

防足下垂气压牵引带在静脉血栓高危风险的下肢骨折患者中的应用研究

黄梦婷, 张小虎, 罗雪*, 邓秀香, 潘冬冰, 许小明, 黄彩丽

南宁市第一人民医院, 广西 南宁

收稿日期: 2026年5月23日; 录用日期: 2026年6月17日; 发布日期: 2026年6月24日

摘要

目的: 介绍防治足下垂气压牵引带的设计及临床应用, 探索其在静脉血栓高危风险的下肢骨折患者中预防血栓及防治足下垂的效果。方法: 选取2022年1月~2024年3月下肢骨折患者110例, 采用随机信封法分为实验组(55例)和对照组(55例), 实验组采用常规护理联合防足下垂气压牵引带治疗4周, 对照组采用规范常规护理(含基础宣教、踝泵运动、下肢抬高、间歇充气加压泵、低分子肝素药物预防)4周; 所有结局指标由未参与分组与干预的专职人员评估, 未实施评估者完全盲法。观察两组患者踝背屈角度、深静脉血栓形成、压力性损伤发生率及患者满意度。结果: 两组患者术后下肢彩色超声检查均未发现新发DVT, D-二聚体变化值均降低, 实验组患者较对照组降低幅度大, 踝背屈角度均上升, 实验组患者1周后的踝背屈角度较对照组明显增加, 4周后实验组及对照组患者均趋于踝关节活动正常范围, 实验组效果更明显, 且组间数据比较均具有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者的患者满意度、治疗依从性评分均上升, 实验组患者的评分较对照组明显升高, 数据比较均具有统计学意义($P < 0.05$), 不良事件发生率无差异($P > 0.05$)。结论: 本研究初步表明, 该新型设备在改善下肢骨折患者的踝关节功能和VTE相关血清学指标方面具有潜力, 但其在预防临床DVT事件方面的有效性仍需通过设计更严谨的大样本多中心随机对照试验进一步证实。

关键词

高风险静脉血栓, 下肢骨折, 防足下垂, 气压牵引带

Application of an Anti-Foot Drop Pneumatic Traction Device in Patients with Lower Limb Fractures at High Risk of Venous Thromboembolism

*通讯作者。

文章引用: 黄梦婷, 张小虎, 罗雪, 邓秀香, 潘冬冰, 许小明, 黄彩丽. 防足下垂气压牵引带在静脉血栓高危风险的下肢骨折患者中的应用研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(6): 1802-1808. DOI: 10.12677/acm.2026.1662398

Mengting Huang, Xiaohu Zhang, Xue Luo*, Xiuxiang Deng, Dongbing Pan, Xiaoming Xu, Caili Huang

Nanning First People's Hospital, Nanning Guangxi

Received: May 23, 2026; accepted: June 17, 2026; published: June 24, 2026

Abstract

Objective: To introduce the design and clinical application of a pneumatic traction device for preventing foot drop, and to evaluate its effectiveness in preventing venous thromboembolism (VTE) and foot drop in patients with lower limb fractures at high risk of VTE. **Methods:** A total of 110 patients with lower limb fractures from January 2022 to March 2024 were randomly divided into an experimental group (55 cases) and a control group (55 cases) using a random envelope method. The experimental group received routine nursing care combined with the anti-foot drop pneumatic traction device for 4 weeks, while the control group received standard routine nursing care (including basic education, ankle pump exercises, leg elevation, intermittent pneumatic compression, and low-molecular-weight heparin prophylaxis) for 4 weeks. All outcome measures were assessed by independent evaluators who were not involved in group allocation or intervention, and the assessors were completely blinded. The ankle dorsiflexion angle, incidence of deep vein thrombosis (DVT), pressure injury rate, and patient satisfaction were observed. **Results:** Postoperative color Doppler ultrasound of the lower limbs revealed no new DVT in either group. D-dimer levels decreased in both groups, with a greater reduction in the experimental group than in the control group. Ankle dorsiflexion angles increased in both groups; after 1 week, the experimental group showed a significantly greater increase than the control group. After 4 weeks, patients in both groups achieved ankle mobility within the normal range, with more pronounced improvement in the experimental group. Between-group differences were statistically significant ($P < 0.05$). Patient satisfaction and treatment adherence scores increased in both groups, with significantly higher scores in the experimental group ($P < 0.05$). No significant difference was observed in the incidence of adverse events ($P > 0.05$). **Conclusion:** This study preliminarily indicates that the novel device has potential in improving ankle joint function and VTE-related serological markers in patients with lower limb fractures. However, its efficacy in preventing clinical DVT events needs to be further confirmed through more rigorously designed, large-scale, multicenter randomized controlled trials.

