·临床研究·

超声血流参数联合血栓弹力图对老年髋部骨折术后下肢深静脉血栓的预测价值

郑秋咪[1*],何燕莲[1],陈德厚[2]
(儋州市人民医院·儋州市人民医院医疗集团总院:[1]超声医学科,[2]骨科,海南 儋州 571700)

【摘 要】 **目的** 探讨超声血流参数联合血栓弹力图(TEG)对老年髋部骨折术后下肢深静脉血栓(DVT)的预测价值。**方法** 选取2023年1月至2024年6月儋州市人民医院收治的老年髋部骨折患者127例,根据其术后发生DVT情况,分为非DVT组(n=96例)和DVT组(n=31例)。术前使用多普勒超声仪检查血管内直径(ID)、舒张末期流速(Vd)、收缩期峰值流速(Vs)以及血流阻力指数(RI)。使用血栓弹力图仪检测术前1 d、术后1 d和术后3 d的凝血反应时间(R)、血凝块形成时间(K)、最大振幅(MA)、凝固角(α)及凝血指数(CI)。采用多元logistic回归分析影响老年髋部骨折术后下肢DVT的危险因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析超声血流参数和TEG参数对下肢DVT形成的预测价值。采用SPSS 25.0软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用t检验及χ^2检验。**结果** DVT组ID、Vd及Vs明显低于非DVT组,而DVT组RI明显高于非DVT组(P<0.05)。术后1 d和术后3 d,DVT组R、K明显低于非DVT组,而DVT组MA、α及CI明显高于非DVT组(P<0.05)。多因素logistic回归分析显示,骨折至入院时间>24 h(OR=1.627,95%CI 1.218~2.485)和卧床时间>5 d(OR=1.804,95%CI 1.395~3.108),Vd(OR=0.805,95%CI 0.637~0.928)和Vs(OR=0.720,95%CI 0.594~0.817)降低,D-二聚体(OR=3.483,95%CI 2.794~10.210)、MA(OR=2.471,95%CI 1.728~6.853)及CI(OR=1.963,95%CI 1.472~4.105)升高是影响老年髋部骨折术后下肢DVT的危险因素(P<0.05)。ROC曲线结果显示,血流参数联合术后1 d TEG参数预测下肢DVT形成的ROC曲线下面积(AUC)最大(AUC=0.962,95%CI 0.894~0.997),其准确度为94.5%。相关分析结果显示,DVT患者R、K、MA、α、CI与PT、FIB、D-二聚体水平均具有良好相关性(P<0.05)。**结论** Vd、Vs、MA及CI水平变化与DVT形成有关,术前血流参数联合术后1 d TEG参数对老年髋部骨折术后下肢DVT具有较好的预测价值。

【关键词】 老年人;髋部骨折;深静脉血栓;多普勒超声;血流参数;血栓弹力图
【中图分类号】 R737;R592 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2025.10.160

Predictive value of ultrasonographic blood flow parameters combined with thromboelastography for lower limb deep vein thrombosis after surgery in elderly patients with hip fracture

Zheng Qiumi[1*], He Yanlian[1], Chen Dehou[2]
([1]Department of Ultrasound Medicine, [2]Department of Orthopaedics, Danzhou People's Hospital, Danzhou People's Hospital Medical Group General Hospital, Danzhou 571700, Hainan Province, China)

【**Abstract**】 **Objective** To investigate the value of ultrasonographic blood flow parameters combined with thromboelastography (TEG) in predicting lower extremity deep vein thrombosis (DVT) after surgery in elderly patients with hip fracture. **Methods** A total of 127 elderly patients with hip fracture admitted to Danzhou People's Hospital from January 2023 to June 2024 were enrolled and divided into a non-DVT group (n=96) and a DVT group (n=31) according to postoperative DVT occurrence. Preoperatively, the intravascular diameter (ID), end-diastolic velocity (Vd), peak systolic velocity (Vs), and resistance index (RI) were measured by Doppler ultrasonography. TEG was performed to measure coagulation response time (R), clot formation time (K), maximum amplitude (MA), coagulation angle (α), and coagulation index (CI) on preoperative day 1, postoperative day 1, and postoperative day 3. Multiple logistic regression was used to analyze risk factors of lower limb DVT after hip fracture surgery in elderly patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve were plotted to analyze the predictive value of ultrasonographic blood flow parameters and TEG parameters for lower limb DVT formation. SPSS 25.0 was used for statistical analysis. Data comparison between groups was performed using t test or χ^2 test depending on data type. **Results** ID, Vd and Vs were significantly lower in the DVT group than the non-DVT group, while RI was

