

多针内固定治疗跟骨骨折的有限元及临床分析★

孙荣鑫¹, 姜侃¹, 白靖平²

Finite element analysis and clinical analysis on multi-pin internal fixation for the treatment of calcaneal fractures

Sun Rong-xin¹, Jiang Kan¹, Bai Jing-ping²

文章亮点:

①通过三维有限元工具,分析跟骨骨折多针内固定和钢板内固定两种方法的固定效果,与临床资料进行比较,从而起到互相印证的作用。②跟骨 Sanders II 型骨折,多针与钢板两种内固定方式固定的稳定性和应力遮挡相似。③多针内固定更适用于 Sanders II 型骨折,并能有效降低固定后软组织并发症的风险。

Abstract

BACKGROUND: In the calcaneal fractures, proper treatment can significantly improve prognosis of the patients.

OBJECTIVE: To analyze the effect of multi-pin fixation and plate fixation on calcaneal fractures, and to evaluate clinical efficacy of two kinds of internal fixation methods.

METHODS: ①CT scan was performed on a normal male right calcaneus to establish a complete three-dimensional finite element model of calcaneus, and the model was used to simulate Sanders II type fracture of calcaneus, and simulate the tendon loading condition after calcaneal fracture plate and multi-pin internal fixation. The stress distribution, the relative displacement of the fracture line and the maximum principal stress of internal fixation of three groups (plate functional location at 0°; multi-pin functional location at 0°; multi-pin planter flexion location at 30°) were comparatively analyzed. ②Retrospective study of 59 cases of Sanders II type fracture, 36 cases of the foot treated with open reduction and multi-pin fixation, 23 cases of the foot treated with open reduction and plate fixation, then the soft tissue complications after fixation was evaluated.

RESULTS AND CONCLUSION: ①The finite element analysis showed the biggest achilles tendon loading load was 160 N, the maximum principal stress values of the models in three groups were less than the yield strength of fixation 225 MPa. The relative displacement of calcaneal fracture line in three groups was less than the intra-articular calcaneal fractures indications standard (surgical separation of the fracture line or displacement ≥ 1 mm). Continuous loading 1–1 000 N load condition, the achilles tendon loads of internal fixation failure in three groups were greater than 160 N. Stress distribution analysis showed multi-pin and plate fixation evenly distributed the stress. ②The clinical research results showed that good rate of Sanders II fracture in multi-pin fixation group was more than 83%, the good rate in the plate fixation group was 78%, there was no significant difference of the efficacy after fixation between two groups ($P > 0.05$). The occurrence rate of postoperative soft tissue complications in multi-pin fixation group was lower than that in the plate fixation group ($P < 0.05$).

Sun RX, Jiang K, Bai JP. Finite element analysis and clinical analysis on multi-pin internal fixation for the treatment of calcaneal fractures. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(35): 6471-6477.
[http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html]

摘要

背景: 选择恰当的治疗方法能明显改善跟骨关节内骨折患者的预后。

目的: 旨在分析跟骨骨折多针内固定和钢板内固定两种方法的固定效果,评价2种内固定方式的临床疗效。

方法: ①CT扫描正常男性右侧跟骨,建立完整跟骨三维有限元模型,模拟 Sanders II 型跟骨骨折,模拟跟骨骨折钢板和多针两种内固定后受到跟腱载荷的工况,对比研究钢板功能位 0°、多针功能位 0°组、多针跖屈 30°组 2 种内固定 3 种分组模型的应力分布、骨折线相对位移和内固定最大主应力。②回顾性研究 59 例 Sanders II 型跟骨骨折,其中 36 例患足行切开复位多针内固定,23 例患足行切开复位钢板内固定,采用 Maryland 足部评分系统评价跟骨骨折钢板和多针两种内固定后的临床疗效,并分析固定后软组织并发症。

结果与结论: ①有限元分析中加载足踝静止状态跟腱最大载荷 160 N,3 组模型内固定的最大主应力值均小于内固定屈服强度 225 MPa。3 组模型跟骨骨折线的相对移位均小于跟骨关节内骨折手术指征的骨折线分离或移位 ≥ 1 mm 的标准。连续加载 1–1 000 N 载荷的工况,3 组模型内固定失效时对应的跟腱载荷均大于 160 N。模型的应力分布显示,多针与钢板内固定都均匀分布了应力。②临床研究结果显示 Sanders II 型骨折多针固定组优良率 83%,钢板固定组优良率 78%,两组固定后疗效差异无显著性意义($P > 0.05$),但多针固定组固定后软组织并发症发生率低于钢板固定组($P < 0.05$)。

¹Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830002, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; ²Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

Sun Rong-xin★, Master, Attending physician, Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830002, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China
dadi136@126.com

Corresponding author: Bai Jing-ping, Doctor, Chief physician, Doctoral supervisor, Affiliated Cancer Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China
baijingping@yahoo.cn

