

Application of Adjustable Lower Limb Decompression and Rehabilitation Brace in Early Rehabilitation of Foot Bone Fracture

Feng Han¹, Qiongwu¹, Jiaqing Li¹, Hui Liang¹, Yingchun Mei², Yinghan Qin², Chengpan Wang², Zhi Yan^{2*}

¹Dalian Port Hospital, Dalian Liaoning

²Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Email: *yan_family@126.com

Received: Jan. 3rd, 2019; accepted: Jan. 22nd, 2019; published: Jan. 29th, 2019

Abstract

Foot bone fracture has the characteristics of more complications, higher disability rate and long recovery period. Surgical treatment is mostly used in clinic, because the long recovery period after operation is not conducive to patients returning to family, work and society as soon as possible. We have developed a new type of rehabilitation brace for lower limb fracture, which can accurately regulate and control the muscle strength within a certain range, so that patients can exercise in advance after operation, greatly promote the blood flow speed of the body, prevent muscle adhesion and other complications. Starting from the early rehabilitation of the foot bone fracture with the rehabilitation brace, this paper clarifies the effectiveness and feasibility of the rehabilitation brace for the post-operative rehabilitation of the foot bone fracture, and provides a strong theoretical basis for the research and development of the product.

Keywords

Foot Bone Fracture, Rehabilitation, Rehabilitation Equipment

可调下肢减压康复支具在足骨骨折早期康复中的应用探究

韩峰¹, 吴琼¹, 李家庆¹, 梁慧¹, 梅英春², 秦英瀚², 王成盼², 颜智^{2*}

¹大连港医院, 辽宁 大连

²辽宁师范大学, 辽宁 大连

*通讯作者。

文章引用: 韩峰, 吴琼, 李家庆, 梁慧, 梅英春, 秦英瀚, 王成盼, 颜智. 可调下肢减压康复支具在足骨骨折早期康复中的应用探究[J]. 临床医学进展, 2019, 9(2): 103-109. DOI: 10.12677/acm.2019.92017

Email: yan_family@126.com

收稿日期: 2019年1月3日; 录用日期: 2019年1月22日; 发布日期: 2019年1月29日

摘要

足骨骨折具有并发症多、致残率较高及愈合慢恢复期长的特点。临床上大多采取手术治疗的手段, 由于术后康复期较长不利于患者尽快回归家庭、工作和社会。我们研发了的可精确调节压力的新型下肢骨折康复支具, 安全性高, 可精确调节和控制一定范围内的肌肉力量, 使患者在术后提前进行锻炼, 大大促进身体的血液流通速度, 防止肌肉粘连及其他并发症的出现。本文从该康复支具对足骨骨折后早期康复入手, 阐明该康复支具对足骨骨折术后康复的有效性及其可行性, 为该产品的研发提供有力的理论依据。

关键词

足骨骨折, 康复, 康复器械

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

近年来, 随着建筑工地损伤和交通事故逐渐增多, 足部骨折成为骨外科的一种多发病和常见病, 提高足部骨折部位的治疗至关重要[1]。CT 轴位在人体的各个骨关节中, 足部是最容易受伤的部位[2]。导致关节外足部骨折的主要原因是扭转暴力, 特别是在前突、内侧突或载距突骨折中, 扭转暴力是导致骨折的直接原因[3]。下肢骨折后采取的制动可导致膝关节功能障碍、关节僵直[4]。由于足部损伤的特点, 会对患者造成极为严重的危害, 甚至有可能导致患者出现器质性损伤, 对患者的日后正常生活造成严重影响[5]。足骨骨折经常出现误诊, 漏诊, 轻则延误患者诊治, 重者会引起创伤性关节炎, 畸形愈合, 残疾, 甚至危及生命健康[6]。所以为了缩短患者病程, 促使足骨骨折患者尽快回归正常生活, 辅助器具就显得尤为重要。辅助器具(assistive devices 或 assistive products)简称辅具, 是功能障碍人士, 包括老年人、残疾人、伤病人补偿或改善功能, 提高生存质量, 增强社会生活参与能力最直接有效的手段之一[7]。故我们研制出了一种安全轻便、价廉耐用的下肢骨折术后康复支具, 以期能对足骨骨折患者的术后康复有所帮助。

