

四肢清创换药体位管理电动可调式移动操作台的研发设计及在血栓预防中的应用

侯艳 赵丹

石嘴山市第一人民医院 宁夏 石嘴山 753200

摘要：静脉血栓栓塞症（VTE）是住院患者，特别是创伤、术后及长期卧床患者的严重并发症。四肢清创换药作为临床常见操作，其过程中的体位管理不当易导致患者下肢静脉血流淤滞，增加深静脉血栓（DVT）风险。本文针对此临床痛点，提出并研发了一款集电动高度调节、多角度倾斜、肢体精准定位与物理预防功能于一体的移动式操作台。该设备基于人机工程学原理进行结构设计，采用符合YY 0505标准的电磁兼容性控制系统，并融入Caprini/Padua VTE风险评估量表指导下的智能干预策略。文章重点阐述了该设备如何深度融入临床工作流程，作为VTE风险评估后物理预防的执行平台，并探讨了其在骨科、急诊、ICU、康复科等多学科场景下的定制化应用策略。研究表明，该操作台通过将换药这一高频操作环节转化为血栓预防的“黄金窗口”，不仅优化了医护人员的工作体验，提升了患者舒适度，更重要的是实现了VTE物理预防的主动化、精准化和常态化，为构建以患者为中心的综合防治体系提供了创新的器械解决方案。

关键词：清创换药；体位管理；电动可调式操作台；深静脉血栓；物理预防

引言

静脉血栓栓塞症（VTE）涵盖深静脉血栓形成（DVT）和肺血栓栓塞症（PE），是住院患者非预期死亡主因之一。未经预防的住院患者DVT发生率高达10%-40%，其中，因创伤等需四肢清创换药的患者，因活动受限等因素成为VTE极高危人群。传统清创换药操作弊端多：固定高度操作平面不符人体工学，易致医护人员劳损；临时垫枕调整患者体位稳定性差、角度不可控，干扰无菌区，增加交叉感染风险；患者下肢被动状态阻碍腓肠肌泵功能，减慢静脉回流，利于血栓形成。目前，VTE预防措施有药物和物理预防，但药物有出血风险，部分患者不适用；物理预防设备独立运行，与换药操作平台分离，无法同步预防，存在“时间窗口”空白^[1]。基于此，本研究研发“四肢清创换药体位管理电动可调式移动操作台”，融合换药操作与VTE物理预防功能，减少血栓风险，优化医护人员工作体验。本文将详述其研发设计、关键技术、质量管理体系及应用整合策略。

1 研发设计与技术实现

1.1 总体架构与功能模块

本操作台的设计目标是打造一个集多功能于一体的集成化工作平台。其总体架构可分为四大核心功能模块：（1）电动可调支撑系统：负责整体高度和台面倾斜角度的精确、平稳调节。（2）肢体精准定位系统：为患者四肢提供稳定、可调的支撑与固定，确保最佳操作体

位。（3）移动与制动系统：保证设备在病房、换药室等不同场景间的灵活转运与安全驻停。（4）智能控制与物理预防集成系统：作为设备的“大脑”，协调各模块运行，并可选配IPC/VFP等物理预防模块。

1.2 机械结构设计

1.2.1 主体框架与材料选择

主体框架采用高强度铝合金型材，兼顾轻量化与结构刚性。所有外露表面均使用医用级316L不锈钢或抗菌ABS工程塑料。316L不锈钢具有优异的耐腐蚀性和生物相容性，表面经电解抛光处理，达到 $Ra \leq 0.8\mu m$ 的粗糙度，极大降低了细菌附着的可能性，便于日常清洁与消毒。抗菌ABS塑料则添加了银离子等长效抗菌剂，符合ISO 22196抗菌性能测试标准，能有效抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见院内致病菌的生长。

1.2.2 电动可调支撑系统

该系统由两套独立的电动推杆驱动，分别控制台面高度（范围：600mm-1000mm）和头/脚端的倾斜角度（范围： -15° 至 $+30^\circ$ ）。电动推杆选用静音直流电机，内置过载保护和自锁功能，确保在断电情况下仍能维持当前姿态，保障患者安全^[2]。升降和倾斜速度设定为平缓的15mm/s和 $2^\circ/s$ ，避免因动作过快给患者带来不适。

