

· 临床研究 ·

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

陈占法 李西成 赵海涛 张奉琪 韩长伶 张奇 陈伟 张英泽

【摘要】目的 观察系统康复训练对跟骨骨折患者术后患足功能恢复的促进作用,并同时研究 Footscan 足底压力分析仪对患者康复疗效的评定价值。**方法** 共选取 62 例单侧跟骨骨折患者,经手术治疗后将其随机分为康复组与对照组。康复组患者于术后早期介入系统、规范、全程康复治疗,对照组则遵医嘱进行功能训练。分别于术后 3 个月、6 个月时应用 Footscan 足底压力分析系统对其进行检测。所得数据采用自身配对比较法进行分析。**结果** 术后 3 个月时,2 组病例患足在站立相各时期接触时间、足底平均压力及压力时间积分与健足比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);在术后 6 个月时,发现康复组健、患足间上述指标差异无统计学意义($P > 0.05$),而对照组健、患足间上述指标差异仍有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 早期康复训练可显著促进跟骨骨折患者患足运动功能恢复,进一步提高术后疗效;Footscan 足底压力分析系统可对跟骨骨折患者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; 康复训练

The efficacy of post-operation rehabilitation treatment of calcaneus fracture as evaluated by Footscan system

CHEN Zhan-fa, LI Xi-cheng, ZHAO Hai-tao, ZHANG Feng-qi, HAN Chang-ling, ZHANG Qi, CHEN Wei, ZHANG Ying-ze. Department of Emergency Orthopaedics, The 3rd Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China
Corresponding author: ZHANG Ying-ze, Email: chenzhanfa126@126.com

【Abstract】Objective To evaluate the effects of post-operation rehabilitation treatment of patients with calcaneus fracture by dynamic plantar pressure analysis, and assess the value of the Footscan system. **Methods** Sixty-two patients with unilateral calcaneus fracture were randomly divided into a rehabilitation group and a control group. The patients in the rehabilitation group were given early, systemic standard rehabilitation treatment, while those in the control group took functional exercise following the doctors' advice. At 3 months and 6 months after operation, the plantar pressure distribution of the patients in both groups was analyzed with the Footscan system, respectively. **Results** After 3 months of treatment, there was statistically significant difference between the injured and the uninjured sides in both groups, with regard to the contact time, average plantar pressure and pressure-time integrals at different phases of gait. However, there was no significant difference between the injured and the uninjured sides after 6 months in rehabilitation group. But in control group, there was still statistically significant difference between the two sides with regard to the above parameters. **Conclusion** Early rehabilitation treatment could significantly improve the function outcome of patients with calcaneus fracture. Footscan System can objectively evaluate the recovery of the calcaneus fracture.

【Key words】 Calcaneus fracture; Plantar pressure; Gait analysis; Rehabilitation training

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的重要组成部分,足底压力测量技术是通过运用压力测量仪器对人体在静止或者动态过程中足底压力的力学、几何学以及时间参数值等进行测定,对不同状态下的足底压力参数进行分析研究,以揭示不同的足底压力分布特征和模式,通过对比研究正常足与病理足的足底压力参数,以分析患足病程演变过程及评定活动功能。步态分析对运动系统疾病的病因分析、诊断、功能及疗效评定等均具有重

要意义^[1-3]。近年来足底压力研究在临床上的应用日趋广泛,不但促进了足底压力测量技术本身的快速发展,同时对临床步态分析、医疗康复、手术疗效评定等也具有重要意义^[4,5]。本研究采用 Footscan 足底压力分析仪对术后早期介入康复训练的单侧跟骨骨折病例患足功能恢复情况进行评价,现将结果报道如下。

资料与方法

一、临床资料

共选取 2005 年 5 月至 2007 年 2 月间在我院接受治疗的单侧跟骨骨折患者 62 例,于术后将其随机分为康复组和对照组。康复组 31 例,男 26 例,女 5 例;年

