

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

仲伟喜 黄冠东 黄剑吟 杨焱平 杨开超 吴蔚 封启明

上海市第六人民医院急诊科, 上海 200233

通信作者: 封启明, Email: fengqiming04@126.com

【摘要】目的 分析急性创伤骨折患者术前深静脉血栓形成 (deep vein thrombosis, DVT) 与常规凝血功能检验 (conventional coagulation tests, CCTs) 及血栓弹力图 (thromboelastography, TEG) 各参数间的关系, 建立一种风险模型筛选出术前 DVT 形成的高危患者。**方法** 回顾性收集 2021 年 1 月至 2021 年 6 月上海市第六人民医院急诊重症监护室收住的急性创伤骨折患者临床资料, 根据术前是否发生 DVT, 分为 DVT 组和非 DVT 组。分析两组患者同一时间内 CCTs 及 TEG 各参数间差异, 利用 Logistic 回归分析筛选 DVT 形成的独立危险因素, 采用受试者工作特征曲线分析, 评估各参数在急性创伤患者 DVT 形成的预测价值。**结果** 123 例急性创伤骨折患者中, 术前抗凝治疗 101 例, 发生 DVT 51 例。DVT 与非 DVT 组患者在部分凝血活酶时间、纤维蛋白原 (fibrinogen, Fib)、D 二聚体 (D-Dimer)、纤维蛋白 (原) 降解产物 (fibrinogen degradation products, FDPs)、凝块反应时间、凝块形成时间、凝固角 (α angle, α)、血栓最大振幅 (maximum amplitude, MA)、凝血指数差异有统计学意义。D-Dimer 和 MA 是创伤骨折术前 DVT 形成的独立危险因素。利用 Logistic 回归方程得到预测模型: 预测因子 = $0.101 \times (\text{D-Dimer 值}) + 0.241 \times (\text{MA 值}) - 18.190$ 。TEG 的 α 角 (AUC=0.833, $P < 0.001$)、MA (AUC=0.904, $P < 0.001$)、凝血指数 (AUC=0.914, $P < 0.001$) 相对于 CCTs 的 Fib (AUC=0.684, $P = 0.001$)、D-Dimer (AUC=0.685, $P < 0.001$)、FDPs (AUC=0.656, $P = 0.003$) 在创伤骨折患者下肢 DVT 形成诊断效能更高, 其中凝血指数最佳。而综合 D-Dimer 与 MA 形成的预测因子具有更优的预测价值 (AUC=0.926, $P < 0.001$), 其截断值为 0.32、敏感度为 90.2%、特异度为 79.8%。**结论** 相较于 CCTs 指标, TEG 在预测急性创伤骨折患者术前 DVT 更具优势, 而综合 D-Dimer 与 MA 得到的预测因子有助于筛选 DVT 形成高危患者, 具有较好临床应用价值。

【关键词】 急性创伤骨折; 常规凝血功能; 血栓弹力图; 下肢深静脉血栓

基金项目: 上海申康医院发展中心临床研究项目 (SHDC2020CR6030)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.05.006

Predictive value of thromboelastography combined with conventional coagulation tests for deep vein thrombosis in preoperative trauma patients

Zhong Weixi, Huang Guandong, Huang Jianyin, Yang Yanping, Yang Kaichao, Wu Wei, Feng Qiming

Department of Emergency Medicine, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China

Corresponding author: Feng Qiming, Email: fengqiming04@126.com

【Abstract】Objective To analyze the relationship between preoperative deep vein thrombosis (DVT) and parameters of conventional coagulation tests (CCTs) and thromboelastography (TEG) in patients with acute trauma, and to establish a prediction model to screen out high-risk patients with preoperative DVT. **Methods** The clinical data of patients with acute traumatic fracture admitted to the Emergency Intensive Care Unit of Shanghai Sixth People's Hospital from January 2021 to June 2021 were retrospectively collected. According to whether preoperative DVT occurred, the patients were divided into the DVT group and non-DVT group. The differences of CCTs and TEG parameters at the same time were compared between the two groups. Logistic regression analysis was applied to identify independent

