

## •基础研究•

## 不同内固定方法对下胫腓联合损伤稳定性重建的生物力学研究

费骏, 赖震, 魏威, 胡德新, 余涌杰

(浙江省中西医结合医院骨科, 浙江 杭州 310003)

**【摘要】 目的:**评价不同内固定方法对下胫腓联合损伤稳定性重建的生物力学性能,为临床选择有效的内固定提供理论依据。**方法:**采集 6 具新鲜成人下肢尸体标本,先后制成正常组、下胫腓联合损伤组(损伤组)、3 皮质固定组、4 皮质固定组和胫腓钩固定组 5 组,在万能材料试验机上模拟足运动中立位、跖屈位(30°)、背屈位(20°)、旋后外旋位等 4 种运动工况,测量踝关节的强度、刚度和稳定性。**结果:**①损伤组,在 4 种运动工况下,踝关节的强度、刚度发生异常,与正常组呈显著性差异( $P<0.05$ );②3 皮质固定组、4 皮质固定组和胫腓钩固定组,在 4 种不同运动工况下,踝关节的应力强度、刚度和稳定性均得到有效的改善,其生物力学指标均恢复或超过正常组水平;③3 种固定组的刚度均超过正常组,但 3 组间未存在显著性差异( $P>0.05$ ),其中胫腓钩固定组更接近正常组。**结论:**下胫腓联合损伤利用 1 枚螺钉 3 皮质固定、4 皮质固定和胫腓钩内固定,对下胫腓联合损伤的应力强度、刚度和稳定性有积极的有效的影响,重建后能恢复踝关节的正常稳定性。但是,螺钉固定下胫腓联合使腓骨的旋转活动受到限制,踝穴不能适应距骨的变化,易致螺钉断裂、创伤性关节炎。而采用胫腓钩固定比用螺钉 3 皮质或 4 皮固定更加符合生理要求,应力更加均匀,可减少术后并发症。

**【关键词】** 骨折固定术,内; 胫骨; 腓骨; 创伤和损伤; 生物力学

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2015.12.019

**Biomechanical study on different internal fixation methods of joint stability reconstruction of distal tibiofibular syndesmosis injury** FEI Jun, LAI Zhen, WEI Wei, HU De-xin, and YU Yong-jie. Department of Orthopaedics, Zhejiang Hospital of Chinese Traditional and Western Medicine, Hangzhou 310003, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective** To evaluate biomechanical properties in different methods of internal fixation combined with distal tibiofibular syndesmosis injury, in order to provide a theoretical basis for clinical choice. **Methods:** Six lower limbs specimens were collected and divided into 5 groups, including normal group, distal tibiofibular syndesmosis injury (injury group), 3 cortexes group, 4 cortexes group and hook-plate fixation group. Neutral position, plantar flexion position (30°), dorsiflexion (20°) supination external rotation position of foot movement were simulated on universal materials tester. Strength, stiffness and stability of ankle joint in 4 kinds of motion conditions were measured. **Results:** There was significant differences in strength and stiffness of ankle joint between injury group and normal group in 4 different kinds of motion conditions ( $P<0.05$ ). Strength and stiffness of ankle joint in 3 cortexes group, 4 cortexes group and hook-plate fixation group were improved obviously in 4 different kinds of motion conditions, and biomechanical indexes were recovered normally or better than normal group. Stiffness of the three fixation groups were better than normal group, but there was no significant differences among three groups ( $P>0.05$ ), while stiffness of hook-plate fixation group was closed to normal group. **Conclusion:** For distal tibiofibular syndesmosis injury, 1 screw with 3 cortexes, 4 cortexes and hook-plate had a positive impact on strength, stiffness and stability of distal tibiofibular syndesmosis injury stress, and could restore the normal stability of ankle joint after reconstruction. While fixing by screw fixation would limit the rotatory motion of ankle joint, ankle mortise could not adapt to changes of talus bone, thus induces screw breakage and traumatic arthritis. Hook-plate fixation is more suitable than 3 cortexes or 4 cortexes fixation for biomechanical properties, and its' stress is more balance and can reduce postoperative complications.

