

## 论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.02.020

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220106.1217.008.html\(2022-01-06\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220106.1217.008.html(2022-01-06))

## 血栓弹力图监测指导间歇性气囊加压装置对 预防截瘫后静脉血栓形成的效果\*

吴夏静<sup>1</sup>, 蔡雪娇<sup>1</sup>, 肖少华<sup>2△</sup>

(1. 温州医科大学附属第一医院输血科, 浙江温州 325000; 2. 华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科, 武汉 430030)

**[摘要]** **目的** 观察血栓弹力图(TEG)监测指导使用间歇性气囊加压装置(IPC)对创伤性截瘫早期预防静脉血栓形成的有效性。**方法** 选取2018年11月至2021年3月在温州医科大学附属第一医院及华中科技大学同济医学院附属同济医院住院治疗, 损伤平面在T<sub>1</sub>~L<sub>5</sub>的创伤性截瘫患者共36例, 分为对照组( $n=18$ )和试验组( $n=18$ )。两组患者均采用常规预防血栓方案, 对照组于术后开始使用IPC, 试验组在TEG的监测下动态调整IPC的使用频率。比较两组患者术后7d下肢静脉血栓发生率、TEG检测指标、肢体周径的情况。**结果** 术后7d, 试验组有2例(11.1%)患者发生下肢静脉血栓, 对照组有8例(44.44%), 两组血栓发生率比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。两组患者在术前24h和术后7d肢体周径、静脉血反应时间(R)、凝固角(Angle)、最大振幅(MA)比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** 通过使用TEG监测凝血状态, 并根据凝血状态动态调整IPC使用频率有助于降低截瘫患者术后静脉血栓发生率, 改善凝血状态, 有利于术后康复。

**[关键词]** 血栓弹力图; 间歇性气囊加压装置; 静脉血栓**[中图法分类号]** R49**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2022)02-0271-05

## Effectiveness of intermittent pneumatic compression device guided by thromboelastography monitoring in preventing venous thromboembolism after paraplegia\*

WU Xiaojing<sup>1</sup>, CAI Xuejiao<sup>1</sup>, XIAO Shaohua<sup>2△</sup>

(1. Department of Blood Transfusion, First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou, Zhejiang 325000, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430030, China)

**[Abstract]** **Objective** To observe the effectiveness of thromboelastography (TEG) monitoring-guided use of intermittent pneumatic compression device (IPC) in the prevention of venous thromboembolism (VTE) in the early stage of traumatic paraplegia. **Methods** A total of 36 inpatients with traumatic paraplegia and damage plane at T<sub>1</sub>–L<sub>5</sub> hospitalized in the two hospitals from November 2018 to March 2021 were divided into the control group ( $n=18$ ) and experimental group ( $n=18$ ). Both groups used the conventional thromboprophylaxis protocol. The control group began to use IPC after operation. The experimental group dynamically adjusted the use frequency of IPC under the TEG monitoring. The incidence rate of lower extremities venous thrombosis on postoperative 7 d, TEG detection indicators and circumferences of limb and body were compared between the two groups. **Results** On postoperative 7 d, 2 cases (11.1%) in the experimental group developed the lower limb thrombus, there were 8 cases of lower limb thrombus in the control group, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The circumference of body and limbs, venous blood reaction time (R), solidification angle (Angle) and maximal diameter (Ma) at preoperative 24 h and on postoperative 7 d

\* 基金项目: 温州市科技局基础性医疗卫生科技项目(Y20180536)。 作者简介: 吴夏静(1989—), 技师, 本科, 主要从事弹力血栓图的临床应用研究。 △ 通信作者, E-mail: 896558100@qq.com。

had no statistically significant differences between the two groups ( $P > 0.05$ ). Conclusion Monitoring the coagulation status by using TEG and dynamically adjusting the use frequency of IPC according to the coagulation status can help to reduce the incidence rate of postoperative VTE in the lower limbs of paraplegic patients, improve the coagulation status and facilitate postoperative recovery.

