

· 基础研究 ·

胫骨远端解剖钢板治疗不稳定性 Pilon 骨折的生物力学研究

崔勇¹, 王以进², 华全科¹, 蔡水奇¹, 严利民¹, 陈科杰¹

(1.慈溪市第三人民医院骨科, 浙江 慈溪 315324; 2.上海生物力学工程研究所)

【摘要】 目的:从生物力学角度探讨新型胫骨远端解剖钢板的力学性能。**方法:**将 12 具新鲜湿润成人踝关节标本, 随机区组分为 4 组(每组 3 具), 3 具正常胫骨作为对照(正常 N 组), 9 具造成胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折, 分别采用新型胫骨远端解剖钢板固定(A 组)、重建钢板固定(B 组)、三叶草钢板固定(C 组), B、C 两组为对照组, 测试各组的远端轴向抗压强度、远端轴向刚度、扭转生物力学性能、胫距关节面接触特征。**结果:**A 组在胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折的远端轴向抗压强度、远端轴向刚度、扭转生物力学性能以及胫距关节面接触特征上接近正常 N 组($P>0.05$), 优于 B、C 组($P<0.05$)。**结论:**新型胫骨远端解剖钢板固定后比较牢固, 能达到胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折稳定、可靠的固定目的。

【关键词】 Pilon 骨折; 不稳定性关节; 骨折固定术, 内; 生物力学

Biomechanical research in treating unstable Pilon fracture with anatomic plate of distal tibia CUI Yong*, WANG Yi-jin, HUA Quan-ke, CAI Shui-qi, YAN Li-min, CHEN Ke-jie. *Department of Orthopaedics, the 3rd People's Hospital of Cixi, Cixi 315324, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective:To investigate the mechanical characteristics of new anatomic plate of distal tibia from view of biomechanics. **Methods:**Twelve fresh adult moist ankle specimens were randomly divided into four block groups (every group had 3 specimens), 3 tibial specimens as a normal control (normal group N), 9 specimens were resulted in unstable distal tibial Pilon fracture. Using steel plate fixation with a new anatomic distal tibial plate (group A), reconstruction plate (group B), clover plate (group C). Group B and group C as control group to test the remote axial compressive strength, remote axial stiffness, reversing biomechanical properties, contacted characteristics of the tibial astragaloid articular surface. **Results:**The remote axial compressive strength, remote axial stiffness, reversing biomechanical properties, contacted characteristics of tibial astragaloid articular surface the in distal tibial Pilon fracture instability of group A were near normal group N ($P>0.05$). Group A was best than group B and C ($P<0.05$). **Conclusion:**The new anatomic plate of distal tibia was relatively strong, which can reach effective and stable fixation for unstable distal tibial Pilon fracture.

Key words Pilon fracture; Joint instability; Fracture fixation, internal; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2009, 22(7): 519-521 www.zggszz.com

笔者通过对国人胫骨及重要毗邻解剖学观察, 以及对目前胫骨远端骨折内固定治疗全面分析的基础上, 研制了新型胫骨远端解剖钢板治疗不稳定性 Pilon 骨折。笔者分别做了解剖学观察及该方法与传统三叶草钢板、重建钢板内固定的对比性生物力学试验。现将结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 实验材料 新型胫骨远端解剖钢板: 新型胫骨远端解剖钢板是在原有的三叶草钢板及 AO 胫骨远端解剖钢板的基础上研制而成的, 是根据胫骨远端的解剖特点及前踝和内踝的形状而设计, 钢板远端膨大部分有 7 个直径 3.5 mm 螺钉孔, 固定内踝前侧有 2 个直径 3.5 mm 螺钉孔, 钢板缘唇上有 2 个直径 2.0 mm 克氏针孔, 可做复位和临时固定关节面用, 钢板近端有 3~5 个直径 4.5 mm 螺钉孔固定复位和骨折近端外侧