**KEYWORDS** Fracture fixation, internal; Tibia; Fibula; Wounds and injuries; Biomechanics

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(12): 1147-1152 www.zggszz.com

基金项目:浙江省医药卫生科技计划项目(编号:2013KYA163)

Fund program: Medicine and Health Science and Technology Plan Projects Supported by Zhejiang Province (No. 2013KYA163)

通讯作者:费骏 E-mail:jamfee67@163.com

Corresponding author: FEI Jun E-mail:jamfee67@163.com

下胫腓联合损伤约占全部踝部骨折的 10% 左右<sup>[1]</sup>。临床上多合并踝关节的骨折和其他损伤,若治疗不当会造成踝关节的不稳定,导致长期疼痛、创伤性关节炎以及踝前撞击综合征等并发症,骨科医师面临着严峻挑战。下胫腓联合结构对维持踝穴完整性,保持踝关节的稳定性有着十分重要的地位。目前对踝关节半脱位轻度损伤,使用 1 枚螺钉 3 皮质固定、螺钉 4 皮质固定、胫腓钩 3 种内固定方法进行生物力学试验的比较研究尚无报道。本课题为此针对下胫腓联合损伤后采用 3 种不同内固定稳定性重建进行生物力学试验对比,为临床选择有效的内固定方法提供实验理论依据。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验对象及仪器

试验对象:选用 6 具新鲜成人下肢尸体标本(由上海交通大学人体解剖教研室提供),在踝关节以上 15 cm 处胫骨截骨,得到踝关节标准试验模型。经肉眼观察及 X 线摄片排除踝关节骨折、先天性畸形、骨质破坏、结核、肿瘤及退行性骨关节炎改变。在胫腓骨近端用骨水泥固定做上端夹具,剔除肌肉及软组织,保留下胫腓联合韧带、踝关节内外侧副韧带。制作足踝运动夹具,固定足底,能够达到足的三维运动,允许伸、屈、旋转和外翻运动。试验仪器:WD-5 万能材料试验机,由长春新特试验机有限公司生产。

#### 1.2 分组

正常踝关节为正常组;切断下胫腓联合韧带制作下胫腓联合韧带损伤模型,设此组为损伤组;分别按照正规手术要求行下胫腓联合复位,距踝关节面 3 cm 处,平行关节线且垂直胫骨,由后外向前内倾斜 25°同时踝关节背伸 5°~10°置入 1 枚螺钉固定,螺钉 3 皮质固定为 3 皮质固定组;进行 4 皮质固定为 4 皮质固定组;使用胫腓钩固定的钩端尽量靠近下胫腓联合,螺钉孔则置于胫骨下段前外侧,距踝关节面 3 cm 处,收紧下胫腓联合,同时踝关节背伸 5°~10°以 1 枚拉力螺钉固定腓骨钩于胫骨上,为胫腓骨钩固定组。

#### 1.3 试验方法

分别在内踝、胫腓骨远端前方、外踝及胫腓骨远端后方粘贴电阻应变片。并在内踝、外踝、胫腓骨前后设定位,标记点为 A、B、C、D。将正常标本在万能材料试验机上施加生理载荷,模拟足运动中立位、跖屈位(30°)、背屈位(20°)、旋后外旋位等 4 种运动工况,(图 1)。正常组进行试验后,制成损伤组进行检测,试验后再制成 3 皮质固定组,进行试验后,再制成 4 皮质固定组,进行试验后,再制成胫腓骨钩固定组进行试验。

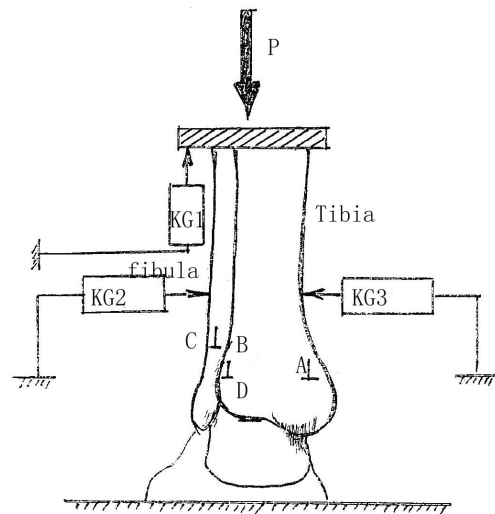


图 1 踝关节生物力学试验示意图 (P 为标本上施加的生理载荷; KG1,KG2,KG3 为 KG 型光栅位移传感器;A、B、C、D 为电阻应变片粘贴位置)