risk factors for DVT after trauma. The receiver-operating characteristic curve analysis was employed to analyze the clinical value of those parameters to predict preoperative DVT. **Results** Among 123 patients with acute traumatic fracture, 101 patients were treated with anticoagulation before operation, and 51 patients were diagnosed with DVT. There were significant differences in activated partial thromboplastin time, fibrinogen (Fib), D-Dimer, fibrinogen degradation products (FDPs), reaction time, clotting time, α angle, maximum amplitude (MA) and coagulation index between the DVT and non-DVT groups. D-Dimer and MA were independent risk factors for preoperative DVT in patients with traumatic fracture. Logistic regression equation was used to establish a prediction model: the predicting index = $0.101 \times \text{D-Dimer} + 0.241 \times \text{MA} + (-18.190)$. The α angle (AUC=0.833, $P < 0.001$), MA (AUC=0.904, $P < 0.001$), coagulation index (AUC=0.914, $P < 0.001$) of TEG versus Fib (AUC=0.684, $P = 0.001$), D-Dimer (AUC=0.685, $P < 0.001$) and FDPs (AUC=0.656, $P = 0.003$) of CCTs had a higher diagnostic efficacy in developing DVT of lower extremity in patients with traumatic fracture, and of all the coagulation index was the best. However, the predictor of D-Dimer combined with MA had a better predictive value (AUC=0.926, $P < 0.001$), and the best cut-off value was 0.32 with a sensitivity and specificity of 90.2% and 79.8%, respectively. **Conclusions** Compared with CCTs, TEG has more advantages in predicting preoperative DVT in patients with traumatic fracture, and the predictor of D-Dimer combined with MA can screen out patients with high risk of DVT, which can be recommended for clinical application.

【 Keywords 】 Acute traumatic fracture; Conventional coagulation tests; Thromboelastography; Deep vein thrombosis

Fund program: Clinical Project of Shanghai Hospital Development Center (SHDC2020CR6030)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.05.006

深静脉血栓 (deep vein thrombosis, DVT) 是创伤骨折的常见并发症, 在骨盆骨折、脊椎骨折及下肢骨折患者中尤为常见^[1-3]。创伤后血液处于高凝状态, 血管内皮受损, 骨折肢体制动, 合并手术的“二次损伤”, 因此极易发生围术期 DVT。如不能及时有效干预, 将会加重手术风险, 可能出现肺栓塞 (pulmonary embolism, PE), 甚至死亡等严重并发症^[4]。静脉造影是诊断 DVT 的金标准, 但临床中应用最多是下肢血管彩色多普勒超声, 因为其易于操作、对患者无创伤、相对便宜且敏感度和特异度较高。但在临床实践中发现下肢血管超声过早检查可能造成漏诊, 过晚检查可能造成治疗延误, 频繁检查又会增加危重患者外出风险及经济负担。大多数骨折患者发生 DVT 时症状隐匿, 所以探索 DVT 的早期诊断指标或风险预测模型有助于及时发现高危人群, 降低围手术血栓相关不良事件发生风险。虽然有些研究在探索血栓的风险评估指标^[5-6], 但是针对急性创伤性骨折患者, 目前尚未形成统一的 DVT 风险预测模型。本研究主要从血栓弹力图 (thromboelastography, TEG) 和常规凝血功能检验 (conventional coagulation tests, CCTs) 出发, 旨在分析急性创伤患者术前发生 DVT 与凝血及血栓标

志物之间的关系, 建立一种风险预测模型筛选发生 DVT 的高危患者, 从而改善临床预后。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2021 年 1 月至 2021 年 6 月上海市第六人民医院急诊重症监护室收住的创伤患者进行回顾性研究。入选标准: (1) 创伤患者, 骨折类型包括脊椎骨折、骨盆骨折、下肢骨折; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 伤后 24 h 内入院; (4) 术前同一天完成 CCTs、TEG 和下肢血管彩超检查。排除标准: (1) 妊娠期妇女; (2) 患有陈旧性血栓、血友病等凝血功能异常患者; (3) 入院前长期服用抗凝或抗血小板药物。本研究纳入患者若无抗凝禁忌均采用依诺肝素钠 40 mg 皮下注射预防血栓形成。本研究经上海市第六人民医院伦理委员会审查批准 (2022-KY-152K)。