2. 足骨骨折及骨折后常规疗法

足由于其特有的空间结构功能常被喻为“人体第二个心脏”[8]。包括附骨、跖骨和趾骨组成, 其中足跖骨属于不规则骨。足的特殊结构使人体能适于跳跃并能缓冲震荡承受负重, 完成行走和跑跳等动作[9]。足骨与人体直立负重姿势的维持有关。对人体的承重支撑和行走等有着至关重要的作用。并且足部关节、韧带纵横分布结构复杂, 一旦剧烈运动后或受到外力较大的打击时极易对踝关节造成损伤, 甚至发生骨折脱位等情况[10]。足骨骨折中较常见的是跟骨骨折, 占全身骨折的 2%, 跖骨骨折的 60%, 关节内骨折占整个跟骨骨折的 75% [11]。60%~75%的跟骨骨折属波及距下关节的关节内骨折, 而其中大部分是由高处坠落而足跟直接撞击地面所致[12] [13] [14]。目前数字 X 线摄影(Digital Radiography, DR)是诊断

本病的首选检查方法。由于足骨多为不规则骨,在各种体位的 DR 图像上均存在不同程度的骨质结构重叠[15],即使部分患者骨折局部的肿胀、瘀斑、压痛和活动受限等临床表现很明显,在显示隐蔽重叠部位细微骨折线和骨折端轻度移位撕脱等情况时,经常出现误诊,漏诊[6]。足部骨折多涉及韧带和软组织伤,涉及软骨面的破坏,手术修复的难度较大,术后恢复也较为困难。足骨骨折形态常呈斜型、横断和粉碎等。此类骨折愈合较为缓慢[16]。若不及时治疗或者治疗不当,会造成骨折不愈合和关节炎等并发症,进一步会发展成关节僵硬,肌肉萎缩和关节疼痛等,严重影响患者的生活质量[17]。足骨骨折的治疗,从非手术到手术呈周期性变化,目前国外通过较长时间的各方面研究,多趋向手术治疗[18]。以内固定手术方法进行治疗,同时手术以后对患者进行部分功能的康复治疗,康复治疗可以通过有效锻炼提高患者的身体素质,减少住院时间等,可有效改善患者的临床症状,减少术后并发症的发生[19]。能有效促进患者的康复,使患者恢复正常,减少患者的不适感,促进患者的预后。

3. 骨折的康复支具的研究现状

针对辅助下肢精细动作的器具也不在少数,如手杖、肘拐、腋拐、助行器、假下肢和下肢矫形器、助行架等[20]。王雪涛等人[21]研发了一种下肢康复矫形器,能有效解决生活中很多患者由于长期卧床,身体机能发生改变,不能长时间保持功能位置,造成的下肢运动障碍的问题。国内医疗公司一种产品 GK-0302 下肢关节康复器,主要进行下肢膝关节的康复,对脚踏板活动的机构,也具有踝关节康复功能。还有具有可调下肢支架,方便临床使用的要求[22]。天津日康康复器械有限公司有多种下肢康复产品,包括坐式踝关节康复训练器立式踝关节活动训练器、踩足矫形器。产品用于踝关节屈伸功能障碍,其中坐姿康复器患者也可做主动和被动训练[23]。“十二五”期间国家康复辅具研究中心重点研发了新型假肢,智能康复机器人、外骨骼助行走设备等等。目前,国内外开发出的下肢康复训练机器人有如下几种:悬吊式下肢康复机器人、穿戴式下肢康复训练机器人、针对特定功能或动作的下肢康复训练机器人、移动式下肢训练机器人。作为一种新型、高效及应用前景广泛的下肢功能康复装置,下肢康复训练机器人系统的研究呈多样化发展,不仅能够完成康复训练功能,还具有受训者动作记录及康复程度评价功能[24]。研究发现[25],废用的进展是非线性的,降低了肌肉的重量和耐力;同时发现关节僵硬的进度与固定时间的长短密切相关,主要由挛缩所致。所以,术后尽早进行精准负重康复训练,对于病人恢复下肢行走能力以及恢复正常生活的康复有着重要意义[26]。哈尔滨工业大学设计的下肢康复助行机构,主要包括穿戴在身上的助行行走机构和抬升机构。通过这两个装置,使得患者能够在无他人帮助的情况下,进行功能锻炼以恢复健康[27]。浙江大学致力于人机智能柔性外骨骼技术研究,研制的上肢柔性外骨骼控制系统实际上是一种智能型上肢矫形器[28]。所谓“外骨骼”,就是一种可穿戴的、人工智能的仿生设备,最初主要为了在战场上增强士兵的力量和耐力[29]。在医学上,研究者们正在研究外骨骼的另一种用途,即帮助那些肢体伤残人士。外骨骼不仅仅是向截瘫患者提供机械腿,帮助截瘫患者摆脱轮椅,自由行走;它还可以教他们如何学习再次行走[30]。