Keywords

High-Risk Venous Thromboembolism, Lower Limb Fracture, Anti-Foot Drop, Pneumatic Traction Device

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

下肢骨折为骨科常见骨折类型之一，包括胫骨、股骨骨折，可发于易遭受暴力损伤的青壮年群体或骨密度、骨水平偏低及伴骨质疏松的老年群体[1]。此类患者无论采用保守治疗还是手术治疗，均需长期卧床及关节制动以促进患处愈合，故而下肢骨折患者极易引起坠积性肺炎、下肢静脉血栓(DVT)、足下垂等并发症的发生[2][3]。有文献表明，老年骨折患者围手术期 DVT 的发生率可能增加 7.30 倍[4]。足下垂

为骨科下肢损伤的另一严重并发症，其发病原因是因小腿的前肌群和外侧导致肌群麻痹，但小腿后肌群痉挛牵拉引起，临床表现为无法抬起前足，行走时需要拖曳病足或者该侧下肢高举迈步，造成患者行走不便。下肢骨折患者常伴有神经撕裂的肌肉骨骼损伤，或者脚踝和臀部的损伤均可能会导致神经功能障碍，造成足下垂[5]。

气压牵引带为一种可对肢体进行周期性施压以改善相应部位血液循环并缓解疼痛的物理疗法，已广泛应用于下肢骨折患者的康复训练[6]。本研究旨在观察我院设计的新型防足下垂功能的气压牵引带对下肢骨折患者深静脉血栓预防及足下垂防治中的效果，希望本文的方法和结果能为下肢骨折患者康复护理提供参考与借鉴。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

随机纳入 2022 年 1 月~2024 年 3 月在我院骨科住院的下肢骨折患者 110 例，采用随机信封法分为实验组(55 例)和对照组(55 例)，实验组和对照组男、女分别为 20、35 例和 22、33 例，平均年龄分别为(72.04 ± 16.81)、(74.53 ± 14.35)岁，DVT 评估采用 Caprini 评分为(7.58 ± 1.07)、(7.82 ± 1.11)，两组间比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。纳入标准：(1) Caprini 评分为 DVT 中高风险患者；(2) 有良好的沟通能力，可以配合完成评估列表。排除标准：(1) 有心、肝、肾等重要器官疾病者；(2) 足踝部有破损或严重瘢痕挛缩、溃疡、下肢静脉血栓、严重下肢静脉曲张、有严重跟腱及腓肠肌痉挛且手法活动无效者、踝关节已发生纤维化或骨化性强直者、肌肉强直痉挛有骨折危险的患者；(3) 对研究内容存在理解障碍，不能配合研究进行者。

Table 1. General information

表 1. 一般资料

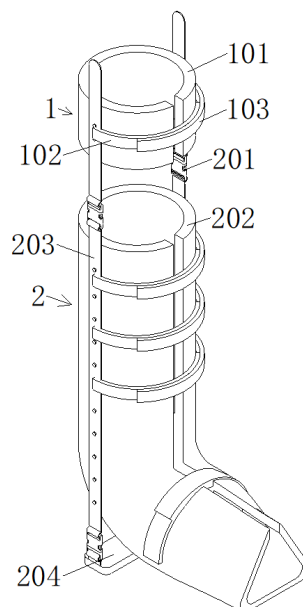
组别	年龄(岁)	男/女(例)	Caprini 评分	体质量指数(kg/m ²)
实验组(n = 25)	72.04 ± 16.81	20/35	7.58 ± 1.07	23.16 ± 1.24
对照组(n = 25)	74.53 ± 14.35	22/33	7.82 ± 1.11	23.18 ± 1.21
t/χ^2	-0.836	0.389	-1.141	-0.086
P	0.229	0.442	0.954	0.932