1.2 观察指标

CCTs 测定: 采用 CA-7 000 自动血凝仪 (Sysmex 公司, 日本) 检测: 凝血酶原时间 (prothrombin time, PT)、国际标准化比率 (international normalized ratio, INR)、部分凝血活酶时间 (activated partial thromboplastin time, APTT)、纤维蛋白原 (fibrinogen, Fib)、凝血酶时间 (thrombin time,

TT)、抗凝血酶Ⅲ活性(Antithrombin Ⅲ, AT-Ⅲ)、D二聚体(D-Dimer)、纤维蛋白(原)降解产物(fibrinogen degradation products, FDPs)。

TEG测定:采用TEG 5 000血栓弹力图仪(Haemoscope公司,美国)分析,凝块反应时间(reaction time, R)为最初的纤维蛋白聚合物的产生时间;凝块形成时间(clotting time, K)为血凝块达到一定强度所需时间;凝固角(alpha angle, α)反映纤维蛋白交联反应的速率;血栓最大振幅(maximum amplitude, MA)反映血凝块能够达到的最大强度;凝血指数反映凝血功能的综合指数,是由R、K、 α 和MA共同计算而成:凝血指数= $(-0.6516) \times R$ 值+ $(-0.3772) \times K$ 值+ $0.1224 \times MA$ 值+ $0.0759 \times \alpha$ 值+ (-7.7922) 。

下肢DVT测定:采用ACU-SON Sequoia 512彩色多普勒超声诊断仪(西门子公司,德国)依次检查股静脉、腘静脉、胫前静脉、胫后静脉、腓静脉以及小腿肌肉间静脉。

1.3 研究方法

回顾性收集患者性别、年龄、骨折部位、凝血功能及血栓发生等临床资料,根据患者是否发生DVT,将创伤骨折患者分为DVT组和非DVT组。分析两组患者CCTs及TEG各参数差异,筛选DVT形成的独立危险因素,评估各参数在创伤患者发生下肢DVT的预测价值。

1.4 统计学方法

用SPSS 23.0(IBM)软件包进行统计学处理。对服从正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间用独立 t 检验分析,服从偏态分布的计量资料采用中位数和四分位数 $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示,组间用秩和检验分析;计数资料采用百分数(%)表示,用卡方检验或Fisher精确检验分析。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线的曲线下面积(area under curves, AUC)评估各参数临床诊断效能,多因素分析采用Logistic回归模型分析,结果用优势比(odds ratios, OR)及95%可信区间(confidence intervals, CI)表示。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 创伤患者基本资料

本研究共纳入急性创伤患者123例,其中男性82例,女性41例,年龄(54.58 ± 15.44)岁,按

主要损伤部位患者分类:下肢骨折44例,骨盆骨折39例,脊椎骨折40例。术前抗凝治疗101例,DVT发生51例,术前临时下腔静脉滤器植入29例。

2.2 比较DVT组与非DVT组基本资料

DVT组与非DVT组患者在性别、年龄、术前抗凝治疗上,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。DVT组患者脊椎骨折比例显著低于非DVT组($P = 0.003$),而两组患者下肢骨折及骨盆骨折差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表1。

表1 两组患者基本参数比较

Table 1 Comparison of basic parameters between the two groups

指标	总体 ($n=123$)	非DVT组 ($n=72$)	DVT组 ($n=51$)	统计量	P 值
男性 ^a	82(66.67)	51(70.83)	31(60.78)	1.357	0.244
年龄(岁) ^b	54.58 ± 15.44	53.11 ± 16.92	56.65 ± 12.95	-1.312	0.192
主要骨折部位 ^a					
下肢骨折	44(35.77)	23(31.94)	21(41.17)	1.107	0.293
骨盆骨折	39(31.70)	18(25.00)	21(41.17)	3.608	0.058
脊椎骨折	40(32.52)	31(43.06)	9(17.65)	8.783	0.003
术前抗凝治疗 ^a	101(82.11)	61(84.72)	40(78.43)	0.804	0.370

