

· 临床研究 ·

采用 Footscan 系统指导跟骨骨折患者术后康复训练的疗效观察

陈占法 马利杰 郭明珂 李西成 张奉琪 张英泽

【摘要】目的 观察采用 Footscan 足底压力分析系统指导跟骨骨折患者术后康复训练的疗效。**方法** 共选取 60 例单侧跟骨骨折患者,术后将其随机分为治疗组及对照组,2 组病例均于术后 24 h 时遵医嘱开始常规康复训练,治疗组术后定期进行 Footscan 足底压力检测,并根据其足底压力参数特点指导康复训练。2 组患者分别于术后 2 个月、7 个月时采用 Footscan 系统对其进行动态足底压力测试,同时进行足部功能评分。**结果** 术后 2 个月时,2 组患者健侧距骨下关节活动范围、压力中心侧方位移、足跟着地时间、足跟外侧压强峰值与冲量、足部功能评分组间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。术后 7 个月时,发现 2 组上述各项指标均较术后 2 个月时明显改善($P < 0.05$),且以治疗组各项指标(足跟着地时间除外)的改善幅度较显著,与对照组比较,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 应用 Footscan 足底压力分析系统指导跟骨骨折患者术后康复训练,可显著改善足底压力参数,进一步提高术后康复疗效;另外 Footscan 足底压力分析系统还可对跟骨骨折术后康复疗效进行客观评定。

【关键词】 跟骨骨折; 足底压力; 步态分析; 康复指导

Postoperative rehabilitation of calcaneus fracture guided by the Footscan system CHEN Zhan-fa, MA Li-jie, GUO Ming-ke, LI Xi-cheng, ZHANG Feng-qi, ZHANG Ying-ze. Department of Emergency Orthopaedics, the 3rd Hospital, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China
Corresponding author: ZHANG Ying-ze, Email: chenzhanfa126@126.com

【Abstract】 Objective To test the Footscan system for guiding the postoperative rehabilitation of calcaneus fractures. **Methods** Sixty patients with unilateral calcaneus fracture were divided randomly into a rehabilitation group and a control group. Patients in both groups began a routine of functional rehabilitation training 24 h after a reduction and fixation operation. The patients in the rehabilitation group received individualized rehabilitation protocols based on regular dynamic evaluation of their plantar pressure using the Footscan system. Those in the control group were administered routine rehabilitation training without the personal modifications. At the 2nd and 7th month post-operation, the dynamic plantar pressure of both groups was evaluated and the functioning of their feet was scored. **Results** At the 2nd month post-operation, there was no significant difference between the two groups in terms of subtalar joint range of motion, the lateral deviation of pressure center, the time of heel touch with the ground, the maximum pressure at the lateral aspect of the calcaneus and impulsive force during walking. The functional evaluation scores were also not significantly different. At the 7th month post-operation, all the indices in both groups had improved significantly over the 2nd month, but the improvement in the rehabilitation group was greater (except the time of heel touch with the ground). **Conclusion** The Footscan system can be a valuable tool for evaluating patients with calcaneus fracture and serve as a reference for planning rehabilitation interventions for such patients.

【Key words】 Calcaneal fracture; Plantar pressure; Gait analysis; Footscan system

步态分析是生物力学领域中的一个特殊分支,而足底压力分析则是步态分析中的重要组成部分。近年来,步态分析在临床中的应用日趋广泛^[1-3],通过对比研究健、患足间足底压力参数差异,可为矫形外科及康复医学领域中有关疾病的病因分析、病程演变及功能

评定提供客观参考依据^[4,5]。在一些发达国家或地区,通过步态分析手段评价矫形前后功能变化及指导康复训练早已被广泛采用^[6],而用于指导跟骨骨折术后康复训练则目前鲜见报道。本研究采用 Footscan 足底压力分析仪对术后单侧跟骨骨折患者进行动态足底压力测试,并参考测试结果指导康复训练,同时应用该分析仪对患足功能恢复情况进行客观评定,发现临床疗效满意。现报道如下。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.06.015