收稿日期:2024-10-11;**接受日期**:2024-12-19
基金项目:海南省卫生计生行业科研项目(19A200087)
通信作者:郑秋咪,E-mail:abc66895135@126.com

significantly higher than the non-DVT group ($P<0.05$). On postoperative day 1, R and K were significantly lower in the DVT group than in the non-DVT group, while MA, α, and CI were significantly higher than in the non-DVT group ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that time from fracture to admission > 24 h ($OR=1.627$, 95%*CI* 1.218-2.485), bed-ridden time > 5 d ($OR=1.804$, 95%*CI* 1.395-3.108), decreased Vd ($OR=0.805$, 95%*CI* 0.637-0.928) and Vs ($OR=0.720$, 95%*CI* 0.594-0.817), and elevated D-dimer ($OR=3.483$, 95%*CI* 2.794-10.210), MA ($OR=2.471$, 95%*CI* 1.728-6.853) and CI ($OR=1.963$, 95%*CI* 1.472-4.105) were risk factors for lower limb DVT after surgery in elderly patients with hip fracture ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that blood flow parameters combined with TEG parameters on postoperative day 1 yielded the largest area under the ROC curve (AUC) for predicting lower limb DVT formation (AUC=0.962, 95%*CI* 0.894-0.997), with an accuracy of 94.5%. Correlation analysis showed that R, K, MA, α and CI were well correlated with PT, FIB and D-dimer level in DVT patients ($P<0.05$). **Conclusion** The changes in Vd, Vs, MA, and CI levels are associated with DVT formation, and the combination of preoperative blood flow parameters and TEG parameters on postoperative day 1 has good predictive value for lower limb DVT after surgery in elderly patients with hip fracture.

【Key words】 aged; hip fracture; deep vein thrombosis; Doppler ultrasound; blood flow parameters; thromboelastography

This work was supported by the Research Projects in Health and Family Planning Industry of Hainan Province(19A200087).

Corresponding author: *Zheng Qiumi*, *E-mail*:*abc66895135@126.com*

老年髋部骨折是一种常见骨质疏松性骨折,其发病率、致残率较高,已成为影响老年人生活质量和生命健康的主要原因之一[1]。下肢深静脉血栓(deep vein thrombosis,DVT)形成是老年髋部骨折患者最常见的并发症之一,不仅严重影响患者治疗效果,还增加了患者经济负担和死亡风险[2]。目前认为,早期发现下肢 DVT,并给予有效的干预措施,可提高患者救治成功率[3]。但大多下肢 DVT 无明显症状,早期诊断较难。因此,寻找一些能早期预测老年髋部骨折术后发生下肢 DVT 的有用工具显得尤为重要。超声血流参数是通过行下肢血管超声检查获取,具有安全无创、方便快捷的优点,可反映深静脉血流变化及血管结构,为临床诊断 DVT 提供重要的信息[4]。但超声血流参数不能早期发现 DVT 形成,容易造成漏诊。血栓弹力图(thromboelastography,TEG)参数是一种全方位动态曲线分析的新型凝血指标,能全面地反映凝血和纤溶的全过程,可及时发现下肢 DVT 形成的风险[5],但 TEG 检测过程的影响因素较多,药物、低体温或血凝块均对 TEG 参数有一定影响。目前,关于超声联合 TEG 预测老年髋部骨折术后下肢 DVT 的报道较少,二者联合应用的价值可能更高。基于此,本研究通过对老年髋部骨折患者进行血管超声及 TEG 检查,分析其预测下肢 DVT 形成的价值,以期为 DVT 的诊疗提供帮助。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2023 年 1 月至 2024 年 6 月在儋州市人民医院(儋州市人民医院医疗集团总院)收治的老年髋部骨折患者 127 例,其中男性 42 例,女性 85 例;年龄 65~84(74.20±5.26)岁。本研究经医院伦理委员会批准,研究对象知情同意。

纳入标准:(1)髋部骨折诊断标准参考《老年髋部骨折诊疗与管理指南(2022 年版)》[6],年龄≥65 岁;(2)符合手术指征,同意手术治疗;(3)临床资料完整,无长期使用抗凝药物。排除标准:(1)既往有骨折史、血栓病史,术前已存在 DVT 或肺部栓塞;(2)开放性、病理性或陈旧性骨折;(3)合并严重肝肾损害及恶性肿瘤。