注:^a为列(%),^b为 $\bar{x} \pm s$

2.3 DVT组与非DVT组CCTs及TEG参数比较

两组患者在PT、INR、TT、AT-Ⅲ差异无统计学意义。在CCTs检验中,DVT组患者Fib、D-Dimer、FDPs显著高于非DVT组,而APTT显著低于非DVT组(均 $P < 0.01$)。在TEG检验中,DVT组患者 α 角、MA、凝血指数显著高于非DVT组,而R、K显著低于非DVT组(均 $P < 0.001$)。见表2。

2.4 创伤患者发生DVT的多因素分析及预测模型构建

两组患者在APTT、Fib、D-Dimer、FDPs、R、K、 α 角、MA、凝血指数差异有统计学意义,将上述各项参数纳入多因素Logistic回归分析,采用向前逐步回归法,其中APTT($P = 0.117$)、Fib($P = 0.406$)、FDPs($P = 0.478$)、R($P = 0.070$)、K($P = 0.596$)、 α 角($P = 0.403$)、凝血指数($P = 0.089$)差异无统计学意义,而D-Dimer和MA是创伤骨折患者发生血栓的独立危险因素,见表3。D-Dimer和MA数值越大,创伤患者发生DVT的风险越高。根据Logistic回归分析结果,将D-Dimer和MA代入回归方程得到预测模型:预测因子= $0.101 \times (D-Dimer$ 值)+ $0.241 \times (MA$ 值)+ (-18.190) 。

2.5 ROC曲线分析TEG、CCTs及预测因子的诊断效能

根据下肢血管超声检查结果作为DVT的诊断

表 2 两组患者 CCTs 及 TEG 参数比较
Table 2 Comparison of CCTs and TEG parameters between the two groups

指标	总体 (n=123)	非 DVT 组 (n=72)	DVT 组 (n=51)	统计量	P 值
PT (s) ^a	12.79 ± 1.66	12.83 ± 1.21	12.72 ± 2.14	0.331	0.742
INR ^a	1.31 ± 1.49	1.11 ± 0.11	1.59 ± 2.29	-1.479	0.145
APTT (s) ^b	27.3(25.4, 29.8)	27.9 (25.9, 31.8)	26.0 (24.8, 28.1)	-3.731	<0.001
Fib (g/L) ^b	3.18(2.53, 4.42)	3.00 (2.36, 3.50)	3.76 (2.97, 4.94)	-3.314	0.001
TT (s) ^b	15.6(14.8, 16.7)	15.6 (14.8, 16.9)	15.5 (14.6, 16.2)	-1.363	0.173
AT-Ⅲ (%) ^b	85.4(76.4, 91.7)	84.3 (70.1, 93.1)	85.6 (78.1, 91.1)	-0.526	0.599
D-Dimer (mg/L) ^b	8.70(3.96, 15.80)	6.52 (1.92, 12.55)	11.37 (5.36, 17.75)	-3.594	<0.001
FDPs (mg/L) ^b	24.0(11.5, 46.5)	19.1 (7.4, 45.7)	30.0 (16.5, 49.0)	-3.010	0.003
R (min) ^a	4.57 ± 1.44	5.02 ± 1.26	3.94 ± 1.45	4.380	<0.001
K (min) ^b	1.3(1.0, 1.8)	1.7 (1.2, 2.2)	1.0 (0.8, 1.2)	-6.337	<0.001
α 角 (°) ^b	72.8(67.2, 77.2)	69.8 (64.2, 73.3)	78.0 (72.9, 80.5)	-5.615	<0.001
MA (mm) ^a	67.99 ± 11.86	61.33 ± 9.07	77.39 ± 8.51	-9.923	<0.001
凝血指数 ^a	2.34 ± 2.73	0.89 ± 2.21	4.41 ± 1.97	-9.082	<0.001