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2012.35.003

Received: 2012-04-10
Accepted: 2012-06-16

¹ 新疆医科大学第六附属医院, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市 830002; ² 新疆医科大学附属医院, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市 830000

孙荣鑫★, 男, 硕士, 主治医师, 主要从事关节外科的研究。
dadi136@126.com

通讯作者: 白靖平, 博士, 主任医师, 博士生导师, 新疆医科大学附属医院, 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市 830000
baijingping@yahoo.cn

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 2095-4344 (2012)35-06471-07

收稿日期: 2012-04-10
修回日期: 2012-06-16
(20120410004/YJ·C)

关键词: 跟骨骨折; Sanders II型骨折; 内固定; 有限元分析; 临床分析; 组织工程

孙荣鑫, 姜侃, 白靖平. 多针内固定治疗跟骨骨折的有限元及临床分析[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(35): 6471-6477. [http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html]

0 引言

跟骨骨折占全身骨折2%, 占整个足跗骨骨折的60%~65%, 其中约75%又为跟骨关节内骨折, 是一种常见而复杂的创伤^[1-2]。跟骨骨折特别是关节内骨折严重破坏跟距关节或跟骰关节, 故常继发创伤性关节炎, 伴发患足负重行走疼痛、粘连和僵硬等严重的运动功能障碍。手术治疗是目前处理跟骨关节内骨折的重要方法, 得到了大多数骨科医生的共识^[3-4]。但跟骨的解剖结构复杂、骨折类型多样, 以及跟骨周围皮肤软组织套抵御缺血坏死和感染的能力较为脆弱等因素, 使得跟骨骨折手术治疗难度和并发症增加, 对创伤骨科医生极具挑战性。

对于跟骨关节内骨折, 跟骨钢板为目前最推崇的方式^[5-6]。但钢板内固定后切口裂开、坏死、感染、神经血管损伤、内固定物问题等并发症也随之增加。微创切开复位多针固定多针固定简便可靠、费用低廉, 也受到部分临床医生的推广。选取哪种方式更合适, 还需进一步研究。

1 对象和方法

设计: 生物力学实验及对比回顾性研究。

时间及地点: 于2007-01/2010-12在新疆医科大学六附院骨科实验室完成。

对象: ①正常男性志愿者, 28岁, 身高176 cm, 体质量64 kg, 无既往病史或手术史, X射线检查无异常, 无先天性畸形及骨质疏松。②收集2007-01/2010-06新疆医科大学第六附属医院骨科收治的Sanders II型跟骨骨折患者。

Sanders分型的诊断标准: Sanders分型基于冠状位和轴位跟骨CT扫描。在冠状面上选择距骨后跟关节面最宽处, 从外向内有两条线将其分为相等的三部分, 分别由A, B和C代表等分点, 跟骨骨折后在后距关节面上的骨折线以其相对应的A, B或C分别代表骨折线位置。

Sanders II型骨折为跟骨后关节面为2部分骨折, 移位 ≥ 2 mm, 根据骨折线位置在A, B或C, 又分为IIA, IIB, IIC^[7]。

纳入标准: ①符合诊断标准。②年龄18~55岁。

排除标准: ①跟骨的开放性骨折。②局部软组织覆盖条件差。③骨折前不能行走, 截肢和其他内科疾病导致行走很少的患者。④精神病患者。⑤糖尿病或其他神经系统疾病引起的肢体感觉减退或丧失者。⑥患有严重的系统性疾病如心脏病, 肝、肾功能衰竭等。⑦严重骨质疏松患者。⑧跟骨舌型骨折和Sanders I, III, IV骨折。⑨先天性发育异常患者。⑩血管疾病和炎症性疾病患者。⑪严重肥胖者, 体质量指数 ≥ 25 kg/m²。

最终纳入59例患者, 男37例, 女22例, 年龄在18~55岁, 平均40.5岁。其中左足19例, 右足40例。伤后至就诊时间为1~72 h。多为高处坠落闭合伤, 4例合并腰椎压缩骨折, 3例合并骰骨骨折伴跟骰关节脱位, 3例舟骨骨折。所有患者均行跟骨侧位、轴位X射线摄片以及跟骨轴位、冠状位CT检查。对于X射线检查风险患者知情同意后执行。59例患者根据内固定方式不同分为多针固定组($n=23$)和钢板固定组($n=36$)。

方法:

三维有限元分析:

右侧跟骨螺旋CT扫描: 对志愿者右侧跟骨进行CT(GE公司16排螺旋CT, 美国)扫描, 层厚为0.299 mm, 扫描后跟骨层数共339层。

跟骨骨折内固定模型的建立: 将原始数据在UG7.5软件(Unigraphics7.5, SiemensPLM公司, 德国)中建模, 依据跟骨骨折损伤机制, 对模型进行切割模拟骨折线, 在解剖复位骨折的基础上调整将钢板与多针内固定的模型固定在跟骨骨折模型合适位置上。