基金项目:河北省科技攻关项目(05276403D-16)

作者单位:050051 石家庄,河北医科大学第三医院创伤急救中心

通信作者:张英泽,Email:chenzhanfa126@126.com

资料与方法

一、临床资料

共选取 2006 年 3 月至 2008 年 5 月间在我院治疗的单侧跟骨骨折(均为新鲜闭合型骨折)患者 60 例,均给予微创切开复位、钢板螺栓加压内固定处理^[7],所有患者手术均由同一位骨科医师完成,术后将患者随机分为治疗组与对照组,每组 30 例。治疗组男 26 例,女 4 例;年龄 20~57 岁,平均 (36.0 ± 15.4) 岁;高处坠落伤 27 例,车祸伤 3 例,均无其它合并伤;骨折类型参照 Sanders 分型标准^[4,8],共有 II 型 16 例,III 型 10 例,IV 型 4 例;手术时间为伤后 3~14 d(平均 9 d)。对照组男 28 例,女 2 例;年龄 18~62 岁,平均 (37.0 ± 14.5) 岁;高处坠落伤 26 例,车祸伤 4 例,亦无其它合并伤;Sanders 分型 II 型 18 例,III 型 9 例,IV 型 3 例;手术时间为伤后 3~16 d(平均 9 d)。2 组患者一般情况及病情经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

二、术后康复治疗

2 组患者均于术后 24 h 时遵医嘱进行康复训练,其中术后 1~2 周期间以肌力训练为主,并逐渐增加踝关节活动内容,指导家属帮助患者进行关节被动屈伸练习,关节活动角度则根据患者耐受情况而定;术后 2~3 周多数患者伤口愈合出院,给予指导意见嘱其在家中康复训练,如每天于床边进行踝关节屈伸练习及足底滚筒训练;术后 3~6 周可拄拐进行部分负重行走训练,6~8 周则根据其骨折愈合情况逐渐弃拐练习正常行走功能。

治疗组患者在上述基础上,于术后 2 个月时采用 Footscan 系统进行动态足底压力测试,并参考测试结果对患者进行有针对性训练,具体治疗内容包括以下方面。

1. 康复教育:向患者介绍 Footscan 系统是一种用于康复指导、功能评定的先进设备,对人体无任何损伤;告知患者骨折治疗过程包括复位、固定及功能锻炼三部分,使其充分认识到早期功能锻炼重要性;同时告知患者术后经 2 个月正规治疗后,一般均能达骨性愈合,可完全弃拐行走,以提高患者治疗信心;另外要积极消除患者对康复训练可能造成再次骨折的疑虑,向患者及家属交待正确康复锻炼方法及注意事项,避免患者锻炼时使用暴力而造成新的损伤^[2,8,9]。

2. 康复训练:从术后 2 个月开始,采用 Footscan 系统对治疗组足底压力参数进行定期检测,发现患足距骨下关节活动范围、足跟地面接触时间、足跟外侧压强峰值及冲量均较健足显著减小,足底压力中心明显外移,提示患足疼痛、软组织粘连、肌力低下等。针对上