Fig.1 Biomechanics schematic diagram of ankle joint (P is physiological load applied on specimen,KG1,KG2,KG3 are KG type grating displacement sensor;A,B,C,D are stance strain slice paste position)

#### 1.4 检测项目与方法

测量踝关节的应变、位移变化及稳定性。

试验力学模型分别为正常组、损伤组和固定组(包括 3 皮质固定组、4 皮质固定组、胫腓钩固定组)。试验力学模型需在结构、载荷、力学性质上尽量保持一致,以确保试验精度和受载均度。先进行下胫腓骨距骨的材料力学性质测量结果见表 1。所有标本上施加生理载荷 500 N,分级加载,在加载过程中标本维持新鲜湿润状态,在试验前先进行小量程预载,以消除骨的时间效应影响,松弛、蠕变,然后进行加载正式试验,并采集数据。试验反复多次测量,加载速率控制在 1.5 mm/min。所有试验标本的应变、位移测量统一自动记录测量,数据输入计算机进行自体配对资料的 t 检验。

表 1 下胫腓距骨的材料力学性质( $\bar{x}\pm s, n=6$ )

Tab.1 Mterial mechanics properties of tibiofibular talus ( $\bar{x}\pm s, n=6$ )

名称	极限载荷 Pb(KN)	变形 Δb (mm)	相对变形 (%)	弹性模量 E(MPa)	泊松比
胫骨	1.23±0.10	3.26±0.45	0.92±0.20	7350±386	0.30±0.01
腓骨	0.16±0.02	3.24±0.20	0.70±0.18	3670±274	0.29±0.01
距骨	1.37±0.11	2.48±0.22	0.98±0.08	9232±627	0.30±0.01

在进行上述下胫腓联合损伤与固定静力学测量的同时,为了寻找螺钉固定易导致下胫腓联合重建

后的松动与断裂的原因,特进行了动力学高频疲劳试验,以论证螺钉固定疲劳断裂的机制。

1.5 统计学处理

踝关节的应变、位移、应力强度、刚度等测量数据,先进行偶然误差处理,得到满意的数值和置位区间,再采用 SPSS 12.0 统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 踝关节的应力强度

2.1.1 踝关节生理运动工况下的应力强度 将正常踝关节标本(正常组)施加生理载荷 500 N,模拟足运动中立位、跖屈位(30°)、背屈位(20°)、旋后外旋位等 4 种运动工况,测量踝关节上 A、C(内外踝)、B、D 胫腓骨前后踝穴上 4 个位置的应力强度结果见表 2。结果显示正常踝关节标本应力较小,均匀、平稳,如果切断下胫腓联合韧带制作下胫腓联合韧带损伤模型(损伤组),在相同生理运动工况下一并测出踝关节损伤模型的应力强度变化异常,见表 2。

结果表明:正常踝关节标本(正常组)与踝关节下胫腓联合损伤模型(损伤组)应力强度相比较,在 4 种生理运动工况下,内踝应力强度下降 21%,外踝应力强度下降 39%,尤其在背屈、跖屈和旋转位更明显,而在胫腓骨前后踝穴处,应力强度分别下降 29%和 35%,应力强度下降明显,导致踝关节处于极度不稳定状态。统计显示,4 种不同生理运动工况下,正常组与损伤组在 A、B、C、D 4 个位置上的应力集中异常差异明显,差异有统计学意义,尤其在背屈、跖屈和旋转工况呈显著差异。由此可见,下胫腓联合损伤后踝关节处于极不稳定必须予以坚强固定。

