

Early Application of Lower Limb Fracture Rehabilitation Brace with Precise Pressure Regulation in the Rehabilitation of Tibia and Fibula Fracture

Feng Han^{1*}, Qiong Wu¹, Jiaqing Li¹, Hui Liang¹, Chengpan Wang², Yinghan Qin², Yingchun Mei², Zhi Yan^{2#}

¹Dalian Port Hospital, Dalian Liaoning

²Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Email: #yan_family@126.com

Received: Dec. 24th, 2018; accepted: Jan. 8th, 2019; published: Jan. 15th, 2019

Abstract

Due to the blood supply characteristics, injury mechanism and special function of the humerus, patients with tibiofibular fractures are prone to symptoms such as delayed fracture healing, which can easily lead to lower limb motor dysfunction, which seriously affects the normal life function of patients, for families and society. It is a heavy burden. Studies have shown that early post-operative rehabilitation training after humeral fractures can reduce the risk of recurrent fractures, shorten the course of disease, and prompt patients to return to normal life as soon as possible. Therefore, in order to assist patients with tibiofibular fractures to restore lower limb function as soon as possible, we have developed a lightweight, inexpensive and durable postoperative rehabilitation device for lower extremity fractures, in order to help their rehabilitation.

Keywords

Humeral Fracture, Rehabilitation Training, Rehabilitation Equipment, Rehabilitation Instrument for Lower Limb Fracture Surgery

精确调节压力的下肢骨折康复支具在胫腓骨骨折康复早期的应用

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

¹大连港医院, 辽宁 大连

*第一作者。

#通讯作者。

²辽宁师范大学, 辽宁 大连
Email: #yan_family@126.com

收稿日期: 2018年12月24日; 录用日期: 2019年1月8日; 发布日期: 2019年1月15日

摘要

由于胫骨的血液供应特点、受伤机制及功能的特殊性, 使得胫腓骨骨折患者容易出现骨折延迟愈合等症状, 极易导致下肢运动功能障碍, 严重影响患者的正常生活肢体功能, 对于家庭和社会都是一份沉重的负担。有研究表明, 在胫腓骨骨折后, 尽早进行术后康复训练, 可以降低再发骨折风险, 缩短病程, 促使患者尽早回归正常生活。所以为了协助胫腓骨骨折患者尽快恢复下肢功能, 我们研制了一种轻便、价廉、耐用的下肢骨折术后康复支具, 以期对其康复有所帮助。

关键词

胫腓骨骨折, 康复训练, 康复器材, 下肢骨折术后康复支具

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

如今交通伤、坠落伤等高速、高能量损伤导致的四肢严重开放性骨折呈明显增多趋势, 小腿胫腓骨型开放性骨折发生率也越来越高[1]。胫腓骨骨折是临床上骨科最常见的疾病之一[2]。主要包括小腿部的胫腓骨骨干双骨折、单纯胫骨骨折和单纯腓骨骨折, 骨折类型常为开放性或粉碎性, 发生率约占全身骨折的13% [3]。Clelland 等[4]对胫腓骨骨折的流行病学调查显示, 78%的患者为男性, 且年龄主要集中在20~31岁, 常见病因为车祸(42%)、跌倒(13%)。胫腓骨骨折后的下肢运动功能障碍, 严重影响患者的正常生活肢体功能, 对于家庭和社会都是一份沉重的负担[5] [6]。胫腓骨骨折因其解剖特点局部血供不良, 尤其中下1/3处更易发生骨折延迟愈合或不愈合及皮肤坏死继而出现骨外露[7]。所以为了缩短患者病程, 促使胫腓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[8]。故我们研制出了一种轻便、价廉、耐用的下肢骨折术后康复支具, 以期能对胫腓骨骨折患者的术后康复有所帮助。

2. 胫腓骨骨折

胫腓骨骨折在创伤骨科属于常见病、多发病, 在全身长骨骨折中发生率最高, 约占10%, 其中多为双骨折[9]。胫腓骨骨折的一般原因包括: 直接暴力、间接暴力、疲劳骨折(应力骨折)等。临床上开放性胫腓骨骨折常见, 其中很多患者是高能量暴力导致的损伤。由于胫腓骨位置表浅且软组织覆盖薄弱, 受伤时骨折断端极易穿破皮肤形成开放性骨折, 同时大多数患者有严重感染、骨缺损、血管神经损伤等情况[10]。大部分的患者早期即需进行手术治疗, 切开内固定是治疗胫骨干骨折的有效方法之一[11]。由于胫骨的血供特点、受伤机制及功能的特殊性, 开放性胫腓骨骨折患者容易出现感染、骨折延迟愈合、骨