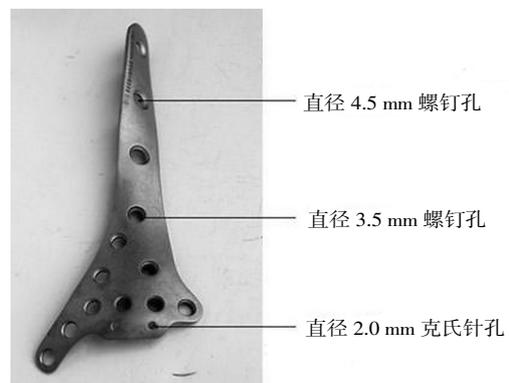


图 1 新型胫骨远端解剖钢板

Fig.1 The new anatomy plate of the distal tibia

面,见图 1。

1.2 实验对象 采集国人成人新鲜湿润踝关节 12 具,3 具正常胫骨作为对照(正常 N 组),9 具在踝关节平面上方 4 cm 处,造成 5 mm 骨质缺损,模拟胫骨干骺端粉碎骨折;远端骨折块矢状面纵行劈裂至胫骨远端关节面,制成 Ruedi-Allgower 型胫骨远端骨折 III 型(胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折)模型,分别采用新型胫骨远端解剖钢板固定(A 组)、重建钢板固定(B 组)、三叶草钢板固定(C 组),后两组为对照组,按标准临床手术方法予以固定。

1.3 实验方法

1.3.1 标本制备 ①标本自然解冻,测量并记录标本的几何参数。②标本两端用骨水泥固定,以便于加载。③在标本测点处粘贴应变片。

1.3.2 测试方法 在建立实验力学模型后,对所有电阻应变导线接入(YJ-14 数显式应变仪)。将标本放入特别夹具内,先处于自然中立位,予以加载,调整仪器、仪表,去除胫骨远端松弛、蠕变等时间效应影响。

1.3.3 力学测试 力学测试模型试验分为胫骨远端轴向抗压强度、远端轴向刚度、扭转生物力学、胫距关节面接触特征试验,加载速度 1.4 mm/min,所有标本在力学模型、载荷、结构、处理方式、高度对等尽量保持一致,以提高实验精度。

1.4 观察项目与指标 测定胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折固定后的远端轴向抗压强度、远端轴向刚度、扭转生物力学、胫距关节面接触特征。

1.5 统计学处理 对胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折固定后的远端轴向抗压强度、远端轴向刚度、扭转生物力学试验、胫距关节面的接触特征统计后用 $\bar{x} \pm s$ 表示,并应用软件 SPSS 10.0 软件包进行计算,所有数据用单因素方差分析比较,图表应用最小二乘法描绘曲线,按照数理统计理论加以 *t* 检验,计算相关参数和精度分析,以 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 胫骨远端轴向抗压强度和远端轴向刚度 ①轴向抗压强度:胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折后采用 3 种不同内固定材料,在 1 000 N 时,进行生物力学轴向抗压强度测量,其结果见表 1。A 组与 N 组在强度上非常接近,仅相差 5%左右,差异无统计学意义($P > 0.05$);A 组与 B、C 组在强度实验中,分别相差 15%和 26%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。②轴向刚度:胫骨远端抵抗轴向变形能力的大小,轴向刚度既是它的生理功能的要求,根据所有标本的测量得到胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折后 1 000 N 时 3 种不同内固定材料下的轴向刚度测试结果见表 2。A 组在轴向刚度值上与 N 组接近,仅相差 7%,差异无统计学意义($P > 0.05$);A 组与 B、C 组分别相差 15%和 30%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 扭转生物力学试验 根据所有标本测量,得到胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折 3 种不同内固定的最大扭矩和扭转刚度值(表 2)。结果表明:A 组在扭矩、扭转刚度相当与正常胫骨远端 8%~9%,差异无统计学意义($P > 0.05$);与 B、C 组在扭矩上分别相差 14%、28%,在扭转刚度上分别相差 18%、23%,差异均有统计意义($P < 0.05$)。

2.3 胫距关节面的接触特征 根据所有标本测量,胫骨远端

表 1 3 种不同内固定的轴向抗压强度和轴向刚度($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 The axial compressive strength and the axial stiffness with different internal fixation methods($\bar{x} \pm s$)

组别	轴向抗压强度(Mpa)	轴向刚度(N/mm)
N 组	4.14±0.31	1384.30±11.60
A 组	3.95±0.28* [△]	1 282.05±111.12**
B 组	2.93±0.23	892.86±90.92
C 组	3.35±0.26	1 086.96±125.34

注: *与 N 组比较, $t=9.93, P > 0.05$; [△]与 B、C 组比较, $F=6.01, P < 0.05$. **与 N 组比较, $t=2.37, P > 0.05$; *与 B、C 组比较, $F=11.7, P < 0.05$