2.2. 方法

对照组在住院期间采用规范常规护理干预，具体内容包括：① 健康宣教：采用口头、书面形式讲解 DVT 与足下垂预防知识；② 基础康复：指导患者主动踝泵运动、股四头肌收缩训练，每日 3 次，每次 20 min；③ 体位护理：患肢抬高 15°~30°，促进静脉回流；④ 机械预防：规范使用间歇充气加压泵(IPC)，2 次/d，每次 30 min；⑤ 药物预防：无抗凝禁忌者常规使用低分子肝素皮下注射，剂量遵循科室指南；⑥ 膳食与作息指导，干预时间为 4 周。

实验组在上述常规护理基础上加用新型防治足下垂气压牵引带辅助治疗，向患者及其家属讲解治疗仪工作原理、治疗周期及预期疗效，医护人员将患者安置平卧位，将患侧下肢置入压力套并连接充气靴套的空气管，利用卡扣安装固定在患者下肢(图 1)，以约束患者的膝关节运动，限制下肢的自主及不自主运动，将防治足下垂踝部运动足托安置在患者的足部。打开操作器及定时器开关，评估患者皮肤的的压力感觉后，打开新型牵引带开关，利用操作器加压装置带动挤压小腿三头肌肌腹及擦刷腓前肌并对足部行踝泵运动，治疗初始压力设置为 100 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)，5 min 后根据患者耐受度酌情增大压

力，最高不可超过 200 mmHg，治疗时长为 30 min/次，2 次/d，10 d 为 1 个疗程，观察时间为 4 周。



新型防治足下垂气压牵引带(1、第一牵引结构；2、第二牵引结构；101、绑定带；102、粘带；103、粘布；201、连接带扣；202、牵引包覆带；203、连接织带；204、防脱踏板。)

Figure 1. An orthopedic pneumatic traction band for preventing foot drop

图 1. 一种骨科防足下垂气压牵引带

2.3. 观察指标

2.3.1. D-二聚体检查

采集两组患者空腹静脉血，检测 D-二聚体水平，评估患者静脉血栓形成情况。

2.3.2. 下肢彩色超声检查

两组患者术后 1 周、4 周时进行下肢彩色超声检查，观察下肢静脉血栓形成变化情况。

2.3.3. 踝背屈角度评估

两组患者术后 1 周、4 周时进行踝背屈角度评估，比较两组患者踝背屈角度的变化(踝关节活动正常范围 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。显效，治疗后踝背屈曲角度提高 4° 以上；有效，治疗后踝背屈曲角度提高 2° 以上；无效，治疗后踝背屈曲角度提高不足 2° 或无改善)。

2.3.4. 患者满意度

采用自制问卷调查两组患者对康复治疗的满意度，包括治疗效果、治疗过程、并发症等方面。

2.3.5. 不良事件发生率

因使用防足下垂气压牵引带导致的皮肤损伤或其他不良事件例数。

2.4. 统计分析方法

采用 SPSS 26.0 软件进行数据统计分析，定量指标描述采用算术平均数、标准差、中位数、最小值、最大值。定性指标描述采用百分数。对研究的完成情况采用描述性统计。显著性水准为双侧 0.05，若组间比较的 P 值 < 0.05 ，则认为组间差异有统计学意义。

2.5. 盲法说明

本研究结局指标(D-二聚体、超声、踝背屈角度、满意度)由未参与患者分组与干预措施实施的专职护理人员与超声医师完成评估, 未对评估者实施完全双盲, 可能存在评估偏倚, 相关局限性在讨论部分说明。

3. 结果

两组患者术后 1 周、4 周时进行下肢彩色超声检查, 均未发现新发 DVT。

3.1. 两组患者 D-二聚体变化、踝背屈角度情况的比较

比较两组在围术期 D-二聚体变化值、踝背屈角度 1 周、4 周内恢复情况, 两组在干预前评分数据差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预后, 两组患者的 D-二聚体变化值均降低, 实验组患者的评分较对照组降低幅度大, 踝背屈角度均上升, 实验组患者 1 周后的踝背屈角度较对照组明显增加, 4 周后实验组及对照组患者均趋于踝关节活动正常范围, 实验组效果更明显, 且组间数据比较均具有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2。

Table 2. Comparison of disease control between the two groups before and after intervention [points, ($\bar{x} \pm s$)]

