

剪切波弹性成像评估下肢远端深静脉血流滞缓的临床价值

黄虹宁 李 陶

摘 要 **目的** 应用剪切波弹性成像(SWE)检测比目鱼肌弹性,探讨其预测下肢远端深静脉血流滞缓的临床价值。**方法** 选取在重庆市中医骨科医院行双下肢深静脉超声检查患者 136 例,依据是否存在小腿肌肉静脉扩张将双下肢分为正常组与病例组,正常组包含 67 条左下肢和 87 条右下肢;病例组包含 69 条左下肢和 49 条右下肢。应用常规超声获取深静脉二维超声表现(“暴风雪征”半定量分度及分型)及血流动力学参数(腘静脉最大管径、腘静脉峰值流速、腘静脉血流瘀滞指数);SWE 获取比目鱼肌杨氏模量值,比较两组上述参数的差异。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析下肢常规超声参数及 SWE 参数预测远端深静脉血流滞缓的诊断效能。**结果** 与正常组比较,病例组左、右侧比目鱼肌杨氏模量和右侧腘静脉峰值流速均减低,左、右侧腘静脉最大管径和腘静脉瘀滞指数均增大,左、右侧下肢“暴风雪征”分度以中、重度为主(76.8%、85.7%),分型以中央型、全管腔型为主(79.7%、89.8%),差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);两组左侧腘静脉峰值流速比较差异无统计学意义。ROC 曲线分析显示,左、右侧比目鱼肌杨氏模量值预测下肢远端深静脉血流滞缓的曲线下面积分别为 0.960、0.950,灵敏度分别为 92.06%、95.92%,特异度分别为 97.26%、91.95%,其预测下肢远端深静脉血流滞缓的曲线下面积均高于左、右侧各常规超声参数。**结论** SWE 在评估下肢远端深静脉血流滞缓状态方面具有一定的临床价值。

关键词 超声检查;剪切波弹性成像;静脉血流滞缓;孤立性远端深静脉血栓;小腿肌肉静脉

[中图分类号]R445.1;R543.6

[文献标识码]A

Clinical value of shear wave elastography in the assessment of blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity

HUANG Hongning, LI Tao

Department of Ultrasound Diagnosis, Daping Hospital, Army Medical University, Chongqing 400042, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical value of shear wave elastography (SWE) in the detection of soleus muscle elasticity for predicting blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity. **Methods** A total of 136 patients who underwent deep venous ultrasound examination of both distal deep vein of lower extremity in Chongqing Orthopaedic Hospital of Traditional Chinese Medicine were selected. According to the presence or absence of calf muscle vein dilatation, the bilateral lower extremities were divided into the normal group and the case group. The normal group included 67 left and 87 right lower extremities. The case group included 69 left and 49 right lower extremities. Two-dimensional ultrasound images of the deep veins (semi-quantitative grading and classification about the visualization of erythrocyte “storm floating sign”) and hemodynamic parameters (popliteal vein internal diameter, popliteal vein peak flow velocity and popliteal vein flow stasis index) were obtained by conventional ultrasound. SWE was used to obtain the Young’s modulus in the soleus muscle. The differences of the above parameters between the two groups were compared. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of lower extremity conventional ultrasound parameters and SWE parameters in the prediction for blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity. **Results** Compared with the normal group, the Young’s modulus of bilateral soleus muscle and the maximum velocity of right popliteal vein in the case group were decreased, while the bilateral

基金项目:重庆市技术创新与应用示范社会民生类一般项目(cstc2018jcsx-msybX0018);重庆市影像医学与核医学临床医学研究中心(CSTC2015YFPT-gcjsyjzx0175)

作者单位:400042 重庆市,陆军军医大学大坪医院超声诊断科

通讯作者:李陶, Email:taoli39@163.com

popliteal vein diameter and popliteal vein stasis index were increased. The degree of “blizzard sign” in bilateral lower extremities were predominantly moderate to severe (left: 76.8%, right: 85.7%), and the central type and whole lumen type were the most prevalent patterns observed (left: 79.7%, right: 89.8%), with statistically significant differences (all $P < 0.05$). The maximum flow velocity of the left popliteal vein showed no significant difference between the two groups. ROC curve analysis showed that the area under the curve for predicting blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity by Young’s modulus of the soleus muscle were 0.960 and 0.950 for the left and right extremities, respectively. The sensitivities were 92.06% and 95.92%, while the specificities were 97.26% and 91.95%, respectively. The area under the curve of SWE were higher than those of conventional ultrasound parameters on both sides in predicting blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity.

