

文章编号:1004-7220(2009)02-0143-05

## LISS 钢板治疗股骨远端骨折的生物力学研究

丁志宏<sup>1</sup>, 张岩<sup>2</sup>, 王铭春<sup>2</sup>, 陈荣康<sup>3</sup>, 刘艺敏<sup>4</sup>, 王治<sup>2</sup>, 刘粤<sup>2</sup>

(1. 宁夏医科大学 研究生部, 银川 750004; 2. 上海浦东公利医院 骨科, 上海 200135;

3. 同济大学 力学实验中心, 上海 200092; 4. 同济大学医学院 预防医学教研室, 上海 200092)

**摘要:** **目的** 探讨采用 LISS 钢板治疗股骨远端骨折时, 通过合理分配骨折近端单双皮质固定螺钉, 达到有效固定的问题。**方法** 取 115 根新鲜羊右侧股骨, 造成股骨远端 AO 分型 33-A3 型骨折, 并均采用 5 孔右侧股骨远端 LISS 钢板予以固定, 在骨折近端固定螺钉单双皮质不同分布状态下, 分别作拔出和扭转的生物力学对比试验研究。**结果** 骨折近端螺钉第 1、3 孔采用双皮质固定在钢板和螺钉的固定平衡性及对抗扭转拔出方面明显优于其他各试验组。**结论** 采用 LISS 钢板治疗股骨远端 33-A3 型骨折时, 骨折近端螺钉第 1、3 孔双皮质固定在钢板、螺钉的固定平衡性及对抗扭转拔出方面明显优于其他各试验组, 能够有效地降低钢板、螺钉与骨质之间的剪切力和扭转力, 从而防止螺钉、钢板早期松动脱落。

**关键词:** 股骨远端骨折; LISS 钢板; 生物力学; 拔出试验; 扭转试验

**中图分类号:** R318.01 **文献标志码:** A

## Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system used to treat distal femur fractures

DING Zhi-hong<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>2</sup>, WANG Ming-chun<sup>2</sup>, CHEN Rong-kang<sup>3</sup>, LIU Yi-min<sup>4</sup>,  
WANG Zhi<sup>2</sup>, LIU Yue<sup>2</sup> (1. Department of Postgraduate, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004,  
China; 2. Department of Orthopaedics, Shanghai Pudong Gongli Hospital, Shanghai 200135, China; 3. Institute  
of Mechanics, Tongji University, Shanghai 200092, China; 4. Department of Phylaxiology, Tongji Medical  
College of Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract: Objective** To investigate how to achieve the effective fixation when treating distal femur fractures by using unicortical or bicortical screws in the proximal end of the less invasive stabilization system (LISS). **Method** 115 caprine right femurs were taken and created to simulate AO/33-A3 fracture. All fracture models were fixed by the right 5 hole LISS Plate, which treated differently by using unicortical or bicortical screws in the proximal end of the LISS plate. And then withdrawal force and torsional force were given on them to make comparison. **Result** By using bicortical locked screws in the first and third hole of the proximal end of LISS, it could reach the best balance with the distal end, and also create the biggest force to resist torsional force compared with other groups. **Conclusions** This test indicates that using bicortical screws in the first and third hole of the proximal end of the LISS is the best way for treating distal femur fractures AO/33-A3, it can not only reach the best balance and it create the biggest force to resist torsional force, but also decrease the shearing force, torsional force so as to prevent hardware failure.

**Key words:** Distal femur fractures; Less invasive stabilization system plate; Biomechanics testing; Withdrawal test; Torsional test

收稿日期:2009-01-07; 修回日期:2009-02-13

作者简介:丁志宏(1979-),男,主治医师,研究方向:创伤骨科,骨关节疾病。

通讯作者:张岩, Tel:(021)58858730-5217; E-mail:rmmyzh@126.com.