注：PT 为凝血酶原时间，INR 为国际标准化比率，APTT 为部分凝血活酶时间，Fib 为纤维蛋白原，TT 为凝血酶时间，AT-Ⅲ 为抗凝血酶Ⅲ活性，D-Dimer 为 D 二聚体，FDPs 为纤维蛋白（原）降解产物，R 为凝块反应时间，K 为凝块形成时间，α 角为凝固角，MA 为血栓最大振幅；^a为 $\bar{x} \pm s$ ，^b为 $M(Q_1, Q_3)$

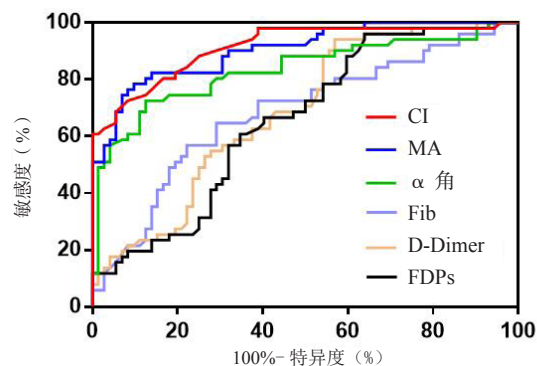
表 3 创伤患者发生 DVT 的独立危险因素

Table 3 Independent risk factors for developing DVT in trauma patients

危险因素	β 值	标准误	Wald	OR 值	95%CI	P 值
D-Dimer	0.101	0.035	8.209	1.106	1.032~1.185	0.004
MA	0.241	0.045	28.803	1.273	1.166~1.390	<0.001
常量	-18.190	3.283	30.705	-	-	<0.001

注：D-Dimer 为 D 二聚体，MA 为血栓最大振幅

标准，采用 ROC 曲线分析 APTT、Fib、D-Dimer、FDPs、R、K、α 角、MA、凝血指数等指标的 诊断效能。APTT (AUC=0.339, P=0.002)、R (AUC=0.262, P<0.001)、K (AUC=0.137, P<0.001) 在创伤患者发生 DVT 上的诊断效能不高。而 TEG 的 α 角、MA、凝血指数相对于 CCTs 指标 Fib、D-Dimer、FDPs 诊断效能更高，其中凝血指数的诊断效能最高。见图 1。而根据 D-Dimer 和 MA 形成的预测因子在创伤患者发生 DVT 上具有 更高预测价值 (AUC=0.926, P<0.001)。各参数对 DVT 形成的诊断效能结果见表 4。



CI 为凝血指数，MA 为血栓最大振幅，α 角为凝固角，Fib 为纤维蛋白原，D-Dimer 为 D 二聚体，FDPs 为纤维蛋白（原）降解产物

图 1 创伤患者发生 DVT 相关指标 ROC 曲线分析

Fig 1 ROC curve analysis of DVT related indicators in trauma patients

3 讨论

创伤性骨折是临床常见的急症，容易诱发 DVT 形成。有研究发现围手术期 DVT 的发生率可达 40%~60%，严重时可导致创伤后 PE^[7-8]。尽管目

表 4 比较 TEG 与 CCTs 参数对 DVT 形成的预测价值
Table 4 Comparison of the predictive value of TEG and CCTs parameters for DVT

指标	最佳阈值	敏感度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	AUC	95%CI	P 值
Fib (g/L)	3.31	64.7	70.8	61.1	73.9	0.684	0.587~0.781	0.001
D-Dimer (mg/L)	4.22	94.1	43.1	53.9	91.2	0.685	0.592~0.778	<0.001
FDPs (mg/L)	10.45	96.1	36.1	51.6	92.9	0.656	0.561~0.752	0.003
α 角 (°)	74.60	72.5	87.5	80.4	81.8	0.833	0.755~0.911	<0.001
MA (mm)	70.75	78.4	90.3	85.1	85.5	0.904	0.851~0.958	<0.001
凝血指数	3.45	72.5	91.7	86.0	82.5	0.914	0.862~0.966	<0.001
预测因子	0.32	90.2	79.8	75.4	91.9	0.926	0.881~0.971	<0.001