2.1.2 下胫腓联合损伤 3 种内固定的应力强度 足不同位置踝关节损伤(切断下胫腓联合韧带)后,

进行下胫腓联合复位用 1 枚螺钉 3 皮质固定、螺钉 4 皮质固定和胫腓钩固定,在 4 种生理运动工况下,分别测量内、外踝,胫腓骨前后踝穴处的应力强度,在同样载荷 500 N 作用下,测出的踝关节应力强度结果见表 3。

(1)3 皮质内固定的应力强度,与正常标本(正常组)相比,内踝应力强度增加平均相差 6%,外踝应力强度平均增加 7%,胫腓骨前、后踝穴处分别增加 7%和 5%,与损伤模型(损伤组)相比应力变化趋于平缓,恢复到原始状态,并超过原始状态,统计表明 3 皮质内固组与正常组相比,两组无明显差异( $t = 1.615, P > 0.05$ )。说明下胫腓联合损伤后先行先复位,后用 1 枚 3 皮质螺钉固定,能够使踝关节恢复到原始正常稳定状态,固定牢固有效,无异常应力出现。

(2)4 皮质内固定的应力强度,与正常标本(正常组)强度相比,内踝应力强度增加相差 8%,外踝应力增加 8%,胫腓骨前、后踝穴处分别增加 9%和 7%,1 枚 4 皮质固定应力强度与螺钉 3 皮质固定相差不大,均超过原始标本的应力强度,1 枚 4 皮质螺钉固定略比 3 皮质内固定强度高,统计表明 4 皮质内固定组与正常组应力无明显差异( $t = 1.112, P > 0.05$ )。同时结果表明,1 枚螺钉 3 皮质固定与螺钉 4 皮质固定也无明显差异( $t = 1.176, P > 0.05$ )。

(3)胫腓钩固定在内踝处应力强度增加 5%左右,外踝应力强度增加 6%,胫腓骨前后踝穴处应力强度却增加了 7%左右,表明胫腓钩固定组固定牢固,且应力强度适中,更接近正常组的应力强度水平,统计结果表明差异无统计学意义( $t = 1.664, P > 0.05$ )。

2.2 踝关节的刚度

2.2.1 正常踝关节生理运动工况的刚度 正常踝关节标本(正常组)施加生理载荷 500 N,模拟足运

表 2 正常组和损伤组踝关节运动工况下应力值比较( $\bar{x} \pm s$ , MPa)

Tab.2 Comparison of stress values between normal group and injury group under ankle movement condition ( $\bar{x} \pm s$ , MPa)

组别	踝数	电阻应变片位置	中立位	背屈 20°	跖屈 30°	旋后外旋
正常组	6	内踝*	0.75±0.06	0.76±0.06	0.29±0.01	0.40±0.03
		外踝**	0.31±0.02	0.94±0.07	0.38±0.02	0.43±0.03
		胫腓骨前***	1.96±0.17	1.53±0.13	1.25±0.10	1.75±0.15
		胫腓骨后****	0.43±0.03	0.37±0.02	1.05±0.08	1.94±0.17
损伤组	6	内踝	0.62±0.04	0.68±0.04	0.17±0.01	0.34±0.02
		外踝	0.23±0.01	0.49±0.03	0.22±0.01	0.27±0.01
		胫腓骨前	1.31±0.11	1.18±0.09	0.85±0.06	1.25±0.11
		胫腓骨后	0.28±0.01	0.23±0.01	0.65±0.04	1.36±0.11

注:正常组与损伤组应力强度比较,\*内踝( $t = 2.218, P = 0.035$  8)、\*\*外踝( $t = 2.452, P = 0.024$  3)、\*\*\*胫腓骨前( $t = 2.668, P = 0.012$  5)、\*\*\*\*胫腓骨后( $t = 2.754, P = 0.008$  5),均存在统计学差异

Note: Comparison of strength between normal group and injury group, \*medial malleolus ( $t = 2.218, P = 0.035$  8), \*\*lateral ( $t = 2.452, P = 0.024$  3), \*\*\* anterior tibiofibular ( $t = 2.668, P = 0.012$  5), \*\*\*\* tibia and fibula after ( $t = 2.754, P = 0.008$  5), and there were statistical significant among them