述足底压力异常特点,采取以下治疗措施:①对患足踝关节进行松解、按摩治疗,隔日 1 次,每次持续 20 min,按摩力度由轻渐重,切忌使用暴力;同时给予中药液沐足,药液含牛膝 30 g、当归 30 g、川芎 20 g、赤白芍各 20 g、伸筋草 30 g、木瓜 30 g,持续 30 min,控制药液温度在 50~60℃。②采用 A3 型踝关节训练仪(比利时产)对患足踝关节进行持续被动运动(continuous passive motion, CPM),关节活动范围一般为 $-30^{\circ} \sim 5^{\circ}$ (0° 为中立位,即足与小腿成 90° 角,背伸为正值,跖屈为负值),每天训练 1 次,每次 40 min;待 CPM 训练结束后,将患肢平放床上并垫高患足,冰敷踝关节 15~20 min;上述 CPM 训练共持续 6~7 d,1 周后 CPM 活动范围每天增加 1° ,每天训练 2 次,每次 20 min,共持续 4 周;4 周后 CPM 训练改为隔日 1 次,此时患者关节 CPM 活动范围一般为 $-35^{\circ} \sim 15^{\circ}$,每次训练 30 min,持续 2~3 周。术后 4 个月时发现患者足底压力中心外移未得到明显改善(提示患足肌力低下),则将治疗重点转为肌力训练,包括踝关节跖屈-背伸、周围肌肉抗阻训练以及屈髋、屈膝、踢腿、上下楼梯等日常活动练习^[9,10],每天上、下午各训练 1 次,每次持续 20 min 以上,停止患足松解按摩及 CPM 训练;术后 6 个月时发现患者足跟外侧压强峰值无明显改善(提示患足平衡功能恢复不佳),遂对患足平衡功能进行强化训练,如指导患者在姿势镜前进行平衡功能训练,待其平衡功能改善后鼓励其正常行走,每天训练 1~2 次,总训练时间不少于 30 min。整个训练过程遵循无负荷主动运动→部分抗阻力运动→完全负重主动运动过渡原则。

三、足底压力测试

于术后 2 个月、7 个月时采用 Footscan 足底压力测试系统(比利时产)对 2 组患者足底压力进行动态测试。测试前受试者脱除鞋袜、精神放松,采用平常步态在测试台上自然常速行走,以行走时一侧足跟着地至该足跟再次着地为 1 个步态周期,每个步态周期分为 2 个时相,即站立相和摆动相,主要观察指标包括跟距关节活动范围、足底压力中心侧方位移、足跟地面接触时间、足跟外侧最大压强及冲量等,每例患者重复检测 5 次,取其平均值纳入统计分析。

四、患足功能疗效评定

于术后 2 个月、7 个月时分别采用 Maryland 足部功能评分标准(Maryland FootScore)^[8]对 2 组患者进行评定, Maryland 足部评分包括疼痛(共 45 分)及患足功能(如踝关节、距下关节、跖趾关节活动度、稳定性、行走时是否需支撑物、是否跛行、鞋型、足外观等,共 55 分),90~100 分为优,75~89 分为良,50~74 分为可,<50 分为差。

五、统计学分析

本研究所得数据以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SAS 8.0 版统计学软件包进行配对 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后各项足底压力指标比较

术后 2 个月时,2 组患者各项足底压力指标健、患侧组内比较,发现差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);健、患侧组间比较,发现差异均无统计学意义($P > 0.05$)。术后 7 个月时重复上述足底压力测试,发现 2 组患者健、患侧各项足底压力指标均较术后 2 个月时明显改善(均 $P < 0.05$),且以治疗组各项指标(足跟着地期时间除外)的改善幅度较显著,与对照组比较,组间差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);进一步分析发现,治疗组此时各项足底压力指标健、患侧间差异均无统计学意义(均 $P < 0.05$),而对照组各项足底压力指标健、患侧间差异仍有统计学意义($P < 0.05$),具体数据详见表 1。

二、2 组患者治疗前后患足功能比较

术后 2 个月时,治疗组与对照组患足 Maryland 足部功能评分分别为(62.74 ± 7.71)分和(60.76 ± 9.17)分,组间差异无统计学意义($P > 0.05$);术后 7 个月时,治疗组与对照组患足 Maryland 足部功能评分分别为(84.89 ± 8.72)分和(71.76 ± 9.17)分,经统计学比较,发现组间差异具有统计学意义($P < 0.05$),提示治疗组患足功能明显优于对照组。

