

## 一种用于长期卧床患者可调节加热脚垫的设计与应用

金惠洁<sup>1</sup> 张敏珠<sup>2</sup> 金惠林<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 桐乡市第二人民医院脑外科, 浙江桐乡 314500; <sup>2</sup> 嘉兴市王店人民医院老年慢病管理科, 浙江嘉兴 314000;

<sup>3</sup> 桐乡市中医医院老年医学科, 浙江桐乡 314500

通信作者: 金惠林, Email: jinyizhen7941@aliyun.com

**【摘要】** 心肺疾病卧床患者、老年长期卧床患者、部分手术患者需要将下肢抬高至高于心脏位置。通常, 将患者下肢抬高的途径为在下肢下方垫一些衣物、毛毯或腿垫等较软的物体作为垫高物。这种方式易使患者小腿部的受力不均匀, 导致血管压迫, 造成患者的不适感。为了解决这些问题, 桐乡市第二人民医院脑外科医务人员基于生物力学原理设计了一种集高度调节、压力分散及加热功能的多模态脚垫装置, 并已获国家实用新型专利(专利号: ZL 2021 2 3217248.8)。该装置由底板、垫板、凸起块、转动轴、固定轴、支撑架、斜槽、搁脚槽、绑腿带、连接带、延伸板、驱动马达、电源线组成, 通过可旋转垫板与斜槽式支撑架实现 15°~45° 的角度调节, 结合人体工程学设计的弧形搁脚槽与智能温控系统, 可精准适配个体解剖特征。使用方法为将可调节脚垫放在平坦床上, 患者小腿放置于搁脚槽内, 用绑腿带固定, 调节到舒适高度, 打开智能温控系统进行加热, 促进肢体血液循环。该装置通过多维度干预策略, 在机械预防基础上叠加物理治疗效应, 为下肢深静脉血栓(LE-DVT)的预防提供了创新性的解决方案。可调节加热脚垫简单易学、舒适、使用方便, 能减少 LE-DVT 形成等并发症, 进而减轻患者的经济负担, 改善生活质量, 提高患者和家属的满意度, 值得临床推广。

**【关键词】** 可调节脚垫; 下肢深静脉血栓; 专利

**基金项目:** 国家实用新型专利(ZL 2021 2 3217248.8)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.01.021

### Design and application of an adjustable heating foot pad

Jin Huijie<sup>1</sup>, Zhang Minzhu<sup>2</sup>, Jin Huilin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Brain Surgery, the Second People's Hospital of Tongxiang City, Tongxiang 314500, Zhejiang, China;

<sup>2</sup>Department of Management of Chronic Diseases in the Aged, Wangdian People's Hospital of Jiaxing City, Jiaxing 314011, Zhejiang, China; <sup>3</sup>Department of Gerontology, Tongxiang City Hospital of Traditional Chinese Medicine, Tongxiang 314500, Zhejiang, China

Corresponding author: Jin Huilin, Email: jinyizhen7941@aliyun.com

**【Abstract】** Bedridden patients with cardiopulmonary diseases, elderly long-term bedridden patients, and certain postoperative patients require elevation of their lower limbs to a position above the heart. Traditionally, this is achieved by placing items such as clothing, blankets, or soft objects like leg pads under the lower limb as cushions. However, this method can lead to uneven force distribution on the patient's legs, potentially causing vascular compression and discomfort. To address these issues, the medical staff of department of brain surgery of the Second People's Hospital of Tongxiang City had developed a multi-functional foot pad device incorporating height adjustment, pressure dispersion, and heating functions, based on biomechanical principles. This device has been granted a National Utility Model Patent of China (patent number: ZL 2021 2 3217248.8). The device consists of a cushion plate, a backing plate, a raised block, a rotating shaft, a fixed shaft, a support frame, a chute, a footrest, a gaiter strap, a connecting belt, an extension plate, a drive motor, and a power cord. It allows for angular adjustments ranging from 15°–45° through the use of a rotating backing plate and a chute-supported frame. The arc-shaped footrest, designed ergonomically, and an intelligent temperature control system enable precise adaptation to individual anatomical characteristics. The usage procedure involves placing the adjustable foot pad on a flat bed, positioning the patient's leg in the footrest, securing it with the gaiter strap, adjusting it to a comfortable height, activating the intelligent temperature control system for heating, and promoting limb blood circulation. This device offers an innovative solution for preventing lower extremity deep vein thrombosis (LE-DVT) by employing a multi-dimensional intervention strategy that combines mechanical prevention with physical therapy effects. The adjustable heating foot pad is easy to operate, provides comfort and convenience, and reduces complications such as LE-DVT formation, thereby alleviating the economic burden on patients, enhancing quality of life, and increasing patient and family satisfaction. It is highly suitable for clinical application.