表 3 不同固定方式各组踝关节运动工况下应力值比较( $\bar{x}\pm s$ , MPa)

Tab.3 Comparison of stress values with different kinds of fixation under ankle movement condition ( $\bar{x}\pm s$ , MPa)

组别	踝数	电阻应变片位置	中立位	背屈 20°	跖屈 30°	旋后外旋
螺钉 3 皮质组* <sup>△</sup>	6	内踝	0.79±0.06	0.81±0.07	0.31±0.02	0.42±0.03
		外踝	0.33±0.02	1.01±0.08	0.41±0.03	0.46±0.04
		胫腓骨前	2.12±0.19	1.64±0.14	1.33±0.11	1.89±0.17
		胫腓骨后	0.45±0.04	0.39±0.03	1.11±0.08	2.08±0.16
螺钉 4 皮质组**	6	内踝	0.81±0.07	0.81±0.07	0.32±0.02	0.44±0.03
		外踝	0.34±0.03	1.02±0.08	0.42±0.03	0.48±0.04
		胫腓骨前	2.14±0.18	1.66±0.14	1.35±0.12	1.91±0.18
		胫腓骨后	0.46±0.04	0.40±0.03	1.13±0.08	2.12±0.18
胫腓钩固定组***	6	内踝	0.33±0.02	1.01±0.08	0.41±0.03	0.46±0.04
		外踝	0.32±0.03	1.01±0.07	0.40±0.04	0.47±0.04
		胫腓骨前	2.08±0.19	1.62±0.13	1.32±0.11	1.90±0.17
		胫腓骨后	0.47±0.05	0.41±0.04	1.12±0.07	2.10±0.18

注: \*螺钉 3 皮质组与正常组应力强度比较( $t=0.615, P=0.0594$ ), \*\*螺钉 4 皮质组与正常组应力强度比较( $t=1.112, P=0.0623$ ), \*\*\*胫腓钩固定组与正常组应力强度比较( $t=1.664, P=0.0676$ ), <sup>△</sup>螺钉 3 皮质组与螺钉 4 皮质组应力强度比较( $t=1.176, P=0.0713$ ), 差异均无统计学意义

Note: \*Comparison of strength between 3 cortexes and normal group ( $t=0.615, P=0.0594$ ), \*\*Comparison of strength between 4 cortexes and normal group( $t=1.112, P=0.0623$ ), \*\*\*Comparison of strength between hook-plate fixation and 4 cortexes group ( $t=1.664, P=0.0676$ ), <sup>△</sup>Comparison of strength between 3 cortexes and 4 cortexes group ( $t=1.176, P=0.0713$ ), and there were no significance meaning among them

表 4 正常组和损伤组足踝关节的刚度比较( $\bar{x}\pm s$ , N/mm)

Table 4 Comparison of stiffness of ankle joint between the normal group and injury group( $\bar{x}\pm s$ , N/mm)

组别	踝数	刚度方向	中立位	背屈 20°	跖屈 30°	旋后外旋
正常组	6	轴向压缩刚度 <sup>△</sup>	168.82±13.65	184.09±14.15	152.53±12.72	141.55±11.74
		水平剪切刚度*	911.12±94.45	971.43±85.71	175.23±17.54	130.77±12.15
损伤组	6	轴向压缩刚度	132.56±11.76	137.73±12.94	101.61±11.12	104.92±11.39
		水平剪切刚度	737.50±80.63	733.34±66.64	115.83±11.48	86.34±7.82

注: <sup>△</sup>正常组与损伤组不同运动工况下轴向压缩刚度比较( $t=2.812, P=0.0031$ ), \*正常组与损伤组不同运动工况下水平剪切刚度比较( $t=2.733, P=0.0041$ ), 均存在统计学差异

Note: <sup>△</sup>Comparison of axial compressive stiffness between normal group and injury group in different motion conditions ( $t=2.812, P=0.0031$ ), \*Comparison of stiffness of horizontal shear between normal group and injury group in different motion conditions ( $t=2.733, P=0.0041$ ), and there were statistical significant among them

