

一种跖屈及背伸康复训练计数仪的设计与实现

马骏¹, 曹莎莎²

(阜阳市人民医院 1.设备科; 2.骨科运动医学与关节镜病区, 安徽 阜阳 236003)

摘要: **目的** 设计一款用于足踝关节康复训练的具有跖屈、背伸及计数功能的设备, 并制作出样机。**方法** 基于市场上可购得的磁感计数器、木板、弹簧、胶带等物品, 按照设计尝试制作康复训练计数仪样机。**结果** 成功设计出样机并进行了总结讨论, 该样机具有足踝关节康复训练及计数功能。**结论** 该设备适用于足踝康复训练且具有计数功能, 同时为类似产品的开发与设计提供了一种新的思路。

关键词: 踝关节; 跖屈; 背伸; 康复训练; 计数仪

中图分类号: TH77

Design and implementation of a counting device for plantar flexion and dorsi flexion rehabilitation training

MA Jun¹, CAO Shasha²

(1. Department of Equipment; 2. Orthopedic Sports Medicine and Arthroscopy Ward, Fuyang People's Hospital, Fuyang, Anhui 236003, China)

Abstract: **【Objective】** To design a device with plantar flexion, dorsi flexion, and counting functions for ankle joint rehabilitation training, and produce a prototype. **【Methods】** Based on market available magnetic induction counters, wooden boards, springs, tapes, and other items, we attempted to create a prototype of a rehabilitation training counter according to the design. **【Results】** We have successfully produced a prototype and conducted a summary discussion. The prototype has ankle joint rehabilitation training and counting functions. **【Conclusion】** This device can be used for ankle joint rehabilitation training and has a counting function, and it also provides a new idea for the development and design of similar products.

Keywords: ankle joint; plantar flexion; dorsi flexion; rehabilitation training; calculating instrument

人体的站立、行走、跑跳等动作, 与足踝的作用密切相关。踝关节属于人体重要承重关节, 由于运动不当、意外事故、疾病、老化等多种因素造成的足踝关节损伤屡见不鲜, 如扭伤、神经损伤、炎症、代谢性疾病、肿瘤等^[1]。严重足踝损伤需要手术治疗, 术后普遍都需要进行功能锻炼以及康复运动, 但功能康复训练往往是枯燥且痛苦的。关于脚踝的康复训练, 勾脚尖称为背伸, 绷脚尖称为跖屈。研究表明, 患者每天需要做几十或几百次训练, 以缓解关节僵硬、促进足踝血

液循环、促进韧带及神经重塑、增加肌肉力量、预防静脉血栓。但总的来说, 一部分患者的依从性较差, 并且有他们自己的理由^[2]。部分患者时常由于意志力不坚定, 或害怕疼痛, 或感到麻烦而不能坚持锻炼。家属无法有效监督, 常规护理干预措施主要以疾病为护理干预重点, 无法改善患者因疼痛、肿胀等因素引起的焦躁、不耐烦等不良心理, 致使不愿积极配合治疗训练, 最终影响康复效果。更有患者持无所谓的态度, 认为休息一段时间就会康复, 从而缺乏主动训练积极性。

其实不然,适当的休息是需要的,但并不是治疗的全部,科学的康复训练同样不可少。此外,客观事实还包括下肢患者在康复初期下肢运动能力较弱^[3],必须采取正确、适宜的治疗与康复训练,才能取得良好的疗效,尽量减少后遗症的发生。

本文设计了一种跖屈及背伸康复训练计数仪,该计数仪具有跖屈训练与背伸训练二合一的功能。通过患者足踝的运动控制磁感计数器的磁感闭合接触,完成单次计数,从而达成对患者康复训练的定量计数管理。该计数仪具有计数清零功能。

该设备已申请实用新型专利(专利号:ZL 2022 2 1305509.3)。

1 计数仪方案设计

踝关节只需要在小范围内活动,因此设计无需过于复杂^[4]。计数仪依据人体工程学原理,利用患者足踝前后运动产生的机械力,带动磁感应装置的吸合,完成单次计数。在本设计中,足踝运动的方式包括两种,即跖屈与背伸。单次计数必须有患者足踝运动的参与方可实现。本设计的运行需要小负荷的电能,普通的两节 5 号干电池即可实现供电需求。