注：Fib 为纤维蛋白原，D-Dimer 为 D 二聚体，FDPs 为纤维蛋白（原）降解产物，α 角为凝固角，MA 为血栓最大振幅

前最佳预防模式尚未确定,但相对于华法林和阿司匹林,利伐沙班和低分子肝素具有更好的临床效果^[4,8]。但也有报道显示创伤患者在接受利伐沙班或低分子肝素预防治疗后 DVT 的发病率仍高达 10%~30%^[9-10],这与本研究结果一致,此次纳入的 123 例创伤骨折患者,有 101 例患者接受低分子肝素抗凝治疗,其中 51 例患者发生血栓,DVT 发生率为 41.5%。这种高发生率可能与入选的高危损伤部位的患者作为研究对象有关。在股静脉、盆腔静脉和下腔静脉中发生 DVT 的患者中有 5%~27% 发生 PE,而远端 DVT 发生 PE 的风险则要低得多^[7]。对于高危人群如近端 DVT 患者、伴有抗凝禁忌的 DVT 患者指南建议植入临时性下腔静脉滤器^[11-12],本研究中近端 DVT 术前行临时下腔静脉滤器植入患者 29 例,围手术期未监测到 PE 发生,故有效地早期识别、早期干预 DVT,可以减少围手术期 PE 不良事件发生。

目前多种筛查方式和治疗已被探索作为预测和减少 DVT 的方法,但其发病率仍在上升^[13-14]。Louis 等^[15]研究发现创伤后凝血因子降低至正常水平的一半时,常规凝血参数才会出现明显改变,其敏感度较差,不能及时反应凝血功能变化。Selby 等^[16]研究止血变化与 DVT 关系时发现伤后 24 h 内凝血酶生成指标显著升高,14 d 后下降,但其中 D-Dimer、FV II a 和 Fib 等凝血标志物均不能独立预测 DVT 发生。而 TEG 检测提供的是凝血动态变化过程,更接近于自身环境,能同时提供凝血和纤溶信息,更准确反映患者凝血状态^[17]。Brill 等^[18]对 983 例创伤患者入院后进行 TEG 检验,其中 $R < 5 \text{ min}$ 和 $\alpha > 72^\circ$ 或 $MA > 74 \text{ mm}$ 定义为高凝状态。该研究显示 85% 的患者入院时处于高凝状态,而高凝患者发生 DVT 的风险增加了一倍。本研究发现 DVT 患者与非 DVT 患者在 TEG 参数 R、K、 α 角、MA、凝血指数均差异有统计学意义,提示 TEG 可以有效识别 DVT 患者存在高凝倾向,而 DVT 患者的 TT、PT、INR、AT-III 等参数与非 DVT 组差异无统计学意义,提示 CCTs 识别创伤患者高凝状态的能力欠佳^[19]。通过 ROC 曲线分析创伤患者发生 DVT 相关指标,TEG 的 α 角、MA、凝血指数相对于 CCTs 的 Fib、D-Dimer、FDPs 诊断效能更高,这与此前的研究结论基本一致^[20-21]。其中凝血指数综合 R、K、 α 和 MA 多方面组成,故诊断效能最佳。