动中立位、跖屈位(30°)、背屈位(20°)、旋后外旋位等 4 种运动工况, 测量踝关节的轴向压缩刚度(EF)和水平剪切刚度(GF), 结果见表 4。正常踝关节标本的轴向刚度和水平剪切刚度均较大, 载荷作用下的应变位移较小, 如果切断下胫腓联合韧带造成损伤(损伤组), 在相同生理运动工况相同载荷作用下的轴向压缩刚度和水平剪切刚度均会大幅下降。

结果表明: 正常组与损伤组两者轴向刚度和水平剪切刚度相比较, 在 4 种生理运动工况下, EF 平均减小 27%, GF 平均减小 28%, 均大幅下降, 尤其在背屈位或跖屈位下降更甚, 踝关节处于不稳定状态, 位移变形较大, 刚度下降更明显。统计显示 EF 或 GF 与正常组比较均呈显著性差异。同样表明下胫腓联合损伤后必须予以牢固固定才能维持踝关节的正常

刚度水平。

2.2.2 下胫腓联合损伤 3 种内固定踝关节的刚度

下胫腓联合损伤下采用 1 枚螺钉 3 皮质固定、4 皮质固定和胫腓钩固定, 在 4 种生理运动工况及相同载荷作用下, 分别测量 EF、GF 值的变化, 结果见表 5。

(1)3 皮质固定组的轴向压缩刚度和水平剪切刚度, 与损伤组相比有较大提高, 刚度得到了有效的恢复。3 皮质固定组与正常组相比, 刚度均超过正常水平, 4 种生理运动工况下 EF 平均增加 33%, GF 增加 32%, 经统计有明显差异( $t=2.651, P<0.05$ )。结果显示, 3 皮固定满足踝关节正常刚度水平要求, 固定也十分牢固。

(2)4 皮质固定组的轴向刚度和水平剪切刚度, 与正常组相比, 刚度得到较大幅度的提高, EF 与 GF

表 5 不同固定方式足不同位置时踝关节的刚度比较( $\bar{x}\pm s$ , N/mm)Tab.5 Comparison of stiffness with different fixation under different positions of ankle joint( $\bar{x}\pm s$ , N/mm)

组别	踝数	刚度方向	中立位	背屈 20°	跖屈 30°	旋后外旋
螺钉 3 皮质组* <sup>△</sup>	6	轴向压缩刚度	248.76±19.90	255.10±21.43	231.48±20.83	224.22±20.18
		水平剪切刚度	1034.48±80.69	1167.74±77.42	252.10±20.61	215.83±15.25
螺钉 4 皮质组**	6	轴向压缩刚度	256.41±20.51	267.38±20.86	233.65±16.36	220.21±21.12
		水平剪切刚度	1071.43±91.07	1099.98±78.92	254.24±17.28	217.39±17.36
胫腓钩固定组***	6	轴向压缩刚度	245.10±21.70	261.78±20.94	227.27±20.23	223.21±20.10
		水平剪切刚度	1035.10±82.80	1000.10±82.30	255.10±20.32	214.29±18.86

注: \*螺钉 3 皮质组与正常组刚度比较( $t=2.651, P=0.0415$ ), \*\*螺钉 4 皮质组与正常组刚度比较( $t=2.694, P=0.0386$ ), \*\*\*胫腓钩固定组与正常组强度比较( $t=2.519, P=0.0435$ ), 均存在显著性差异。<sup>△</sup>3 组间刚度比较( $t=2.216, P=0.0713$ ), 差异无统计学意义

Note: \*Comparison of strength between 3 cortexes and normal group ( $t=2.651, P=0.0415$ ), \*\*Comparison of strength between 4 cortexes and normal group ( $t=2.694, P=0.0386$ ), \*\*\* Comparison of strength between hook-plate and normal group ( $t=2.519, P=0.0435$ ), there was significant difference. <sup>△</sup>there was no significant differences among three groups ( $t=2.216, P=0.0713$ ), there was no statistical significance among them