**[Key words]** thromboelastography; intermittent pneumatic compression device; venous thromboembolism

静脉血栓栓塞症(venous thromboembolism, VTE)是脊髓损伤患者常见的严重并发症<sup>[1]</sup>。创伤性脊髓损伤(trumatic spinal cord injury, TSCI)患者术后由于长期卧床,血液呈高凝状态,增加了静脉瘀滞的风险,易发生静脉血栓栓塞<sup>[2]</sup>。预防和治疗 VTE 是脊髓损伤患者早期康复中一项重要内容<sup>[3]</sup>。血栓弹力图(thrombelastography, TEG)通过采集全血样本,可以监测凝血功能动态变化,在预防和指导药物治疗血栓方面具有非常大的潜能。间歇充气加压装置(intermittent pneumatic compression, IPC)是国内外常见的预防深静脉血栓形成(deep venous thrombosis, DVT)的物理治疗手段<sup>[4]</sup>。然而,对 IPC 的使用时间和频率国内外尚无统一共识<sup>[5]</sup>。鉴于此,本研究在 TEG 监测下,根据受试对象的凝血状态动态调整 IPC 的使用频率,观察其对创伤性截瘫早期预防下肢静脉血栓形成的效果。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2018 年 11 月至 2021 年 3 月在温州医科大学附属第一医院及华中科技大学同济医学院附属同济医院住院治疗的损伤平面在 T<sub>1</sub>~L<sub>5</sub> 的创伤性截瘫患者 40 例,其中 4 例患者在治疗中途因病情变化和失访而退出研究,将患者分为试验组和对照组,每组 18 例。纳入标准:(1)年龄 > 50 岁;(2)Caprini 评分<sup>[6]</sup> ≥ 5 分或综合凝血指数(comprehensive coagulation index, CI) > 3;(3)意识清楚并愿意签署知情同意书。排除标准:(1)具有机械性预防禁忌证,如最近行皮肤移植、下肢新发骨折、充血性心力衰竭;(2)已存在原发的 VTE;(3)合并有周围血管病变或有血栓病史;(4)危重患者。本研究经医院伦理委员会批准(KY2021-179),患者及家属均知情同意。

### 1.2 方法

两组均实施常规血栓预防方案。(1)早期宣教:术前普及下肢深静脉血栓相关知识,提高患者和家属对下肢血栓的认知程度;指导患者家属正确使用弹力袜;对下肢具有肌力的患者进行踝泵训练和下肢肌肉收缩指导训练,每次 5~10 min,每天 5 次。(2)常规药物预防:根据患者的症状,结合 B 超检查结果和 D-二聚体、凝血酶时间、部分活化凝血活酶时间、凝血酶

原时间、纤维蛋白原、术前和术后 1 d TEG 报告等实验室检查结果,调整抗凝和抗血小板药物使用。(3)常规物理治疗配合下肢运动:术后 24 h 后进行下肢主被动仪器训练,并在双侧小腿三头肌和股四头肌处使用低频电刺激治疗。对照组在此基础上采用 IPC 治疗,于术后开始使用 IPC(珠海黑马医疗设备有限公司,设备型号:V18),压力 50~60 mm Hg,循环时间 60 s,每次 40 min,每日 2 次。试验组在 TEG 的监测下动态调整 IPC 的使用频率。分别于术前 24 h、术后 1、3、7 d 清晨采集空腹静脉血,并于采血后 2~4 h 内采用 TEG5000 血栓弹力图仪(美国 Hemoscope 公司)获得各项凝血参数,静脉血反应时间(R) 5~10 min,血液凝固时间(K) 1~4 min,最大振幅(MA) 20~60 min,凝固角(Angle) 55°~65°。当 R 缩短时或 MA 增大超过规定指标时,将 IPC 的使用参数调整为每次 40 min,每日 4 次,直至凝血参数恢复正常范围后,调整 IPC 的参数与对照组一致,若期间发生下肢血栓,则停止使用 IPC。两组受试者观察时间共计 1 周。