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

通讯作者:张英泽,Email:chenzhanfa126@126.com

龄 21 ~ 56 岁, 平均 (36.0 ± 15.6) 岁; 其中高处坠落伤 27 例, 车祸伤 4 例; 骨折类型参照 sanders 分型标准, II 型 16 例, III 型 10 例, IV 型 5 例; 31 例患者均为新鲜闭合型骨折, 手术时间为骨折后 3 ~ 14 d; 全部患者均采用微创切开复位钢板螺栓加压内固定治疗^[6], 并且术后给予全程、系统、规范康复治疗。对照组 31 例, 男 27 例, 女 4 例; 年龄 18 ~ 62 岁, 平均 (37.0 ± 14.5) 岁; 其中高处坠落伤 25 例, 车祸伤 6 例; 骨折类型参照 sanders 分型标准, II 型 18 例, III 型 9 例, IV 型 4 例; 31 例患者均为新鲜闭合型骨折; 手术时间为骨折后 3 ~ 16 d; 均采用微创切开复位钢板螺栓加压内固定治疗。2 组患者一般情况及病情经统计学分析, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 具有可比性。

二、术后康复治疗

康复组患者术后早期介入系统、规范、全程康复治疗, 对照组患者则遵医嘱进行功能训练。康复组患者具体治疗措施如下。

1. 康复教育: 首先告诉患者骨折治疗过程包括复位、固定及功能锻炼三部分, 复位、固定由医生完成, 功能锻炼则主要依靠患者本人参与, 让其认识到早期功能锻炼是保证和提高手术疗效的关键, 争取其早日配合治疗; 其次, 消除患者对康复锻炼可能造成骨折移位的误解, 告知其手术固定牢靠, 康复治疗是在医生指导下有计划、有步骤进行, 一般不会出现问题, 以解除患者对康复训练方面的顾虑; 另外还需向患者本人及家属交待康复锻炼方法及注意事项, 如教授其进行胫骨前肌等长收缩时的要领, 嘱其锻炼时避免使用暴力^[7]。

2. 运动训练: 患者术后不给予外固定, 24 h 后即行腓肠肌、胫骨前肌等长收缩练习; 术后 48 h 进行踝关节屈伸活动, 每天活动 80 ~ 100 次, 共分 2 阶段完成, 上、下午各训练一阶段。踝关节屈伸以主动锻炼为主, 被动锻炼为辅。锻炼时勿用力过大, 以防发生运动损伤。由于术后早期(术后 24 h 至伤口拆线)为伤口局部炎症反应最明显时期, 为减轻伤口红肿、渗出, 可同时给予局部伤口紫外线照射治疗, 使用一级红斑量(2 ~ 3 MED)照射, 治疗频率为隔日 1 次, 照射前解开包扎纱布暴露伤口, 照射完毕后常规消毒换药。

患者于术后 3 d 时即开始在专业人员指导下应用 A3 型踝关节治疗机进行踝关节持续被动(continuous passive motion, CPM)屈伸功能训练。首先从无痛或微痛角度开始, 运动范围根据患者对疼痛耐受程度而定, 一般活动范围在 $-25^{\circ} \sim 0^{\circ}$ (0° 为中立位, 背伸为正值, 跖屈为负值) 之间。整个被动运动过程缓慢进行, 每天训练 1 次, 每次训练 1 h; 当 CPM 训练结束后, 嘱患者将患肢平放于床上, 将患足稍垫高, 并即刻冰敷踝关

节 20 ~ 30 min。上述 CPM 治疗共持续 3 ~ 4 d; 于术后 5 ~ 6 d 起, 患者 CPM 活动范围每天增加 1° , 每天活动 2 次, 每次 1 h, 共持续 3 周; 术后 2 周患者拆线时, 其踝关节屈曲范围一般能达到 $-35^{\circ} \sim -5^{\circ}$ 。在患肢无明显肿胀情况下, 对患者施行轻柔、缓慢踝部按摩, 防止踝关节软组织粘连, 同时进行足部抗阻力训练以增强踝关节各肌群肌力^[8]。术后 1 周开始, 患者拄双拐进行部分负重下地行走训练, 每天 2 ~ 3 次, 每次 30 min 左右; 术后 6 周弃拐, 患者在姿势镜前进行平衡功能训练, 待患者能自行保持平衡后鼓励其正常行走。出院后嘱患者按专家建议继续进行关节康复锻炼, 期间逐渐增加行走负荷和锻炼时间、频率。患者在行走训练过程中, 严格遵循无负荷主动运动 → 部分抗阻力练习 → 完全负重主动活动练习过渡原则, 同时还穿插进行屈髋、屈膝、踢腿、上下楼梯等训练。

对照组患者术后 1 ~ 2 周期间以肌力训练为主, 并逐渐增加踝关节屈曲角度, 指导患者家属对其进行关节被动屈伸练习, 关节活动角度根据患者耐受程度而定; 患者 2 ~ 3 周伤口愈合出院, 给予指导意见让其自行训练, 如每天于床边进行踝关节屈伸练习, 于 8 ~ 12 周后根据其骨折愈合情况进行不负重及适度负重行走训练。