模型建立网格划分和材料学特性: 将实体模型导入ANSYS 13.0软件(ANSYS公司, 美国)中, 进行边界条件的设定、接触面设定、材质

设定、分析类型、网格划分等。对跟骨骨折钢板内固定的模型划分后, 建立347 645网格 570 962节点, 对跟骨骨折多针内固定模型划分后, 建立258 148网格和464 346节点。假设跟骨是同向性、均质的弹性材料。模型中涉及的各种组织材料的弹性性能常数均参考文献[8-9], 钢板与克氏针均为医用不锈钢316L(生产厂家: 北京中安泰华), 其屈服强度为225 MPa。

材料特性参数:

材料	弹性模量(MPa)	泊松比
皮质骨	7 300	0.30
松质骨	100	0.30
骨折线	5	0.40
钢板和螺钉	2×10^5	0.28
克氏针(2 mm)	2×10^5	0.28

加载方法:

模拟工况: 工况模拟Sanders II型跟骨骨折的边界条件和载荷情况, 以比较不同内固定的效果。跟骨骨折钢板内固定后足踝行功能位0°位固定, 跟骨骨折多针内固定后足踝常规行先跖屈30°位固定然后功能位0°位固定, 骨折未愈前, 骨折和内固定主要受到跟腱牵拉力量的影响。1982年, Simkin和Stokes^[10]通过研究提出跟腱受力约是足部受力的50%, 因此认为64 kg成年男性静止负重状态时, 单足受力为320 N, 故跟腱纵向牵拉力应为160 N, 当足部处于非负重静止情况下, 跟腱止点受到跟腱的拉力小于这个最大值160 N。设定160 N临界值为下肢非负重状态下跟骨受到跟腱拉力最大值。根据固定后情况, 距下后关节面和跟骰关节面为固定约束面。

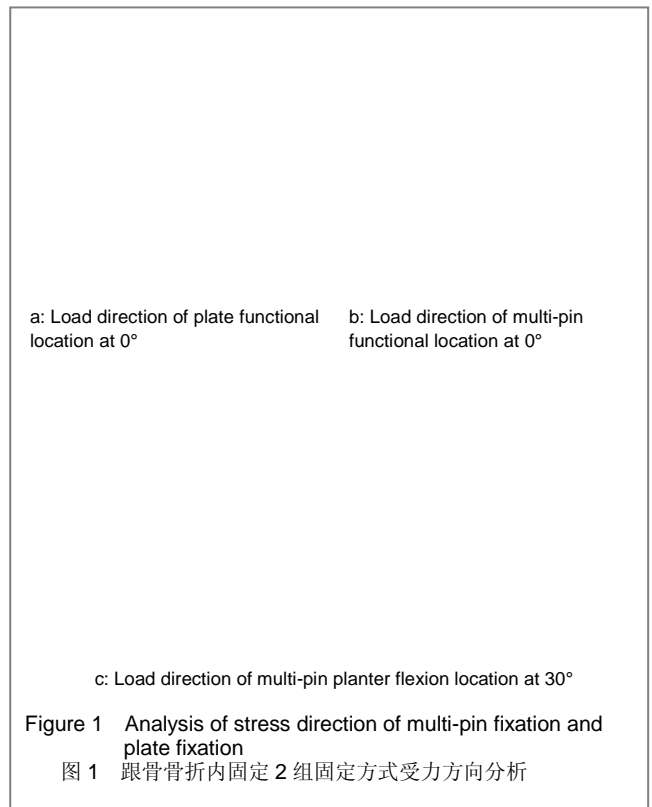
力的作用点: 跟腱附着于跟骨结节部下1/3偏内侧。在跟腱与跟骨的接触面上选取这一点作为力的作用点。

力的大小: ①先分别在各内固定模型组上加载160 N载荷。②预实验提示加载载荷跟骨钢板与多针两组内固定失效时的跟腱载荷都在1~1 000 N之间。故第2次加载力的大小以1 N为起始, 连续加载到1 000 N。

力的方向: 模拟跟骨骨折内固定后愈合过程中受到跟腱载荷的方向。钢板内固定后足踝选择功能位0°固定, 跟骨受到跟腱载荷方向为垂直水平面向上方向, 故钢板功能位0°组受力方向为垂直水平面向上方向。

对于多针内固定组分为2种情况, 由于跟骨骨折多针内固定后足踝先跖屈30°位固定, 后功能位0°位固定的方式, 故在跟骨骨折多针模型上分为2组受力方向研究。多针功能位0°组跟腱载荷方向为垂直水平面向上方向, 多针跖屈30°组跟腱载荷方向为垂直水平面偏后30°

