

LISS-DF钢板近端螺钉不同固定方式的力学分析[☆]

张岩¹, 杨铁毅¹, 季海龙¹, 刘粤¹, 王治¹, 姜锐¹, 范鑫斌¹, 叶伟光¹, 黄国华¹, 刘树义¹, 丁祖泉²

Biomechanical evaluation of different fixation methods using screws and less invasive stabilization system-distal femur plate at proximal fracture

Zhang Yan¹, Yang Tie-yi¹, Ji Hai-long¹, Liu Yue¹, Wang Zhi¹, Jiang Rui¹, Fan Xin-bin¹, Ye Wei-guang¹, Huang Guo-hua¹, Liu Shu-yi¹, Ding Zu-quan²

¹Department of Orthopaedics, Gongli Hospital, Pudong New Area, Shanghai 200135, China;
²School of Life Science and Technology, Tongji University, Shanghai 200092, China

Zhang Yan[☆], Doctor, Associate chief physician, Department of Orthopaedics, Gongli Hospital, Pudong New Area, Shanghai 200135, China
rmyzh@126.com

Correspondence to: Yang Tie-yi, Chief physician, Department of Orthopaedics, Gongli Hospital, Pudong New Area, Shanghai 200135, China
Yang.tieyi@yahoo.com.cn

Supported by: a grant from Shanghai Pudong New Area, No. PW: 2007A-11*

Received: 2010-05-27
Accepted: 2010-07-10

Abstract

BACKGROUND: In recent years, Less Invasive Stabilization System-distal femur (LISS-DF) plate has been widely used clinically, and proximal screw loosening and withdrawal are observed during follow-up. However, it remains unclear whether there is correlation between this phenomenon and unilateral cortical fixation of proximal screw.

OBJECTIVE: To explore the biomechanical effect of LISS-DF by screw fixation with different unilateral or bilateral cortical in proximal distal femoral fracture.

METHODS: Of 185 fresh sheep femora, the distal femoral fracture model of AO33-A3 was made. Five-hole LISS-DF plate was used in combination with screws through the fracture of the proximal cortex of unilateral or bilateral cortical fixed. Pulling and torsion tests were performed to identify ideal fixation way.

RESULTS AND CONCLUSION: Fracture distal and proximal screws were used for 4-hole conventional fixation. Pull out experiment showed that there was no significant difference in fracture strength values at both ends of the resistance to pull out in the first 1 and 3 hole fracture of the proximal screws double cortex, 2, 4 and 1, 4 bilateral cortical fixation ($P > 0.05$). Torsion experiment showed that when the holes of 1 and 3, 2 and 4 and 1 and 4 were fixed, the anti-torque values were similar, and no differences were observed between 1-3 and 2-4 holes ($P > 0.05$), but differences were observed among other groups ($P < 0.05$). Results show that when using the same specification LISS-DF plate in the treatment of distal femoral fractures, the 1, 3 holes or 2, 4 holes bilateral cortical fixation displayed good fixation strength of the balance between plate and screw, and better resistance against torsion and pulling out compared with other fixation methods.

Zhang Y, Yang TY, Ji HL, Liu Y, Wang Z, Jiang R, Fan XB, Ye WG, Huang GH, Liu SY, Ding ZQ. Biomechanical evaluation of different fixation methods using screws and less invasive stabilization system-distal femur plate at proximal fracture. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(48): 8984-8984. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 近年来 LISS-DF 钢板在临床上得到了广泛应用, 随访过程出现了近端螺钉松动、退出的现象, 这种现象与近端螺钉的单皮质固定是否存在相关性尚无定论。

目的: 探讨 LISS-DF 钢板近端螺钉单双皮质不同组合方式固定的力学特性。

方法: 用 185 根新鲜羊股骨, 造成股骨远端 AO33-A3 型骨折模型, 均采用 5 孔 LISS-DF 钢板通过骨折近端螺钉单双皮质不同组合方式固定, 分别作拔出、扭转力学实验, 寻找理想的固定方式。

结果与结论: 骨折远、近端螺钉常规固定 4 孔, 拔出实验显示: 骨折近端螺钉第 1、3 双皮质、2、4 双皮质及 1、4 双皮质固定时, 骨折两端的抗拔出力无显著性差异 ($P > 0.05$)。扭转实验显示: 第 1、3 孔、2、4 孔和 1、4 孔双皮质固定时的抗扭矩值大比较接近, 其中 1、3 孔、2、4 孔比较, 无显著性差异 ($P > 0.05$), 其余各组之间比较差异显著 ($P < 0.05$)。提示, 采用相同规格的 LISS-DF 钢板治疗股骨远端骨折时, 骨折近端螺钉第 1、3 孔或 2、4 孔双皮质组合方式固定时, 骨折两端的钢板螺钉固定强度的平衡性好, 同时在对抗扭转和抗拔出方面明显优于其他组合固定方式。

关键词: 钢板; LISS-DF; 螺钉; 固定方式; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.48.014

张岩, 杨铁毅, 季海龙, 刘粤, 王治, 姜锐, 范鑫斌, 叶伟光, 黄国华, 刘树义, 丁祖泉. LISS-DF 钢板近端螺钉不同固定方式的力学分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(48):8984-8987.