表 2. 两组患者干预前后疾病控制情况的比较[分, ($\bar{x} \pm s$)]

组别		实验组(n = 55)	对照组(n = 55)	<i>t</i>	<i>P</i>
D-二聚体	干预前	6.12 ± 5.98	4.29 ± 5.34	1.69	0.093
	干预结束	1.05 ± 0.99	3.02 ± 2.61	-5.23	<0.001
<i>t</i>	-	6.20	1.59	-	-
<i>P</i>	-	<0.001	0.117	-	-
踝背屈角度	1 周后	15.05 ± 3.25	8.27 ± 3.51	10.51	<0.001
	4 周后	18.16 ± 2.64	14.55 ± 3.79	5.81	<0.001
<i>t</i>	-	-5.51	-9.00	-	-
<i>P</i>	-	<0.001	<0.001	-	-

3.2. 两组患者满意度、治疗依从性评分、不良事件发生率的比较

比较两组在患者满意度、治疗依从性评分, 不良事件发生率数据差异有无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者的患者满意度、治疗依从性评分比较均具有统计学意义($P < 0.05$)。不良事件发生率无差异($P > 0.05$)。详见表 3。

Table 3. Comparison of nursing satisfaction, treatment compliance scores, and incidence of adverse events between the two groups of patients [points, ($\bar{x} \pm s$)]

表 3. 两组患者护理满意度、治疗依从性评分、不良事件发生率的比较[分, ($\bar{x} \pm s$)]

	实验组(n = 55)	对照组(n = 55)	<i>t</i>	<i>P</i>
患者满意度	95.36 ± 3.25	85.29 ± 3.13	16.57	<0.001
治疗依从性	95.05 ± 2.84	80.36 ± 6.51	15.34	<0.001
不良事件发生率	0.04 ± 0.19	0.05 ± 0.24	-0.45	0.651

4. 讨论

4.1. 自制多功能足下矫正器能降低患者深静脉血栓的发生率

骨折本身即为 DVT 的高危因素，而存在股骨骨折或合并多发伤的下肢骨折患者发生 DVT 的风险更高[7]。骨折术后患者治疗过程中需要肢体制动，血液处于高凝状态，导致深静脉血栓的形成。因此，若无禁忌证，下肢骨折患者均应采取 DVT 预防措施。除药物预防以外，机械疗法也是公认有效预防高风险骨科患者 DVT 发生的手段之一[8] [9]。通过足踝和膝关节的主动运动和被动运动，可以增加股动脉血流速度，改善血液淤滞状态。我院自主研发的多功能足下矫正器采用自动加压装置，设定运动时间、频次，可以将下肢抬高并通过加压运动促进下肢静脉回流，从而降低血栓发生率，减少护理及家属护理难度，通过患者依从性分析，耐受性较高。

4.2. 自制多功能足下矫正器能降低患者足内翻、足下垂发生率

因治疗方案、患者等因素，高达 20%的骨折术后患者遗留足下垂、足外翻的后遗症，主要表现为患者肢体行走不稳，无法长期负重行走，因步态不稳导致跌倒等，严重影响患者生活质量[10]。踝足矫形器早期应用在颅脑损伤或脑卒中偏瘫患者的早期足下垂矫治中，预防足畸形和改善行走能力方面取得较好疗效[11]。我院自制的多功能足下矫正器两侧各连接 2 根牵引带，通过牵引带能调节脚的垂直高度，可有效改善因术后制动导致的非良肢位，起到预防或矫正足内翻或足外翻的作用。自制多功能足下矫正器可及早给予患者足部支撑及必要的被动训练，实现早期功能位的固定及适当功能锻炼，减少足下垂及足外翻的发生。

4.3. 提高患者满意度、降低不良事件发生率

自制多功能足下矫正器内部材料采用高弹绒毛材料，减少摩擦造成的医疗器械损伤。脚的内面为柔软的帆布材料，吸汗透气，可防止与皮肤摩擦，且在脚跟位置处设有海绵垫，与腿部装置相连接，可实现加压运动功能，自动对腿部及足底穴位进行按摩[12]。卡扣设计，穿脱方便，便于照护人员及患者本人操作，及时调节松紧，足面镂空设计，可以发现足背肿胀情况。