Conclusion SWE has a certain clinical value in predicting blood flow retardation in the distal deep vein of lower extremity.

KEY WORDS Ultrasonography; Shear wave elastography; Blood flow retardation in the vein; Isolated distal deep vein thrombosis; Venae muscularis cruris

深静脉血栓 (deep vein thrombosis, DVT) 是临床工作中常见的血管疾病, 尤其在骨关节创伤、围产期及恶性肿瘤患者中发病率均较高。腠静脉远端的下肢深静脉通常被称为远端深静脉, 主要由胫前静脉、胫后静脉、腓静脉及小腿肌肉静脉构成, 其解剖特征表现为分支众多、管径细小, 血液回流动力主要依赖下肢肢体活动时肌肉收缩。孤立性远端深静脉血栓 (isolated distal deep venous thrombosis, IDVT) 是深静脉血栓中的常见类型, 占 DVT 的 30%~50%^[1], 并存在向近端蔓延、脱落造成肺栓塞发生的风险^[2]。由于血栓防治过程中药物及手术干预可能导致患者出血风险增加并影响主诉病症的治疗, 而 IDVT 造成并发症或复发风险低于近端深静脉血栓^[3], 故目前对于 IDVT 治疗方案的选择仍需建立在准确评估个体血栓风险基础上^[4]。常规超声在评估血栓风险方面尚缺乏有效且客观的指标。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 能够通过实时分析声辐射脉冲在人体组织内产生的剪切波获取组织弹性图及杨氏模量定量测值, 相较于传统应力式弹性成像。该技术对操作者、受检者依赖性更低, 具有良好的客观性及可重复性^[5], 能够直接用于评估小腿三头肌硬度特征^[6-7]。本研究应用 SWE 定量检测比目鱼肌肌腹硬度, 探讨其在下肢远端深静脉血流滞缓评估中的临床应用价值, 以期 IDVT 风险评估提供可靠的影像学依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 12 月至 2023 年 2 月在重庆市中医骨科医院行双下肢深静脉超声检查患者 136 例, 其中男 69 例, 女 67 例, 年龄 18~85 岁, 平均 (53.5±15.2) 岁; 依据是否存在小腿肌肉静脉扩张^[8-9]将双侧下肢分为正常组与病例组, 正常组包含 67 条左侧下肢和 87 条右侧下肢; 病例组包含 69 条左侧下肢和 49 条右侧下肢。纳入标准: ①体质指数处于正常范围 (18.5~24.0 kg/m²),

肢体外观无畸形; ②无下肢深静脉、小腿三头肌相关疾病史; ③检查前患者未着紧身裤、无加压固定或其他可造成下肢持续外力挤压的情况。排除标准: ①检查过程中因精神心理因素导致肌肉紧张或其他无法配合完成检查者; ②检查中或检查完成后证实患者存在下肢静脉曲张、近端静脉血栓形成或其他可干扰下肢远端深静脉回流等疾病者; ③与研究相关的超声影像学表现不典型, 影响结果判定者。本研究经重庆市中医骨科医院医学伦理委员会批准, 所有患者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声检查: 使用佳能 Aplio i800 彩色多普勒超声诊断仪, i18XL5 线阵探头, 频率 8 MHz。首先行常规超声检查, 患者取仰卧双下肢自然伸直位, 由腹股沟韧带中点区域起始由近端向远端依次扫查髂静脉远段、股静脉主干及深支可见段、股静脉浅支、腠静脉近段及胫前静脉可见段, 排除上述区域内存在血栓、血液反流等干扰远端深静脉回流情形; 随后患者取下肢外旋屈膝踝关节自然位^[4], 由近端向远端依次扫查腠静脉、胫后静脉、腓静脉及小腿肌肉静脉丛, 选取远端深静脉管腔交汇处近心段腠静脉测量腠静脉最大管径及腠静脉峰值流速^[10], 并计算腠静脉瘀滞指数, 腠静脉瘀滞指数为腠静脉最大管径的平方与腠静脉峰值流速之比; 选取远端深静脉管腔内红细胞自发性显影最显著节段进行“暴风雪征”半定量评估^[11]。随后保持当前体位不变, 探头横切扫查比目鱼肌肌腹短轴切面, 选取肌腹中上段最厚处, 不改变探头位置旋转至肌腹长轴切面后手持探头静置轻触体表避免主动加压, 启动 SWE 模式将取样框置于肌腹内并避开扩张的肌肉静脉丛, 待取样框内自动测量网格填充基本完整时冻结并记录测值, 于每条肢体比目鱼肌的同一部位重复测量 5 次杨氏模量平均值 (以下简称杨氏模量值), 结果取其中位数。解剖及扫查流程示意图 1, 2。以上操作均由同一具有 5 年以上工作经验的超