[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

LISS (Less Invasive Stabilization System)

作为一种新型膝关节周围骨折的微创内固定系统, 近年来, 在临床上得到了广泛应用, 尤其是骨质疏松及粉碎性骨折患者的治疗, 优良率有了明显提高^[1-2]。尽管如此, 治疗过程中依然

出现了 LISS-DF 近端螺钉松动、退出, 而且失败的患者都是骨折近端螺钉单皮质固定^[3-4], 这种固定方式与钢板、螺钉松动是否存在必然联系, 是本试验研究的目的。本文利用拔出、扭转等生物力学实验对 LISS-DF 近端螺钉单双皮质不同组合固定方式力学的稳定性进行比较, 旨在为 LISS-DF 的临床应用提供更加合理的固定方式。

1 材料和方法

设计: 对比分析

时间及地点: 于2008-05/09在上海市同济大学力学中心实验室完成。

材料:

标本: 取新鲜羊股骨200根, 羊的年龄为1.0~1.5岁, 股骨长度(19.05±0.16)cm, 由羊肉专卖店提供。实验前, 用LUNAR双量骨密度仪进行筛选其中185根, 骨密度范围为(1.085±0.058)g/cm², -20℃冰冻保存。

试剂与仪器:

试剂及仪器	来源
5孔LISS钢板、锁定螺钉数枚, 以及相关固定工具(图1)	瑞士辛迪思医疗器械有限公司
骨密度仪	同济大学附属同济医学院同位素室
电子万能实验机 型号: CSS-4420, 产地: 长春实验机研究所, 精度: 1%、扭转实验机 型号: NDW30500, 产地: 长春科新实验仪器公司, 精度: 1%	同济大学力学中心实验室

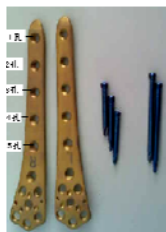


Figure 1 5-hole LISS plate and locking screws
图1 5孔LISS钢板、锁定螺钉

方法:

模型制备: 测试前1d, 在37℃生理盐水中复温, 羊股骨造成骨折AO分型的33-A3型骨折模型, 见图2。



Figure 2 Model of A33-A3 fracture
图2 A33-A3骨折模型

根据手术原则, 骨折远、近端均采用4枚锁定螺钉固定, 骨折远端螺钉采用标准固定方法, 钢板最近端孔定义为第1孔, 并依次定义第2, 3, 4孔。

分组及干预: 将所选羊股骨随机取100根, 进行分组干预, 每组10根。第1组: 骨折近端4枚锁定螺钉均采用单皮质固定; 第2组: 骨折近端锁定螺钉选1孔采用双皮质固定, 其余为单皮质固定; 第3组: 骨折近端螺钉第1、3孔双皮质固定, 其余单皮质固定; 第4组: 骨折近端螺钉第2、4孔双皮质固定, 其余单皮质固定; 第5组: 骨折近端螺钉第3、4孔双皮质固定, 其余为单皮质固定; 第6组: 骨折近端螺钉第1、2孔双皮质固定, 其余为单皮质固定; 第7组: 骨折近端螺钉第2、3孔双皮质固定, 其余为单皮质固定; 第8组: 骨折近端螺钉第1、4孔双皮质固定, 其余为单皮质固定; 第9组: 骨折近端螺钉选1孔单皮质固定, 其余双皮质; 第10组: 骨折近端螺钉全部双皮质固定。测试前按照分组要求不同时段37℃生理盐水中复温制作钢板螺钉固定模型。分别做2种状态下的实验, 首先, 在电子万能实验机上进行拔出实验; 其次, 在材料测试系统扭转实验机上进行扭转实验。

检测指标:

拔出实验: 标本固定后, 分别做骨折两端拔出力的测试, 一次测试结束将实验机器归零后测试下一标本。实验采用连续加载方式, 加载速度5 mm/min, 以螺钉松动时为实验终点, 记载其力学曲线达到峰值时为拔出数值。电子万能实验机上进行拔出实验, 见图3。