**【Key words】** Adjustable foot pads; Lower extremity deep venous thrombosis; Patent

**Fund program:** National Utility Model Patent of China (ZL 2021 2 3217248.8)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.01.021

下肢深静脉血栓(lower extremity deep vein thrombosis, LE-DVT)是一种常见的静脉血栓形成疾病。LE-DVT形成可能会导致肺栓塞等严重并发症, 对患者的生命造成威胁。因此, 预防 LE-DVT 对于特定高危人群至关重要<sup>[1]</sup>。腿垫作

为一种辅助预防 LE-DVT 的工具, 其设计和应用对于预防静脉血栓形成有积极意义, 它可以通过抬高下肢的高度, 促进血液循环, 减少静脉淤血, 从而降低 LE-DVT 的风险。此外, 有些心肺疾病、下肢水肿患者也需要抬高下肢, 促进血液回

流。腿垫还可以提供舒适的支撑,减轻下肢疲劳,对于长时间坐卧的患者或长途旅行的人来说有重要意义<sup>[2]</sup>。

腿垫的设计与应用对 LE-DVT 的形成也有预防作用,特别是对于静脉血栓症的预防和治疗有重要的临床意义。为此,桐乡市第二人民医院脑外科医务人员特设计了一种可调节脚垫用于长期卧床患者,并获得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2021 2 3217248.8)。现介绍如下。

### 1 可调节加热脚垫的设计思路

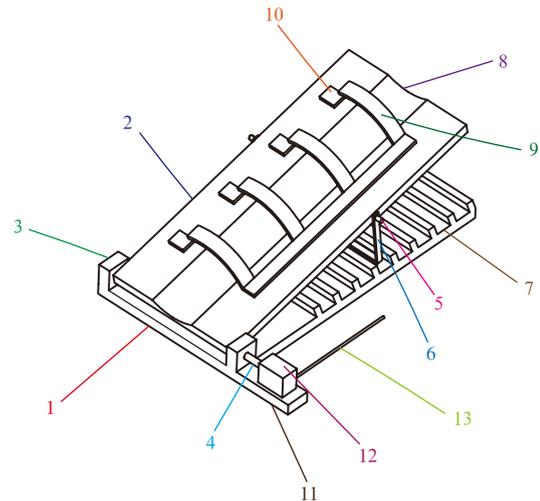
心肺疾病卧床患者、老年长期卧床患者、部分手术患者需要将下肢抬高至高于心脏位置。通常将患者下肢抬高的途径为在下肢下方垫一些衣物、毛毯或腿垫等较软的物体作为垫高物。这种方式易导致患者小腿部受力不均匀,造成血管压迫,也会使患者产生不适感。因此本科医务人员特设计了这款可调节脚垫。

### 2 可调节加热脚垫的结构和使用方法

**2.1 可调节加热脚垫的结构和功能(图 1):**本实用新型装置包括底板(图 1-1)和垫板(图 1-2),其中底板的一端两侧设置有凸起块(图 1-3),凸起块之间设置有转动轴(图 1-4),垫板连接在转动轴上;垫板的两个侧面设置有固定轴(图 1-5),固定轴上安装有支撑架(图 1-6);底板顶部上设置有若干斜槽(图 1-7)。

