

• 临床研究 •

# 微创动力髋螺钉的应力测试和临床初步应用

童松林<sup>1</sup>, 陈建列<sup>1</sup>, 陆文杰<sup>1</sup>, 潘志军<sup>2</sup>, 王以进<sup>3</sup>

(1.慈溪市人民医院骨科, 浙江 慈溪 315300; 2.浙江大学医学院附属第二医院; 3.上海大学生物力学工程研究所)

**【摘要】 目的:**通过生物力学测试和临床初步应用明确微创动力髋螺钉(MTDHS)治疗股骨转子间骨折的效果。**方法:**采用成人新鲜尸体 10 根股骨标本,制成股骨转子间骨折模型,随机分为 MTDHS 组和动力髋螺钉(DHS)组进行骨折固定。标本在 WE-5 型万能试验机上加载不同级别载荷,以检测载荷-应变变化、载荷-位移变化、股骨的强度和刚度,试验数据经统计学处理,进行组间对比。临床应用 MTDHS 治疗股骨转子间骨折 15 例,按 Harris 标准评分,确定疗效。**结果:**MTDHS 组股骨张力侧应变变化比 DHS 组小 14%,压力侧应变小 11%;下沉位移比 DHS 组小 19%,水平位移小 22%;外侧应力强度比 DHS 组高 12%,内侧应力强度高 11%;轴向刚度和弯曲刚度比 DHS 组分别高 19%和 37%;MTDHS 组最大破坏扭矩比 DHS 组高 15%,而扭角变形小 18%,最大平均扭转刚度比 DHS 组高 15%;在 1 800 N 的作用下,MTDHS 组骨折断面张开角为 2.28°,而 DHS 组达到 3.60°,相差 37%。以上数据经统计学处理,差异都具有统计学意义( $P < 0.01$ )。15 例股骨转子间骨折经 MTDHS 固定,平均得分 91 分,优良率为 92.7%,未发生内固定失效、术后感染等并发症。**结论:**MTDHS 结构合理,能实现小切口微创植入固定,有效对抗骨折端旋转、剪切和内翻应力,是治疗股骨转子间骨折理想的内固定器械。

**【关键词】** 微创动力髋螺钉; 骨折固定术,内; 生物力学

**Stress test and clinical application of the minimal-invasive dynamic hip screw** TONG Song-lin, CHEN Jian-lie, LU Wen-jie, PAN Zhi-jun, WANG Yi-jin. Department of Orthopaedics, Cixi Peoples Hospital, Cixi 315300, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To recognize the effect of minimal-invasive dynamic hip screw(MIDHS) on the treatment of intertrochanteric fracture of the hip by biomechanical test and preliminary clinical application. **Methods:** Ten artificial made intertrochanteric fractures of femoral specimen from five cadavers were divided into two groups randomly. The fractures in first group were fixed by MIDHS and other group were fixed by dynamic hip(DHS). Biomechanical characteristics of two different devices were compared with the biomechanical character of load-straining, load-displacing, rigidity and strength of femur by statistic analysis. According to the Harris evaluation, healing effect of intertrochanteric fractures was evaluated clinically on the 15 cases. **Results:** Straining changes of MIDHS were 14% and 11% less than that of DHS on the tensile side and the pressure side respectively; Sinking and horizontal displacement, were 19% and 22% less than that of DHS respectively. But external and internal stress intensity, axial and bending rigidity were all higher than that of DHS, they were 12%, 11%, 19% and 37%. Maximal destroyed twisting moment(15%) and average twisting rigidity(15%) were both higher than that of DHS, but twisting angle was 18% less. Under the force, of 1 800 N, the open angle of the fracture on transverse section was 2.28°, while the DHS's was 3.60°. The data above were significant differences statistically ( $P < 0.01$ ). The average Harris score of the 15 cases with intertrochanteric fractures treated by MIDHS was 91, excellent and good rate was 92.7%, without complications of internal fixation failure, postoperative infection and so on. **Conclusion:** The design of minimal-invasive dynamic hip screw is reasonable and effective against rotating, shearing and varus stress force of the fracture, and it provides possibility of implanting the internal fixation with minimal incision. So it is an ideal internal fixation device for the treatment of intertrochanteric fractures.