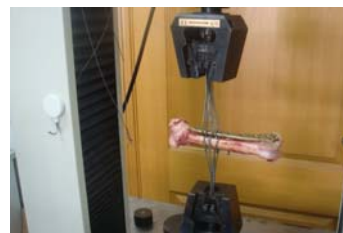


Figure 3 Pulling out test
图3 拔出实验

扭转实验: 在材料测试系统扭转实验机上进行扭转实验, 每一标本测试结束将实验机归零后测试下一标本。试验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50/min。当螺钉出现松动时为实验终点, 记载力学曲线峰值时为扭力数值, 见图4。

主要观察指标: 骨折远端拔出力均值是恒

¹上海市浦东新区公利医院骨科, 上海市 200135;
²同济大学生命科学与技术学院, 上海市 200092

张岩☆, 男, 1971年生, 山东省泰安市人, 汉族, 1995年新疆医科大学毕业, 博士, 副主任医师, 主要从事骨与关节损伤的研究。
rmyyzz@126.com

通讯作者: 杨铁毅, 学士, 主任医师, 上海市浦东新区公利医院骨科, 上海市 200135
Yang.tieyi@yahoo.com.cn

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225
(2010)48-08984-04

收稿日期:2010-05-27
修回日期:2010-07-10
(20100527016/D·A)

定的(远端固定方式一致), 近端螺钉不同组合方式拔出力的均值与远端比较分析; 扭转实验记载曲线峰值的扭矩值进行组间对比分析。



Figure 4 Torsion test
图 4 扭转实验

设计、实施、评估者: 实验设计及评估者为第一作者, 干预实施者为全部作者, 评估者经过正规培训, 采用双盲法评估。

统计学分析: 由第一作者采用SPSS 11.5软件完成统计处理, 分别用两独立样本的 *t* 检验和 one-way ANOVA 方法进行组间两两比较, 显著性水平设为 $P=0.05$ 。

2 结果

2.1 拔出实验结果 骨折近端螺钉两单、两双的组合方式固定时, 骨折近端与远端的抗拔出力值相对比较接近, 其中1、3双皮质固定、2、4双皮质固定及1、4双皮质固定时, 骨折两端的抗拔出力值统计学分析差异无显著性意义 ($P=0.139 > 0.05$ 、 $P=0.078 > 0.05$ 和 $P=0.793 > 0.05$), 而其余组合方式抗拔出力值相差较远 ($P < 0.05$), 见表1。

表 1 骨折两端螺钉抗拔出力的均值比较
Table 1 Mean pulling out force comparison ($\bar{x} \pm s, n=10, N$)

Group	Mean	Mean difference	P
Distal fracture	5196.10±45.39		
Proximal fracture			
Unicortical	2 625.60±68.59	2 669.5	< 0.05
Bicortical at one hole	3 604.30±89.91	1 591.8	< 0.05
Unicortical at one hole	6 417.40±87.45	-1 221.3	< 0.05
1-3 bicortical	5 145.71±44.73	50.39	0.139
2-4 bicortical	5 135.17±72.79	61.03	0.078
1-2 bicortical	4 845.24±91.03	350.86	< 0.05
3-4 bicortical	4 745.36±87.40	450.74	< 0.05
1-4 bicortical	5 165.98±68.34	30.12	0.299
2-3 bicortical	4 996.75±57.23	199.35	< 0.05
Bicortical	6 835.47±53.23	-1 639.64	< 0.05

2.2 扭转实验结果 近端螺钉全单皮质、某一孔双皮质、某一孔单皮质、全双皮质抗拔出力的均值与远端螺钉抗拔出力的均值差相差甚远, 且有显著性意义 ($P=0.000 < 0.05$), 不符合实验的要求。为避免实验的

盲目性及资源浪费, 在扭转实验中排除这4种固定方式的组合。其余6种螺钉组合的固定方式进行扭转实验, 每组10次进行组间两两的比较分析, 结果1, 2, 5组的抗扭矩值大比较接近, 其中1, 2组抗扭矩值统计学差异分析无显著性意义 ($P=0.209 > 0.05$), 其余各组之间统计学分析差异存在显著性意义 ($P < 0.05$), 见表2。

表 2 骨折近端不同组合方式螺钉抗扭力的均值比较
Table 2 Mean anti-torsion comparison of different combinations ($\bar{x} \pm s, n=10, N \cdot \text{cm}$)