本研究通过 Logistic 回归分析发现 D-Dimer

和 MA 是 DVT 的独立危险因素。D-Dimer 是纤溶酶降解交联纤维蛋白的产物,其浓度增加表明凝血和纤溶功能增强。Song 等^[22]研究发现股骨颈骨折患者 D-Dimer 水平升高与术前 DVT 形成独立相关。同时 D-Dimer 水平随着年龄的增长而自然升高,因此 D-Dimer 检测 DVT 的特异度在老年人群中较低^[23]。但是 D-Dimer 试验在排除 DVT 方面通常具有较高的阴性预测值和敏感度,D-Dimer 阴性提示无 DVT 发生^[24]。本研究发现 D-Dimer 敏感度为 94.1%,阴性预测值为 91.2%,但特异度仅为 36.1%,故单独使用存在很大的局限性。而 MA 值主要反映血小板的聚集功能,血小板聚集可导致血栓风险增加。Gary 等^[25]对 1 800 多例严重肢体骨折患者研究发现 MA 值可以识别住院 DVT 和 PE 风险增加的患者,其中 MA 值 $\geq 65 \text{ mm}$ 风险增加 3.6 倍而 MA 值 $\geq 72 \text{ mm}$ 风险增加 6.7 倍。TEG 可动态反映患者凝血过程,MA 作为 TEG 直接测量的凝血功能指标,具有较高的敏感度和特异度,D-Dimer 作为凝血功能的补充,联合 MA 与 D-Dimer 更有利于识别创伤患者高凝状态,发现潜在的 DVT 形成风险。

本研究作为单中心回顾性研究,样本量较少,下肢 DVT 未区分近端血栓与肌肉静脉间血栓,不同部位血栓脱落致 PE 的风险不同。同时血栓的监测超声只选择一个时间点,没有动态监测,CCTs 及 TEG 检验指标可能存在滞后性,需要前瞻性、大样本、多中心研究进一步验证。

综上所述,相较于 CCTs 指标,TEG 在识别血液高凝状态、预测创伤骨折患者术前 DVT 更具优势,而综合 D-Dimer 与 MA 得到的预测因子有助于筛选 DVT 形成高危患者,具有较好临床应用价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 仲伟喜:研究设计,论文撰写;黄冠东、黄剑吟:数据收集;杨焱平、杨开超:数据整理;吴蔚:统计学分析;封启明:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Wang PF, Kandemir U, Zhang BF, et al. Incidence and risk factors of deep vein thrombosis in patients with pelvic and acetabular fractures[J]. Clin Appl Thromb Hemost, 2019, 25: 1076029619845066. DOI: 10.1177/1076029619845066.