Note: *Compared with group N, $t=9.93, P > 0.05$; [△]compared with group B and C, $F=6.01, P < 0.05$. **Compared with group N, $t=2.37, P > 0.05$; *Compared with group B and C, $F=11.7, P < 0.05$

表 2 3 种不同内固定的最大扭矩和扭转刚度($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 The maximum torque and torsional stiffness with different internal fixation methods($\bar{x} \pm s$)

组别	扭矩(N·M)	扭转刚度(N·M/Deg)
N 组	8.02±0.64	1.95±0.12
A 组	7.24±0.78* [△]	1.79±0.14**
B 组	5.92±0.45	1.28±0.14
C 组	6.20±0.62	1.37±0.12

注: *与 N 组比较, $t=3.70, P > 0.05$; [△]与 B、C 组比较, $F=8.25, P < 0.05$. **与 N 组比较, $t=3.02, P > 0.05$; *与 B、C 组比较, $F=5.52, P < 0.05$

Note: *Compared with group N, $t=3.70, P > 0.05$; [△]Compared with group B and C, $F=8.25, P < 0.05$. **Compared with group N, $t=3.02, P > 0.05$; *Compared with group B and C, $F=5.52, P < 0.05$

不稳定性 Pilon 骨折 3 种不同内固定的胫距关节面的接触特征见表 3。结果表明:A 组与 N 组在接触面积、平均接触压上仅相差 6%~7%,差异无统计学意义($P > 0.05$);A 组与 B、C 组相比,接触面积分别相差 15%、17%,平均接触压分别相差 14%、23%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 3 3 种不同内固定的胫距关节面的接触特征($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 The contacted characteristics of tibial astragaloid joint surface with different internal fixation methods($\bar{x} \pm s$)

组别	接触面积(cm ²)	平均接触压(N/cm ²)
N 组	4.96±0.35	203.74±14.22
A 组	4.62±0.37* [△]	218.40±17.44**
B 组	3.78±0.32	246.68±19.70
C 组	4.25±0.38	238.40±21.44

注: *与 N 组比较, $t=0.07, P > 0.05$; [△]与 B、C 组比较, $F=6.13, P < 0.05$. **与 N 组比较, $t=4.60, P > 0.05$, *与 B、C 组比较, $F=7.70, P < 0.05$

Note: *Compared with group N, $t=0.07, P > 0.05$; [△]compared with group B and C, $F=6.13, P < 0.05$. **Compared with group N, $t=4.60, P > 0.05$; *compared with group B and C, $F=7.70, P < 0.05$

3 讨论

Pilon 骨折后,使踝关节负重系统遭到破坏,为了恢复它的负重功能,对 Pilon 骨折应予以坚强内固定,良好的复位和固定是其关键。因钢板固定控制面积大,骨折移位概率小,如

· 经验交流 ·

旋入式自锁髓内钉在胫骨干骨折中应用的临床观察

薛阳静, 陆兴, 梁盾

(阳泉市第一人民医院骨科, 山西 阳泉 045000)

关键词 胫骨; 骨折; 骨折固定术, 髓内; 外科手术

Clinical observation of rotary self-locking intramedullary nailing in treating fracture of shaft of tibia XUE Yang-jing, LU Xing, LIANG Dun. Department of Orthopaedics, the First People's Hospital of Yangquan City, Yangquan 045000, Shanxi, China

Key words Tibia; Fractures; Fracture fixation, intramedullary; Surgical procedures, operative

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2009, 22(7): 521-522 www.zggszz.com

胫骨干骨折是临床上一种常见的损伤, 由于骨折产生的应力改变, 使许多内固定效果不理想, 加之局部软组织及血运易受损, 常给临床治疗带来困难。我院自 2006 年 5 月至 2008 年 5 月应用该钉治疗胫骨干骨折 30 例, 经随访骨折全部临床愈合, 无一例发生感染、骨不连、金属疲劳断裂、髓内钉下沉、创伤性滑囊炎等, 临床效果满意, 现介绍如下。