三、足底压力测试

分别于术后 3 个月、6 个月时复查, 采用比利时产 Footscan USB2 型平板式足底压力测试系统对上述患者进行动态足底压力测试, 以了解其患足功能恢复情况。进行足底压力测试时, 受试者脱除鞋袜、精神放松, 以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一个步态周期, 每一个步态周期分为两个时相, 即站立相和摆动相。本研究是对受试者站立相中后跟着地期、中间稳定期及推进期足底与测试台接触的时间、压力等数据进行测定, 每位受试者分别进行 5 次动态足底压力数据采集, 取其平均值并纳入统计学分析。

四、统计学分析

研究中测得的各期足底平均压力、时间、压力时间积分等数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 采用 SPSS 13.0 版统计学软件进行自身健足、患足配对 Student's *t* 检验, 比较 2 组患者肢体在步态周期各时相中足底压力各参数值间的差异情况, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、术后 3 个月时 2 组患者双足站立相各期足底压力数据比较

术后 3 个月时对 2 组患者进行足底压力测试, 其双足站立相各期平均压力、时间及压力时间积分结果

详见表 1 和 2,表中数据显示,康复组与对照组患足在后跟着地期、中间稳定期、推进期及整个站立相的平均压力、接触时间及压力时间积分结果与健足比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 康复组患者术后 3 个月时双足站立相各期足底压力数据比较($\bar{x} \pm s$)

检测部位	足底平均压力(N)	接触时间(ms)	压力时间积分(N·ms)
健足($n=31$)			
后跟着地期	63.93 ± 26.98	69.58 ± 19.66	4565.41 ± 325.39
中间稳定期	61.18 ± 10.67	489.63 ± 119.97	30246.80 ± 1630.82
推进期	65.71 ± 20.69	220.13 ± 58.58	15014.64 ± 816.34
站立相	63.27 ± 11.99	787.13 ± 103.28	49826.83 ± 2800.72
患足($n=31$)			
后跟着地期	50.40 ± 25.47 ^a	59.38 ± 18.38 ^a	3665.58 ± 356.83 ^b
中间稳定期	52.64 ± 17.83 ^a	550.38 ± 101.25 ^b	34671.09 ± 2060.61 ^a
推进期	38.44 ± 16.19 ^b	183.13 ± 64.07 ^b	6743.31 ± 387.57 ^b
站立相	50.83 ± 13.02 ^b	708.88 ± 105.20 ^a	45079.97 ± 3161.03 ^a

注:与健足比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$

表 2 对照组患者术后 3 个月时双足站立相各期足底压力数据比较($\bar{x} \pm s$)

检测部位	足底平均压力(N)	接触时间(ms)	压力时间积分(N·ms)
健足($n=31$)			
后跟着地期	59.63 ± 21.46	65.53 ± 10.64	4965.11 ± 285.49
中间稳定期	65.68 ± 13.57	508.33 ± 79.27	33541.03 ± 1854.44
推进期	67.21 ± 24.88	230.54 ± 31.39	15887.88 ± 852.29
站立相	62.25 ± 7.94	791.44 ± 160.55	50148.92 ± 3163.92
患足($n=31$)			
后跟着地期	42.20 ± 23.97 ^a	56.68 ± 15.28 ^a	3599.54 ± 304.43 ^b
中间稳定期	58.54 ± 10.93 ^a	576.33 ± 98.91 ^b	30124.04 ± 1604.77 ^a
推进期	39.33 ± 19.07 ^b	191.03 ± 45.67 ^b	8521.61 ± 541.37 ^b
站立相	49.73 ± 11.98 ^b	702.68 ± 164.55 ^a	44259.87 ± 2925.29 ^a

注:与健足比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$

二、术后 6 个月时 2 组患者双足站立相各期足底压力数据比较

术后 6 个月时对 2 组患者进行足底压力测试,其双足站立相各期平均压力、接触时间及压力时间积分结果详见表 3 和 4,表中数据显示,康复组患足在

表 3 康复组患者术后 6 个月时双足站立相各期足底压力数据比较($\bar{x} \pm s$)