讨 论

跟骨骨折患者术后容易出现足底功能障碍,因此有必要进行早期康复训练以提高术后疗效;但目前康复训练方案制定及康复疗效评估主要以患者临床表现为主要参考依据,缺乏客观量化标准。本研究使用的 Footscan 足底压力步态分析系统在实用性、操控性及可信度等方面均具有明显优势^[1,2,11],能为康复训练方案制定提供客观参考依据,同时还能对康复疗效进行量化分析。

人类步行功能由一系列复杂动作完成,每一个步态周期分为两个时相,即站立相和摆动相,站立相又分为足跟着地期、中间稳定期和推进期 3 个阶段^[11,12]。在一个步态周期中,任何一个时相向下一时相过渡时都必须通过足-地作用力来实现,正常足在站立时相和举步时相都具有自我保护功能,如足在应对足底压力时,会尽可能增大接触部位受力面积以保证较低足底压强,从而防止足底损伤;若足底出现病变时,则足底相关区域压力峰值及分布将会发生相应变化,且这种改变往往较临床症状、体征出现得早,故对患者足底压力进行研究,有助于对疾病发展趋势作出及时判断,对于康复方案制定及调整具有重要临床意义^[2,13-16]。

本研究结果表明,术后 2 个月时 2 组病例患足距骨下关节活动范围、足跟地面接触时间、足跟外侧压强峰值及冲量均较健侧明显减小,足底压力中心明显外移,表明患足足底参数异常,提示足底功能不良,与 2 组患者足部功能评分较低相吻合。本研究根据患者上述足底压力参数特点制定相应康复方案,如通过足底压力检查,发现治疗组患足距骨下关节活动范围减小,提示其踝部软组织粘连及距下关节损伤,故采用踝部按摩、活血化瘀中药液沐足、CPM 训练等措施以松解软组织粘连;足跟地面接触时间反映足跟部位肿痛程度,治疗组足跟地面接触时间较健侧明显缩短,提示其足跟部位肿痛,通过中药液沐足及按摩可有效缓解患足肿痛、促进患足功能恢复;足跟压强峰值反映足跟平衡功能,治疗组患足峰值偏小提示其存在足跟内翻畸形,通过在姿势镜前进行平衡训练有利于步行功能恢复;足跟外侧冲量与足跟负载能力呈正相关性,治疗组患者足跟外侧冲量明显减小,提示其患足负重能力严重下降,通过进行平地行走及上下楼梯练习有利于提高患足负重能力;足底压力中心位移反映足内在肌及踝关节周围肌收缩功能,治疗组患足压力中心位移幅度偏大反映其肌肉力量低下,通过进行抗阻训练能有效提高患足内在肌及踝部肌群收缩能力。治疗组患者经 2 个月治疗后,发现其患足距骨下关节活动范围、足跟地面接触时间均显著改善,而足底压力中心位移无

表 1 2 组患者术后 2 个月及 7 个月时双足站立相足底压力参数比较($\bar{x} \pm s$)