4.4. 与现有标准预防及康复方法的比较

本研究对照组已采用临床标准 VTE 预防方案(IPC + 低分子肝素 + 踝泵运动)，属于当前指南推荐的联合预防措施；实验组在此基础上增加防足下垂气压牵引带，在踝背屈功能改善与 D-二聚体下降方面更具优势。与传统踝足矫形器相比，本设备兼具气压按摩、被动踝泵、体位约束三重作用；与单纯间歇充气加压泵相比，本设备可同步实现足下垂预防，更适合下肢骨折制动期患者。但本设备为单中心自制装置，尚未与国际主流多功能康复设备进行头对头对比。

4.5. 研究局限性

本研究存在以下局限性：① 为单中心、小样本研究，样本量仅 110 例，外推性有限；② 未实施评估者完全盲法，可能导致踝背屈角度、满意度等主观/半主观指标存在测量偏倚；③ 随访时间仅 4 周，缺乏中长期功能与血栓事件随访数据；④ 两组均未出现临床 DVT 事件，无法准确评价设备对显性血栓的预防效果；⑤ 未进行成本 - 效果分析，推广应用的卫生经济学价值尚不明确。

5. 结论

本研究初步表明，防足下垂气压牵引带联合常规护理在改善下肢骨折患者的踝关节功能、降低 D-二

聚体水平、提升患者满意度与依从性方面具有积极潜力；但在预防临床显性 DVT 方面的有效性，仍需通过大样本、多中心、双盲随机对照试验进一步验证。

声 明

患者均签署研究知情同意书，本次研究经本院伦理委员会审核通过。

基金项目

广西壮族自治区卫生健康委员会自筹课题经费科研项目(Z-A20221101)。

参考文献

- [1] Cai, X., Wang, Z., Wang, X., Xue, H., Li, Z., Jiang, W., *et al.* (2021) Correlation between the Fracture Line Plane and Perioperative Deep Vein Thrombosis in Patients with Tibial Fracture. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, **27**, 1-8.
- [2] 杨王李, 张华. 下肢关节内骨折患者围手术期下肢深静脉血栓发生的相关预测因素及其临床诊断价值[J]. 血栓与止血学, 2022, 28(3): 990-992.
- [3] 黄苑芬, 谢培英, 曾秋华. 胫骨骨折内固定术后并发足下垂的护理措施探讨[J]. 中外医疗, 2010, 29(21): 13-14.
- [4] 任鑫, 张佳宇, 刘艳梅, 等. 老年髌部骨折患者围手术期深静脉血栓发生率的 meta 分析[J]. 中国医药导报, 2023, 20(24): 85-88.
- [5] 李桂云, 程海霞. 下肢骨折术后并发腓总神经损伤的护理效果[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22(13): 1484-1488.
- [6] 吕花会, 李大鹏, 闵昊. 自制踝泵训练器联合空气波压力治疗仪在下肢骨折术后患者中的应用观察[J]. 四川生理科学杂志, 2022, 44(2): 367-369.
- [7] 李树灏, 张堃, 冯东旭. 髌部骨折 24 小时内及延迟入院的下肢深静脉血栓发生情况分析[J]. 骨科, 2019, 10(4): 307-313.
- [8] Camporese, G., Bernardi, E., Prandoni, P., Noventa, F., Verlato, F., Simioni, P., *et al.* (2008) Low-Molecular-Weight Heparin versus Compression Stockings for Thromboprophylaxis after Knee Arthroscopy. *Annals of Internal Medicine*, **149**, 73-82. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-149-2-200807150-00003>
- [9] 李晓燕. 专业化护理对骨科术后深静脉血栓的预防观察[J]. 河南医学高等专科学校学报, 2018, 30(5): 476-478.
- [10] 张永锋, 杨团民, 李鹏飞. 骨搬移术后并发症 25 例临床分析[J]. 陕西医学杂志, 2016, 45(10): 1336-1338.
- [11] 方艳艳, 胡郁, 蒋梅梅. 多功能可调式足下垂矫正鞋在重型颅脑损伤患者康复中的应用[J]. 上海护理, 2021, 21(4): 69-71.
- [12] 苏亚. 穴位按摩对全髋关节置换术后患者运动功能恢复的临床疗效观察[J]. 中国民康医学, 2017, 29(11): 12-13, 43.