分别增加 32%~34%, 差异有统计学意义( $t=2.694, P<0.05$ )。

(3) 胫腓钩固定组的轴向刚度和水平剪切刚度, 4 种生理运动工况下 EF 和 GF 比正常分别高出 23%~33%, 固定坚强, 差异有统计学意义( $t=2.519, P<0.05$ )。3 组间的刚度比较差异无统计学意义 ( $t=2.216, P>0.05$ ), 但胫腓钩固定组其刚度更接近正常组。

### 3 讨论

#### 3.1 下胫腓联合损伤特点

下胫腓联合由胫腓骨远端与下胫腓韧带复合体构成下胫腓联合是一种微动连接, 可随踝关节运动而出现相应运动, 这使踝穴既保持紧固又有一定的弹性和适应性, 使踝关节保持稳定<sup>[2]</sup>。下胫腓联合韧带由下胫腓前韧带、下胫腓后韧带、骨间韧带、下胫腓横韧带等 4 部分构成, 其功能是维持踝关节的稳定, 对抗轴向、侧向、旋转以及矢状位方向的应力, 限制其超越生理范围的活动。当足处于旋前或旋后位时, 外旋暴力是导致下胫腓联合韧带损伤的主要原因<sup>[3]</sup>。下胫腓联合韧带损伤后直接缝合修补非常困难, 通常采用固定下胫腓的方法促进下胫腓韧带的愈合<sup>[4]</sup>, 此固定必须符合坚强固定和微动统一的特点。

#### 3.2 3 种内固定对下胫腓联合损伤的重建

下胫腓联合螺钉固定是临床较常用的固定方法之一, 但固定方式是采用固定 3 皮质还是 4 皮质目前仍有争议<sup>[5-6]</sup>。Karapinar 等<sup>[7]</sup>认为, 采用 3 层皮质螺钉固定比 4 层皮质螺钉固定的术后踝关节功能更加稳定。Moore 等<sup>[8]</sup>研究认为: 3 皮质或 4 皮质固定均可, 但患者术后不遵医嘱而过早负重, 则 3 皮质固定复位失败率较高。本文结果表明, 无论是 3 皮质还是 4 皮质固定均能使踝关节的应力强度和刚度较正常有所增加, 其中 4 皮质固定所提供的应力强度高于 3 皮质固定, 但两者间并不存在明显的统计学差

异。通过螺钉固定使踝关节应力强度增加, 但同时也限制了腓骨的旋转活动, 踝关节活动范围变小。长时间固定会导致螺钉松动, 甚至断裂。因此不应过分强调螺钉坚强固定, 否则会影响踝穴对距骨的顺应性调节。

与螺钉固定不同, 胫腓钩固定并不是一种坚强固定方式, 腓骨钩呈半环形钩贴于腓骨下段, 当踝关节做背伸、跖屈活动时, 腓骨钩可以随其半环切迹滑动, 保证了下胫腓关节活动的生物力学特征<sup>[9]</sup>。从本文结果可以看出胫腓钩固定后, 踝关节仍有一定的生理活动度, 保留了腓骨的旋转活动, 减少了踝关节背伸活动受限, 符合生物学固定的要求, 其固定后踝关节的应力强度、轴向压缩刚度及水平剪切刚度均得到了有效的恢复, 且较螺钉固定更接近正常水平。

本研究结果表明螺钉固定尤其是 4 皮质固定可获得更强的稳定性及抗旋转能力, 但是, 螺钉固定下胫腓联合使腓骨的旋转活动受到限制, 踝穴不能适应距骨的变化, 易致螺钉断裂及创伤性关节炎的发生。而采用胫腓钩固定比用螺钉 3 皮质或 4 皮固定更加符合生理要求, 应力更加均匀, 可减少术后并发症。

#### 3.3 本文的研究特点

本文采用的是人体新鲜标本, 该模型保留了正常的骨小梁结构和韧带结构, 因此, 其试验更加接近人体正常关节, 结果在组间更具有可比性, 试验数据更为可靠。试验也存在不足之处, 万能材料试验机在测试中时间零点的取值存在一定的误差<sup>[10]</sup>。此外, 该研究没有进行循环加载测试, 对模型前后疲劳状态下的生物力学性能没有进行研究。人体新鲜标本虽然是最贴近活体的模型, 但个体标本间差异难以避免, 造模时操作也存在一定的差异, 试验限于标本来源只能完成 6 例测试, 样本量偏小, 这些都是本试验存在不足之处。