垫板可以通过转动轴转动,转动后,垫板倾斜,用于为患者垫脚。垫板倾斜后,通过将支撑架卡合到斜槽内,从而使得支撑架起到支撑垫板的作用。这样,患者可以将小腿放置到倾斜的垫板上起到垫脚的效果,并将减少了患者在垫脚过程中产生的不适感。具体地,在抬起垫板后,支撑架可以绕固定轴转动,根据支撑架转动角度的不同,支撑架所卡合的斜槽位置不同,从而调节垫板的角度的调节。在一种可能的实现方式中,该装置垫板顶部设置有搁脚槽(图 1-8),搁脚槽的表面设置有填充棉。搁脚槽为一个弧槽,更加贴合患者小腿外形,同时,搁脚槽表面有填充棉,进一步提高了患者垫脚时的舒适度。搁脚槽的一侧设置有绑腿带(图 1-9),另一侧设置有连接带(图 1-10),连接带用于固定所述绑腿带。患者将小腿放置进搁脚槽内后,通过将绑带的一端固定到连接带上,从而实现通过绑带固定患者的小腿,减少了患者小腿从垫板上意外滑落的可能性。绑腿带和连接带的固定连接方式可以采用魔术贴、纽扣等。绑腿带内设置有电热丝,电热丝可以为患者小腿进行供暖,以减少患者着凉的可能性。底板的一侧向外延伸形成延伸板(图 1-11),延伸板上设置有驱动马达(图 1-12),驱动马达连接转动轴,通过驱动马达来转动转动轴,更加省力。转动轴与垫板的连接部分采用梅花孔的形式,这样,转动轴除了带动垫板转动外,还起到了固定垫板角度的作用。延伸板上连接有电源线(图 1-13)。电源线外接电源,用于为驱动马达及电热丝供电。电源线与驱动马达及电热丝之间的电路连接为现有技术。

**2.2 使用方法:**患者将小腿放置进搁脚槽内后,通过将绑带一端固定到连接带上,从而实现通过绑带固定患者小腿,并



注:1 为底板,2 为垫板,3 为凸起块,4 为转动轴,5 为固定轴,6 为支撑架,7 为斜槽,8 为搁脚槽,9 为绑腿带,10 为连接带,11 为延伸板,12 为驱动马达,13 为电源线

**图 1 一种用于长期卧床患者的可调节加热脚垫的结构示意图**

调节到舒适高度的目的。

**2.3 改进和调整:**值得一提的是,对于本领域的技术人员而言,仍然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,包括舒适度的调节、加热、电动化等改造,或对其中部分技术特征进行等同替换,凡在本实用新型专利的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型专利的保护范围。

### 3 讨论

**3.1 可调节脚垫的重要性:**静脉血栓是一种常见的血管疾病,主要发生在下肢深静脉,严重时可导致肺栓塞等并发症,进而影响患者的生活质量和健康状况<sup>[3-4]</sup>。LE-DVT 形成的原因主要有长期卧床、下肢压迫、血流缓慢、高凝状态、管壁损伤、药物等。LE-DVT 的预防和治疗一直备受关注,长期卧床患者要定期翻身,抬高下肢,促进下肢血液循环,及时使用抗凝药物等<sup>[5-6]</sup>。而该可调节加热脚垫作为一种辅助性的防治手段逐渐受到重视,对静脉血栓形成的影响体现在以下 3 个方面:① 改善下肢血液循环:研究表明,合理使用可调节加热脚垫可改善下肢血液循环。通过调节脚垫的高度和角度,减轻下肢静脉压力,促进血液回流,从而改善下肢的血液循环状况<sup>[7]</sup>。② 减轻下肢静脉压力:静脉血栓的形成与下肢静脉压力的增加有关,而合适的脚垫可通过支撑和缓解下肢压力,减轻静脉压力,有助于预防静脉血栓的发生<sup>[8]</sup>。③ 促进静脉血液回流:合理使用可调节加热脚垫能调整下肢姿势和支撑,有助于促进静脉血液回流,减少血液在下肢的滞留,从而降低静脉血栓形成的风险。综合以上研究和分析可得出结论,合理使用可调节加热脚垫对于预防和治疗 LE-DVT 具有重要意义。通过改善下肢血液循环、减轻下肢静脉压力、促进静脉血液回流等,有助于降低 LE-DVT 的发生率,对 LE-DVT 的防治有积极意义<sup>[9]</sup>。