1 临床资料

本组 30 例, 男 19 例, 女 11 例; 年龄 17~56 岁, 平均 33 岁。闭合性 24 例, 开放性 6 例。受伤原因: 车祸伤 19 例, 砸伤 6 例, 坠落伤 4 例, 其他伤 1 例。30 例胫骨骨折中横断骨折 12 例, 短斜形骨折 8 例, 粉碎性骨折 6 例, 多段骨折 4 例。受伤至手术时间 2~7 h, 平均 3.5 h。手术后不需加外固定, 术后 2 d 开始功能锻炼, 术后 2 周扶拐下地活动。

2 治疗方法

2.1 旋入式自锁髓内钉

旋入式自锁髓内钉由主钉与自锁软组织条件允许, 尽可能应用钢板固定^[1], 但传统重建钢板固定强度不够, 因此不能行早期负重锻炼, 另外如果伴有胫骨中段骨折时, 用 1 块长钢板同时固定胫骨远端和中段骨折, 骨折中段固定强度不够, 有时需石膏外固定或再在胫骨中段外侧放置 1 块重建钢板, 以增加胫骨中段骨折复位固定后的稳定性^[2], 而若采用三叶草钢板固定, 明显的缺点是钢板价格较贵, 有些患者难以承受^[3]。

在原有的三叶草钢板及 AO 胫骨远端解剖钢板的基础上, 研制而成的胫骨远端解剖钢板, 既可以发挥三叶草钢板与胫骨下端生理弧度匹配, 又可以达到胫骨下端关节解剖重建及骨折的内固定, 有效避免了两种固定的不足, 有以下优点: ①符合胫骨远端 1/3 的解剖生理特点, 钢板无须折弯或仅稍微预弯塑形; ②能有效同时固定内踝骨折块、前外侧骨折块、后唇骨折块; ③钢板远端预弯紧扣前唇, 并有 1.0 mm 定位孔 2 个, 避免钢板固定螺钉进入关节腔; ④与胫骨下段的解剖弧度一致, 在手术中可作为复位的模板, 从而使复位固定更简单易行; ⑤为小腿提供了一个稳定的支架, 从而使胫骨远端不稳

针两部分组合而成。螺钉借助松质骨螺旋旋入髓腔, 通过骨折端进入远端腔, 由于钉两端螺纹的螺距差, 起到有限的加压作用, 其作用原理类似“双头加压螺钉”^[1]。自锁针沿螺纹钉侧槽进入髓腔, 锁针进入的槽的远端沿其斜面向外穿出分叉, 刺入远端髓内的松质骨。由于锁针紧贴髓腔内壁, 起到髓内全段纵向交锁的功能。旋入针属髓内填充式固定, 它利用两端螺纹和髓针锁针远端分叉与近端翼刃嵌入骨内, 起到抗扭转抗短缩功能^[2]。

2.2 手术方法 连续硬膜麻醉下, 上气囊止血带。于髌骨前下缘至胫骨结节上缘作一直切口, 纵向切开髌韧带, 屈膝屈髌, 于胫骨结节上 2 cm 钻孔进入胫骨上段髓腔, 根据髓腔直径大小决定是否扩髓。螺钉经此孔拧入, 透视下复位再拧入全段螺纹钉, 钉尾与骨质入口平行, 侧槽开口向前, 打入自锁针。如需切开复位可作小切口直视下复位, 粉碎性骨折可酌情环扎钢丝固定。

定性 Pilon 骨折固定的稳定性大大增加, 利于术后的骨折愈合以及早期的功能锻炼。

生物力学实验结果表明, 新型胫骨远端解剖钢板内固定能够达到胫骨远端不稳定性 Pilon 骨折的生物固定目的。新型胫骨远端解剖钢板固定的强度、刚度和稳定性基本接近正常标本, 固定骨折端稳定、可靠。与重建钢板、三叶草钢板相比, 在强度和刚度上占有较大的优势, 同时, 新型胫骨远端解剖型钢板在扭转力、胫距关节面的接触特征方面明显优于重建钢板、三叶草钢板。

参考文献

- [1] 刘有玉. 分期手术治疗 III 型 Pilon 骨折 24 例. 中国骨伤, 2007, 20(5): 405.
- [2] 凌义龙, 李志龙, 钱森忠, 等. 重建钢板治疗胫骨 Pilon 骨折. 中医正骨, 2005, 17(1): 13.
- [3] 张贤亮, 倪晓. 45 例 Pilon 骨折治疗分析. 实用骨科杂志, 2008, 2(2): 14.

(收稿日期: 2008-12-30 本文编辑: 王宏)