### 1.3 观察指标

由 4 名工作满 5 年以上的护士分别于术前 24 h 及术后 7 d 测量患者患肢髌骨下缘 10 cm 的肢体周径,取 3 次的平均值;由输血科检验人员收集试验组术前 24 h、术后 1、3、7 d 的 TEG 检测各项指标,对照组仅收集术前 24 h、术后 7 d 的 TEG 检测各项指标,检测仪器为 TEG5000 血栓弹力图仪;由 2 名中级职称的超声科医生负责术前 24 h、术后 7 d 行血管超声检查,检测仪器为 Vivid E9 彩色多普勒诊断仪。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS22.0 统计软件进行分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用独立样本 *t* 检验;计数资料以例数或率表示,采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组一般情况

两组患者在术前和术中一般临床资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。术后 7 d,试验组有 2 例(11.1%)患者发生下肢静脉血栓,对照组有 8 例(44.44%),两组血栓发生率比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 1 两组患者一般资料比较

项目	对照组(n=18)	试验组(n=18)	t/χ <sup>2</sup>	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	48.91 ± 5.56	45.23 ± 6.52	1.819	0.078
性别[n(%)]				
男	7(38.89)	9(50.00)	0.451	0.52
女	11(61.11)	9(50.00)		
手术时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	124.30 ± 12.27	117.27 ± 17.29	1.407	0.168
术中出血量( $\bar{x} \pm s$ , mL)	106.78 ± 14.22	110.28 ± 13.01	-0.770	0.446
术前 D-二聚体( $\bar{x} \pm s$ , μg/mL)	6.29 ± 2.41	7.59 ± 3.55	-1.291	0.205
ASIA 分级[n(%)]				
A~B	11(61.11)	10(55.56)	1.001	0.317
C~D	7(38.89)	8(44.44)		
神经损伤层面[n(%)]				
胸段	6(33.33)	4(22.22)	0.554	0.457
腰段	12(66.67)	14(77.78)		

表 2 两组患者静脉血栓发生情况对比[n(%)]

组别	n	远端静脉	髂股静脉	合计	χ <sup>2</sup>	P
试验组	18	2(11.11)	0	2(11.11)	4.502	0.034
对照组	18	5(27.78)	3(16.67)	8(44.44)		

2.2 两组患者肢体周径、TEG 检测结果比较

两组患者在术前 24 h 和术后 7 d 肢体周径、R、Angle、MA 比较, 差异均无统计学意义(P>0.05), 见

表 3、4。

表 3 两组患者肢体周径对比( $\bar{x} \pm s$ , cm)

组别	n	术前 24 h	术后 7 d
试验组	18	35.70 ± 2.61	35.66 ± 1.81
对照组	18	34.99 ± 3.26	36.48 ± 2.58
t		-7.150	1.106
P		0.479	0.277

表 4 两组患者术前 24 h、术后 7 d TEG 检测结果( $\bar{x} \pm s$ )

组别	R(min)		K(min)		Angle(°)		MA(mm)	
	术前 24 h	术后 7 d	术前 24 h	术后 7 d	术前 24 h	术后 7 d	术前 24 h	术后 7 d
试验组	5.43 ± 1.07	6.39 ± 1.53	1.84 ± 0.50	2.18 ± 0.81	65.29 ± 5.63	67.27 ± 6.09	65.30 ± 8.14	67.89 ± 8.22
对照组	5.33 ± 1.81	5.58 ± 1.27	1.73 ± 0.64	1.67 ± 0.65	67.05 ± 7.34	71.09 ± 6.46	67.49 ± 5.78	70.47 ± 5.55
t	-0.211	-1.706	-0.564	-2.106	0.807	1.822	0.928	1.105
P	0.834	0.970	0.577	0.043	0.425	0.077	0.361	0.277