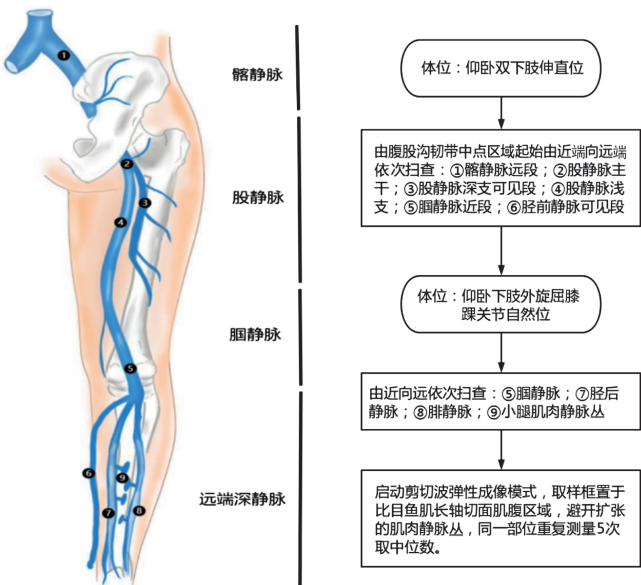


图1 下肢深静脉解剖及扫查流程示意图



A: 于下肢取外旋屈膝踝关节自然位扫查腘静脉及远端深静脉; B: 医师手部以检查床作为支撑, 使探头轻触皮肤扫查比目鱼肌

图2 SWE 扫查下肢远端深静脉及比目鱼肌体位示意图

声医师完成。

2. 以小腿肌肉静脉扩张表现作为下肢远端深静脉

血流滞缓判定依据, 目前暂无公认的小腿肌肉静脉扩张常规超声诊断标准, 本研究根据相关文献^[8-9]报道总结如下: ①长轴扫查比目鱼肌、腓肠肌肌腹内可见迂曲扩张的血管回声与主干深静脉有延续关系; ②可探及局限于扩张肌肉静脉管腔内的血栓形成; ③单纯肌肉静脉扩张最宽处内径 ≥ 5.0 mm 且压闭肌肉静脉后解除外力管腔能自发恢复扩张状态。

3. 红细胞自发显影“暴风雪征”分度及分型半定量评估标准^[11]: “暴风雪征”分度分为轻、中、重度, 具体为: ①轻度, 表现为少许“水草样”稍强回声飘动; ②中度, 表现为中等量“水草样”稍强回声飘动; ③重度, 表现为管腔内大量点状稍强回声沉积或缓慢移动, 类似“暴风雪样”。“暴风雪征”分型: ①边缘型, 红细胞自发显影主要出现在血管边缘 1/3 区域; ②中央型, 红细胞自发显影主要出现在血管中心部分 1/3 区域; ③全管腔型, 红细胞自发显影呈聚集状出现在整个管腔。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件, 正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 两组比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以频数或率表示, 两组比较采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析下肢常规超声参数及 SWE 参数预测远端深静脉血流滞缓的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组左、右侧下肢常规超声参数及 SWE 参数比较