检测部位	足底平均压力(N)	接触时间(ms)	压力时间积分(N·ms)
健足($n=31$)			
后跟着地期	57.80 ± 27.39	55.75 ± 17.89	3606.28 ± 365.38
中间稳定期	69.63 ± 14.98	446.38 ± 71.98	31109.62 ± 1510.00
推进期	54.60 ± 12.95	228.63 ± 57.78	12440.98 ± 900.85
站立相	60.68 ± 8.71	730.75 ± 55.75	47156.88 ± 2362.92
患足($n=31$)			
后跟着地期	55.90 ± 23.69	58.13 ± 24.12	3526.52 ± 347.07
中间稳定期	67.64 ± 16.93	459.25 ± 76.01	30766.77 ± 1824.08
推进期	52.59 ± 12.17	224.25 ± 49.68	12047.76 ± 855.58
站立相	57.71 ± 1.72	741.63 ± 66.56	46341.04 ± 2330.21

表 4 对照组患者术后 6 个月时双足站立相各期足底压力数据比较($\bar{x} \pm s$)

检测部位	足底平均压力(N)	接触时间(ms)	压力时间积分(N·ms)
健足($n=31$)			
后跟着地期	61.09 ± 23.99	58.24 ± 13.22	4851.38 ± 474.61
中间稳定期	66.54 ± 16.22	457.66 ± 63.58	30241.12 ± 1589.08
推进期	52.78 ± 15.41	199.08 ± 52.64	11524.43 ± 643.85
站立相	62.48 ± 10.07	754.25 ± 49.85	43255.24 ± 2988.15
患足($n=31$)			
后跟着地期	49.58 ± 19.47 ^a	50.13 ± 15.35 ^b	3945.43 ± 423.47 ^b
中间稳定期	57.24 ± 17.86 ^b	398.98 ± 72.18 ^b	24567.18 ± 1928.54 ^a
推进期	40.75 ± 16.47 ^a	244.25 ± 43.58 ^a	9924.36 ± 472.27 ^a
站立相	51.51 ± 4.72 ^a	689.44 ± 52.79 ^a	39994.84 ± 2241.17 ^b

注:与健足比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$

后跟着地期、中间稳定期、推进期及整个站立相的平均压力、接触时间及压力时间积分结果与健足比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),对照组健、患足间上述指标差异仍有统计学意义($P < 0.05$)。

讨 论

跟骨骨折患者术后易出现踝、足功能不良,因此有必要进行早期康复训练。目前跟骨骨折术后康复疗效评定主要依据患者临床表现,缺乏客观量化指标。本研究所使用的 Footscan 足底压力步态分析仪在实用性、操控性、重复性方面均具有较明显优势^[9,10],并可对患者康复疗效进行量化分析。

人类的步态是一组复杂运动^[11],通常由若干个步态周期组成,每一个步态周期又分两个时相:即站立相和摆动相;站立相又包括三个阶段:①后跟着地期,从足跟接触测试台开始,到跖骨头着地时结束;②中间稳定期,从跖骨头着地时开始,到足跟完全离开测试台时结束;③推进期,从足跟完全离开测试台时开始,到足趾离开测试台时结束^[12]。在一个步态周期中,任何一个时相向下一个时相过渡时都必须通过足-地作用力来实现。在一个完整步态周期中,正常足在站立时相和举步时相都具有生物力学保护性功能,足会尽可能应对足底压力而增大接触部位受力面积,以保证较低的足底压强,从而防止足底组织遭受过高足底压力而受伤害。若机体全身或足部相关部位出现病变,则足底相关区域峰值压力及其分布将会发生变化,而这种改变往往较临床症状、体征出现得更早,有助于对患者疾病发展趋势作出及时判断,以便更好地对疾病进行诊断和治疗^[13]。

本研究数据显示,康复组与对照组患者在术后 3 个月时,其健、患侧足底压力参数组内差异有统计学意义($P < 0.05$),2 组病例患足站立相后跟着地期、中间稳定期、推进期的平均压力、接触时间、压力时间积分