方向, 见图1。



应力和位移计算分析: 将有限元模型进行分析后处理, 分别列示钢板功能位0°、多针功能位0°组、多针跖屈30°组2种内固定3种分组模型受到载荷时应力分布图, 内固定最大主应力, 骨折线等效应变。获得2种内固定3种分组模型在160 N载荷下的应力分布图, 内固定最大主应力值和骨折线等效应变, 再获得2种内固定3种分组模型内固定失效时的内固定最大主应力值与骨折线等效应变情况。对比分析钢板和多针生物力学结果。

临床分析: 固定前常规了解患者全身情况, 对全身一般情况异常者给予对症处理。所有患者均不行急诊手术, 均在患足脱水消肿治疗10~14 d后选择手术治疗, 此时肿胀消退, 足跟外侧皮肤出现皮纹症。

手术均由相同职称手术人员完成。术中采用的内固定物为跟骨支持钢板和克氏针(北京中安泰华公司)材质为医用不锈钢316L。根据患者自愿选择, 36例患足行切开复位多针内固定治疗, 23例患足行切开复位钢板内固定治疗。所有骨折中均植入自体松质骨。X射线观察。

固定后疗效评分和固定后软组织并发症观察: 固定后12个月采用Maryland足部评分系统评分^[11]: 总分100分, 90~100分为优, 75~89分为良, 50~74分为可, <50分为差。最低5分, 最高100分, 分数越高, 患者的状态就越好。并行固定后软组织并发症的观察统计, 包括皮

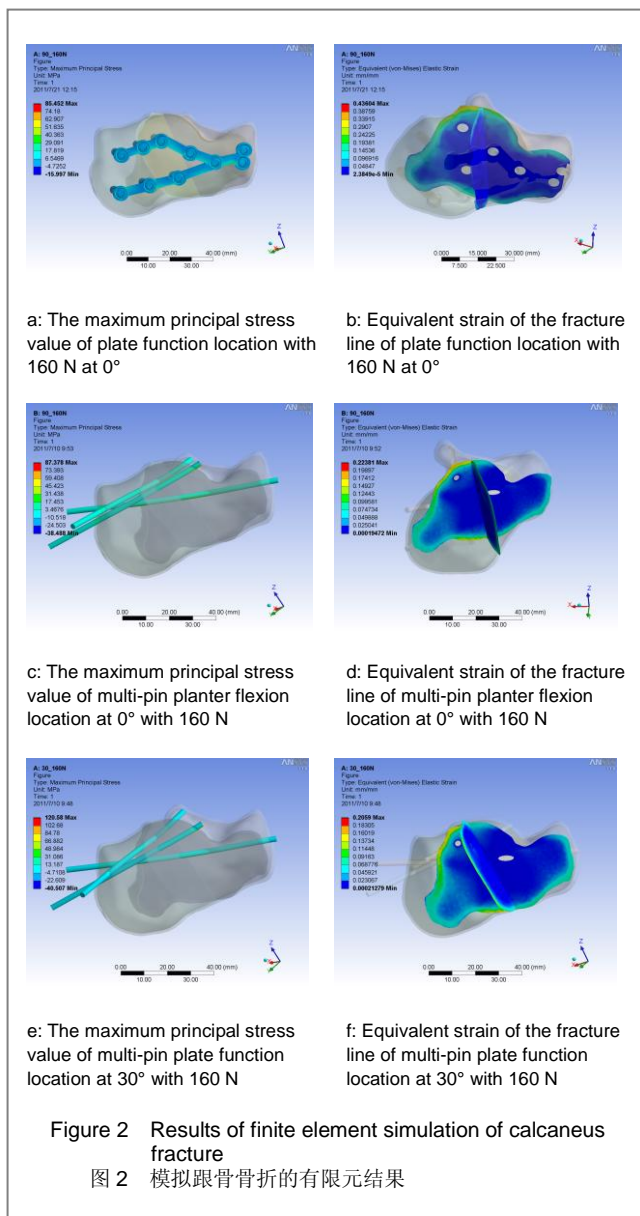
缘坏死、切口感染, 针道感染、腓肠外侧皮神经损伤、足跟部压疮、腓骨肌腱鞘炎。

主要观察指标: 三维有限元分析观察指标为应力分布图, 内固定最大主应力, 骨折线等效应变; 临床观察指标为固定后疗效评分和软组织并发症。

统计学分析: 采用SPSS 13.0统计软件进行分析。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验, 计数资料采用 χ^2 检验, 等级资料使用秩和检验, 检验水准。

2 结果

2.1 模拟跟骨骨折的有限元结果 3组模型应力图见图2。



加载跟腱最大载荷160 N时, 3组模型内固定的最大

主应力值均小于内固定屈服强度225 MPa。3组模型跟骨骨折线的等效应变均小于跟骨关节内骨折手术指征的骨折线分离或移位 ≥ 1 mm的要求。2种内固定3组模型的应力分布显示, 多针与钢板内固定都均匀分布了应力。