Group	Anti-torsion
1-3 bicortical (1)	31.97± 0.89
2-4 bicortical (2)	32.53± 0.86
1-2 bicortical (3)	28.25± 0.68
3-4 bicortical (4)	25.31± 0.56
1-4 bicortical (5)	30.04± 0.36
2-3 bicortical (6)	27.09± 0.48

3 讨论

3.1 LISS-DF钢板的优点及问题 股骨远端骨折是比较常见的膝关节周围骨折。由于高能量损伤、骨端髓腔大皮质薄、合并关节面骨折及骨质疏松等原因, 临床处理面临着解剖学、生物力学以及康复学的挑战, 尤其是老年骨质疏松患者。如何有效应对这些问题? 髓内钉、DCS、角钢板、双钢板等, 均是不错的选择。但总存在着创伤大、远端固定不确实、感染、功能差等问题^[5-6]。LISS系统的出现, 为解决这些问题提供了一种新思路。LISS设计的特点包括^[7-8]: ①手术微创性。②生物固定。③角稳定性。Schütz等^[9]利用LISS钢板治疗62例股骨远端骨折AO/OTA分型中A和C型骨折, 取得了良好效果。Weight等^[10]指出LISS钢板在治疗AO//OTA型中的A2、A3、C2和C3型股骨远端骨折更具优势。

但随着LISS的广泛应用, 临床也出现了一些治疗失败的病例, 综合文献报告, LISS固定失败的原因包括^[11-13]: ①钢板放置偏前或偏后, 锁钉与皮质相切减弱锁钉的把持力度。②钢板长度过短: 力臂短应力集中, 增加拔钉的风险。③接骨板近端与骨皮质的间隙过大锁钉过短、过少, 反复持续负荷, 锁钉松动失效。以上这些情况当LISS在骨折近端螺钉单皮质固定时, 更会增加拔钉的风险, 导致治疗的失败^[14-15]。Thomas^[16]认为对于疏松的肱骨及股骨干进行锁定螺钉双皮质固定可以得到更好的把持力以对抗扭转应力。所以, 怎样确定LISS-DF近端螺钉在螺孔中单双皮质合理搭配的组合方式, 以便达到骨折两端螺钉把持力的相对平衡, 降低钢板、螺钉和骨皮质之间的剪切应力, 取得更有效的治疗结果, 是研究的主要目的。

3.2 LISS-DF钢板近端螺钉不同组合方式的力学分析 由于人新鲜股骨标本有限, 作者用新鲜羊股骨制作了股

骨远端AO分型的33-A3型骨折模型。所有羊股骨都经过骨密度测量的筛选, 另外, 实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人员操作。一方面减少组间对比的系统误差因素, 另一方面又模拟了人体骨的生理特性, 做到了标准化。实验中, 作者首先进行骨折两端抗拔出力的检测, 并对数据进行了统计分析, 结果显示当LISS-DF远端螺钉4枚锁定钉标准固定时, 骨折近端螺钉两双皮质和两单皮质的不同组合方式固定时, 骨折两端的拔出力值相对比较接近, 其中, 1、3孔双皮质、2、4孔双皮质和1、4孔双皮质固定时骨折近端与远端差异无显著性意义($P > 0.05$), 说明这3种固定方式下骨折两端固定的强度较接近, 与其他各组相比, 能够更好地获得骨折两端固定平衡。在扭转实验中, 进一步分析了近端螺钉两单、两双6种不同组合方式固定下LISS-DF钢板螺钉抗扭力的数据, 结果显示在近端螺钉1、3双皮质及2、4双皮质固定均与其他4组间差异存在显著性意义($P < 0.05$), 且其他4组中每两组间差异也存在显著性意义($P < 0.05$), 但是1、3双皮质与第2、4双皮质固定两组间差异无显著性意义($P > 0.05$), 且这两组的抗扭矩值较接近并大于其它4组。因此, 当骨折近端第1、3孔和2、4孔采用双皮质固定时, 由于其固定强度与骨折远端基本平衡, 且其扭转应力有效地分散在4枚固定螺钉之间, 降低了螺钉应力集中, 增强了钢板螺钉的抗扭矩性能。故从本实验结果可以看出, 在手术操作规范, 钢板位置放置标准的情况下, 骨折近端第1、3孔和2、4孔采用双皮质螺钉固定有利于达到骨折两端固定强度的基本平衡, 减小了钢板、螺钉与骨质之间的剪切力并分散应力, 同时在抗扭转拔出方面明显优于其他组合固定方式。