**Key words** Micro-trauma dynamic hip screw; Fracture fixation, internal; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(5): 334-336 www.zggszz.com

股骨转子间骨折多见于老年人,经保守治疗多数能骨性愈合,但患者长期卧床易产生诸多并发症。多数学者认为应早期手术治疗<sup>[1]</sup>,从而减少并发症,降低死亡率<sup>[2]</sup>。目前内固定方法很多,其中动力髋螺钉(DHS)已被广泛应用,但 DHS 适应证有限,抗旋转能力较差,骨折术中、术后均可能发生旋转<sup>[3]</sup>,所以有必要对 DHS 加以改进。我们对研制的微创动力髋螺钉

(MTDHS)进行了生物力学测试,获得较理想的结果,临床初步应用效果良好。

## 1 材料与方法

**1.1 器械结构组成** MTDHS 由股骨干固定板、2 枚拉力螺钉、2 个套筒及 2 枚尾钉组成,即 DHS 的 1 枚拉力螺钉增加至 2 枚,套筒钢板由一体改为可拆卸。

表 1 股骨转子间骨折两种内固定时载荷-位移、转角值( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.1 The load-displacement, rotation angle of intertrochanteric fractures of hip when fixed by two kinds of internal fixation

组别	$(\bar{x}\pm s)$									
	股骨上载荷(N)	下沉位移 U(mm)			水平位移 V(mm)			断面张开角 $\alpha$ (度)		
		600	1 200	1 800	600	1 200	1 800	600	1 200	1 800
MTDHS	0.61±0.05	1.22±0.10	1.83±0.12	0.28±0.03	0.56±0.06	0.84±0.10	0.76±0.06	1.52±0.09	2.28±0.12	
DHS	0.75±0.06	1.51±0.09	2.26±0.14	0.36±0.03	0.72±0.06	1.08±0.12	1.20±0.13	2.40±0.12	3.60±0.14	

1.2 模型制作 选用成人新鲜尸体 5 具,共 10 根股骨标本。标本封装储存于-30℃冰柜内,试验前逐级解冻。将标本随机分为实验组(MTDHS)和对照组(DHS),按 Evans IV 型骨折标准,人工制备股骨转子间骨折模型,分别进行骨折固定。所有标本模型、结构、材料力学性能、加载、手术创伤制作及固定方法等制成的力学模型要求一致,以提高测量精度。

1.3 检测指标与实验方法 检测的生物力学指标是:实验组与对照组在股骨上的强度、刚度,抗扭强度、刚度以及股骨上应变和位移分布。其方法是在股骨头部及股骨干部分布应变片 6 枚,模拟单足站立负重,考虑外展肌参与工作。标本在 WE-5 型万能试验机上加加载,载荷级别 0、600、1 200、1 800 N,加载速度为 1.4 mm/min,测量股骨转子间及股骨干上应力分布及头部位移数据,以比较两种器械固定的生物力学性能。

1.4 数据处理 应用 SPSS 10.0 统计软件,在 IMB-1834 计算机上进行数据处理,两组实验数据以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示。股骨应力、应变、位移、强度、刚度等测试结果进行组间 Student *t* 检验,两组进行统计学比较。

2 结果

2.1 载荷-应变变化 股骨测点上载荷-应变值变化测量结果(见图 1)显示,MTDHS 组在股骨张力侧应变变化比 DHS 组小 14%,两组差异有统计学意义( $t=3.31, P<0.01$ ),在股骨压力侧应变同样比 DHS 组小 11%,差异有统计学意义( $t=3.42, P<0.01$ )。应变越小表明固定越牢,越不易引起变形。