在非工作状态下,计数仪的磁感应装置是断开的,不会实现计数功能。在工作状态时,患者可在床上坐直,计数仪也同样水平高度放在床上。将患者的一侧下肢通过胶带的方式固定在计数仪上。按照治疗师要求,将一侧下肢调整固定至合适、舒适、能达成有效训练的位置。确保计数仪供电正常,将计数仪电源打开并确保计数清零。

按照治疗计划,在治疗师的监督指导下,患者即可开始当日的康复训练。例如,当日患者计划跖屈训练、背伸训练各 100 次,且先完成跖屈训练,再开始背伸训练,则只要患者进行有效跖屈动作 1 次,则计数器即计数 1 次,直至计数器数值显示“100”,则跖屈训练完成,之后再以相同的方式完成 100 次背伸训练。在以上过程中,无论是康复师或是患者本人都无需自行人工计数。患者使用该计数仪时的初始状态、跖屈状态、背伸状态的工作原理,见图 1~图 3。



图 1 初始状态



图 2 跖屈状态



图 3 背伸状态

2 计数仪结构设计

本设计总体上的结构可视为机械部分与电磁部分的结合。为了使用上的方便,在保证产品能够产生有效预期功能的前提下,应尽量简化设备结构并缩减设备尺寸^[2]。

2.1 机械部分设计

机械部分的所需物料及规格、数量,见表 1。

2.2 电磁部分设计

综合考量目前市面上所能购买的计数仪的质量、尺寸及使用方法等,最终选择台邦电子品牌的 TB-5S 型号数显电子计数器,其额定功率 $\leq 3\text{ VA}$,计数位数 5 位,聚合物材质,能够满足本设计的电磁部分需求。

需要注意的是，本设计具备跖屈、背伸两项计数功能，所以需要采购两台磁感应计数仪。

3 制作及说明

该计数仪作为一种医疗设备，首要考虑因素是要对患者无毒无害，并要做到耐用、易消毒且不易生锈，下面列出具体制作步骤及使用说明。

3.1 制作步骤

①按照表 1 的参数，选用实木制作出木板 A、木板 B，且出于美观、易清洁的考虑，将两块木板分别涂上油漆。若不选用实木而是选用复合木板，

则建议选用 E1 级以上环保板材。②将金属片 A、金属段 A 按照表 1 的描述及图 4 所示进行焊接，焊接之后再与金属片 B 用螺丝固定于木板 A、木板 B，使得两块木板呈垂直连接状，至此计数仪的骨架基本成型。③将铝（铜）片、单面魔术贴、两台磁感应计数仪按图 4 所示，用自攻丝、普通螺丝等安装到设备骨架上。④调节铝（铜）片的角度，使得设备静止（非工作状态）时，计数仪的磁感应装置处于断开状态。⑤轻按暂停键锁屏，停止计数；按住清零键 1.5 s 清零；长按暂停键即关机。

表 1 制作机械部分所需物料

物料	规格/尺寸	数量	作用	备注
木板 A	约 50 cm×22 cm×2.3 cm	1 块	水平放置板	尺寸数据不唯一,合适即可
木板 B	约 30 cm×12 cm×2.3 cm	1 块	垂直放置板	
金属片 A	约 15 cm×1.8 m×0.3 cm	2 片	钉在木板 A 上	尺寸数据不唯一,合适即可;材质 亦不限,不锈钢、铁、铜均可
金属片 B	约 8 cm×1.8 m×0.3 cm	2 片	钉在木板 B 上	
金属段 A	约 2 cm×2 m×0.3 cm	2 段	与金属片 A 垂直焊接,用以连接金属片 A 与金属片 B	
铝(铜)片			制作成合适的长度,见图 4	
单面魔术贴	至少宽 5 cm	6 段	固定患者下肢与足部	1 m 备用,切割成长度适中的 6 段