股骨远端骨折由于存在严重的软组织损伤、骨折粉碎、骨缺损、骨折累及关节面和股四头肌伸膝装置等因素而常常导致其治疗效果不理想<sup>[1]</sup>。LISS (Less Invasive Stabilization System) 钢板作为一种新型内固定器械,在治疗股骨远端骨折时,其优越性毋庸置疑。尽管如此,人们在临床使用过程中依然发现了问题,譬如:骨折在固定术后出现了骨折近端锁定螺钉从骨皮质中松动和退出的现象,最终钢板近端远离皮质而导致治疗失败,而且所有的失败病例都是钢板近端螺钉单皮质固定。目前国内外尚无相关原因的生物力学试验文献报道。本试验通过采用LISS 钢板治疗股骨远端骨折时,骨折近端螺钉单双皮质固定不同分布的生物力学对比研究,探讨如何通过合理分配骨折近端单双皮质固定螺钉,达到有效固定的目的。

## 1 试验材料和方法

### 1.1 材料

1.1.1 取新鲜羊(产地宁夏及青海)右侧股骨 115 根(长度 $(19.05 \pm 0.16)$  cm),年龄 1~1.5 岁,并用 Lunar 双能 X 线骨密度仪进行骨密度筛选( $1.085 \pm 0.058$ ) g/cm<sup>2</sup>。分别将其制造成 AO 骨折分型的 33-A3 型骨折模型,见图 1。

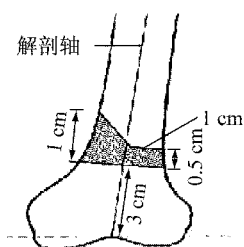


图1 33-A3 型骨折模型  
Fig.1 Fracture model of 33-A3

1.1.2 骨折内固定模型的制备 将所选羊股骨随机分组,骨折远、近端均采用 4 枚锁定螺钉固定,其中骨折远端螺钉均采用 C、D、F、G 孔双皮质固定,骨折近端最靠近骨折线孔定义为第 1 孔,并依次定义第 2、3、4 孔,见图 2。根据骨折近端固定螺钉单双皮质不同分布状态,制备骨折近端全部单皮质螺钉固定标本 20 例,第 1 孔双皮质螺钉固定标本 20 例,第 3 孔双皮质螺钉固定标本 20 例,第 1、3 孔双皮质

螺钉固定标本 20 例,第 1、2 孔双皮质螺钉固定标本 10 例,以及第 1、2、3 孔双皮质螺钉固定标本 15 例。此外,还制备了股骨远端均采用 C、D、F、G 孔双皮质固定标本 10 例,供拔出试验对照使用。

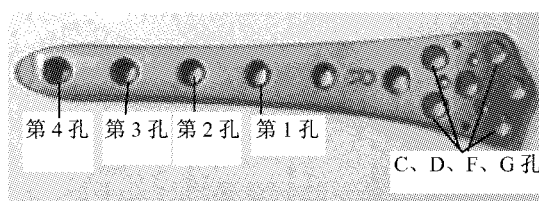


图2 LISS 钢板及钉孔定位  
Fig.2 LISS and location of the hole

### 1.2 试验方法

1.2.1 拔出试验 试验组依照骨折近端单双皮质螺钉不同分布状态,其分组如表 1 所示。对照组 C、D、F、G 孔双皮质固定标本 10 例。分别在材料测试系统电子万能试验机(型号:CSS-4420,产地:长春试验机研究所,精度:1%)上进行拔出试验,每一标本测试结束将实验机器归零后测试下一标本。试验采用连续加载方式,加载速度 5 mm/min,分别比较螺钉出现松动,钢板脱落时的载荷大小。当钢板、螺钉出现松动、脱落时,其力学曲线达到峰值状态。

1.2.2 扭转试验 从力学角度分析,在骨折远端产生相同力矩的情况下,骨折近端第 1 枚螺钉处产生的拔出力最大。根据操作手册以及力学分布平衡的原理,选择骨折近端全部单皮质固定,第 1 孔双皮质固定,第 3 孔双皮质固定,第 1、3 孔双皮质固定以及第 1、2、3 孔双皮质固定,剩余钉孔均分别

表 1 拔出、扭转试验样本数

Table 1 Number of samples in test of withdrawal force and torsional force

分组	n	
	拔出	扭转
全部单皮质固定	10	10
第 1 孔双皮质固定	10	10
第 3 孔双皮质固定	10	10
第 1、3 孔双皮质固定	10	10
第 1、2 孔双皮质固定	10	0
第 1、2、3 孔双皮质固定	10	5
C、D、F、G 孔双皮质固定	10	0