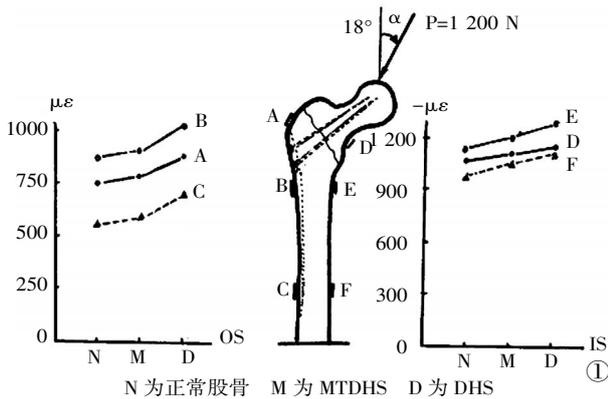


图 1 股骨转子间骨折两种内固定时载荷-应变值比较

Fig.1 The load-strain of intertrochanteric fractures of hip when fixed by two kinds of internal fixation

2.2 载荷-位移变化 试验中给出了两种器械固定股骨转子间骨折下沉位移 U 和水平位移 V 的结果(见表 1)。

结果表明,用 MTDHS 固定的下沉位移比 DHS 固定的位移小 19%( $t=3.34, P<0.01$ ),水平位移小 22%( $t=3.58, P<0.01$ ),差异有统计学意义。

在 1 800 N 作用下,MTDHS 组产生的股骨转子间骨折断面张开角  $\alpha$  为 2.28°,而 DHS 组为 3.60°,两者相差达 37%( $t=3.51, P<0.01$ ),表明 MTDHS 固定明显优于 DHS。

2.3 骨折固定后的强度和刚度 根据试验及计算结果,股骨转子间骨折固定后的强度、刚度见表 2。

表 2 股骨转子间骨折两种内固定时的强度和刚度 (P=1 200 N)

Tab.2 The strength and rigidity of intertrochanteric fractures of hip when fixed by two kinds of internal fixation (P=1 200 N)

组别	强度 $\sigma$ (mPa)		刚度	
	外侧 OS	内侧 WAS	轴向 EF(N/mm)	弯曲 EJ(N·m/Deg)
	MTDHS	11.09±0.89	-11.98±0.87	983.61±78.70
DHS	9.74±0.83	-10.71±0.96	794.70±67.50	25.00±2.14

结果表明,在 1 200 N 载荷作用下,MTDHS 固定的股骨转子间骨折,外侧应力强度比 DHS 高 12%( $t=3.41, P<0.01$ ),内侧强度高 11%( $t=3.34, P<0.01$ ),差异有统计学意义。实验结果表明,采用 MTDHS 固定的轴向刚度和弯曲刚度比 DHS 固定的分别高 19%( $t=3.76, P<0.01$ )和 37%( $t=5.10, P<0.01$ ),差异均有统计学意义。

2.4 抗扭转强度、刚度的比较 由于股骨前倾角的存在,股骨存在着扭转力,常常发生髓内翻和旋转移位。经过 10 个标本的试验结果见图 2。

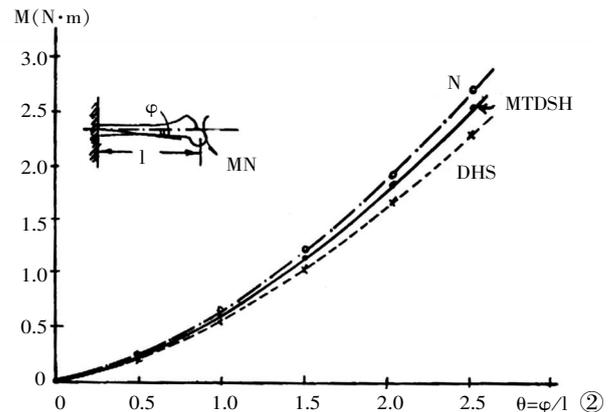


图 2 股骨转子间骨折两种内固定的扭矩-扭角曲线

Fig.2 The torsion moment-angle curves of intertrochanteric fractures of hip fixed by two kinds of internal fixation devices