## 参考文献

- [1] Thornes B, Shannon F, Guiney AM, et al. Suture-button syndesmosis fixation; accelerated rehabilitation and improved outcomes [J]. Chin Orthop, 2005, (431): 207-212.
- [2] 汤峰, 王勤业, 徐忠良, 等. 缝合锚弹性固定生理重建修复下胫腓联合损伤[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(30): 5466-5471. Tang F, Wang QY, Xu ZL, et al. The suture anchor elastic fixed physiological repair and reconstruction of distal tibiofibular syndesmosis injury[J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2013, 17(30): 5466-5471. Chinese.
- [3] Funk JR. Ankle injury mechanisms; lessons learned from cadaveric studies[J]. Clin Anat, 2011, 24(3): 350-361.
- [4] 孟利斌, 王福川, 张国川. 下胫腓联合分离螺钉固定的生物力学研究[J]. 河北医药, 2010, 32(24): 3517-3518. Meng LB, Wang FC, Zhang GC. Biomechanical study of screw fixation combined with inferior tibiofibular syndesmosis separation[J]. He Bei Yi Yao, 2010, 32(24): 3517-3518. Chinese.
- [5] Wikerøy AKB, Høiness PR, Andreassen G, et al. No difference in functional and radiographic results 8.4 years after quadricortical compared with tricortical syndesmosis fixation in ankle fractures [J]. J Orthop Trauma, 2010, 24(1): 17-23.
- [6] Nousiainen MT, McConnell AJ, Zdero R, et al. The influence of the number of cortices of screw purchase and ankle position in Weber C ankle fracture fixation[J]. J Orthop Trauma, 2008, 22(7): 473-478.
- [7] Karapinar H, Kalenderer O, Karapinar L, et al. Effects of three-or four-cortex syndesmosis fixation in ankle fracture[J]. J Am Podiatr Med Assoc, 2007, 97(6): 457-459.
- [8] Moore JA Jr, Shank JR, Morgan SJ, et al. Syndesmosis fixation: a comparison of three and four cortices of screw fixation without hardware removal[J]. Foot Ankle Int, 2006, 27(8): 567-572.
- [9] 张培训, 姜保国, 徐海林, 等. 腓骨钩治疗下胫腓联合损伤的临床分析[J]. 中国综合临床, 2009, 25(2): 119-120. Zhang PX, Jiang BG, Xu HL, et al. Clinical analysis of tibiofibular syndesmosis injury fibular hook treatment[J]. Zhongguo Zong He Lin Chuang, 2009, 25(2): 119-120. Chinese.
- [10] 马信龙, 马剑雄, 马韬, 等. 改良前后动态套筒式三翼钉固定股骨颈骨折的生物力学比较[J]. 中华骨科杂志, 2012, 32(12): 1166-1171. Ma XL, Ma JX, Ma T, et al. Comparative biomechanics of femoral neck fracture nail dynamic sleeve three wing before and after improved[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2012, 32(12): 1166-1171. Chinese.

(收稿日期: 2015-02-15 本文编辑: 王宏)

·读者·作者·编者·

## 本刊关于一稿两投和一稿两用等现象的处理声明

文稿的一稿两投、一稿两用、抄袭、假署名、弄虚作假等现象属于科技领域的不正之风, 本刊历来对此加以谴责和制止。为防止类似现象的发生, 本刊一直严把投稿时的审核关, 要求每篇文章必须经作者单位主管学术的机构审核, 附单位推荐信(并注明资料属实、无一稿两投等事项)。希望引起广大作者的重视。为维护本刊的声誉和广大读者的利益, 凡核实属于一稿两投和一稿两用等现象者, 本刊将择期在杂志上提出批评, 刊出其作者姓名和单位, 并对该文的第一作者所撰写的一切文稿 2 年内拒绝在本刊发表, 同时通知相关杂志。欢迎广大读者监督。

《中国骨伤》杂志社