- [2] 朱晓光, 杨开超, 仲伟喜, 等. 急性创伤性脊髓损伤患者深静脉血栓形成的危险因素分析[J]. 中华急诊医学杂志, 2015, 24(8): 878-881. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.08.015.
- [3] 仲伟喜, 朱晓光, 杨开超, 等. 严重创伤患者中急性创伤性凝血病与深静脉血栓形成关系探讨[J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25(5): 592-597. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.05.011.
- [4] Ruskin KJ. Deep vein thrombosis and venous thromboembolism in trauma[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2018, 31(2): 215-218. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000567.
- [5] Wang HY, Lv B, Li WF, et al. Diagnostic performance of the caprini risk assessment model combined with D-dimer for preoperative deep vein thrombosis in patients with thoracolumbar fractures caused by high-energy injuries[J]. *World Neurosurg*, 2022, 157: e410-e416. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.10.106.
- [6] Peng GX, Wang Q, Sun H, et al. Development and prospective validation of a novel risk score for predicting the risk of lower extremity deep vein thrombosis among multiple trauma patients[J]. *Thromb Res*, 2021, 201: 116-122. DOI: 10.1016/j.thromres.2021.02.020.
- [7] Lee SY, Ro DUH, Chung CY, et al. Incidence of deep vein thrombosis after major lower limb orthopedic surgery: analysis of a nationwide claim registry[J]. *Yonsei Med J*, 2015, 56(1): 139-145. DOI: 10.3349/yymj.2015.56.1.139.
- [8] Saleh J, El-Othmani MM, Saleh KJ. Deep vein thrombosis and pulmonary embolism considerations in orthopedic surgery[J]. *Orthop Clin North Am*, 2017, 48(2): 127-135. DOI: 10.1016/j.ocl.2016.12.003.
- [9] Hamada SR, Espina C, Guedj T, et al. High level of venous thromboembolism in critically ill trauma patients despite early and well-driven thromboprophylaxis protocol[J]. *Ann Intensive Care*, 2017, 7(1): 97. DOI: 10.1186/s13613-017-0315-0.
- [10] Calder JD, Freeman R, Domeij-Arverud E, et al. Meta-analysis and suggested guidelines for prevention of venous thromboembolism (VTE) in foot and ankle surgery[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(4): 1409-1420. DOI: 10.1007/s00167-015-3976-y.
- [11] 周武, 曹发奇, 曾睿寅, 等. 创伤骨科患者围术期下肢静脉血栓形成诊断及防治专家共识(2022年)[J]. 中华创伤杂志, 2022, 38(1): 23-31. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20210822-00451.
- [12] 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. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx003.
- [13] Chopard R, Albertsen IE, Piazza G. Diagnosis and treatment of lower extremity venous thromboembolism: a review[J]. *JAMA*, 2020, 324(17): 1765-1776. DOI: 10.1001/jama.2020.17272.
- [14] Fan DJ, Ouyang ZY, Ying YP, et al. Thromboelastography for the prevention of perioperative venous thromboembolism in orthopedics[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2022, 28: 10760296221077975. DOI: 10.1177/10760296221077975.
- [15] Louis SG, Van PY, Riha GM, et al. Thromboelastogram-guided enoxaparin dosing does not confer protection from deep venous thrombosis: a randomized controlled pilot trial[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2014, 76(4): 937-942; discussion 942-943. DOI: 10.1097/TA.000000000000165.
- [16] Selby R, Geerts W, Ofosu FA, et al. Hypercoagulability after trauma: hemostatic changes and relationship to venous thromboembolism[J]. *Thromb Res*, 2009, 124(3): 281-287. DOI: 10.1016/j.thromres.2008.10.002.
- [17] 徐文心, 朱晓光, 李梅芳, 等. 血栓弹力图对创伤性凝血病患者诊断和输血治疗的研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(4): 504-509. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.04.021.
- [18] Brill JB, Badiee J, Zander AL, et al. The rate of deep vein thrombosis doubles in trauma patients with hypercoagulable thromboelastography[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 83(3): 413-419. DOI: 10.1097/TA.0000000000001618.
- [19] Mao CQ, Xiong YS, Fan C. Comparison between thromboelastography and conventional coagulation assays in patients with deep vein thrombosis[J]. *Clin Chimica Acta*, 2021, 520: 208-213. DOI: 10.1016/j.cca.2021.06.019.
- [20] 朱家佳, 高宜川, 王赵洋, 等. 血栓弹力图与常规凝血指标对腰椎术后下肢深静脉血栓形成的预测价值[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2021, 50(3): 347-353. DOI: 10.3870/j.issn.1672-0741.2021.03.014.
- [21] Wang ZW, Li J, Cao QW, et al. Comparison between thromboelastography and conventional coagulation tests in surgical patients with localized prostate cancer[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2018, 24(5): 755-763. DOI: 10.1177/1076029617724229.
- [22] Song K, Yao Y, Rong Z, et al. The preoperative incidence of deep vein thrombosis (DVT) and its correlation with postoperative DVT in patients undergoing elective surgery for femoral neck fractures[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2016, 136(10): 1459-1464. DOI: 10.1007/s00402-016-2535-4.
- [23] Tritschler T, Kraaijpoel N, Le Gal G, et al. Venous thromboembolism: advances in diagnosis and treatment[J]. *JAMA*, 2018, 320(15): 1583-1594. DOI: 10.1001/jama.2018.14346.
- [24] Jiang Y, Li J, Liu Y, et al. Risk factors for deep vein thrombosis after orthopedic surgery and the diagnostic value of D-dimer[J]. *Ann Vasc Surg*, 2015, 29(4): 675-681. DOI: 10.1016/j.avsg.2014.12.022.
- [25] Gary JL, Schneider PS, Galpin M, et al. Can thromboelastography predict venous thromboembolic events in patients with severe extremity trauma? [J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(6): 294-298. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000523.

(收稿日期: 2022-11-08)

(本文编辑: 姜宇婷)