1.2 方法

1.2.1 一般资料收集 收集患者术前的基线资料、手术方式、血常规、凝血酶原时间(prothrombin time,PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time,APTT)、凝血酶时间(thrombin time,TT)、纤维蛋白原(fibrinogen,FIB)及 D-二聚体等指标。

1.2.2 超声检查 术前使用 GE Voluson E 10 彩色多普勒超声诊断仪,探头 C1-5-D,频率 3~9 MHz。取患者仰卧位,大腿暴露外放,由两位超声医师行下肢血管超声检查,观察下肢深静脉各段内径,管腔内有无血栓形成。记录血管内直径(intravascular diameter,ID)、舒张末期流速(end diastolic velocity,Vd)、收缩期峰值流速(peak systolic velocity,Vs)以及血流阻力指数(resistance index,RI),测量 3 次取均值。

1.2.3 TEG 检测 分别采集髋部骨折患者术前1 d、术后 1 d 和术后 3 d 静脉血 3 ml 置于枸橼酸钠抗凝管。使用 LEPU-8880 型血栓弹力图仪(北京乐普)检测凝血反应时间(coagulation reaction time,R)、血凝块形成时间(blood clot formation time,K)、最大振

幅(maximum amplitude,MA)、凝固角(angle,α)及凝血指数(coagulation index,CI)。

1.3 DVT诊断标准

参考《深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第三版)》[7],临床主要表现为下肢肿胀、疼痛、小腿后方和(或)大腿内侧有压痛,结合超声检查、血管造影(出现闭塞或中断、充盈缺损等征象)及D-二聚体检测确诊DVT。随访患者术后28 d内发生DVT情况,分为非DVT组(n=96例)和DVT组(n=31例)。

1.4 统计学处理

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用t检验;计数资料用例数(百分率)表示,采用χ^2检验。采用多元logistic回归分析影响老年髋部骨折术后下肢DVT的危险因素,绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析超声血流参数和TEG参数对下肢DVT形成的预测价值。采用Pearson相关性分析DVT患者TEG参数与凝血指标的相关性。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者临床资料及一般指标

DVT组骨折至入院时间、卧床时间、PT及D-二聚体水平与非DVT组比较,差异有统计学意义(P<0.05);其余指标比较,差异无统计学意义(P>0.05;表1)。

表1 两组患者临床资料及一般指标比较

Table 1 Comparison of clinical data and general indicators between two groups

Item	Non-DVT group(n=96)	DVT group(n=31)	χ^2/t	P value
Gender(Male/female, n)	30/66	12/19	0.589	0.443
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	73.90±5.12	74.62±5.28	0.937	0.415
Body mass index(kg/m^2, $\bar{x}\pm s$)	23.48±2.26	23.41±2.17	0.801	0.490
Fracture type[n(%)]			0.853	0.356
Intertrochanteric fracture	27(28.1)	11(35.5)		
Femoral neck fracture	30(31.3)	7(22.6)		
Intertrochanteric fracture of femur	39(40.6)	13(41.9)		
Reason for fracture[n(%)]			1.086	0.297
Fall injury	82(85.4)	24(77.4)		
Trauma	10(10.4)	6(19.4)		
Others	4(4.2)	1(3.2)		
Surgical method[n(%)]			2.331	0.127
Half hip replacement	36(37.5)	14(45.2)		
Total hip replacement	14(14.6)	7(22.6)		
Closed reduction intramedullary nail fixation	46(47.9)	10(32.2)		
Fracture to hospitalization time[n(%)]			12.040	0.001
≤24 h	87(90.6)	20(64.5)		
>24 h	9(9.4)	11(35.5)		
Bed-ridden time[n(%)]			12.780	<0.001
≤5 d	63(65.6)	9(29.0)		
>5 d	33(34.4)	22(71.0)		
Fracture to surgery time(d, $\bar{x}\pm s$)	3.60±0.72	3.95±0.64	1.291	0.208
Intraoperative blood loss(ml, $\bar{x}\pm s$)	274.85±27.40	285.20±26.38	0.872	0.453
Operative time(min, $\bar{x}\pm s$)	98.36±20.92	103.50±21.27	0.916	0.428
White blood cell($\times10^9$/L, $\bar{x}\pm s$)	7.82±2.40	7.61±2.17	0.315	0.781
Hemoglobin(g/L, $\bar{x}\pm s$)	115.37±14.82	112.15±16.18	0.617	0.560
Red blood cell($\times10^{12}$/L, $\bar{x}\pm s$)	3.84±0.53	3.65±0.47	0.904	0.435
Platelet($\times10^9$/L, $\bar{x}\pm s$)	180.16±39.27	187.25±43.10	0.836	0.470
Erythrocyte sedimentation rate(mm/h, $\bar{x}\pm s$)	34.60±6.72	38.50±7.40	0.942	0.413
Uric acid(μmol/L, $\bar{x}\pm s$)	281.25±63.40	277.58±60.92	0.924	0.430
Blood creatinine(μmol/L, $\bar{x}\pm s$)	65.17±12.48	73.50±16.18	0.248	0.826
Urea nitrogen(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	3.35±0.26	3.64±0.21	0.517	0.618
Fasting blood glucose(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	8.27±1.50	8.10±1.24	1.173	0.240
PT(s, $\bar{x}\pm s$)	12.25±1.30	11.18±1.26	5.246	0.017
APTT(s, $\bar{x}\pm s$)	28.50±6.13	29.47±5.92	1.284	0.211
TT(s, $\bar{x}\pm s$)	16.27±2.51	16.15±2.30	0.992	0.375
FIB(g/L, $\bar{x}\pm s$)	3.56±0.48	3.74±0.51	1.583	0.116
D-dimer(mg/L, $\bar{x}\pm s$)	0.72±0.14	1.81±0.26	13.208	<0.001