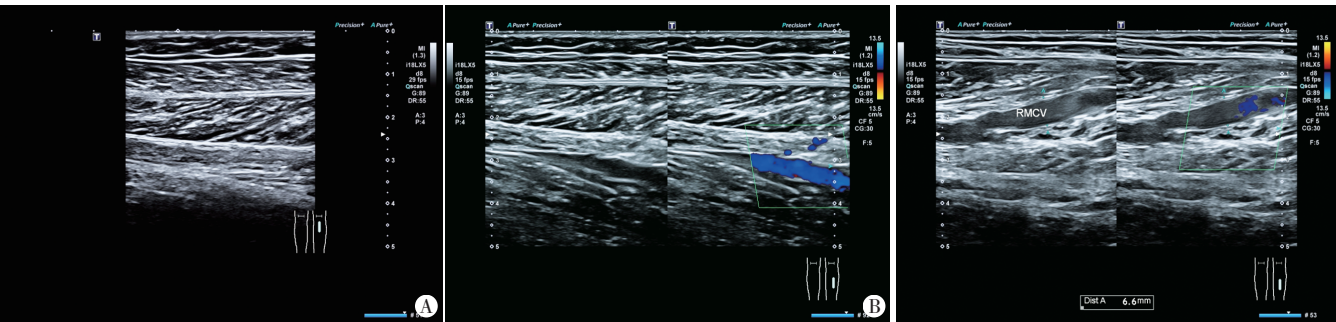
两组左侧下肢表现为“暴风雪征”114 例, 其中正常组 51 例, 病例组 63 例; 两组右侧下肢表现为“暴风雪征”109 例, 其中正常组 60 例, 病例组 49 例。两组左、右侧下肢常规超声参数及 SWE 参数比较见表 1、2 和图 3~7。与正常组比较, 病例组左、右侧比目鱼肌杨氏模量值和右侧腘静脉峰值流速均减低, 左、右侧腘静脉最大管径和腘静脉瘀滞指数均增大, 左、右侧下肢“暴风雪征”分度以中、重度为主 (76.8%、85.7%), 分型以中央型、全管腔型为主 (79.7%、87.8%), 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 两组左侧腘静脉峰值流速比

表1 两组左侧下肢常规超声参数及 SWE 参数比较

组别	腘静脉最大管径 (mm)	腘静脉峰值流速 (cm/s)	腘静脉瘀滞指数	比目鱼肌杨氏模量值 (kPa)	“暴风雪征”分度 (条)			“暴风雪征”分型 (条)		
					轻度	中度	重度	边缘型	中央型	全管腔型
正常组 (67)	6.00 (5.25, 6.80)	9.80 (7.85, 13.15)	3.50 (2.20, 5.60)	14.50 (13.90, 15.55)	42	9	0	31	18	2
病例组 (69)	6.30 (5.70, 7.40)	9.20 (7.20, 11.70)	4.10 (3.00, 6.80)	11.20 (10.10, 12.30)	10	25	28	8	11	44
Z/ χ^2 值	2.242	-1.774	2.202	-9.234		76.902			75.273	
P 值	0.025	0.076	0.028	<0.001		<0.001			<0.001	

表2 两组右侧下肢常规超声参数及SWE参数比较

组别	腘静脉最大管径(mm)	腘静脉峰值流速(cm/s)	腘静脉瘀滞指数	比目鱼肌杨氏模量值(kPa)	“暴风雪征”分度(条)			“暴风雪征”分型(条)		
					轻度	中度	重度	边缘型	中央型	全管腔型
正常组(87)	6.10(5.40,6.90)	11.10(9.40,14.20)	3.10(2.20,4.40)	14.40(13.80,15.50)	52	7	1	44	12	4
病例组(49)	6.40(5.70,7.15)	9.50(7.80,12.35)	3.80(2.90,6.20)	11.50(10.60,12.30)	7	21	21	5	6	38
Z χ^2 值	2.075	-2.566	2.895	-8.694	82.312			83.463		
P值	0.038	0.010	0.004	<0.001	<0.001			<0.001		



A:右侧比目鱼肌肌腹内未见肌肉静脉丛扩张;B:远端深静脉(右侧腓静脉)“暴风雪征”分布于静
脉管腔前壁,呈轻度、边缘型;CDFI探及自发血流信号充盈完整

图3 正常组(女,35岁)右侧下肢常规超声图

图4 病例组(男,57岁)右侧下肢常规超声图,右
侧比目鱼肌肌腹内可见肌肉静脉扩张,最大管径
为6.6 mm,“暴风雪征”呈重度、全管腔型;CDFI
探及自发血流信号微弱。RMCV:右侧小腿肌肉静脉