3组模型受到跟腱连续加载1~1 000 N载荷的工况, 在没有发生内固定失效前, 3组的应力-应变关系呈线性分布, 去除载荷后可恢复原形。当达到屈服强度225 MPa时内固定失效状态下, 3组模型内固定失效时对应的跟腱载荷均大于160 N。

2.2 临床结果

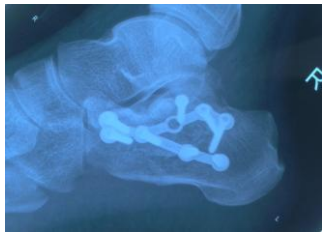
2.2.1 实验对象数量分析 所有参与者均进入结果分析, 无脱失。参与临床分析的患者的信息见表1。

表1 临床资料参与者基本信息 Table 1 General information of the subjects ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)		
Item	Plate fixation group	Multi-pin fixation group
n	23	36
Gender(n , Male/Female)	13/10	24/12
Age(n , yr)	39.08 \pm 11.90	42.00 \pm 10.67
Height(cm)	168.54 \pm 10.05	173.32 \pm 12.57
Body mass(kg)	65(49-82)	69(51-88)
Injury side(n , Left/Right)	8/15	13/23
Cause of injury(n)		
Tumbles wound	5	7
High falling injury	13	25
Vehicle accident	5	4
Re-fracture(n)	0	0

2.2.2 固定后影像学观察结果 固定后随访时间12~26个月, 平均15个月, 由统一培训的同一组人员进行随访评分。固定术后X射线片图见图3。

Sanders II型骨折多针固定组优良率83%, 钢板固定组优良率78%, 优良率差异无显著性意义。使用秩和检验, 钢板和多针两组内固定术后疗效分布无显著性意义($P > 0.05$), 见表2, 3。

2.2.3 两组患者固定后软组织并发症 多针内固定组软组织并发症6足: 皮缘坏死、切口感染2足, 换药治愈; 针道感染2足; 腓肠外侧皮神经损伤1足; 足跟部压疮1足。钢板组内固定组软组织并发症8足: 3足手术切口皮缘坏死裂开, 钢板外露, 分别在固定后60 d和90 d行清创、钢板取出和皮瓣移植; 2足伴有切口感染经换药愈合; 出现腓骨肌腱鞘炎1足, 予局部封闭等保守治疗后缓解, 未行腱鞘切开; 腓肠外侧皮神经损伤2足, 经口服药物缓解。骨折内固定后软组织并发症多针固定组发生率16.7%, 钢板固定组发生率34.8%。多针固定组固定后软组织并发症发生率低于钢板固定组($P < 0.05$)。



a: X-rays of calcaneal fractures for open reduction combined with plate fixation



b: X-rays of calcaneal fractures for open reduction combined with multi-pin fixation

Figure 3 X-ray observation of calcaneal fracture between open reduction combined with multi-pin fixation and open reduction combined with plate fixation at 10 wk after operation

图3 术后10周X射线观察跟骨骨折切开复位钢板和复位多针内固定

表2 术后2组Maryland评分比较
Table 2 Maryland score in two groups after operation ($\bar{x} \pm s$)

Treatment method	n	Maryland score
Plate fixation group	23	82.35±13.13
Multi-pin fixation group	36	84.31±13.45

表3 跟骨骨折钢板与多针固定组疗效分布比较
Table 3 Comparison of the efficacy of plate fixation and multi-pin fixation

Treatment method	n	Results				Z	P
		Excellent	Good	Average	Poor		
Plate fixation group	23	8	10	4	1	0.569	0.569
Multi-pin fixation group	36	15	15	4	2		

3 讨论

金属植入材料种类繁多, 不锈钢是人体最早的植入材料, 奥氏不锈钢, 特别是316及316L不锈钢具有相比于其他不锈钢更为优秀的抗腐蚀性, 其生物相容性已得到证实^[12]。但在生理环境中, 316L不锈钢可能会产生裂缝腐蚀、摩擦腐蚀及疲劳腐蚀等现象^[13]。

随着临床医生对跟骨骨折机制和分类的深入了解, 在骨折的治疗手段和疗效上取得了一定经验。手术

治疗是目前处理跟骨骨折特别是关节内骨折的重要方法, 得到了大多数骨科医生的共识。但跟骨的解剖结构复杂、骨折类型多样, 以及跟骨周围皮肤软组织套抵御缺血坏死和感染的能力较为脆弱等因素, 使得跟骨骨折手术治疗难度增加, 长期疗效难以预测, 对创伤骨科医生极具挑战性^[14-15]。跟骨骨折在分型、治疗、手术技术和术后处理等方面, 尚未达到真正统一。