DVT: deep vein thrombosis; PT: prothrombin time; APTT: activated partial thromboplastin time; TT: thrombin time; FIB: fibrinogen.

2.2 两组患者超声血流参数

DVT 组 ID、Vd 及 Vs 明显低于非 DVT 组，而 DVT 组 RI 明显高于非 DVT 组，差异有统计学意义（$P<0.05$；表 2）。

表 2 两组患者超声血流参数比较

Table 2 Comparison of ultrasound blood flow parameters between two groups （$\bar{x}\pm s$）

Group	n	ID(mm)	Vd(cm/s)	Vs(cm/s)	RI
Non-DVT	96	10.92±2.36	11.71±1.58	43.80±5.35	1.73±0.28
DVT	31	9.61±2.14	10.25±1.60	37.62±6.14	1.94±0.35
t		6.928	7.740	10.815	9.217
P value		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

DVT: deep vein thrombosis; ID: intravascular diameter; Vd: end diastolic velocity; Vs: peak systolic velocity; RI: resistance index.

2.3 两组患者 TEG 参数

术后 1 d 和术后 3 d，DVT 组 R、K 明显低于非 DVT 组，而 DVT 组 MA、α 及 CI 明显高于非 DVT 组，差异有统计学意义（$P<0.05$）；术前 1 d，DVT 组 CI 高于非 DVT 组，差异有统计学意义（$P<0.05$；表 3）。

2.4 多元 logistic 回归分析影响老年髋部骨折术后下肢 DVT 的危险因素

以是否发生 DVT（DVT=1，非 DVT=0）为因变量，将表 1 中有统计学差异的因素为自变量进行多因素 logistic 回归分析，结果显示骨折至入院时间>24 h 和卧床时间>5 d，Vd 和 Vs 降低，D-二聚体、MA 及 CI 升高是影响老年髋部骨折术后下肢 DVT 的危险因素（$P<0.05$；表 4）。

表 3 两组患者 TEG 参数比较

Table 3 Comparison of TEG parameters between two groups （$\bar{x}\pm s$）

Item	Non-DVT group（n=96）	DVT group（n=31）	t	P value
R(min)				
1 d before surgery	6.94±1.38	6.70±1.25	0.917	0.428
1 d after surgery	6.28±0.73	4.10±0.51	12.406	<0.001
3 d after surgery	6.34±0.81	4.18±0.60	11.983	<0.001
K(min)				
1 d before surgery	2.14±0.36	1.98±0.25	1.217	0.235
1 d after surgery	1.68±0.20	1.03±0.12	9.815	<0.001
3 d after surgery	1.71±0.24	1.08±0.16	9.410	<0.001
MA(mm)				
1 d before surgery	62.74±6.13	63.50±5.28	0.817	0.480
1 d after surgery	66.30±9.12	74.20±8.15	8.791	<0.001
3 d after surgery	64.52±8.74	73.16±8.20	7.815	<0.001
α(°)				
1 d before surgery	68.42±6.30	71.50±8.46	1.604	0.109
1 d after surgery	71.53±6.90	79.14±9.27	5.528	0.006
3 d after surgery	70.24±7.13	81.60±10.15	6.472	<0.001
CI				
1 d before surgery	1.56±0.32	2.71±0.50	5.240	0.021
1 d after surgery	2.10±0.46	3.85±1.04	9.913	<0.001
3 d after surgery	2.27±0.61	4.10±1.25	10.150	<0.001

TEG: thromboelastography; R: coagulation reaction time; K: blood clot formation time; MA: maximum amplitude; α: angle; CI: coagulation index.