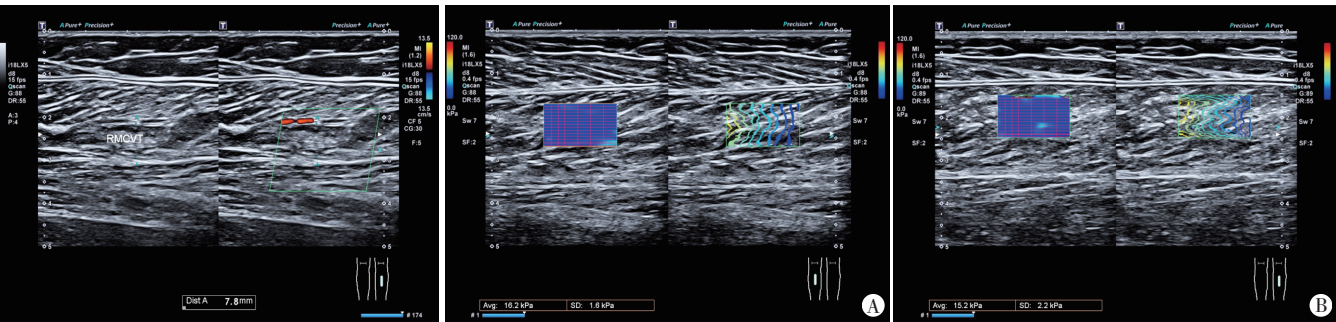
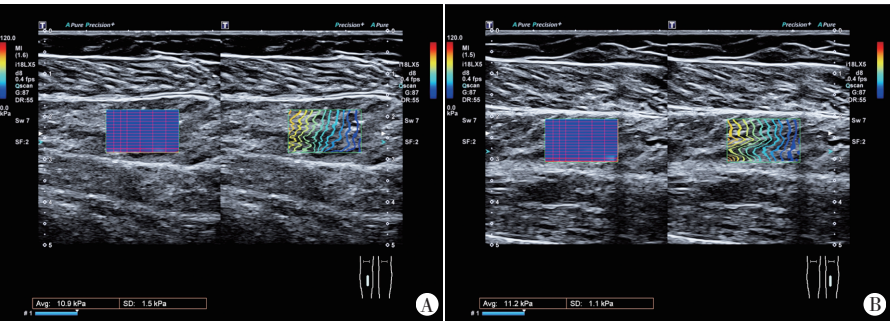


图5 病例组(女,62岁)右侧下肢常规超声图,右
侧比目鱼肌肌腹内可见肌肉静脉丛扩张,其内可见
局限于肌肉静脉丛的血栓回声;CDFI于管腔内未探
及自发血流信号。RMCVT:右侧小腿肌肉静脉血栓

A:左侧下肢比目鱼肌杨氏模量值为16.2 kPa;B:右侧下肢比目鱼肌杨氏模量值为15.2 kPa

图6 正常组(女,35岁)左、右侧下肢SWE图



A:左侧下肢比目鱼肌杨氏模量值为10.9 kPa;B:右侧下肢比目鱼肌杨氏模量为11.2 kPa

图7 病例组(女,76岁)左、右侧下肢SWE图

较差异无统计学意义。

二、ROC 曲线分析左、右侧下肢常规超声参数及
SWE 参数预测远端血流滞缓的诊断效能

1. 左侧下肢常规超声参数及SWE 参数预测远端
血流滞缓的诊断效能:左侧比目鱼肌杨氏模量值、

“暴风雪征”分度、“暴风雪征”分型预测下肢远端血流
滞缓的AUC分别为0.950、0.920、0.924;右侧腘静脉最
大管径、腘静脉峰值流速及腘静脉瘀滞指数预测下肢
远端血流滞缓的AUC均低于0.700,预测准确性差。
见表4和图9。

“暴风雪征”分度、“暴风雪征”分型
预测下肢远端血流滞缓的曲线下面积(AUC)分别为0.960、0.910、0.902;
左侧腘静脉最大管径、腘静脉峰值
流速及腘静脉瘀滞指数预测下肢
远端血流滞缓的AUC均低于0.700,预
测准确性差。见表3和图8。