采用单皮质固定 5 个试验组。各试验组根据骨折近端单双皮质螺钉不同分布状态,其分组如表 1 所示。骨折远端均采用 C、D、F、G 孔双皮质固定。各试验对象分别在材料测试系统扭转试验机(型号:NDW30500,长春科新实验仪器公司)上进行扭转试验,每一标本测试结束将试验机归零后测试下一标本。试验以通过股骨长轴的方向为加载臂,加载方向与加载臂垂直,加载速度为 5°/min。当钢板、螺钉出现松动和脱落时,其力学曲线达到峰值状态。

### 1.3 统计分析

采用 SPSS 14.0 统计软件进行方差分析。

## 2 结果

### 2.1 拔出试验

由试验结果可以看出:各试验组之间拔出力差别有高度统计学意义( $P < 0.001$ );远端与其他各试验组进一步作两两比较,其差别均有统计学意义( $P < 0.001$ )。从其均数比较不难看出,骨折近端螺钉第 1、2、3 孔采用双皮质固定时拔出力最大,全部采用单皮质固定时拔出力最小,第 1、3 孔双皮质固定时拔出力与骨折远端拔出力均数最为接近,其差值仅为 271.5 N。在达到骨折两端的拔出力基本平衡方面明显优于其他各实验组,结果见表 2。

表 2 骨折远端与骨折近端不同状态下拔出力的比较(N, n = 10)

Tab.2 Comparison of withdrawal force between the distal end and the proximal end(N, n = 10)

分组	$\bar{x} \pm s$
远端	5 266.10 ± 101.76
全单	2 625.60 ± 127.56
1 双	3 404.30 ± 89.91
3 双	3 729.00 ± 48.98
1、3 双	4 994.60 ± 59.34
1、2 双	4 513.00 ± 91.03
1、2、3 双	6 417.40 ± 148.44

### 2.2 扭转试验

由试验结果可以看出:在骨折近端仅采用 1 孔双皮质固定时,试验结束的终点均在双皮质螺钉固定处出现骨皮质劈裂,且其扭转力明显小于其他各实验组:当骨折近端采用 3 个双皮质螺钉固定时,扭

转力明显大于其他各实验组,且其试验终点为骨头断裂;当骨折近端螺钉第 1、3 孔采用双皮质固定时,扭转力仅小于 3 个双皮质螺钉固定实验组,且实验终点为螺钉拔出。各试验组数值差别有高度统计学意义( $P < 0.001$ ),结果见表 3。

表 3 骨折近端不同状态下扭转拔出力的比较(N, n = 10)

Tab.3 Comparison of torsional force between the distal end of different situations(N, n = 10)

分组	$\bar{x} \pm s$
全单	21.68 ± 0.80
1 双	14.75 ± 0.78
3 双	14.98 ± 0.68
1、3 双	32.87 ± 0.49

## 3 讨论

### 3.1 股骨远端骨折的治疗现状

股骨远端骨折占股骨骨折的 4% ~ 6%<sup>[2-3]</sup>,尽管其治疗经过了多年的发展,但仍旧难以处理,预后差异较大。20 世纪 60 年代以来,角钢板、髌钢板、动力加压髌钢板等的应用<sup>[4]</sup>,确实处理了许多相当复杂的股骨远端骨折。然而,由于都忽视了生物学的重要性,手术中广泛的骨膜剥离和直接粗暴的复位方法屡见不鲜,甚至出现了内固定钢板去除后再骨折的情况,其疗效仍不令人满意。长期随访各种内植物固定的总体优良率只有 75% ~ 85%<sup>[5]</sup>。

1989 年 Mast 等<sup>[6]</sup>首先提出了生物学钢板内固定术与微创钢板接骨术(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)。Krettek 等<sup>[7]</sup>进一步将其推广,运用此技术治疗股骨近端和远端骨折,取得了良好的早期效果。此后,产生了很多适应微创接骨术的设计,如锁定内固定系统的内固定支架接骨板:LISS 和 LCP(Locked Compression Plate)。其中,LISS 是其典型代表,并在临床中得到了广泛的应用<sup>[8-9]</sup>。