表 4 多元 logistic 回归分析影响老年髋部骨折术后下肢 DVT 的危险因素

Table 4 Multivariate logistic regression analysis of risk factors affecting lower limb DVT after surgery in elderly patients with hip fracture

Factor	B	SE	$Wald\ \chi^2$	OR(95%CI)	P value
Fracture to hospitalization time	0.487	0.219	4.926	1.627(1.218-2.485)	0.015
Bed-ridden time	0.590	0.201	8.730	1.804(1.395-3.108)	<0.001
PT	0.381	0.351	1.174	1.463(0.896-1.674)	0.217
D-dimer	1.248	0.383	10.618	3.483(2.794-10.210)	<0.001
ID	0.243	0.236	1.062	1.275(0.806-1.563)	0.246
Vd	-0.217	-0.094	5.297	0.805(0.637-0.928)	0.006
Vs	-0.328	-0.121	7.380	0.720(0.594-0.817)	<0.001
RI	0.265	0.187	1.985	1.304(0.835-1.602)	0.104
R	-0.027	-0.018	2.307	0.973(0.680-1.081)	0.083
K	0.179	0.122	2.160	1.195(0.726-1.348)	0.095
MA	0.905	0.317	8.152	2.471(1.728-6.853)	<0.001
α	0.196	0.155	1.603	1.216(0.784-1.507)	0.158
CI	0.674	0.298	5.084	1.963(1.472-4.105)	0.012

PT: prothrombin time; ID: intravascular diameter; Vd: end diastolic velocity; Vs: peak systolic velocity; RI: resistance index; R: coagulation reaction time; K: blood clot formation time; MA: maximum amplitude; α: angle; CI: coagulation index.

2.5 超声血流参数和TEG参数对下肢DVT形成的预测价值

血流参数(ID、Vd、Vs、RI)和TEG参数(R、K、MA、α、CI)预测下肢DVT形成的最佳截断值分别为9.95 mm、10.70 cm/s、39.16 cm/s、1.85、4.86 min、1.20 min、71.84 mm、76.30°、3.27,血流参数联合术后1 d TEG参数预测下肢DVT形成的ROC曲线下面积(area under the curve,AUC)最大(0.962,95%*CI* 0.894~0.997),其灵敏度和特异度分别为98.3%和83.8%,准确度为94.5%(图1,表5)。

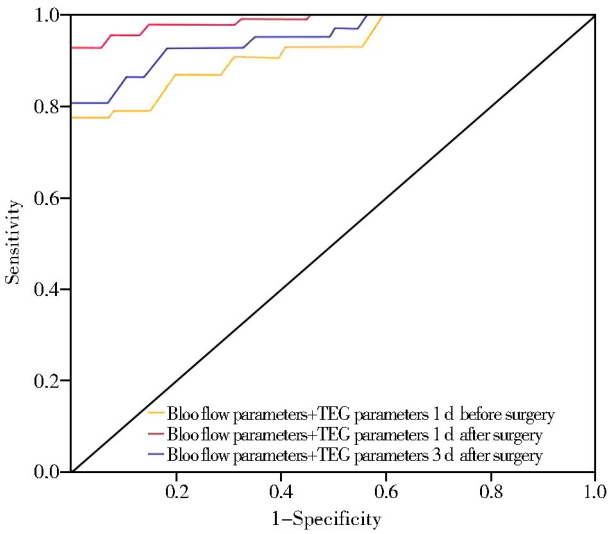


图1 血流参数联合TEG参数对下肢DVT形成的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of lower limb DVT formed by combining blood flow parameters with TEG parameters

TEG: thromboelastography; DVT: deep vein thrombosis; ROC: receiver operating characteristic.