组 别例数	距骨下关节活动范围($^{\circ}$)		压力中心侧方位移(mm)		足跟着地期时间(ms)		足跟外侧压强峰值(N/cm^2)		足跟外侧冲量($N \cdot s/cm^2$)	
	术后 2 个月	术后 7 个月	术后 2 个月	术后 7 个月	术后 2 个月	术后 7 个月	术后 2 个月	术后 7 个月	术后 2 个月	术后 7 个月
治疗组 30										
健侧	15.98 $\pm$ 2.32	13.11 $\pm$ 2.40 ^b	4.44 $\pm$ 0.89	5.61 $\pm$ 0.78 ^b	69.52 $\pm$ 8.72	65.47 $\pm$ 6.44 ^b	9.36 $\pm$ 3.33	7.26 $\pm$ 1.08 ^b	5.64 $\pm$ 1.04	3.41 $\pm$ 0.91 ^b
患侧	8.54 $\pm$ 1.93 ^a	11.46 $\pm$ 2.17 ^b	8.11 $\pm$ 1.03 ^a	5.98 $\pm$ 0.93 ^b	59.38 $\pm$ 7.05 ^a	63.39 $\pm$ 7.11 ^b	7.42 $\pm$ 2.09 ^a	9.11 $\pm$ 1.41 ^b	3.35 $\pm$ 0.91 ^a	5.58 $\pm$ 0.86 ^b
对照组 30										
健侧	17.11 $\pm$ 3.51	15.13 $\pm$ 2.18 ^{bc}	4.13 $\pm$ 0.72	6.51 $\pm$ 0.69 ^{bc}	70.83 $\pm$ 8.43	66.76 $\pm$ 6.21 ^b	10.41 $\pm$ 2.28	8.87 $\pm$ 1.23 ^{bc}	6.12 $\pm$ 0.93	5.01 $\pm$ 0.87 ^{bc}
患侧	7.81 $\pm$ 1.78 ^a	8.87 $\pm$ 1.45 ^{abc}	8.45 $\pm$ 1.12 ^a	5.07 $\pm$ 0.96 ^{abc}	58.78 $\pm$ 7.30 ^a	61.65 $\pm$ 6.81 ^{ab}	6.26 $\pm$ 2.92 ^a	7.78 $\pm$ 1.06 ^{abc}	2.89 $\pm$ 0.97 ^a	4.93 $\pm$ 0.72 ^{abc}

注:与组内健侧比较,^a $P < 0.05$;与术后 2 个月时组内比较,^b $P < 0.05$;与治疗组同侧比较,^c $P < 0.05$

明显变化,提示患足周围软组织粘连及肿痛均已得到充分改善,此时患足主要问题为足内在肌及跟骨周围腓肠肌、胫骨前肌等肌力恢复不佳,故针对性给予抗阻训练,并穿插进行屈髋、屈膝、踢腿、上下楼梯等日常活动练习,停止患足松解按摩及 CPM 训练;治疗 4 个月后发现患足足底压力中心位移显著改善,而外侧足底压强峰值无明显变化,提示此时患足平衡功能恢复不佳,遂将康复干预重点调整为平衡功能训练,以促进患者尽快恢复正常步态。

本研究结果表明,术后 7 个月时 2 组患者各项足底压力参数及 Maryland 足部功能评分均较术后 2 个月时明显改善($P < 0.05$),且以治疗组各项指标的改善幅度较显著,明显优于对照组水平($P < 0.05$),提示通过分析患足压力参数特点,有助于了解患者目前存在的主要问题,使临床医师掌握各阶段康复治疗的重点,确保训练更具有针对性,尽量减少不必要的重复治疗,以节省康复资源、减轻患者经济负担,同时提高康复疗效。本研究采用 Footscan 足底压力检测指导康复治疗,发现能进一步提高康复疗效、促进患足功能恢复,其可能机制包括以下方面:①贯穿于训练始终的康复教育能促使患者充分认识 Footscan 系统对患足康复训练的必要性及重要性,促其积极、主动配合康复训练。②根据治疗起始阶段患足症状及足底压力参数特点(如距骨下关节活动范围、足跟地面接触时间减小等,提示患足疼痛、软组织粘连),及时给予化瘀消肿药液沐足及按摩治疗,能促进患足周围软组织肿胀消退、疼痛缓解,改善患足局部微循环及负重功能;对患足实施 CPM 及松解治疗,可促进踝部粘连软组织松解,改善跟距关节软骨结构及功能;如有研究发现,运动对关节软骨具有交替挤压、摩擦作用,能增加关节软骨营养供给,促使受损关节面结缔组织向软骨转化^[17]。③通过检测患足压力参数发现足底压力中心位移幅度偏大(提示患足肌力低下),及时介入强化抗阻训练,能显著改善足内在肌及踝周围胫骨前肌、小腿三头肌肌力,从而提高踝及跟距关节稳定性,间接改善患足负重及运动功能。④针对患者外侧足底压强峰值改善不佳(提示机体患足平衡功能不良),有针对性地进行平衡强化训练,可显著提高患足平衡功能,促使健、患足重建动态平衡。⑤康复训练能促进跟骨骨小梁结构正常化,在训练过程中不论是肌肉本身收缩产生的张力,还是直接施加给跟骨部位的外力,均可促进骨折愈合,改变骨小梁排列顺序,促其结构日趋正常化,从而提高患足承载能力。