折不愈合等并发症[12]。黄武君等[13]认为开放性胫腓骨骨折感染率为 14.71%，其中 Gustilo 分型 I、II、III 型感染率分别为 6.25%、7.27%、23.08%。研究发现[14]，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[15]。

3. 胫腓骨骨折的康复支具的研究现状

胫腓骨骨折的康复是一个重要过程，患者常常认为康复要在骨折愈合以后才开始，而骨科医生则习惯于把康复完全托付给理疗科、康复科医师来进行。这些观念都是不正确的。骨折康复是医疗过程中非常重要的组成部分，它应从患者一踏入医院就开始了[16]。术后康复应该遵循个性化、渐进性、全面性三大原则，科学的进行康复指导可提高手术疗效，最大限度地恢复肢体功能。在某些时候，辅助器具对于某些身体功能障碍的人来说，甚至是唯一的康复手段[8]。一般传统的康复辅具有拄拐、助行架等患者自行辅助器械，或者康复医院的悬吊行走器械等。近年来，康复机器人辅助神经康复和运动训练控制已成为世界范围内康复技术的主要发展方向和研究热点[17]。美国“Delisa’s 物理医学与康复”将康复机器人分为四大类机电一体化产品：机器人辅具、假肢、矫形器、康复治疗机器人[18][19][20]。张晓玉[21][22]，平伟[23]等人将个人护理机器人分为常见的 3 种类型：移动服务机器人、助力机器人和载人机器人。每类又可分为若干个次类[24]：移动式服务机器人、助力式机器人、载人式机器人。

海志凡等[25][26]人研制出了一种膝关节练功器，并在 72 例胫骨骨折等病人可下床活动时，应用膝关节练功器。实验证明，该膝关节练功器可以促进膝关节的伸屈功能。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[17]。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[27]。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[28]。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[29]。

4. 下肢骨折术后康复支具

研究发现[19]，医疗市场上的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。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，对于胫腓骨骨折的患者，康复的最基本目标是肌肉力量和耐力的维持[13]。临床上急需一种安全可靠的针对骨折术后的康复支具协助该类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仪器设备的设计思路、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 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。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。

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。主要功用包括：1) 辅助提前进行行走训练，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；2) 玉春妹等人[30]的研究表明，精准负重是为了防止胫腓骨肿胀或者肌肉萎缩；3) 防止骨质疏松；4) 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，尽早回归社会。



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



Figure 2. Lateral face of rehabilitation brace after lower limb fracture operation
图 2. 下肢骨折术后康复支具侧面



Figure 3. The humeral trochanter device can withstand the displacement of the lower limbs by more than 3 cm (tentatively 10 kg)
图 3. 胫骨粗隆配装置可将下肢受力限定位移超过 3 cm (暂定 10 公斤)时由膝以上承受重力



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

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。该支具具有以下优势：

- 1) 本产品的最大优势是，它可以精确调整胫腓骨骨折患者的下肢承重范围。比如：初步设定下降 3 厘米，代表压力 10 千克；可调量程为 0~30 kg，精度为 10 克。当压力达到设定的限度时，该膝上受力装置可以卡住股骨内外髌及髌韧带，使得患者的胫腓骨不再承受压力，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。

4.3. 下肢骨折术后康复支具的局限性与使用注意事项

虽然本支具具有较强临床实用性，但是它也有一定的局限性，比如：

- 1) 本支具只适用于膝关节良好且周围皮肤完好的患者，否则无法使用本支具。每次训练前后也要注意观察穿戴此支具的患者膝部软组织情况是否良好，有无伤口和水肿，否则不能穿戴该支具。
- 2) 本支具不适合提前进行大量的生产，因为本支具需要根据胫腓骨骨折患者的具体情况量身定做，才能最大发挥该支具的精确康复功能和舒适性。
- 3) 本支具需要不断根据胫腓骨骨折患者的愈合程度，调整位移和压力值，才能使本支具起到精确减压和限制位移的作用，进而更好的促进胫腓骨骨折患者的术后康复。
- 4) 本支具底部有一定的厚度，所以需要在患者健侧的脚下垫一部分的填充物，才能保持患者两条腿长度一样。刚开始患者可能有点不适应，需要有一段时间的磨合期。
- 5) 当膝上受力装置开始发挥作用时，胫腓骨骨折患者的膝关节周围会由于膝上受力装置的挤压作用，使患者产生一定的不适感觉，因此尽量保证患者穿戴此支具时膝部与支具的适配度适宜，并确保行走训练时有一定程度的下沉量。

5. 结论

- 1) 本装置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 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(见图 2、图 4)。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。

2) 本装置无数据处理模块, 具有无需电源, 结构简单, 精确度高, 可调范围广, 制造成本低, 经济适用, 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。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。