4. 下肢骨折术后康复支具

医疗市场上的下肢康复辅具均存在无法精确控制骨折端承受力、造价昂贵、患者依从性差等缺点。窗体底端目前国内及国际医疗市场中,均未见能够精确控制量程的下肢骨折术后锻炼康复器械。众所周知,对于足骨骨折的患者,康复的最基本目标是恢复正常的步态和耐力的维持。临床上急需一种安全可靠的针对下肢骨折术后的康复支具器,协助该类患者(包括足骨骨折患者)尽早进入早期康复训练,以提高肌肉力量和耐力,改善局部条件来提高骨折的愈合率,进而缩短患者病程,同时又要考虑到降低再发骨折风险,促使患者尽早回归正常社会生活与工作。因此为了满足临床这类患者的需求,我们与哈尔滨理

工大学合作，由笔者带领的大连港医院研发团队提出该支具器设备的设计思路、具体需求，由哈尔滨理工大学协助具体实现，共同研发出一种可调节重量范围的“下肢骨折术后康复支具”(图 1~4)。其核心思路是当患肢着地后这种膝上负重的小腿免负荷支具及压力调节装置在行走时小腿在支具内有一个 2 cm~3 cm 的向下位移空间设定受力 10 公斤(暂定，这个位移和承重范围可由临床医生根据患肢恢复状况设定、调节)时自动改由膝上支具承重(图 1、图 3)。在此位移内压力调节装置由使膝以下部分受力及位移始终保持可控状态(图 2、图 4)。(文中图片均来自数码设备拍摄的照片)



Figure 1. Front of rehabilitation brace for lower limb fracture after surgery
图 1. 下肢骨折术后康复支具正面



Figure 2. Postoperative rehabilitation support side of lower limb fracture
图 2. 下肢骨折术后康复支具侧面



Figure 3. The tibial trochanter device can bear the gravity above the knee when the force on the lower limb exceeds the limit displacement of 4 cm (tentatively set at 10 kg)
图 3. 胫骨粗隆配装置可将下肢受力限定位移 4 cm (暂定 10 公斤)超过时由膝以上承受重力



Figure 4. Displacement and weight limiting device of postoperative rehabilitation support for lower limb fracture
图 4. 下肢骨折术后康复支具位移、限重装置

4.1. 下肢骨折术后康复支具的作用

下肢骨折术后康复支具的作用颇多，一方面下肢骨折术后康复支具可以有效地保护初步愈合的骨折部，以防在康复的过程中发生再骨折；另一方面，可以在保证安全舒适的前提下，辅助患者尽早的进行早期的康复。比如：一、提前进行行走训练，通过行走，加速患者全身血液循环，使血液更多的灌注到胫腓骨，进而促进胫腓骨的骨组织愈合；二、防止肌肉萎缩；三、防止骨质疏松；四、防止关节强直。进而可以加快骨折术后病人的康复进程，缩短康复周期，提高患者生活水平，及早回归社会。

4.2. 下肢骨折术后康复支具的优势

本产品是一种可调节重量范围的骨折术后康复辅具。该支具满足了临床骨折术后患者在不同康复时期对肢体负重不同的要求。且通过对产品进行检验，包括物理检验和化学检验以及生物安全性检验，均符合医疗器械使用相关标准，可以进入临床试验阶段。该支具具有以下优势：

1) 本产品的最大优势是，它可以精确调整足骨骨折患者着地时的承重范围。比如：初步设定下降 3 厘米，代表压力 10 千克；可调量程为 0 kg~30 kg，精度为 10 克。当压力达到设定的限度时，该装置可以卡住股骨内外髁及髌韧带，使得患者的足骨不再承受压力，进而起到保护的作用。