综上所述,采用 Footscan 足底压力分析系统指导跟骨骨折患者术后康复治疗,能使康复治疗更具有针

对性,在提高术后康复疗效同时,有效避免了康复训练盲目性,提高了康复资源利用率;同时 Footscan 足底压力检测系统还能对跟骨骨折患者术后康复疗效进行客观评定,对促进患者功能恢复及优化治疗手段均具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 陈占法,李西成,赵海涛,等. Footscan 足底压力分析系统对跟骨骨折患者术后康复疗效的评定. 中华物理医学与康复杂志,2008,30:181-184.
- [2] 李海,丁建新,周安艳,等. 足底压力式步态分析技术在痉挛型脑性瘫痪儿童步态研究中的应用. 中华物理医学与康复杂志,2006,28:818-821.
- [3] 王明鑫,俞光荣. 正常人足底压力分析的研究进展. 中国矫形外科杂志,2006,14:1722-1724.
- [4] Bernd J, Kinner A, Raymond B, et al. Is there a reliable outcome measurement for displaced intra-articular calcaneal fractures? J Trauma,2002,53:1094-1102.
- [5] 刘建华. 偏瘫患者的步态分析和治疗. 中国康复理论与实践,2006,12:915-917.
- [6] 毛宾尧,贾学文. 行走和站立时足底应力分布研究. 中国矫形外科杂志,2002,9:1211-1213.
- [7] 李西成,张英泽,潘进社,等. 小切口钢板螺栓加压内固定治疗跟骨骨折. 中华创伤骨科杂志,2006,8:41-44.
- [8] Sanders R, Fortin P, DiPasquale T, et al. Operative treatment in 120 displaced intraarticular calcaneal fractures. results using a prognostic computed tomography scan classification. Clin Orthop,1993;290:87-95.
- [9] 宋连新,张英泽,潘进社. 早期康复干预对股骨远端严重粉碎性骨折患者术后膝关节功能的影响. 中华物理医学与康复杂志,2007,29:45-48.
- [10] 张连玉. 踝关节功能障碍的康复疗效观察. 中华物理医学与康复杂志,2003,25:139.
- [11] 陈雁西,俞光荣. F-Scan 足底压力步态分析仪临床应用现状. 国外医学骨科学分册,2005,26:187-192.
- [12] 钱竞光,宋雅伟,叶强. 步行动作的生物力学原理及其步态分析. 南京体育学院学报(自然科学版),2006,5:1-7.
- [13] 励建安,孟殿怀. 步态分析的临床应用. 中华物理医学与康复杂志,2006,28:500-504.
- [14] 胡雪艳,恽晓平,郭忠武,等. 正常成人步态特征研究. 中国康复理论与实践,2006,12:855-859.
- [15] Wearing SC, Urry SR, Smeathers JE. The effect of visual targeting on ground reaction force and temporospatial parameters of gait. Clin Biomech,2000,15:583-591.
- [16] Willems T, Witvrouw E, Delbaere K, et al. Relationship between gait biomechanics and inversion sprains: a prospective study of risk factors. Gait Posture,2005,21:379-387.
- [17] 范振华,主编. 骨科康复医学. 上海:上海医科大学出版社,1999:21.

(修回日期:2009-05-25)

(本文编辑:易 浩)