2.6 DVT患者TEG参数与凝血指标的相关性

相关分析显示,DVT患者R、K与PT均呈正相关($P<0.05$),MA、α及CI与PT均呈负相关($P<0.05$);R、K与D-二聚体均呈负相关($P<0.05$),MA、α及CI与D-二聚体均呈正相关($P<0.05$);MA、α与FIB均呈正相关($P<0.05$;表6)。

3 讨 论

DVT是髋部骨折术后常见的血栓性疾病之一,也是导致老年患者死亡的主要原因[8]。静脉造影是诊断DVT的金标准,但存在有创性、操作复杂等不足。近年来,彩色多普勒超声因其具有安全无创、方便快捷以及分辨率高等特点,广泛应用于下肢DVT筛查[9]。但由于下肢血管超声检查可能存在漏诊[10],为提高临床诊断DVT的准确度,需要联合血液学指标。血流动力学改变和血液高凝状态是DVT形成的主要因素[11]。常规凝血指标不能动态监测凝血全过程,只能反映某一片段的凝血功能变化,且灵敏性较低。TEG是一种检测整体凝血功能的新技术,相较于常规凝血指标,其能更客观、全面地反映人体真实凝血-纤溶的动态过程,可用于早期预测血栓形成[12]。仲伟喜等[13]研究结果表明,TEG作为一种评估人体血流动力学变化的工具,能有效反映血液凝固及溶解的全过程,较常规凝血指标的灵敏性高,有助于筛选DVT形成高危患者,具有较好的临床价值。

表5 超声血流参数和TEG参数对下肢DVT形成的预测价值

Table 5 Predictive value of ultrasound blood flow parameters and TEG parameters for lower limb DVT formation

Factor	Optimum cut-off value	AUC(95%*CI*)	*P* value	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
ID	9.95 mm	0.694(0.635-0.754)	0.024	60.4	80.6	65.4
Vd	10.70 cm/s	0.785(0.730-0.846)	<0.001	81.3	71.0	78.7
Vs	39.16 cm/s	0.826(0.768-0.887)	<0.001	83.3	77.4	81.9
RI	1.85	0.750(0.691-0.812)	0.005	75.0	74.2	74.8
R	4.86 min	0.792(0.734-0.853)	<0.001	74.0	83.9	76.4
K	1.20 min	0.728(0.670-0.791)	0.008	75.0	71.0	74.0
MA	71.84 mm	0.840(0.780-0.902)	<0.001	78.1	87.1	80.3
α	76.30°	0.713(0.652-0.775)	0.016	74.2	70.6	73.2
CI	3.27	0.809(0.748-0.871)	<0.001	77.5	81.4	78.7
Blood flow parameters + TEG parameters 1 d before surgery	-	0.814(0.753-0.877)	<0.001	82.3	77.4	81.1
Blood flow parameters + TEG parameters 1 d after surgery	-	0.962(0.894-0.997)	<0.001	98.3	83.8	94.5
Blood flow parameters + TEG parameters 3 d after surgery	-	0.873(0.815-0.936)	<0.001	90.6	80.6	88.2

TEG: thromboelastography; DVT: deep vein thrombosis; AUC: area under the curve; ID: intravascular diameter; Vd: end diastolic velocity; Vs: peak systolic velocity; RI: resistance index; R: coagulation reaction time; K: blood clot formation time; MA: maximum amplitude; α: angle; CI: coagulation index.

表 6 DVT 患者 TEG 参数与凝血指标的相关性

Table 6 Correlation of TEG parameters with coagulation indexes in patients with DVT

Factor	R		K		MA		α		CI	
	r	*P* value	*r*	*P* value	*r*	*P* value	*r*	*P* value	*r*	*P* value
PT	0.627	<0.001	0.581	<0.001	−0.395	0.012	−0.349	0.041	−0.610	<0.001
APTT	0.150	0.168	0.182	0.150	−0.216	0.083	−0.078	0.230	0.104	0.208
TT	0.304	0.057	0.208	0.090	−0.170	0.155	−0.094	0.215	−0.197	0.128
FIB	−0.191	0.132	−0.097	0.214	0.473	<0.001	0.418	0.005	0.235	0.074
D-dimer	−0.692	<0.001	−0.615	<0.001	0.708	<0.001	0.382	0.016	0.746	<0.001
Platelet	−0.143	0.171	−0.176	0.153	0.290	0.065	0.106	0.207	0.204	0.091

DVT: deep vein thrombosis; TEG: thromboelastography; PT: prothrombin time; APTT: activated partial thromboplastin time; TT: thrombin time; FIB: fibrinogen; R: coagulation reaction time; K: blood clot formation time; MA: maximum amplitude; α: angle; CI: coagulation index.