2. 右侧下肢常规超声参数及
SWE 参数预测远端血流滞缓的诊断
效能:右侧比目鱼肌杨氏模量值、

表3 左侧下肢常规超声参数及SWE参数预测远端血流滞缓的ROC曲线分析

参数	截断值	AUC及其95%可信区间	灵敏度(%)	特异度(%)	P值
腘静脉最大管径	6.1 mm	0.612(0.524~0.694)	60.32	60.27	0.022
腘静脉峰值流速	11.9 cm/s	0.588(0.501~0.672)	80.95	36.99	0.071
腘静脉瘀滞指数	2.50	0.610(0.522~0.692)	87.30	31.51	0.023
比目鱼肌杨氏模量值	12.70 kPa	0.960(0.912~0.986)	92.06	97.26	<0.001
“暴风雪征”分度	轻度	0.910(0.849~0.952)	84.13	87.67	<0.001
“暴风雪征”分型	中央型	0.902(0.840~0.947)	69.84	97.26	<0.001

AUC:曲线下面积

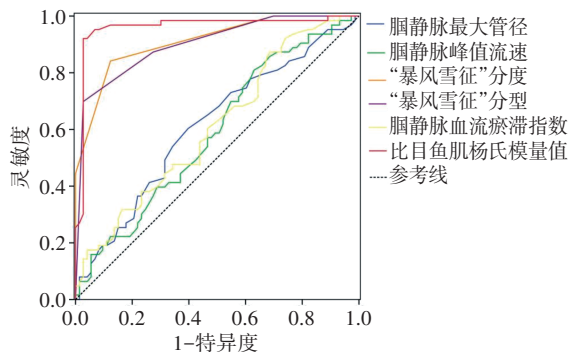


图8 左侧下肢常规超声参数及SWE参数预测远端血流滞缓的ROC曲线图

表4 右侧下肢常规超声参数及SWE参数预测远端血流滞缓的ROC曲线分析

参数	截断值	AUC及其95%可信区间	灵敏度(%)	特异度(%)	P值
腘静脉最大管径	6.2 mm	0.607(0.520~0.690)	59.18	59.77	0.035
腘静脉峰值流速	9.8 cm/s	0.633(0.546~0.714)	55.10	70.11	0.008
腘静脉瘀滞指数	5.50	0.650(0.563~0.730)	32.65	90.80	0.002
比目鱼肌杨氏模量值	13.00 kPa	0.950(0.898~0.980)	95.92	91.95	<0.001
“暴风雪征”分度	轻度	0.920(0.860~0.959)	85.71	90.80	<0.001
“暴风雪征”分型	中央型	0.924(0.865~0.962)	77.55	95.40	<0.001