基金项目

辽宁省自然科学基金: 20170540056。

参考文献

- [1] 周智, 左文山, 谢跃, 等. 经皮微创钢板与外固定支架治疗 Gustilo II 型胫腓骨骨折比较研究[J]. 疑难病杂志, 2014, 13(11): 1152-1155.
- [2] Lee, Y.S., Chen, S.H., Lin, J.C., et al. (2009) Surgical Treatment of Distal Tibia Fractures: A Comparison of Medial and Lateral Plating. *Orthopedics*, **32**, 163-169. <https://doi.org/10.3928/01477447-20090301-18>
- [3] 楼小英. 中西医结合疗法联合康复护理干预胫腓骨骨干双骨折临床研究[J]. 新中医, 2016, 32(2): 202-204.
- [4] Clelland, S.J., Chauhan, P. and Mandari, F.N. (2016) The Epidemiology and Management of Tibia and Fibula Fractures at Kilimanjaro Christian Medical Centre (KCMC) in Northern Tanzania. *Pan African Medical Journal*, **21**, 51-52.
- [5] 李华. 护理干预对单侧多功能外固定支架治疗胫腓骨骨折患者术后疗效的影响[J]. 中国医药指南, 2011, 9(32): 416-418.
- [6] 徐欣, 于颖, 顾玲, 等. 外固定支架治疗胫腓骨骨折的临床疗效及护理体会[J]. 大家健康(学术版), 2014, 8(10): 247.
- [7] 史天林, 高占良, 宋小龙. 锁定加压钢板外置在胫腓骨骨折治疗中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2014, 29(S1): 33-34.
- [8] 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.
- [9] 陈丽华, 吕亚, 张彩娟. 胫腓骨骨折早期应用冰袋冷敷的疗效观察[J]. 实用临床医药杂志, 2015, 19(24): 225-226.
- [10] 韦晨晖. 外固定支架和交锁髓内钉治疗胫腓骨骨折的疗效观察[J]. 白求恩医学杂志, 2014, 12(1): 34-35.
- [11] 田敏, 孙磊, 魏嵬, 等. 有限扩髓交锁髓内钉治疗胫骨闭合性粉碎性骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2003(14): 9-11.
- [12] 吴铮, 任静, 刘克廷, 等. 外固定架固定治疗开放性胫腓骨骨折的疗效分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33(8): 859-860.
- [13] 黄武君, 裘曙文, 何勇. 132 例胫腓骨开放性骨折创口感染回顾性分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2011, 21(14): 2918-2920.
- [14] 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.
- [15] 王海峰, 许玲聪, 马琴飞, 等. 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.
- [16] 钟波涛, 李国权, 赖有娣. 胫腓骨骨折术后康复治疗体会[J]. 赣南医学院学报, 2011, 31(4): 592-593.
- [17] 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.
- [18] Kwakkel, G., Kollen, B.J. and Krebs, H.I. (2008) Effect of Robot-Assisted Therapy on Upper Limb Recovery after Stroke: A Systematic Review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, **22**, 111-121.
- [19] Mehrholz, J., Werner, C., Kugler, J., et al. (2007) Electronmechanical-Assisted Training for Walking after Stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **4**, 61-85.
- [20] Masia, L., Krebs, H.I., Cappa, P., et al. (2007) Design and Characterization of Hand Module for Whole-Arm Rehabilitation Following Stroke. *Transactions on Mechatronics*, **12**, 399-407.
- [21] 张晓玉, 王凯旋. 机器人辅助技术、康复机器人与智能辅具[J]. 中国康复, 2013, 28(4): 246-248.
- [22] 张晓玉. 智能辅具及其应用[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2012: 1-2.

- [23] 平伟. 助行机器人研究发展和展望[J]. 机器人技术与应用, 2009, 5(1): 31-32.
- [24] 张晓玉. 个人移动辅助器具的分类、现状和未来目标[J]. 中国康复医学杂志, 2010, 25(9): 885-888.
- [25] 海志凡. 膝关节练功器的研制与使用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2017, 17(A1): 227-228.
- [26] 王国新, 江钟立, 李涛, 等. 髌骨骨折后影响屈膝功能恢复的相关因素分析[J]. 中国康复医学杂志, 2001(4): 31-32.
- [27] 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.
- [28] 饶玲军. 康复机器人研究综述[J]. 世界康复工程与器械, 2011: 62.
- [29] 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.
- [30] 玉春妹, 彭艳红, 蒋桂香, 等. 精准负重胫腓骨骨折术后康复中的临床护理研究[J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 5(59): 124-125.

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: 2168-5584, 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: hjs@hanspub.org