1.2.3 肢体精准定位系统

台面两侧配备可拆卸、可旋转的肢体托架。托架表面覆盖柔软的记忆海绵，并外包防水、防渗漏的医用硅

胶套，可根据患者肢体粗细和换药部位进行360°旋转及多档位高度微调。托架内部预埋了标准化接口，可快速连接IPC或VFP的气囊套筒，实现物理预防功能的无缝集成。

1.2.4 移动与制动系统

底部安装四个直径125mm的医用级聚氨酯万向轮，其中两个带中央机械锁止装置，另两个带方向锁定功能。根据医疗设备移动底座设计规范，该配置确保了设备在推动时的灵活性和在驻停时的绝对稳定性，即使在光滑的地面上也能承受动态冲击载荷，防止意外滑动。

1.3 控制系统设计

1.3.1 人机交互界面(HMI)

控制面板位于操作者正前方，采用7英寸工业级电容触摸屏。界面设计严格遵循IEC 62366-1人因工程标准，布局简洁直观。借鉴“黄金三角”布局法则，将最常用的“上升/下降”、“头高/头低”按钮置于右手拇指易于触及的热区（距肘部自然下垂位置约900-1200mm），关键状态信息（如当前高度、角度、运行状态）则显示在左下方的数据凝视区^[3]。所有触控按键直径均 $\geq 15\text{mm}$ ，间距 $\geq 5\text{mm}$ ，确保医护人员佩戴手套时也能准确操作。

1.3.2 核心控制逻辑与安全标准

控制系统以ARM Cortex-M系列微控制器为核心，软件设计采用模块化架构。系统严格遵循ISO 13485医疗器械质量管理体系要求进行开发，并满足YY 9706.102-2021（等同于IEC 60601-1-2:2014）关于电磁兼容性的强制性标准。通过合理的PCB布局、屏蔽和滤波设计，确保设备在复杂的医院电磁环境中（如靠近监护仪、除颤仪）稳定可靠运行，不会对其他设备产生干扰，也不会因外部干扰而误动作。

1.3.3 物理预防功能集成

控制系统预留了标准通信接口（如RS-485或CAN总线），可与外接的IPC/VFP主机进行联动。当操作台完成体位调整后，医护人员可通过控制面板一键启动物理预防程序。系统内置Caprini（外科）和Padua（内科）VTE风险评估量表电子版，医护人员输入患者基本信息后，系统可自动计算风险评分，并根据指南推荐相应的预防方案（如压力值、循环周期），实现个体化的精准预防。

2 感染控制与人机工程学考量

2.1 感染控制设计要点

作为直接接触患者的医疗器械，感染控制是设计的重中之重。本操作台严格遵循《换药室感染预防与控制规范》：（1）区域划分：台面设计有明确的“清洁区”和“污染区”标识线。清洁区用于放置无菌敷料包、器械盘等，污染区则用于承接废弃敷料和污染物。（2）无

缝化设计：台面与侧板、托架等部件尽可能采用一体成型或无缝拼接工艺，缝隙宽度严格控制在0.5mm以内，杜绝卫生死角。（3）易清洁性：所有表面均为非多孔、光滑材质，可耐受常规的含氯消毒剂、酒精等擦拭消毒，支持一用一消毒。

2.2 人机工程学优化

设计充分考虑了医护人员和患者的双重需求：（1）医护人员：电动调节功能消除了体力搬运和手动调整的负担，将操作者的腰部负荷降至最低，有效预防职业伤害。符合人体工学的控制面板布局减少了认知负荷和操作失误。（2）患者：平稳、安静的调节过程减少了患者的紧张感。可定制的肢体支撑和舒适的体位显著提升了换药过程中的舒适度，尤其对于疼痛敏感的患者更为友好。

3 临床应用场景与整合策略

3.1 作为VTE风险评估后的物理预防执行平台

在患者入院时，医护人员依据Caprini或Padua量表完成VTE风险评估。对于被评定为中高危的患者，预防方案即被制定。当此类患者需要进行四肢清创换药时，该操作台便成为执行物理预防的理想载体。医护人员将患者转移至操作台上后，首先根据伤口位置和患者舒适度，利用电动调节功能将患肢精确抬高至15-30度的最佳角度，以利用重力促进静脉回流^[4]。随后，通过操作台集成的接口，快速连接IPC或VFP设备，并在控制面板上启动预设的预防程序。这样，在整个换药过程中，物理预防措施得以同步、不间断地进行，有效填补了传统模式下的预防空白。