LISS 钢板作为一种新型的内固定材料,其最大的优点基于两个方面<sup>[10-11]</sup>:①在远侧骨折端有 7 个具有成角稳定性的锁定螺钉孔,使远侧骨折端得到充分的固定;②对于股骨骨干和干骺端的骨折(复位固定)不必切开,只需通过经皮打入螺钉固定股骨近端即可。第一个优点使 LISS 更适合于处理骨质疏松骨的骨折、极度远端的股骨骨折;第二个优点

使 LISS 能够对骨折段有最小的破坏,保护了局部血供,从而降低了感染率,提高了骨折的愈合率。另外,和普通钢板及髓内钉相比,LISS 固定法治疗股骨远端骨折,在生物力学及稳定性方面具有明显的优势。

### 3.2 LISS 钢板治疗股骨远端骨折的主要问题

尽管已经有了大量的病例介绍说明 LISS 钢板在治疗股骨远端骨折方面的优越性<sup>[12-14]</sup>,但这种新型接骨板和螺钉并不能解决所有的问题。譬如:Gavin<sup>[20]</sup>和 Kregor 分别报道了 LISS 治疗股骨远端骨折术后出现了近端锁钉从骨皮质中松动退出的现象,最终钢板近端远离皮质导致治疗失败,而且所有的失败病例都是钢板近端螺钉单皮质固定。

目前已有学者在相关方面进行了一些临床观察,他们认为,股骨远端骨折近端螺钉松动退出的原因有<sup>[12,15-17]</sup>:① LISS 钢板摆放位置不正确,导致 LISS 钢板与股骨不能完全贴服,或钢板离股骨太远;② 过早期的患肢负重。另外,也可以由于自攻螺钉高速旋转,局部温度过高,造成的钉道骨皮质坏死,从而局部把持力减退,以及反复更换螺钉,也可以导致钉道的松动。托马斯等<sup>[18]</sup>在总结这种新型内固定器材后认为:对于疏松的骨质,肱骨及股骨骨干部推荐进行锁定螺丝钉双皮质固定,这样可以达到更好的把持力以对抗扭转应力。

### 3.3 近端螺钉部分双皮质固定的特点

人体在正常生理情况下,股骨远端承受着膝关节周围多组肌肉的综合作用,受力方向表现在三维空间上。因此,本试验选择了拔出以及扭转两个状态进行测试。试验中各试验组均采用了相同的钢板放置标准,固定步骤均由同一实验员操作。在拔出试验中,各种不同的固定方法所测拔出之力之间差别有高度统计学意义。当骨折近端第 1、3 孔采用双皮质固定而其他两孔采用单皮质固定时,其拔出之力均值与骨折远端相差最小,仅为 271.5 N,且其大于除骨折近端第 1、2、3 孔采用双皮质固定的其他各试验组。说明当骨折近端第 1、3 孔采用双皮质固定时,与其他各试验组相比,能够更好地获得骨折远近端的固定平衡。在扭转试验中,各试验组所得扭转拔出之力之间差别有高度统计学意义。由试验结果可以看出:当骨折近端第 1、2、3 孔采用双皮质固定时,在近端螺钉松动、钢板脱落之前,其骨干部位发生了劈

裂骨折,说明骨折近端第 1、2、3 孔采用双皮质固定足以抵抗因扭转而产生的拔出之力;当骨折近端仅第 1 孔或第 3 孔采用双皮质固定时,骨折均于双皮质固定螺钉处出现劈裂,且两个试验组所得力学数值接近,说明当骨折近端仅采用 1 枚双皮质螺钉固定时,由于应力集中于该处,造成了局部的劈裂骨折;当骨折近端第 1、3 孔采用双皮质固定时,由于其与骨折远端固定基本平衡,且应力有效地分散在 4 枚固定螺钉之间,所以试验终点均为螺钉从骨质中拔出,所测力学值大于除骨折近端第 1、2、3 孔双皮质固定的其他各试验组。所以,由本试验结果可以看出,在手术操作规范,钢板放置位置标准的情况下,骨折近端第 1、3 孔采用双皮质螺钉固定有利于达到骨折两端的力学固定基本平衡,从而能够有效地降低骨折近端钢板、螺钉与骨质之间的剪切力、扭转力,并在预防股骨远端骨折时,在骨折近端螺钉松动、钢板脱落方面具有明显优势。所以,在采用 LISS 钢板治疗股骨远端骨折时,建议骨折近端第 1、3 孔采用双皮质螺钉固定。尤其是对于骨质疏松的患者,其骨密度较低,骨皮质把持能力较差,如果不注意相关的生物力学平衡,会出现螺钉松动、钢板滑脱,内固定治疗失败的风险明显增加。