本研究结果显示,DVT 组 ID、Vd 及 Vs 低于非 DVT 组,而 RI 高于非 DVT 组,说明 DVT 可引起闭塞段血管内径缩小、血流速度减弱以及阻力增加。Deng 等[14]研究也发现,血流速度减慢可增加骨折患者术后 DVT 发生风险,Vd、Vs 及 RI 在预测 DVT 发生中有一定价值。本研究术后 1 d 和术后 3 d,DVT 组 R、K 低于非 DVT 组,而 MA、α 及 CI 高于非 DVT 组。另外,DVT 患者 R、K、MA、α、CI 与 PT、FIB、D-二聚体水平均具有良好相关。提示术后 R、K、MA、α 及 CI 水平变化与血液高凝状态及纤溶亢进有关,在 DVT 形成中发挥作用。这主要是 R、K、MA、α 及 CI 水平变化与血凝块形成的速度、凝血因子的数量和功能有关,其异常表达导致下肢血流缓慢、机体凝血-抗凝血机制的失衡,血液呈高凝状态,从而引起 DVT 形成。江玉等[15]研究也认为,TEG 可动态监测骨折患者的凝血功能变化,术后 TEG 参数对评估 DVT 发生有较好的价值。因此,术后动态监测 TEG 参数变化可初步评估患者的血液高凝状态,有助于预防下肢 DVT 的发生。

MA 及 CI 水平可反映血凝块形成的最大强度和凝血功能变化,其水平升高提示机体内存在高凝状态,是影响老年髋部骨折术后下肢 DVT 的主要因素。D-二聚体是反映机体血液高凝及纤溶亢进的重要指标,其水平升高,DVT 发生的风险增加[16]。本研究 D-二聚体水平在 DVT 患者中显著升高,是影响下肢 DVT 形成的危险因素。但也有研究指出,D-二聚体假阳性率较高,预测 DVT 的特异度较低,可能与手术创伤和并发感染等激活凝血功能亢进有关[17]。Vd 和 Vs 降低预示肢体血流速度减慢,血液瘀滞或堵塞,发生下肢 DVT 风险较高。王蕾等[18]研究也发现,Vd 和 Vs 在 DVT 患者中明显降低,是骨折患者术后发生 DVT 的危险因素。此外,骨折至入院时间>24 h,患者不能及时治疗,血液长时间处于高凝状态,更容易发生 DVT。卧床时间>5 d,肢体容易出现血流速度减慢和血液黏稠性增加,导致血液呈高凝状态,增加了 DVT 形成的风险。因此,早期识别老年髋部骨折术后下肢 DVT 形成的危险因素,对患者临床筛查和早期预防具有重要意义。

多普勒超声可清晰观察肢体血流动力学特征,TEG 能够准确、实时、动态的反映凝血功能,二者对早期识别 DVT 形成具有一定的预警作用。本研究发现,ID、Vd、Vs、RI 和 R、K、MA、α、CI 均可为 DVT 诊断提供有用的参考信息,血流参数联合术后 1 d TEG 参数预测下肢 DVT 形成的 AUC 最大,准确度最高。说明血流参数和 TEG 参数对评估老年髋部骨折术后下肢 DVT 均具有一定价值,二者联合检查可提高预测 DVT 形成的准确度,其预测效能更高。甘辛等[19]研究认为,TEG 参数变化与 DVT 形成有关,术后第 1 天 TEG 参数对下肢游离皮瓣术后 DVT 的早期诊断具有较好的帮助,其灵敏度为 80.7%,特异度为 71.6%。另有研究表明,血流参数联合凝血指标可评估骨折患者的血流动力学变化和血栓状态,早期发现血管异常,为下肢 DVT 的早期预警提供重要信息[20]。

综上,Vd、Vs、MA 及 CI 水平变化与老年髋部骨折术后下肢 DVT 形成有关,多普勒超声联合 TEG 可全面地反映下肢 DVT 形成的各类危险因素,其术前血流参数联合术后 1 d TEG 参数能较好地预测老年髋部骨折术后下肢 DVT 形成。但本研究仍存在一定的局限性,一方面样本量较少,临床资料收集有限,存在选择偏倚;另一方面随访时间较短,不能准确评估患者术后下肢 DVT 形成的其他潜在因素;此外,影响超声检查和 TEG 参数检测的因素较多,如药物、时间及操作方法等。因此,今后仍需多中心、大样本的前瞻性研究来进一步证实。

【参考文献】

[1] 王梦琴, 刘肖, 王聪, 等. 北京积水潭医院老年髋部骨折患者人口学特点及伤因分析[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2020, 19(8): 605-607. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2020.08.141.

[2] Gonzalez CA, Van Rysselberghe NL, Maschhoff C, *et al*. Outcomes of patients with preoperative thrombocytosis after hip fracture surgery[J]. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev, 2024, 8(4): e23.00159. DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-23-00159.