3.2 在多学科协作(MDT)模式下的应用

对于复杂创面（如糖尿病足、大面积烧伤），往往需要外科、内分泌科、康复科等多学科团队共同参与诊疗。该操作台的标准化、模块化设计使其成为MDT查房和联合处置的理想工具。其稳定的体位支撑确保了不同专业医生在检查和处理创面时视角的一致性；其集成的物理预防功能则体现了以患者为中心、多维度协同管理的理念，将血栓预防意识贯穿于每一次接触患者的环节之中。

3.3 在特殊科室的定制化应用

急诊科：面对急性创伤患者，快速、安全的体位管理至关重要。该操作台的快速电动调节功能可以迅速将患者置于休克体位（头低脚高位）或便于清创的体位，同时为后续可能的长时间观察和处理提供血栓预防支持。

重症监护室(ICU)：ICU患者普遍为VTE极高危人群，且常伴有多种管路。操作台的精细调节能力和稳定的制动系统，可以在不牵拉管路的前提下，安全地为患

者进行换药,并同步实施物理预防^[5]。

康复医学科:在创面愈合的后期,康复训练与换药常常结合进行。该操作台可以作为过渡性训练平台,在换药的同时,通过调整体位帮助患者逐步适应坐立或站立姿势,促进功能恢复。

3.4 与信息化系统的对接

长远来看,该操作台的智能控制系统可进一步与医院信息系统(HIS)和护理信息系统(NIS)对接。患者的VTE风险评估结果、预防医嘱等信息可以直接传输至操作台,实现“评估-决策-执行”的闭环管理。每次使用操作台进行换药和预防的数据(如体位参数、预防时长)也可自动记录并上传,为临床质控和科研提供宝贵的真实世界数据(Real-World Data, RWD)。

4 核心价值体现

核心价值在于实现了从“被动应对”到“主动预防”的理念转变。传统观念中,清创换药被视为一项单纯的局部伤口处理操作,其对全身性并发症(如VTE)的潜在影响常被忽视。本设备的设计正是基于对这一系统性风险的深刻洞察,将换药这一高频次、高风险的操作环节,巧妙地转化为一个实施血栓预防的“黄金窗口”^[6]。这种整合式设计的优势是多方面的。首先,它极大地提升了物理预防措施的依从性。在繁忙的临床工作中,要求医护人员在换药之外再单独为患者设置一套物理预防设备,无疑增加了工作负担,容易导致遗漏。而将预防功能内嵌于操作平台,则使其成为换药流程中自然而然的一部分,从根本上解决了依从性难题。其次,它实现了预防的精准化和个体化。通过与VTE风险评估量表的联动,设备能够根据不同患者的风险等级,自动匹配最合适的预防参数,避免了“一刀切”式的预防策略,提高了预防的有效性和安全性。此外,该设备的应用也契合了现代医疗对效率和人文关怀的双重要求。对

医护人员而言,它解放了双手,降低了体力消耗和职业伤害风险,使他们能更专注于伤口本身的处理。对患者而言,它提供了更舒适、更安全的就医体验,减少了因体位不适带来的痛苦和焦虑,体现了以患者为中心的服务理念。

5 结语

四肢清创换药体位管理电动可调式移动操作台是一款集成了先进设计理念与临床需求的创新医疗器械。它不仅解决了传统换药操作中的体位管理难题和医护人员的职业健康问题,更重要的是,通过将科学的体位管理与物理预防技术相结合,为高危患者提供了一道有效的血栓防线。其在临床 workflow 中的深度整合策略,展现了从被动治疗向主动预防转变的巨大潜力。因此,该设备具有广阔的临床应用前景和推广价值,有望成为现代医院预防VTE综合策略中的重要组成部分。

参考文献

- [1]刘玉英,丁雪晶,周疆.开放性伤口清创缝合及换药指南[J].家庭科学,2024,(04):49.
- [2]焦晓春,周琴,曹效亲,等.一种可调节换药用护理支架的设计[J].医疗卫生装备,2024,45(08):110-112. DOI:10.19745/j.1003-8868.2024162.
- [3]王文艳,柴瑞宝.多功能换药车在手术室中的应用及护理效果研究[J].实用临床护理学电子杂志,2020,5(05):116.
- [4]杨莉琴,李强,闫振成,等.多功能清创换药床的设计与应用[J].重庆医学,2021,50(03):445-448.
- [5]王莎莎,便捷式换药护理车.山西省,晋城大医院,2023-11-24.
- [6]郭伟娟,王红红.多功能PICC病房专用换药车的设计[J].医疗卫生装备,2021,42(07):104-105+108.