3 讨 论

创伤性脊髓损伤患者往往在受伤早期已有深静脉血栓形成, 且发病率较高<sup>[3]</sup>。潘光杰<sup>[7]</sup>的一项研究结果显示, 创伤性脊髓损伤患者的 D-二聚体水平于术后第 1 天升幅最大, 在术后第 5 天趋于平稳。朱晓光等<sup>[8]</sup>分析 143 例创伤性脊髓损伤患者, 发现其中 43 例患者于伤后 1 周内经 B 超确诊 DVT。因此, 尽早实施凝血状态监测和抗血栓预防措施非常重要。传统的凝血功能检查(conventional coagulation tests, CCT)无法展现凝血全貌, 只能反映凝血途径及纤维蛋白溶解的某一部分情况。同时, CCT 常受适应证范围窄、时间滞后性、敏感性较差等诸多条件限制, 因此

很难将其指导临床实践, 无法达到早期介入预防 VTE 的目的<sup>[9]</sup>。TEG 打破了上述局限, 通过将血液标本的检测结果显示以图形的形式反映患者血液凝固的动态过程和纤维蛋白的动力学变化, 测定血凝块形成的强度、速度及稳定性, 它能快速、精确评估患者凝血状态的改变, 对体内凝血功能异常做出敏感、准确的提示<sup>[10-11]</sup>。有研究证实, 在对多种疾病的凝血状态的检测中, TEG 的敏感性均优于 CCT<sup>[12-13]</sup>。

既往文献曾多次报道, 通过 TEG 监测指导高危 VTE 患者开展早期临床治疗能有效降低其下肢 VTE 的发生风险<sup>[14-15]</sup>。然而, 这些研究大多集中在通过 TEG 监测结果调整药物剂量, 目前关于通过 TEG 监

测数据是否可以用来指导 IPC 的使用的相关研究一直不足<sup>[13,16]</sup>。IPC 作为临床常用的物理预防血栓的手段之一,通过机械压力促使血液由下肢周围远端加速流向近端,改善肢体血液瘀滞状态<sup>[17]</sup>,具有简便易行、经济安全的特点<sup>[18]</sup>。夏清等<sup>[19]</sup>研究发现,使用 IPC 治疗 20 min,可明显改善下肢股总静脉血流量、血流平均速度和血流峰值速度,并且该作用可持续至治疗后 1 h。虽然 IPC 的治疗作用已有文献支持,但是目前对 IPC 使用频率的研究一直有所争议<sup>[16,20]</sup>,当前主流的研究方法仍采用固定治疗频率,不能根据患者的凝血状态主动调整治疗剂量。因此,本研究旨在通过 TEG 监测受试对象的凝血状态,并根据监测结果动态调整 IPC 使用频率,观察该治疗方案对创伤性截瘫早期预防深静脉血栓的效果。

本研究结果显示,试验组较对照组静脉血栓发生率明显下降( $P < 0.05$ ),提示 TEG+动态 IPC 治疗方案在预防静脉血栓发生方面具有更大的优势。通过 TEG 早期监测并及早发现患者高凝状态对治疗外周血管疾病具有非常重要的价值。LEE 等<sup>[13]</sup>使用 TEG 观察 193 例外科术后患者使用 IPC 后血液凝血状态,结果显示术后 1~3 d 仍有 34% 的胸椎术后患者仍处高凝状态。BURTON 等<sup>[21]</sup>的研究结果证实,早期发现患者血液的高凝状态并配合使用 IPC 能有效降低手术后患者下肢 VTE 发生率,与本研究结果一致。本研究中试验组根据 TEG 显示的患者凝血状态结果,个性化地调整 IPC 治疗频率,增加了高凝患者的总治疗时间,这可能是导致试验组患者 VTE 发生率较低的主要原因。有研究指出,与每日使用 IPC 治疗时间  $\leq 60$  min 的骨科大手术患者相比,每日使用 IPC 治疗时间为 80~360 min 的患者 VTE 发生率更低,提示适当增加 IPC 治疗时间更有助于降低下肢 VTE 发生率<sup>[20]</sup>。这一点对高凝患者尤其重要。王立群等<sup>[16]</sup>以髌、膝关节术后患者为对象,对照组为术前高凝患者,术后即采用 IPC 至第 2 天早上 8 点,试验组为术前非高凝患者,使用 IPC 至手术当天晚上 9 点,结果显示术前两组患者 D-二聚体及 TEG 指标 K 值组间比较差异有统计学意义,术后 24 h 各项 TEG 指标和 D-二聚体差异均无统计学意义,提示对高凝患者通过延长 IPC 治疗时间可在短期内调整骨科术后患者的凝血状态,预防血栓形成。