AUC:曲线下面积

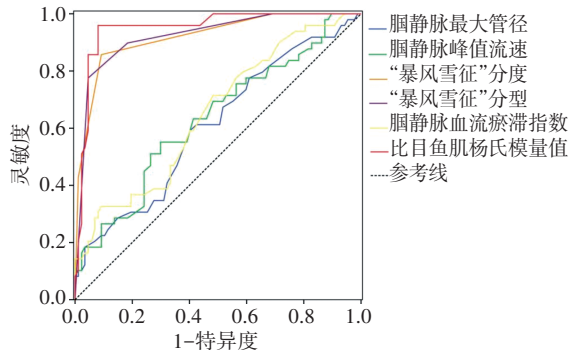


图9 右侧下肢常规超声参数及SWE参数预测远端血流滞缓的ROC曲线图

讨论

随着超声新技术的发展,对于DVT的检出更加灵敏,能够帮助临床早期检出下肢深静脉血栓,作为常

见且易早期产生的DVT类型,IDDVT的防治越来越受到临床关注。由于下肢远端深静脉远离心脏且在大部分自然体位状态下低于心脏水平,其回流动力主要来源于小腿肌肉活动时对静脉管腔的压迫作用推进血液向近心段深静脉流动^[7]。当患者下肢制动时,下肢远端深静脉因小腿肌肉活动减弱导致回流动力匮乏,几乎仅能依靠血管自发灌注、引流作用回流血液,使得血流滞缓易诱发IDDVT产生^[12-13]。另一方面,既往研究^[3,14]指出,IDDVT引发致死性肺栓塞、血栓复发及后遗症方面的概率均低于近段DVT,盲目的抗凝溶栓带来的临床收益可能不及出血风险增加对患者造成的威胁,但其血栓向近端静脉蔓延、脱落的风险受个体因素影响而无法确定,目前多认为对于IDDVT患者制定合适的治疗策略需结合患者自身基础疾病情况及密切的超声随访复查^[4,14]。常规超声检查是目前临床检测下肢DVT的首选影像学诊断方法,其可通过直观显示静脉血管结构、管腔内血流分布及流速等对深静脉血流滞缓状态进行定性判断,同时获取对应的解剖形态及血流动力学参数。本研究结果显示,与正常组比较,病例组右侧腘静脉峰值流速减低,左、右侧腘静脉最大管径和腘静脉瘀滞指数均增大,左、右侧下肢“暴风雪征”分度以中、重度为主(76.8%、85.7%),分型以中央型、全管腔型为主(79.1%、87.8%),差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组左侧腘静脉峰值流速比较差异无统计学意义。表明常规超声检查仍具备评估远端深静脉区域血流滞缓状态的能力。但下肢静脉血管的常规超声图像易受设备成像参数、检查者操作习惯、下肢屈曲角度^[14]等因素影响;且远端深静脉管径细小、自发血流信号微弱,故临床应用常规超声定量评估远端深静脉血流滞缓的准确性较低。本研究ROC曲线分析显示,左、右侧腘静脉最大管径、腘静脉峰值流速及腘静脉瘀滞指数预测远端血流滞缓的AUC均低于0.700,提示预测准确性均较差。表明腘静脉最大管径、腘静脉峰值流速及腘静脉血流瘀滞指数三者诊断效能接近且均不理想。“暴风雪征”分度及分型半定量评估也提示了较好的诊断效能(左、右侧下肢分度及分型的AUC均高于0.900),该方法具有较为规范且简便的分度、分型判定标准,是目前常规超声半定量评估远端深静脉血流滞缓的重要方法。本研究由同一设备采集和同一医师判读图像,但实际临床工作中难以保证患者在相同设备及检查医师条件下随访复查,由于对“暴风雪征”分度及分型均依赖于检查者对超声图像的主观判读,在不同设备、不同检查者的情况下可重复性差,无法作为评估血流滞缓程度的通用标准。另外,目前常用的评估下肢DVT形成风

险标准^[15]中,常规超声检查并未作为主要参考项目,其原因在于常规超声检查对血栓形成风险评估尚缺乏准确、定量、客观的方法。

SWE 通过超声探头在组织深部聚焦产生局部声辐射力推动组织产生剪切波并实时捕获剪切波的演变,能够实时、定量、准确反映组织弹性特征,其操作无需操作者主动加压,可重复性及客观性较传统应变式弹性成像更佳。比目鱼肌作为下肢远端深静脉回流的主要肌泵结构,既往研究^[7,16-17]证实通过 SWE 能够准确测定比目鱼肌肌腹硬度,从而定量评估肌泵功能并以此反映远端深静脉回流能力。本研究结果显示,病例组左、右侧比目鱼肌杨氏模量值均较正常组减低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),提示 SWE 具备分辨正常肢体与远端深静脉血流滞缓状态病例肢体的能力。ROC 曲线分析显示,左、右侧比目鱼肌杨氏模量值预测远端深静脉血流滞缓的 AUC 分别为 0.960、0.950,灵敏度分别为 92.06%、95.92%,特异性分别为 97.26%、91.95%。其对远端深静脉血流滞缓状态的诊断效能高于常规超声参数。另外,左、右侧比目鱼肌杨氏模量值截断值分别为 12.7 kPa 及 13.0 kPa,均低于正常比目鱼肌松弛状态杨氏模量参考值 14.5 kPa^[18],表明远端深静脉血流滞缓与比目鱼肌硬度减低存在关联。常规超声检查是从血流滞缓形成结果的角度进行评价,比目鱼肌作为远端深静脉回流的动力来源,对其硬度的评价是从血流滞缓状态成因角度进行评价,能同时明确比目鱼肌功能是否存在减弱及减弱程度,更有利于临床从病因角度进行针对性的 DVT 防治措施评估,协助临床医师在缺乏超声密切随访的情况下也能更加合理地制定 IDVT 个体化防治策略。