目前LISS过分强调的是骨端锁定螺钉成角固定的强大把持力, 而忽视了骨干部单皮质固定的把持力相对较弱的特性, 造成了骨折两端固定强度的不均衡性^[17-19]。本实验正是在这种理论下完成了实验, 建议临床上在采用LISS-DF钢板治疗股骨远端骨折时, 骨折近端螺钉间断性单、双皮质交替固定, 从而达到骨折两端固定强度的基本平衡, 有效地减小钢板、螺钉与骨质之间的剪切力、扭转力, 防止螺钉、钢板的早期松动脱落。

4 参考文献

- [1] Smith TO, Hedges C, MacNair R, et al. The clinical and radiological outcomes of the LISS plate for distal femoral fractures: a systematic review. *Injury*. 2009;40(10):1049-1063.
- [2] Schütz M, Schäfer M, Bail H, et al. New osteosynthesis techniques for the treatment of distal femoral fractures. *Zentralbl Chir*. 2005;130(4):307-113.
- [3] Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, et al. Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):509-520.
- [4] Button G, Wolinsky P, Hak D. Failure of less invasive stabilization system plates in the distal femur: a report of four cases. *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):565-570.

- [5] Schatzker J. Fractures of the distal femur revisited. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;(347):43-56.
- [6] Stover M. Distal femoral fractures: current treatment, results and problems. *Injury*. 2001;32 Suppl 3:SC3-13.
- [7] Goesling T, Frenk A, Appenzeller A, et al. LISS PLT: design, mechanical and biomechanical characteristics. *Injury*. 2003;34 Suppl 1:A11-15.
- [8] Schütz M, Müller M, Käab M, et al. Less invasive stabilization system (LISS) in the treatment of distal femoral fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2003;70(2):74-82.
- [9] Schütz M, Müller M, Regazzoni P, et al. Use of the less invasive stabilization system (LISS) in patients with distal femoral (AO33) fractures: a prospective multicenter study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125(2):102-108.
- [10] Weight M, Collinge C. Early results of the less invasive stabilization system for mechanically unstable fractures of the distal femur (AO/OTA types A2, A3, C2, and C3). *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):503-508.
- [11] Johnson EE. Failure of LCP condylar plate fixation in the distal part of the femur. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(11):2539-2541.
- [12] Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B, et al. Distal femoral fractures and LISS stabilization. *Injury*. 2001;32 Suppl 3:SC55-63.
- [13] Schütz M, Müller M, Krettek C, et al. 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. *Injury*. 2001;32 Suppl 3:SC48-54.
- [14] Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, et al. Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma*. 2004;18(8):509-520.
- [15] Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, et al. Fixation of distal femoral fractures with the Less Invasive Stabilization System: a minimally invasive treatment with locked fixed-angle screws. *J Trauma*. 2008; 65(6):1425-1434.
- [16] Thomas P, Rüedi; Christoph Sommer. *Zhonghua Chuangshang Guke Zazhi*. 2003;5(3):216-217
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.
- [17] Thomas P. Beijing: Huaxia Publishing House. 1998:226.
托马斯·鲁迪. 骨折治疗的AO原则[M]. 北京: 华夏出版社, 1998, 226.
- [18] Schütz M, Haas NP. LISS-internal plate fixator. *Kongressbd Dtsch Ges Chir Kongr*. 2001;118:375-379.
- [19] Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, et al. The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury*. 2001;32 Suppl 3:SC24-31.

来自本文课题的更多信息——

基金资助: 上海市浦东新区局级资助课题 (编号: PW: 2007A-11)。

致谢: 感谢上海同济大学生命科学与技术学院 力学实验室生物力学测试的帮助。

利益冲突: 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。

课题的意义: 本课题利用生物力学手段, 首次用羊股骨测试了 LISS-DF 钢板近端螺钉单双皮质不同组合固定时的力学特点, 发现采用相同规格的 LISS-DF 钢板治疗股骨远端骨折时, 骨折近端螺钉第 1、3 孔或 2、4 孔双皮质组合方式固定时, 骨折两端的钢板螺钉固定强度的平衡性好, 同时在对抗扭转和抗拔出方面明显优于其他组合固定方式。为临床减少医源性并发症及合理使用 LISS-DF 钢板提供依据。

课题评估的“金标准”: 目前尚无金标准。

设计或课题的偏倚与不足: 本文重点在于比较 LISS-DF 钢板近端螺钉单双皮质不同组合固定时的力学稳定性。由于实验条件的限制无法模拟人股骨的连续运动, 另外实验分组多螺钉及钢板的重复使用不可避免存在一定误差。

提供临床借鉴的价值: 课题为临床上 LISS-DF 钢板治疗股骨远端骨折的合理固定提供了理论依据, 为分析 LISS-DF 钢板近端螺钉单双皮质不同组合固定时的应力分布规律提供了有益参考。