**3.2 传统脚垫的缺点:**不能提供足够的支撑和压力分布,容易滑脱,无法适应个体的脚型和腿型。因此,一些新型脚垫

的设计采用了更先进的材料和技术,以提供更好地支撑和压力分布,从而更好地预防 LE-DVT 的发生<sup>[10]</sup>。

**3.3 该可调节加温脚垫专利产品的优点:**① 操作方便,固定良好,将可调节脚垫放在平坦床上,患者的小腿放置于搁脚槽内,用绑腿带固定。② 本专利产品可根据腿脚的大小,需要的高度,调节到舒适和科学的高度,减轻下肢静脉压力,促进血液回流。③ 本专利产品可进行加热,促进肢体血液循环。

综上所述,可调节加热脚垫使用方法简单易学,舒适度高,能减少 LE-DVT 等并发症,进而减轻患者的经济负担,改善生活质量,提高患者和家属的满意度,值得临床推广。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

[1] Dai HT, Chai SL, Yao Y, et al. Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis using microfluidic vein chip [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2023, 11: 1281503. DOI: 10.3389/fbioe.2023.1281503.

[2] 苏若琼, 黄丽, 欧永强, 等. 多功能下肢静脉血栓防治垫的研制与应用 [J]. *医疗卫生装备*, 2017, 38 (11): 27-30, 34. DOI: 10.7687/j.issn1003-8868.2017.11.027.

[3] 吴济强, 王学珍, 姜纹姣, 等. 住院患者下肢深静脉血栓形成位置与肺栓塞发生部位的特点分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34 (11): 1148-1153. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-2022.0421-00398.

[4] 中国老年医学学会重症医学分会, 浙江省重症医学临床医学研究中心. 老年重症患者静脉血栓栓塞症预防中国专家共识 (2023) [J]. *中华危重病急救医学*, 2023, 35 (6): 561-572. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20230502-00329.

[5] 陈颖, 秦贤, 王敬东, 等. 三级医院危重症患者下肢深静脉血栓形成的危险因素分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2021, 28 (2): 189-193. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.02.014.

[6] 张冬, 余艳琴, 刘静怡, 等. 抗凝治疗在危重型新型冠状病毒肺炎合并静脉血栓栓塞症中的应用 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2021, 28 (3): 267-269. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.03.003.

[7] Hillegass E, Lukaszewicz K, Puthoff M. Role of physical therapists in the management of individuals at risk for or diagnosed with venous thromboembolism: evidence-based clinical practice guideline 2022 [J]. *Phys Ther*, 2022, 102 (8): pzac057. DOI: 10.1093/ptj/pzac057.

[8] Sachdeva A, Dalton M, Lees T. Graduated compression stockings for prevention of deep vein thrombosis [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 11 (11): CD001484. DOI: 10.1002/14651858.CD001484.

[9] Kakkos S, Kirkilesis G, Caprini JA, et al. Combined intermittent pneumatic leg compression and pharmacological prophylaxis for prevention of venous thromboembolism [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2022, 1 (1): CD005258. DOI: 10.1002/14651858.CD005258.pub4.

[10] Kahn SR, Lim W, Dunn AS, et al. Prevention of VTE in nonsurgical patients: antithrombotic therapy and prevention of thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines [J]. *Chest*, 2012, 141 (2 Suppl): e195S-e226S. DOI: 10.1378/chest.11-2296.