### 3.4 展望

本试验结果已应用于临床研究,以期获得进一步的科研成果。当然,本试验还不能完全解释临床治疗过程中所发生的所有螺钉松动、钢板脱落的问题。近年有关股骨基础力学分析的文献越来越多<sup>[19-20]</sup>,我们也正在建立股骨远端骨折的三维有限元模型,在此基础上,对 LISS 钢板治疗股骨远端骨折各种固定方式进行全面仿真,以期进行更全面的分析。

### 参考文献:

- [1] Stewart MJ, Wallace SL. Fractures of the distal of the femur: A comparison of treatment [J]. J Bone Joint Surg (Am), 1996, 48: 784.
- [2] Kolmert L, Wulff K. Epidemiology and treatment of distal femoral fractures in adults [J]. Acta Orthop Scand, 1982, 53: 957-962.
- [3] Kregor PJ, Stannard J, Zlowodzki M, et al. Distal femoral fracture fixation utilizing the less invasive stabilization sys-

- tem(LISS): The technique and early results [J]. *Injury*, 2001,32(3):SC32-47.
- [ 4 ] Stover M Holmes W. Distal femoral fracture :current treatment results and problems [J].*Injury*,2001,32 (sup 3) :3-13.
- [ 5 ] Schatzker J, Miclau T. Fractures of the distal femur revisited [J]. *Clin Orthop*,1998,43-56.
- [ 6 ] Mast JW, Ganz R. Planning and reduction technique in fracture surgery [M]. New York: Springer-Verlag,1989 :53-57.
- [ 7 ] Krettek C, Schandelmaier I, Bertram R, *et al.* Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures [J]. *Injury*,1997,28( Sup.1):A31-A41.
- [ 8 ] Schutz M,Krettek C.Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: A prospective multicenter study. Results of a clinical study with special emphasis on difficult cases [J].*Injury*,2001,32(Sup. 3): 48-54.
- [ 9 ] Schutz M, Haas N. Less invasive stabilization system (LISS)in the treatment of distal femoral fracture [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*,2003,70:74-82.
- [10] Frigg R, Appenzeller A, Cristensen R, *et al.* The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS) [J].*Injury*,2001,32(3):SC24-31.
- [11] Philip J,Stannard,MD. Treatment of distal femur fracture using the Less Invasive Stabilization System surgical experience and early clinical result in 103 fracture [J]. *J Orthop Trauma*,2004,18(8):504-520.
- [12] Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B, *et al.* Distal femoral fractures and LISS stabilization [J]. *Injury*, 2001,32(3):SC55-63.
- [13] Syed AA, Agarwal M, Giannoudis PV, *et al.* Distal femoral fractures: long-term outcome following stabilization with the LISS [J].*Injury*,2004,35:599-607.
- [14] Weight M, Collinge C. Early results of the less invasive stabilization system for mechanically unstable fractures of the distal femur [J]. *J Orthop Trauma*,2004,18:503-508.
- [15] Gavin Button MD, Philip Wolinsky MD. Failure of Less Invasive Stabilization System plates in the distal femur a report of four Cases [J]. *J Orthop Trauma*,2004,18(8):565-570.
- [16] Schutz M, Muller M, Krettek C, *et al.* Minimally invasive fracture stabilization of distal femoral fractures with the LISS: A prospective multicenter study [J]. *Injury*,2001,32: SC48-SC54.
- [17] Heather A, Vallier, MD, *et al.* Failure of LCP condylar plate fixation in the distal part of the femur [J].*The Journal of Bone and Joint Surgery*,2006,846-853.
- [18] 托马斯·鲁迪,克利斯托夫·邵墨. 从AO传统加压接骨板到新型内固定器原则[J].*中华创伤骨科杂志*,2003,5(3):216-217.
- [19] 赵均海,刘彦东.复杂应力下股骨应力分析[J].*医用生物力学*,2006,21(4):317-321.
- [20] 郑琦,毕大卫,等.股骨髁上骨折四种内固定的生物力学评估[J].*医用生物力学*,2002,17(2):75-79.