在 TEG 的各项指标中,K 值主要通过评估血凝块强度达到 20 mm 的时间来反映纤维蛋白原的功能和水平<sup>[22]</sup>。本研究中术后 7 d 试验组 K 值明显高于对照组( $P < 0.05$ ),提示 IPC 可能对人体内纤维蛋白原的调控造成影响。MORRIS 等<sup>[23]</sup>证实 IPC 可刺激并提高纤维蛋白溶解活性。杨晶慧等<sup>[20]</sup>研究同样指

出,使用 IPC“每日 2 次,每次 40 min”或“每日 3 次,每次 2 h”可降低骨科大手术患者纤维蛋白原水平。

IPC 在淋巴水肿的管理中已经使用了 40 多年,IPC 压力的增加与腿部水肿的减少之间存在着明显的剂量反应关系。既往研究报告指出使用 30~60 mm Hg 压力治疗 45~60 min 对水肿肢体容积减少最为有效<sup>[24]</sup>,因此,本研究采用 50~60 mm Hg 的压力治疗。然而,本研究结果显示两组患者在术前 24 h 和术后 7 d 肢体周径存在差异,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。王立群等<sup>[16]</sup>的研究也证实人工关节置换术后患者早期使用 IPC 对下肢肿胀的无影响。本研究中两组静脉血栓患者中仅有 1 例(10%)患者表现为症状性,其余 9 例(90%)均表现为隐匿性。叶一等<sup>[25]</sup>发现,脊柱手术患者术后发生单纯症状性深静脉血栓的概率仅为 0.2%。本研究中两组患者术后下肢水肿症状表现并不明显,可能是导致 IPC 在控制水肿方面的优势无法体现的主要原因。

综上所述,对截瘫术后患者,通过使用 TEG 监测凝血状态,并根据凝血状态动态调整 IPC 使用频率有助于降低下肢 VTE 发生率,改善凝血状态,有利于术后康复。然而,本研究仍然存在一定局限:虽然本研究开始时在纳入试验对象时尽量保持基线一致,但对对照组只采集了术前 24 h 和术后 7 d 的 TEG 数据,对照组术后 7 d 内的凝血功能变化和试验组未作对比,因此无法判断两组治疗结果是否存在时间效应,无法判断该项治疗方案在早期,是否有效。同时,本研究由于研究时间条件的限制,未能完成随访。因此,后续的研究应进一步研究上述方法对术前和术后高凝状态患者在不同时间点下肢 VTE 发生率和凝血状态的影响。

## 参考文献

- [1] 庄合生,吴晓,陈小燕,等. 康复护理预防脊柱骨折伴脊髓损伤患者术后下肢深静脉血栓形成的效果[J]. 中国全科医学,2020,23(S2):238-240.
- [2] 潘红霞,丁明甫,何成奇. 脊髓损伤患者静脉血栓性疾病防治的研究进展[J]. 华西医学,2019,34(5):581-585.
- [3] 刘宏伟,刘璐,李军,等. 创伤性截瘫患者康复早期下肢深静脉血栓形成特点及影响因素[J]. 中国康复理论与实践,2018,24(2):191-195.
- [4] GREENALL R, DAVIS R E. Intermittent pneumatic compression for venous thromboembolism prevention: a systematic review on factors affecting adherence [J]. BMJ Open, 2020, 10