[3] Kobayashi T, Akiyama T, Mawatari M. Predictors of preoperative deep vein thrombosis in hip fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Sci, 2023, 28(1): 222-232. DOI: 10.1016/j.jos.2021.08.013.

[4] Parv F, Tudoran C, Parv C, *et al*. Aetiological, clinical and therapeutic prognostic factors for the evolution of deep vein thrombosis followed up with serial venous Doppler ultrasound[J]. Intern Med J, 2023, 53(3): 409-415. DOI: 10.1111/imj.15693.

[5] 于卓力, 刘珊珊, 纪楠, 等. 股骨颈骨折术后深静脉血栓患者血栓弹力图参数与凝血指标研究[J]. 创伤与急危重病医学, 2022, 10(3): 220-221. DOI:10.16048/j.issn.2095-5561.2022.03.17.

[6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政司. 老年髋部骨折诊疗与管理指南(2022年版)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(4): 277-283. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20230110-00016.

[7] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第三版)[J]. 中华血管外科杂志, 2017, 2(4): 201-208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-1863.2017.04.002.

[8] Cong Y, Wang B, Fei C, *et al*. Dynamic observation and risk factors analysis of deep vein thrombosis after hip fracture[J]. PLoS One, 2024, 19(6): e0304629. DOI: 10.1371/journal.pone.0304629.

[9] Hadizie D, Deyoi YB, Faisham WI, *et al*. Study of deep vein thrombosis screening by using ultrasound Doppler in patients with pelvic and acetabulum fractures requiring operative intervention[J]. Malays Orthop J, 2022, 16(1): 51-57. DOI: 10.5704/MOJ.2203.008.

[10] 李姗姗. 彩色多普勒超声联合血浆D-二聚体对下肢静脉血栓的诊断价值[J]. 实用医学影像杂志, 2024, 25(4): 265-268. DOI: 10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2024.04.006.

[11] Shi LT, Kong FQ. Evaluation of preoperative coagulation function changes and deep vein thrombosis incidence in elderly patients with hip fractures[J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2024, 87(3): 375-382. DOI: 10.3233/CH-242122.

[12] Wang XX, Chu J, Chen CM, *et al*. Analyzing venous thromboembolism risk in malignant tumors: thromboelastogram and coagulation factors study[J]. Biomark Med, 2024, 18(8): 373-383. DOI: 10.1080/17520363.2024.2342239.

[13] 仲伟喜, 黄冠东, 黄剑吟, 等. 血栓弹力图联合常规凝血功能在术前创伤患者深静脉血栓形成的预测价值[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(5): 600-605. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.05.006.

[14] Deng Y, Luo X, Xu X. The value of coagulation-related indicators combined with vascular ultrasound parameters in the risk assessment of deep vein thrombosis after secondary traumatic fracture surgery[J]. Ann Ital Chir, 2024, 95(2): 206-212. DOI: 10.62713/aic.3177.

[15] 江玉, 曹燕, 王飞燕, 等. 血栓弹力图与常规凝血指标对老年创伤性骨折患者术后下肢深静脉血栓形成的预测价值分析[J].中国医学前沿杂志(电子版), 2021, 13(10): 112-116. DOI: 10.12037/YXQY.2021.10-23.

[16] Feng L, Xie Z, Zhou X, *et al*. Diagnostic value of D-dimer for lower extremity deep venous thrombosis caused by rib fracture: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1): 515. DOI: 10.1186/s13018-023-03997-x.

[17] Panpikoon T, Chuntaroj S, Treesit T, *et al*. Lower-extremity venous ultrasound in DVT — unlikely patients with positive D-dimer test[J]. Acad Radiol, 2022, 29(7): 1058-1064. DOI: 10.1016/j.acra.2020.06.028.

[18] 王蕾, 路鑫铭. 超声血流参数、D-二聚体手术前后变化及复合模型在创伤骨折患者下肢DVT预警中的应用价值[J]. 临床误诊误治, 2024, 37(5): 55-60. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3429.2024.05.011.

[19] 甘辛, 蒋咏桥, 聂铭博, 等. 血栓弹力图在下肢游离皮瓣术后深静脉血栓形成早期诊断中的价值探讨[J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(3): 242-247. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20230106-00010.

[20] 张玮, 李阳. 彩色多普勒超声联合凝血指标检测对骨折后下肢深静脉血栓的预测价值[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(24): 20-23. DOI: 10.7619/jcmp.20222678.

(编辑: 温玲玲)