跟骨骨折固定应满足以下原则: ①固定应可靠, 以利于骨折愈合和避免跟腱牵拉出现术后骨折再移位。②微创性, 后足部软组织相对脆弱, 应最大程度地减少手术本身的创伤。③符合跟骨的解剖特征和跟骨骨折的特点, 并方便术中操作和固定。④符合后足生物力学的特点^[16]。由于跟骨内部大部分为松质骨, 前、中部骨小梁相对稀疏, 周边多数皮质骨较薄, 内固定后很难建立坚强的固定结构^[17], 故无法早期和安全的康复训练。所以跟骨骨折内固定的目的在于早期固定骨折避免受到跟腱牵拉移位, 而非早期负重和功能康复。故在选择内固定方式时, 可不考虑多针固定无法早期负重康复的质疑。

近年来随着影像学技术的发展和外科技术的提高, 人们逐渐认识到恢复关节局部的解剖关系以及坚强的内固定对治疗跟骨关节内骨折的重要性, 目前切开复位内固定成为治疗有移位的跟骨骨折的最常用和有效的方法。跟骨骨折切开复位的内固定材料包括钢针、螺钉、钢板等, 临床研究对这几种内固定方式各有褒贬。钉板结构和多针固定是目前使用较多的两种方式。任何数字模型都是对真实情况的模拟, 不可能将大体标本的信息全部概括, 必然存在许多简化和假设, 从而影响结果的准确性。其最终目的都在于为临床提供生物力学理论依据。因此, 有限元模型还需与标本力学实验进行对照分析, 从而起到互相促进的作用。对于本试验, 参照的跟骨建模方式已有通过生物试验验证过, 所以, 间接论证此有限元建模方法的可行性。结合临床资料进行比较, 相互论证。通过有限元的工具分析跟骨骨折不同内固定生物力学方面的特点, 判断两种内固定稳定的优劣。如果在内固定材质相同的情况下, 主要从内固定对骨折的固定稳定程度进行评价, 同时评价内固定本身应力的分布和变化。内固定物本身应力分布情况也是衡量内固定优劣的一个标准。理想的内固定物应该使应力尽可能均匀分布在内固定物上, 而不应过度集中在某一部位。钢板与多针内固定都较均匀的分配了应力, 模型的最大主应力值均小于内固定屈服强度225 MPa, 2种内固定3种分组内固定均不会发生内固定失效的情况。所以, 2种内固定都均匀分布了应力, 是跟骨骨折适合的内固定材

料。

内固定物对骨折固定的牢固程度是衡量内固定方式优劣的重要标准。以模型的跟骨骨折线的相对位移情况表示内固定牢固程度。用骨折线等效应变值衡量骨折线的相对位移情况。在正常跟腱载荷下2种内固定三种分组跟骨骨折线的相对移位均小于跟骨关节内骨折手术指征的骨折线分离或移位 ≥ 1 mm的标准^[18]。从骨折线的相对位移角度分析: 2种内固定均有效的体现了对骨折的固定稳定性。

但是坚强的钢板固定可能影响骨表面重建, 造成局部应力缺失, 引起骨质吸收和骨质疏松, 因为合理的载荷有促进骨愈合的作用^[19]。当然, 对于钢板的应力遮挡的评价有待于进一步的生物力学试验验证。

跟骨骨折后切口并发症是目前跟骨骨折手术治疗的主要并发症^[20], 而固定后切口并发症会影响患者足部功能的恢复^[21]。对钢板与多针内固定方式对比评价的临床报道很多。跟骨钢板为目前最推崇的方式, 钢板的应用使复杂跟骨骨折很容易达到可靠的固定, 但对于Sanders II型及部分III型骨折, 钢板体形较大, 切口长, 创伤较大, 出血多, 术中软组织剥离较多, 有时钢板放置困难, 特别是术后易造成皮肤损伤、肌腱和神经的刺激等并发症^[22-24], 且文献常有局部感染钢板外露报道。

由于覆盖于足跟周围的软组织较薄, 相对于钢板的外侧“L”型切口, 多针内固定的小弧形切口对外侧较薄的软组织破坏较小。而外侧“L”型切口软组织剥离多, 创伤相对较大。故对于跟骨周围软组织, 手术切口越小, 剥离越少, 固定后软组织风险也越小。而多针内固定方式, 对骨折处骨膜剥离少, 出血较少, 局部血运破坏小, 有利于骨愈合, 对抗跟腱的收缩力较强, 避免术后跟骨变形。简便可靠、费用低廉适合广大基层医院推广使用。钉尾留于皮外, 内植物可方便取出, 减少部分患者心理负担。切开复位多针固定治疗跟骨骨折可取得优良的近中期随访结果。本试验显示多针内固定与钢板相比能取得相似的固定效果, 同时钢板内固定的软组织并发症发生率高于多针内固定。