本研究的局限性:①受线阵探头声束穿透能力限制,本研究未纳入肥胖及下肢水肿患者;②纳入样本量较小;③小腿肌肉静脉扩张缺乏公认的常规超声诊断标准。

综上所述,SWE 可定量检测比目鱼肌肉弹性,通过肌泵功能从成因角度定量反映远端深静脉血流滞缓程度,在评估下肢深静脉血流滞缓方面具有一定的临床价值,为超声定量评估 IDVT 形成风险及治疗策略制定提供了较为客观、可靠的参考依据。

参考文献

- [1] Robert-Ebadi H, Righini M. Management of distal deep vein thrombosis[J]. Thromb Res, 2017, 149(1): 48-55.
- [2] Kearon C, Akl EA, Ornelas J, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease: CHEST Guideline and Expert Panel Report[J]. Chest, 2016, 149(2): 315-352.
- [3] Palareti G, Schellong S. Isolated distal deep vein thrombosis: what we know and what we are doing[J]. J Thromb Haemost, 2012, 10(1): 11-19.
- [4] 上海市肺栓塞与深静脉血栓防治联盟. 下肢孤立性远端深静脉血栓超声检查实践: 上海专家建议[J]. 中华超声影像学杂志, 2021, 30(12): 1013-1017.
- [5] Vola EA, Albano M, Di Luise C, et al. Use of ultrasound shear wave to measure muscle stiffness in children with cerebral palsy[J]. J Ultrasound, 2018, 21(3): 241-247.
- [6] 杜林蔓, 王莽. 实时剪切波弹性成像评估脑性瘫痪儿童骨骼肌硬度[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(5): 489-492.
- [7] 文晶, 王月香, 罗渝昆, 等. 剪切波超声弹性成像定量评估腓肠肌和比目鱼肌硬度的初步研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2017, 25(7): 536-540, 542.
- [8] Yao Y, Qiao L, Song K, et al. Preoperative evaluation of soleal vein diameter by ultrasound is beneficial for prophylaxis of deep vein thrombosis after total knee or hip arthroplasty[J]. Biomed Res Int, 2018, 2018(1): 3417648.
- [9] 董雁雁, 孙谢璐, 王鹏飞, 等. 声辐射力脉冲成像对存在肌间静脉丛扩张的小腿后侧肌群弹性定量评估的价值[J]. 温州医科大学学报, 2020, 50(2): 115-119.
- [10] 邹林汝, 谭开彬, 高云华, 等. 静脉瘀滞指数对关节置换术后下肢深静脉血栓风险的评估[J]. 中国超声医学杂志, 2015, 31(11): 1032-1034.
- [11] 李敏, 金辉, 王友礼, 等. 彩色多普勒超声在患者血栓前状态检查中的价值[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(21): 1607-1610.
- [12] Ogata T, Yasaka M, Wakugawa Y, et al. Association of deep venous thrombosis with calf vein diameter in acute hemorrhagic stroke[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2013, 22(7): 1002-1005.
- [13] Abe K, Yuda S, Yasui K, et al. Soleal vein dilatation assessed by ultrasonography is an independent predictor for deep vein thrombosis after major orthopedic surgery[J]. J Cardiol, 2017, 69(5): 756-762.
- [14] Levine A, Huber J, Huber D. Changes in popliteal vein diameter and flow velocity with knee flexion and hyperextension[J]. Phlebology, 2011, 26(7): 307-310.
- [15] 洪都, 徐军, 王春英, 等. 深静脉血栓风险评估工具的应用现状与前景展望[J]. 中国实用护理杂志, 2018, 34(35): 2796-2800.
- [16] Lima KMME, Costa Júnior JFS, Pereira WCA, et al. Assessment of the mechanical properties of the muscle-tendon unit by supersonic shear wave imaging elastography: a review[J]. Ultrasonography, 2018, 37(1): 3-15.
- [17] 杨乐平, 李碧晶, 钟锐, 等. 剪切波弹性成像评价膝、踝关节不同角度对小腿三头肌硬度的影响[J]. 中国临床研究, 2023, 36(2): 276-280, 285.
- [18] 中华医学会超声医学分会. 超声 E 成像临床应用指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 123-124.

(收稿日期: 2023-09-10)