- (9):e037036.
- [5] 杨晶慧,甘秀妮,李钱玲,等. 髋关节置换术后间歇充气加压装置最佳使用时间的随机对照研究[J]. 护理研究,2020,34(5):778-783.
- [6] 徐亮,刘凤英,丁倩. Caprini 评分、D-二聚体、纤维蛋白原水平在骨折后下肢深静脉血栓病人中的变化及其临床意义[J]. 临床外科杂志,2019,27(4):328-330.
- [7] 潘光杰. 创伤性脊柱骨折手术患者凝血功能变化规律及危险因素分析[J]. 中国药物与临床,2020,20(4):556-557.
- [8] 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.
- [9] 荆晶,王文婷,常艳,等. 临床凝血功能异常患者血栓弹力图与常规凝血检测的比较及相关性分析[J]. 中国实验血液学杂志,2020,28(2):629-635.
- [10] 杨建业,秦磊磊,李飞龙,等. 血栓弹力图临床应用的研究进展[J]. 重庆医学,2020,49(1):149-154.
- [11] 林就孟,梁金凤,闫玉静,等. 血栓弹力图的临床应用及研究进展[J]. 中国医药科学,2020,10(22):30-33.
- [12] BROWN W, LUNATI M, MACEROLI M, et al. Ability of thromboelastography to detect hypercoagulability: a systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Trauma, 2020, 34(6):278-286.
- [13] LEE B Y, BUTLER G, AL-WAILI N, et al. Role of thrombelastograph haemostasis analyser in detection of hypercoagulability following surgery with and without use of intermittent pneumatic compression[J]. J Med Eng Technol, 2010, 34(3):166-171.
- [14] 陈德元,刘永皓,黄福立. 血栓弹力图预防胸腰椎骨折患者围手术期静脉血栓栓塞的价值[J]. 中外医疗,2020,39(20):65-67.
- [15] 王玮,张为强,叶维洁,等. 血栓弹力图监测指导高危静脉血栓栓塞症肿瘤病人早期临床治疗的效果及预后观察[J]. 安徽医药,2020,24(6):1151-1154.
- [16] 王立群,段闪闪,廖灯彬,等. 人工关节置换术后间歇充气压力泵使用时间对下肢深静脉血栓形成的影响[J]. 中国修复重建外科杂志,2020,34(5):585-590.
- [17] MOHAMED W A I, BADR N M, FOUAD B E, et al. Efficacy of intermittent pneumatic compression on blood flow in patient with varicose veins[J]. Arch Pharm Pract, 2020, 11(2):149-153.
- [18] WANG X, ZHANG Y, FANG F, et al. Comparative efficacy and safety of pharmacological prophylaxis and intermittent pneumatic compression for prevention of venous thromboembolism in adult undergoing neurosurgery: a systematic review and network meta-analysis[J]. Neurosurg Rev, 2021, 44(2):721-729.
- [19] 夏清,凌康,袁海. 空气波压力治疗对脑卒中偏瘫患者患侧下肢深静脉血流动力学的影响[J]. 安徽医学,2019,40(1):56-59.
- [20] 杨晶慧,甘秀妮,李钱玲,等. 不同间歇充气加压治疗方案对骨科大手术病人深静脉血栓预防效果的系统评价[J]. 循证护理,2018,4(12):1057-1066.
- [21] BURTON A G, JANDREY K E. Use of thromboelastography in clinical practice[J]. Vet Clin North Am Small Anim Pract, 2020, 50(6):1397-1409.
- [22] 梁震,郭永明. 血栓弹力图的临床应用及研究进展[J]. 中国临床研究,2019,32(1):126-129.
- [23] MORRIS R J, ROBERTS C H. Haematological effects of intermittent pneumatic compression for deep vein thrombosis prophylaxis [J]. Thromb Haemost, 2020, 120(6):912-923.
- [24] PHILLIPS J J, GORDON S J. Intermittent pneumatic compression dosage for adults and children with lymphedema: a systematic review [J]. Lymphat Res Biol, 2019, 17(1):2-18.
- [25] 叶一,蒋国强,宋焕军,等. 脊柱手术后并发静脉血栓栓塞症 8 例临床分析[J]. 中华全科医学, 2019, 17(3):500-503.