2) 本装置体积小、重量轻、携带使用方便，适合在医院家庭及其他任何康复训练场所使用。

3) 本研究设计的装置无数据处理模块，无需电源，结构简单，精确度高，可调范围广，制造成本低，维护方便，经济适用，舒适，功能稳定利于普及等优点，只需要骨科医师简单培训就可以完成使用。

4) 由于骨折在临床骨科诊治中患者非常广泛，具有大量患者群，因此具有较强临床实用性和相当的商业应用价值。

5. 讨论

随着交通的发达，私家车的普及，交通事故引起的外伤越来越多，足部骨折的发生率是逐年上升的趋势[1]。人体的各个骨关节中，足部是最容易受伤的部位[3]。足部骨折是指发生于足骨距骨、跟骨、跖骨及趾骨部位的骨折，足部骨折如果破坏了足的完整结构，可严重影响患者的行走能力，甚至可使其发生残疾[4]。随着交通的发达，私家车的普及，交通事故引起的外伤越来越多，足部骨折的发生率是逐年上升的趋势。由于足骨多为不规则骨，在各种体位的 DR 图像上均存在不同程度的骨质结构重叠[15]，因而极大地影响了对骨折的诊断和对正常结构的观察，可能导致漏诊和误诊[16]。足部骨折多涉及韧带和软组织伤，涉及软骨面的破坏，手术修复的难度较大，术后恢复也较为困难。足骨骨折形态常呈斜型、横

断和粉碎等。此类骨折愈合较为缓慢[17]。若不及时治疗或者治疗不当,会造成骨折不愈合和关节炎等并发症,进一步会发展成关节僵硬,肌肉萎缩和关节疼痛等,严重影响患者的生活质量[18]。足骨骨折的治疗,从非手术到手术呈周期性变化,目前国外通过较长时间的各方面研究,多趋向手术治疗[19]。以内固定手术方法进行治疗,同时手术以后对患者进行部分功能的康复治疗,康复治疗可以通过有效锻炼提高患者的身体素质,减少住院时间等,可有效改善患者的临床症状,减少术后并发症的发生[20]。然而医疗市场上的下肢康复辅具均存在无法精确控制骨折端承受力、造价昂贵、患者依从性差等缺点。窗体底端目前国内及国际医疗市场中,均未见能够精确控制量程的下肢骨折术后锻炼康复器械。

故我们研制出了一种安全轻便、价廉耐用的下肢骨折术后康复支具,以期能对足骨骨折患者的术后康复有所帮助。本产品的最大优势是,它可以精确调整足骨骨折患者着地时的承重范围。本装置体积小、重量轻、携带使用方便,适合在医院家庭及其他任何康复训练场所使用。本研究设计的装置无数据处理模块,无需电源,结构简单,精确度高,可调范围广,制造成本低,维护方便,经济适用,舒适,功能稳定利于普及等优点,具有较强临床实用性和相当的商业应用价值。进而可以加快骨折术后病人的康复进程,缩短康复周期,提高患者生活水平,及早回归社会。