注:另备自攻丝、普通螺丝、螺丝垫片、绿色漆、白色漆等若干。

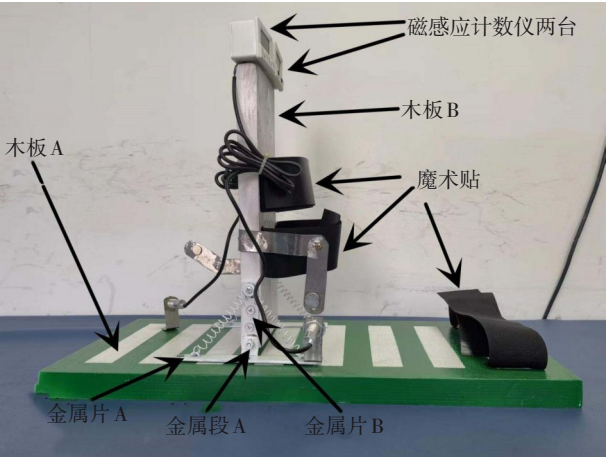


图 4 成品左视图

3.2 说明

①本计数仪在设计、制作的过程中，参考了国家标准 GB/T 10000—1988 《中国成年人人体尺寸》^[5]，但在本文写作的过程中，新的国家标准 GB/T 10000—2023 《中国成年人人体尺寸》^[6] 发布并将于 2024 年 3 月 1 日实施。后续学者应参考新版本的国家标准进行研究。②以图 4（成品左视图）为主视角，木板 B 右侧部分的木板 A 起到承载患者下肢主要是小腿及足踝部的作用；按照下

肢放置位置，则木板 B 起到撑托患者足底的作用；魔术贴起到将患者下肢固定于计数仪上的作用，同时确保安全性及背伸训练的有效性。③跖屈训练时，患者足底部向木板 B 的方向踩踏，木板 B、弹簧同时作用，达到阻力训练目的；背伸训练时，患者足部勾住魔术贴并向木板 B 的反方向用力，木板 B、弹簧、魔术贴同时作用，也达到阻力训练目的。④本计数仪的足踝关节康复训练运动范围的设计指标如表 2 所示，设计符合正常人体踝关节生理特征，相应的结构设计也适用于踝关节的康复要求。⑤使用前检查各部件结构是否松动或磨损老化，确保计数仪可正常使用。使用完毕后，注意清洁、消毒，并置于安全干燥处。

表 2 计数仪踝关节角度范围

自由度	范围
跖屈	0°~70°
背伸	-30°~0°

4 讨论

本文从足踝关节的康复训练需求出发，从总体方案设计、机械结构设计、电磁部分设计及实物样机制作四个方面介绍了研究工作。康复训练

设备需考虑的是保持患者康复训练时的稳定性^[3],既要达到训练效果,又要减轻患者下肢的非必要负担。本设计人机协作良好,且兼具安全性、透气性、稳定性、便捷性、经济性及可重复性等优点,不仅可应用于医院内康复,也适合家庭及社区康复。

本文提出的一种跖屈及背伸康复训练计数仪,为后续同类型医用设备的设计和进一步优化提供了基础^[7]。但现阶段本计数仪样机的制作尚不够精细,没有对患者下肢长度、脚掌长度作出具体适用范围,未来将进一步优化升级该计数仪,持续参考来自临床的研究数据,同时也势必会朝着更加智能化、多功能化、轻便化的方向发展。

参 考 文 献

- [1] 苏允爱,刘芳,路桂军,等.与足踝疼痛相关的精神心理因素文献综述[J].足踝外科电子杂志,2023,10(2):78-82.
- [2] 丁远涛,于随然.外骨骼式儿童下肢康复机器人设计与实验[J].机械设计与研究,2023,39(2):5-11.
- [3] 陈亚,王丙柱,叶晔.座椅式下肢康复机器人结构设计与实验分析[J].洛阳理工学院学报(自然科学版),2023,33(1):57-62.
- [4] 李靖靖,韩春杨,徐振邦.踝关节康复机构的结构设计与训练规划[J].机械传动,2023,47(3):71-77.
- [5] 中国成年人人体尺寸:GB/T 8654.6-1988[S].
- [6] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.中国成年人人体尺寸:GB/T 10000—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [7] 周文静,张盛昭,李光星,等.一种家用式缺血预适应训练仪的设计与实现[J].中国医疗设备,2022,37(11):17-22.

(方丽蓉 编辑)