当然每种内固定都有缺点, 多针内固定后石膏固定时间较长, 有钉尾发生感染的风险, 个别发生固定针松动退出的问题。

跟骨骨折切开复位多针内固定要点: ①手术切口以距下后关节为中心, 不可过小, 切口过小暴露不充分影响手术操作, 并且可因过度牵拉导致皮肤边缘的缺血坏死。②固定中保护腓肠皮神经, 如万一误伤, 不需吻合,

但应对残端作相应处理, 防止形成神经瘤, 与疤痕粘连而有后遗症。③尽量不打开腓骨肌腱鞘, 在该肌腱鞘“桥”下操作, 并在手术复位完成后修复跟腓韧带及腓骨肌支持带。④跟骨为松质骨, 受暴力作用时, 常有较多的粉碎骨块, 用骨膜剥离器、斯氏针撬拨复位时, 容易撬碎骨块, 加重跟骨损伤, 增加复位困难。骨刀复位, 受力均匀, 压强小, 有利于后距下关节面的复位控制, 且副损伤小。⑤植骨起到填充、支持和促进骨折愈合的作用^[25-26], 因此, 认为植骨是必要的, 跟骨外侧壁骨折移位时, 常与腓骨肌腱产生撞击摩擦。不填满外侧的目的是为了将外侧壁与腓骨肌腱一起复位固定后, 不至于外侧骨块过高, 有效的预防了腓骨与跟骨外侧壁的撞击。跟骨解剖形态的恢复不仅有利于足跟功能的早期恢复, 也为今后可能的关节融合等进一步治疗奠定了基础。

当然, 对于内固定方式的选择并不绝对是手术成功的惟一因素, 跟骨骨折固定前后的处理同样是手术并发症的影响因素^[27-29]。手术治疗前应做好以下准备: 在X射线、CT扫描或三维重建图像上测量相关指标, 明确骨折类型, 正确评价局部软组织和全身情况, 制定出合理的治疗方案, 同时根据全身和局部情况进行相应处理。特别对于肿胀明显的患足给予消肿脱水处理, 抬高患肢、促进消肿改善局部软组织条件。对于全身情况较差的患者首先改善基础疾病, 改善心肺功能, 特别强调无烟环境。对于术后的处理特别强调术后第一天对切口皮缘的观察, 如发现皮缘缝合处血运较差, 立即拆除缝线, 防止皮缘继发坏死。同时抬高患足, 加强足趾运动。所以, 加强治疗环节的细节处理, 是防止手术并发症发生的重要保障。

总之, 患者的手术方式选择要考虑骨折的病理改变、患者的整体状况及功能要求、局部软组织条件及经济情况等多方面综合因素。多针内固定适用于软组织条件差的患者, 特别对于Sanders II型比较适合, 既能体现有效的内固定稳定性又能有效降低术后软组织并发症的风险。

致谢: 在本课题的研究过程中, 承蒙新疆大学机械工程学院具来提副教授在有限元分析方面悉心指导和帮助, 在此谨表示深深地感谢!

4 参考文献

- [1] Follak N, Merk H. The benefit of gait analysis in functional diagnostics in the rehabilitation in patients after operative treatment of calcaneal fractures. *Foot Ankle Surg.* 2003; 9(4): 209-214.