基金项目

辽宁省自然科学基金: 20170540056。

参考文献

- [1] 张军胜, 邵旭辉, 张华文. 螺旋 CT 与 DR 平片在显示足部骨折细微结构的对比分析[J]. 陕西医学杂志, 2017, 46(8): 1018-1019.
- [2] 陈利军, 陈文静, 曾滨, 等. DR 与 CT 对足部外伤跗跖骨骨折的诊断价值[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(11): 110-112.
- [3] 田浩南. 足部骨折采用微型钛板内固定治疗的效果观察[J]. 双足与保健, 2017, 26(13): 153-154.
- [4] 吴毅, 范振华, 屠丹云. 运动促进制动后兔膝关节组织恢复的作用[J]. 中国康复医学杂志, 1993, 8(1): 17.
- [5] 史广强, 罗纯猛, 陈诚. 足部创伤及疾病造成的足骨及软组织缺损的修复重建方法[J]. 当代医学, 2016, 22(7): 88-89.
- [6] 朱兆洋. 螺旋 CT 三维重建成像在骨关节外伤中的临床应用[J]. 医药前沿, 2016, 6(33): 170-171.
- [7] 张晓玉. 伤残辅助器具装配指南[M]. 北京: 中国人事出版社, 2006: 1-5.
- [8] 邱海, 熊树平, 孙娜, 等. 人体足弓类型评价参数自动提取、可靠性分析及分类结果一致性研究[J]. 人类工效学, 2012, 4(1): 54.
- [9] 鲍根喜, 王旭, 顾湘杰. 足横弓形态的动态分析与拇外翻关系研究[J]. 中华骨科杂志, 2001, 8(3): 77-79.
- [10] 王波, 王天文, 武亚娟. 保守疗法与手术疗法在踝关节骨折患者的疗效比较[J]. 江苏医药, 2017, 43(14): 1011-1013.
- [11] Sanders, R., Fortin, P., DiPasquale, A., et al. (1993) Operative Treatment in 120 Displaced Intra-articular Calcaneal Fractures: Results Using a Prognostic Computed Tomography Scan Classification. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 22, 87-95.
- [12] Biz, C., Barison, E., Ruggieri, P., et al. (2016) Radiographic and Functional Outcomes after Displaced Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Comparative Cohort Study among the Traditional Open Technique (ORIF) and Percutaneous Surgical Procedures (PS). *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 11, 92.
- [13] Shih, J.T., Kuo, C.L., Yeh, T.T., et al. (2018) Modified Essex-Lopresti Procedure with Percutaneous Calcaneoplasty for Comminuted Intra-Articular Calcaneal Fractures: A Retrospective Case Analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 19, 77.
- [14] 武勇. 跟骨骨折的治疗进展[J]. 中国骨伤, 2017, 30(12): 1077-1079.
- [15] Xia, W., Yin, X.R., Wu, J.T., et al. (2013) Comparative Study of DTS and CT in the skeletal trauma imaging diagnosis evaluation and radiation. *European Journal of Radiology*, 82, 76-80.
- [16] 荣国厚. 足骨骨折的 X 线表现[J]. 中国临床医学影像杂志, 2017, 17(11): 88-89.

- [17] Yoon, S.S., Dambrosia, J. and Chalela, J. (2014) Rising Statin Use and Effect on Ischemic Stroke Outcome. *BMC Medicine*, **11**, 145-146.
- [18] 唐三元, 徐永年, 郑玉明. 跟骨骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 1998, 5(1): 1123-1125.
- [19] 陈丽萍, 黄海花. 38 例髌骨粉碎性骨折患者内固定术后早期康复护理疗效观察[J]. 吉林医学, 2014, 35(5): 1093-1094.
- [20] 王晓光, 张慧君. 肢体康复器械的研究现状及未来发展策略[J]. 医疗卫生装备, 2014, 35(7): 102-104.
- [21] 王雪涛, 王超群, 范博皓, 孙铮. 下肢康复矫形器的研制与应用[J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 13(30): 80-82.
- [22] Ding, Y., Sivak, M., Weinberg, B., *et al.* (2010) NUVABAT: Northeastern University Virtual Ankle and Balance Trainer. *IEEE Haptics Symposium*, Waltham, 25-26 March 2010, 509-514.
- [23] 孙志强. 踝关节康复器的结构设计及研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2014.
- [24] 白殿春. 下肢康复训练机器人控制策略与康复评价方法研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2011.
- [25] 陈启明. 骨科基础科学(骨关节肌肉系统生物学和生物力学)[M]. 第 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2001: 121-127.
- [26] 王海峰, 许玲聪, 马琴飞, 孙灵芬, 赵小平. 开放性胫腓骨骨折术后感染的病原菌分布及 VSD 联合外固定架治疗的临床疗效分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(6): 1333-1336.
- [27] 张晓玉. 我国智能辅助器具科技创新的现状与发展[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(5): 401-403.
- [28] 杨灿军, 陈鹰, 路雨祥. 人机一体化智能系统理论及应用研究探索[J]. 机械工程学报, 2000, 6(36): 12-15.
- [29] 饶玲军. 康复机器人研究综述[J]. 世界康复工程与器械, 2011(创刊号): 62.
- [30] 薛渊, 吕广明. 下肢康复助行机构本体设计及运动学分析[J]. 机械设计与制造, 2006(5): 131-133.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8712, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: acm@hanspub.org