(收稿日期: 2024-07-04)

(责任编辑: 邸美仙)

## • 科研新闻速递 •

### 2005 至 2022 年澳大利亚和新西兰重症监护病房急性低氧性呼吸衰竭的流行病学

#### —— 一项基于登记的两国研究

急性缺氧性呼吸衰竭 (AHRF) 是重症监护病房 (ICU) 入院的常见原因。然而, 患者特征、结果和随时间变化的趋势尚不清楚。近期有澳大利亚学者进行了一项多中心回顾性观察性研究, 旨在调查 AHRF 的流行病学与院内病死率的关系, 以及过去 20 年入住 ICU 患者的趋势。研究来自澳大利亚及新西兰重症监护学会结果与资源评估中心 (ANZICS) 的成人患者数据库 (APD) 的数据, ANZICS-APD 是一个自愿的、双国的临床质量注册数据集, 由 ANZICS 结果与资源评估中心收集, 包含了 98% 的澳大利亚和 67% 的新西兰 ICU 患者的所有入院信息。在这项基于注册的双国研究中, 纳入了 2005 至 2022 年所有在澳大利亚或新西兰 ICU 入院的成年患者, 这些患者在 ICU 住院的前 24 h 内进行了动脉血气分析。AHRF 被定义为氧合指数 ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ )  $\leq 300$  mmHg (1 mmHg  $\approx 0.133$  kPa)。文章采用标准描述性统计方法, 对患者 ICU 基线水平特征及未调整的结局进行了总结。为了分析 AHRF 与院内病死率之间的关联, 研究构建了一个多变量、分层的逻辑回归模型。将患者嵌套在地点内, 并将地点视为随机效应。使用因果有向无环图 (DAG) 确定在 AHRF 到院内病死率的因果路径中需要调整的最小协变量集 (ESM)。使用  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  定义 AHRF 的严重程度, 并将其建模为使用限制性立方样条的连续非线性变量, 具有 4 个节点。调查整体队列中调整后的院内病死率趋势, 并根据 AHRF 的严重程度将患者进行分层 [无 AHRF ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 300$  mmHg)、轻度 AHRF ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  为 200 ~ 300 mmHg)、中度 AHRF ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  为 100 ~ 200 mmHg) 和重度 AHRF ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$  mmHg)]。通过估计绝对风险降低 (ARR) 及其相应的 95% 可信区间 (95%CI) 来描述这些变量随时间的变化情况。为了确定这些变化是否在 AHRF 类别之间存在差异, 研究引入了时间与各个 AHRF 类别之间的交互项。仅纳入所有协变量完整数据的患者进行分析。研究主要结果为调整后的院内病死率。研究调查了调整后的病死率如何根据时间变化趋势 (按入院时间)、性别、年龄、入院诊断和机械通气的接受情况而演变。结果: 在 1 560 221 例患者中, 826 106 例 (53.0%) 在 ICU 住院的前 24 h 内出现或发展为 AHRF。在 826 106 例患者中, 51.4% 为轻度, 39.3% 为中度, 9.3% 为重度 AHRF。与无 AHRF (5.3%) 的患者相比, 轻度 (8.0%)、中度 (14.2%) 和重度 (29.9%) AHRF 患者的院内病死率更高。随着  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  降低, 调整后的院内病死率逐渐增加, 特别是在  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  低于 200 mmHg 的拐点以下。所有患者的调整后院内病死率随时间下降 (2005 年为 13.3%, 2022 年为 8.2%), 这一趋势在有和无 AHRF 的患者中相似。研究人员据此得出结论: 由于 AHRF 造成的医疗负担可能比预期更大, 且重度 AHRF 的病死率仍很高。尽管病死率随时间下降, 但这可能反映了 ICU 护理的改善, 而不是 AHRF 的特定改善。需要更多研究以更早识别 AHRF, 并对这些有恶化风险的患者进行分层, 以验证该研究的结果。

杜斌推荐, 蒋佳维、李银平编译自《Intensive Care Med》, 2024, 50 (11): 1861-1872