- [2] Zhang YG, Zhang YZ, Liu JF, et al. Zhongguo Xiufu Chongjian Waike Zazhi. 2003;17(4):350.
章允刚,章允志,刘剑飞,等.手术治疗跟骨关节内骨折[J].中国修复重建外科杂志,2003,17(4):350.
- [3] Herscovici D Jr, Widmaier J, Scaduto JM, et al. Operative treatment of calcaneal fractures in elderly patients. J Bone Joint Surg Am. 2005;87(6):1260-1264.
- [4] Niu F, Fu Q, Wang MX. Zhongguo Gushang. 2007;20(2):77-78.
牛锋,傅强,王明喜.跟骨关节内骨折不同内固定方式疗效比较[J].中国骨伤,2007,20(2):77-78.
- [5] Cao F, Wang HM, Zhang XH, et al. Zhongguo Shiyong Yiyao. 2009;6(4):37-38.
曹飞,王华民,张旭辉,等.多根克氏针内固定治疗跟骨骨折[J].中国实用医药, 2009,6(4):37-38.
- [6] Ai JP, Wang JB. Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2009;3(24):270-272.
艾江平,王佳斌.跟骨钢板治疗跟骨粉碎性骨折的疗效分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2009,3(24):270-272.
- [7] 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 Relat Res. 1993;(290):87-95.
- [8] Liu LF, Cai JF, Liang J. Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2003;11(8):557-558.
刘立峰,蔡锦方,梁进.跟骨骨折内固定方法的有限元模拟比较[J].中国矫形外科杂志,2003,11(8):557-558.
- [9] Liu LF, Cai JF, Liang J. Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2003;18(7):458-460.
刘立峰,蔡锦方,梁进. 畸形愈合的跟骨在不同步态位相应力分布的三维有限元研究[J].骨与关节损伤杂志,2003,18(7):458-460.
- [10] Simkin A, Stokes IA. Characterisation of the dynamic vertical force distribution under the foot. Med Biol Eng Comput. 1982;20(1):12-18.
- [11] Epstein N, Chandran S, Chou L. Current concepts review: intra-articular fractures of the calcaneus. Foot Ankle Int. 2012;33(1):79-86.
- [12] Tgoman U, Uggowizer PJ. Wear-corrosion behavior of biocompatible austenitic stainless steels. Wear. 2000;239(1):48-58.
- [13] Tang JL, Zuo Y, Tang YM. Composition and corrosion resistance of palladium film on 316L stainless steel by brush plating. Trans Nonferrous Met Soc China. 2012;22(1):97-103.
- [14] Rammelt S, Zwipp H. Calcaneus fractures: facts, controversies and recent developments. Injury. 2004;35(5):443-461.
- [15] Sangeorzan BJ, Benirschke SK, Sanders R, et al. The literature on calcaneal fractures is highly controversial. Foot Ankle Int. 2001;22(10):844-845.
- [16] Wang ZY, Zhang JZ, Yu GR. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006:179-180.
王正义,张建中,俞光荣.足踝外科学[M].北京:人民卫生出版社,2006:179-180.
- [17] Stoffel K, Booth G, Rohrl SM, et al. A comparison of conventional versus locking plates in intraarticular calcaneus fractures: a biomechanical study in human cadavers. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2007;22(1):100-105.
- [18] Potter MQ, Nunley JA. Long-term functional outcomes after operative treatment for intra-articular fractures of the calcaneus. J Bone Joint Surg Am. 2009;91(8):1854-1860.
- [19] Pei GX, Zhang YZ. Beijing: People's Medical Publishing House. 2009: 506.
裴国献,张元智.数字骨科学[M].北京:人民卫生出版社,2009: 506.
- [20] Rubino R, Valderrabano V, Sutter PM, et al. Prognostic value of four classifications of calcaneal fractures. Foot Ankle Int. 2009;30(3):229-238.
- [21] Jain V, Kumar R, Mandal DK. Osteosynthesis for intra-articular calcaneal fractures. J Orthop Surg (Hong Kong). 2007;15(2):144-148.
- [22] Zhang L, Yang HL, Zou J, et al. Zhonghua Linchuang Yishi Zazhi: Dianzi Ban. 2011;5(2):528-531.
张磊,杨惠林,邹俊,等.斯氏针撬拨固定治疗Sanders II、III型跟骨骨折的疗效分析[J].中华临床医师杂志(电子版),2011,5(2): 528-531.
- [23] Zhu Y, Wang JF, Chen YX, et al. Shiyong Guke Zazhi. 2010;16(10):771-775.
朱轶,王骏飞,陈一心,等.影响跟骨骨折手术治疗效果的相关因素[J].实用骨科杂志,2010,16(10):771-775.
- [24] Li SS, Sun J, Pan CB, et al. Zhongguo Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2009;24(8):737-738.
李嗣生,孙军,潘成波,等.跟外侧动脉损伤与跟骨骨折术后皮瓣坏死的关系(附11例报告)[J].中国骨与关节损伤杂志,2009, 24(8): 737-738.
- [25] Lu DS, Kang XQ, Ding ZQ, et al. Gu yu Guanjie Sunshang Zazhi. 2004,19(7):460-461.
路迪生,康西期,丁真奇,等.累及距下关节跟骨骨折的手术治疗[J].骨与关节损伤杂志,2004,19(7):460-461.
- [26] Lu QY, Wang QG, Zhang QL, et al. Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi. 2004;6(2):141-144.
陆晴友,王秋根,张秋林,等.波及距下关节的跟骨骨折的治疗[J].中华创伤骨科杂志,2004,6(2):141-144.
- [27] Pang SY, Xu YB, Zhao JH, et al. Linchuang Guke Zazhi. 2006;9(5):448-449.
庞施义,徐亚斌,赵家宏,等.跟骨关节内骨折内固定手术并发症的防治[J].临床骨科杂志,2006,9(5):448-449.
- [28] Chodos MD, Campbell JT. Intra-articular calcaneal fracture with tarsal coalition treated with open reduction, internal fixation, and isolated subtalar arthrodesis: a case report. Foot Ankle Int. 2007;28(9):1017-1020.
- [29] Allmacher DH, Galles KS, Marsh JL. Intra-articular calcaneal fractures treated nonoperatively and followed sequentially for 2 decades. J Orthop Trauma. 2006;20(7):464-469.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 所有作者共同进行实验设计、实施及评估。

利益冲突: 本课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 根据中华人民共和国国务院颁发的《医疗机构管理条例》，在实验前将实验方案和风险告知对方，并签署了知情同意书。