aPTT、PT、Fbg呈负相关(均 $P<0.05$),表明血栓形成时间越长,弹性成像评分和E_{mean}越高,而凝血功能指标表达水平越低,可从侧面反映血栓形成可能的时期。

本研究 ROC 曲线分析显示,E_{mean}诊断急性期下肢深静脉血栓形成的曲线下面积为 0.894(95%可信区间:0.833~0.954),灵敏度、特异度分别为 83.58%、88.37%。但当血栓呈多种回声混合表现时,即使以血栓整体回声即占最大比例的回声强度为测量目标,局部血栓的E_{mean}仍不足以代表整体血栓的硬度。弹性成像评分虽可以通过彩色编码表示不同组织整体的弹性大小,但其为定性方法,受主观因素影响大。当弹性成像评分与E_{mean}联合应用时,诊断急性期下肢深静脉血栓形成的曲线下面积为 0.922(95%可信区间:0.872~0.972),高于单一指标应用的曲线下面积,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);其对应的灵敏度也较单独E_{mean}增高,为 89.55%。

综上所述,超声弹性成像可以定性测量血栓的弹性成像评分,定量测量血栓的E_{mean},二者联合应用对

判断下肢深静脉血栓形成分期有较高价值。但本研究纳入病例数有限,且未对血栓类型进行分类比较,今后将扩大样本量深入探讨。

参考文献

- [1] Ze L, Bobin M, Xuehan L, et al. Nomogram for predicting deep venous thrombosis in lower extremity fractures [J]. Biomed Res Int, 2021, 22(1): 9930524.
- [2] Cameron A, Abeer M, Annie R, et al. Varicose veins of the lower extremity: Doppler US evaluation protocols, patterns, and pitfalls [J]. Radiographics, 2022, 42(7): 2184-2200.
- [3] 张羽墨, 鲁梦倩, 李亮, 等. 运用超声弹性成像评价推拿五法对大鼠深静脉血栓形成的影响 [J]. 中医学报, 2020, 35(3): 604-607, 622.
- [4] 中国医师协会介入医师分会, 中华医学会放射学分会介入专业委员会, 中国静脉介入联盟. 下肢深静脉血栓形成介入治疗规范的专家共识(第2版) [J]. 介入放射学杂志, 2019, 28(1): 1-10.
- [5] 曾艾, 葛肖艳, 潘建春, 等. 超声弹性成像技术在不同时期下肢深静脉血栓中的应用 [J]. 中国医药导刊, 2016, 18(8): 757-758, 763.
- [6] 刘芳琴, 文英霞. 老年患者下肢骨折术后深静脉血栓形成的原因及预防护理分析 [J]. 血栓与止血学, 2020, 26(4): 697-699.
- [7] 廖颖, 李惠玲, 程敏, 等. 骨科住院患者发生下肢深静脉血栓的相关危险因素分析 [J]. 中国实用护理杂志, 2020, 12(4): 251-256.
- [8] Mazzolai L, Aboyans V, Ageno W, et al. Diagnosis and management of acute deep vein thrombosis: a joint consensus document from the European Society of Cardiology working groups of aorta and peripheral vascular diseases and pulmonary circulation and right ventricular function [J]. Eur Heart J, 2018, 39(47): 4208-4218.
- [9] Garcia MJ, Lookstein R, Malhotra R, et al. Endovascular management of deep vein thrombosis with rheolytic thrombectomy: final report of the prospective multicenter pearl (peripheral use of angiojet rheolytic thrombectomy with a variety of catheter lengths) registry [J]. J Vasc Interv Radiol, 2015, 26(6): 777-785.
- [10] 陈君耀, 黎才洋, 官宏勇. 超声弹性成像及彩超血流成像与超声造影在鉴别原发性及转移性肝癌的价值 [J]. 中国医学装备, 2022, 19(5): 86-90.
- [11] 胡剑, 任魁, 牟欢. 超声弹性成像参数及CT值与妇科术后下肢深静脉血栓形成临床分期的相关性及其疗效预测价值 [J]. 医疗卫生装备, 2021, 42(3): 51-55.
- [12] 马涛, 郭少春, 李立宏. 急性期血栓弹力图与常规凝血功能检测在预测颅脑创伤患者预后中的作用 [J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(3): 278-280.
- [13] 王春辉, 袁红维. 超声弹性成像参数及CT值与妇科术后下肢深静脉血栓形成临床分期的相关性 [J]. 血栓与止血学, 2022, 28(3): 477-478, 481.
- [14] 储爱琴, 程兰, 许庆珍, 等. 两种血栓风险评估模型筛查住院患者深静脉血栓形成的效果 [J]. 中国临床保健杂志, 2020, 23(2): 247-251.

(收稿日期:2023-01-03)