与健足比较,差异均具有统计学意义(均 $P < 0.05$),即患足上述各项指标数据均明显小于健足,其原因可能包括以下方面:①适应性变化,患者在骨折愈合期为避免伤足负重疼痛会或多或少有意识地改变其步态,这种状态一般需持续一段时间;在术后较短时间内,其损伤跟骨周围软组织微循环未充分建立,患足反复肿胀、疼痛,故此时负重功能主要由健足代偿完成。②患者跟距关节直接受损,距下关节软骨损伤直接导致通过距骨传导以及经跗横关节传导至前足的力线发生改变,虽然经手术治疗,但跟距关节仍未恢复理想匹配状态。③废用性跟骨周围肌力下降,术后由于机体长时间不负重,跟骨周围腓肠肌、腓骨长短肌等收缩能力下降,间接影响患足负重及稳定功能。④关节匹配关系改变,当跟骨发生骨折后,跟距关节面正常匹配关系被破坏,尽管未直接波及跟骰关节与距舟关节,但二者均发生明显应力变化,在步态中间稳定期通过距骨将作用力经距下关节传导至跟骨,再由距舟关节传导至内侧三个跗骨,由跟骰关节传导至外侧两个跗骨,最终造成足底应力改变^[14];虽然患者经手术治疗,但其跟距关节仍未恢复至理想匹配关系。⑤骨折虽已愈合,但骨小梁构建还未完善,也会影响足部运动功能,从而导致患者步态异常。

在术后 6 个月时,发现康复组患足在站立相后跟着地期、中间稳定期、推进期的接触时间、平均压力、压力时间积分与健足比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),两侧步态对比无明显差异,而对照组患者健、患足间上述指标差异仍有统计学意义($P < 0.05$),其原因可能包括以下方面:①贯穿于治疗过程中的康复教育使患者了解到康复训练的目的和意义,消除了患者对康复锻炼可能造成骨折移位或惧怕疼痛的忧虑,使其能更好地配合医师进行康复锻炼,提高了康复疗效。②通过系统康复训练,使患部周围软组织微循环充分建立,加快肿胀消退,促进双足负重关系建立新的平衡。③康复训练后跟距关节面软骨结构与功能的完整及协调性得到恢复;有研究证明^[15],运动对关节软骨具有交替挤压、摩擦作用,对保持关节软骨的营养供给具有重要意义,可促使修复关节面损伤的结缔组织向软骨组织转化,使之更合乎机体关节组织的生理状态。④跟距关节经过一定时间磨合后建立理想的匹配关系。⑤经系统功能锻炼后,跟骨周围腓肠肌、腓骨长短肌等收缩力加强,提高了跟距关节稳定性,间接提高了患足负重及运动功能。⑥手术采取微创小切口方式进行,对跟骨周围软组织的损伤作用相对较小,跟骨的复位质量较满意,加之实施早期康复训练,更有益于患足功能恢复。⑦康复训练能促使跟骨骨小梁结构正常化,促进步态恢复正常。Jason 等^[16]研究认为,跟骨高度、宽度、Böhler 角恢复情况对步态功能具有重要影响

作用;根据康复组患者术后复查 X 线、CT 结果,发现其患足跟骨高度、宽度、Böhler 角与健侧比较,恢复程度均比较满意,CT 显示跟距关节面恢复理想,可见跟骨及其周围组织结构完整性是影响步态的关键因素之一。

综上所述,通过对单侧跟骨骨折术后患者进行动态足底压力测定分析可以得出,术后早期规范系统的康复训练可以促进跟骨骨折术后足部运动功能的恢复,进一步提高手术疗效;Footscan 系统可以对跟骨骨折术后康复疗效进行客观评定。

参 考 文 献

- [1] Mittlmeier T, Morlock MM, Hertlein H, et al. Analysis of morphology and gait function after intraarticular calcaneal fracture. *J Orthop Trauma*, 1993, 7:303-310.
- [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, 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] 李西成, 张英泽, 潘进社, 等. 小切口钢板螺钉加压内固定治疗跟骨骨折. *中华创伤骨科杂志*, 2006, 8:41-44.
- [7] 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.
- [8] 高圣海, 倪朝民, 韩瑞, 等. 早期分离与抗阻运动训练对脑卒中膝过伸和偏瘫步态的防治作用. *中国临床康复*, 2006, 10:33-36.
- [9] 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.
- [10] 钱竟光, 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Rosenbaum D, Lubke B, Bauer G, et al. Long term effects of hindfoot fractures evaluated by means of plantar pressure analysis. *Clin Biomech*, 1995, 10:345-351.
- [15] 范振华. 骨科康复医学. 上海:上海医科大学出版社, 1999:21.
- [16] Jason O, Richard B, Robert M, et al. Personal gait satisfaction after displaced intraarticular calcaneal fractures: a 2-8 year follow up. *Foot Ankle Int*, 2004, 25:657-665.

(收稿日期:2007-09-20)

(本文编辑:易 浩)