结果表明:①MTDHS 固定的最大破坏扭矩为 2.72 N·m,扭角为 6.4°,而 DHS 的扭矩为 2.30 N·m,相应扭角为 5.2°,两者比较,前者比后者扭矩增加 15%( $t=3.82, P<0.01$ ),而扭角变形小 18%( $t=4.12, P<0.01$ ),差异有统计学意义。说明前者抗扭

能力明显优于后者。②若从等量扭矩相比较,MTDHS 扭角变形为  $0.93^\circ$ ,而 DHS 为  $1.10^\circ$ ,两者相差 15%( $t=4.32, P<0.01$ ),同样显示前者占有明显优势。若从扭转刚度 GJP 来比较,MTDHS 最大平均扭转刚度为  $0.40 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{Deg}$ ,而 DHS 则为  $0.34 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{Deg}$ ,仍显示前者高于后者 15%( $t=4.26, P<0.01$ )。由此可见,股骨转子间骨折用 MTDHS 固定后,抗扭转变形能力明显强于 DHS 固定。

### 3 临床初步应用

2006 年 3 月以来,我们用 MTDHS 治疗股骨转子间骨折 15 例,其中男 11 例,女 4 例;年龄 45~83 岁,平均 65 岁;按 Evans 分型, I 型 2 例, II 型 5 例, III 型 6 例, IV 型 2 例;手术时间 45~80 min,平均 55 min;失血量 100~350 ml,平均 150 ml;切口长度 5~8 cm,平均 6 cm;术后随访时间 4~12 个月,平均 6 个月;骨折愈合时间 2~4 个月,平均 3 个月。按美国 Harris 评分标准<sup>[4]</sup>,从疼痛、功能、关节活动、畸形 4 个方面进行临床效果评定,90 分以上为优,80~89 为良,70~79 为中,70 分以下为差。本组病例平均得分 91 分,其中优 12 例,良 2 例,中 1 例,优良率 92.7%。未发生术后感染、内固定失效等并发症。临床应用见图 3。



图 3 男,78 岁,股骨粗隆间骨折,采用微创动力髋螺钉固定 3a.术前 X 线片 3b.术后正位 X 线片 3c.术后侧位 X 线片

Fig.3 A 78-year-old man with intertrochanteric fracture of the hip fixed with minimal-invasive DHS 3a.Preoperative X-ray film 3b.AP X-ray film after operation 3c.Lateral X-ray film after operation

### 4 讨论

DHS 结构坚固,具有滑动和加压双重功能,可有效防止

髓内翻,对于稳定的股骨转子间骨折,切开复位 DHS 固定取得了良好的治疗效果<sup>[5-6]</sup>。但 DHS 无有效的抗旋转能力,对于老年骨质疏松的患者,拉力螺钉把握力差。同时涉及小转子及股骨矩骨折片不固定或固定不牢的不稳定性骨折时,由于颈后内侧皮质缺损,压应力不能通过股骨矩传导,内植物应力增大,易致内固定失效及骨折畸形愈合等,临床报道对不稳定性转子间及转子下骨折 DHS 治疗的失败率高达 24%~56%<sup>[7]</sup>。所以本次股骨转子间骨折试验模型选用 Evans IV 型骨折,来比较 MTDHS 和 DHS 对不稳定骨折的固定效果。

我们改进并研制的 MTDHS,其 2 枚拉力螺钉分布于股骨头、颈的上部和下部,上方螺钉通过股骨近端主要抗张力骨小梁,与下方螺钉通过股骨主要抗压缩骨小梁相对应。2 枚螺钉能有效控制复位后骨折端的旋转不稳定和螺钉周围的头颈旋转,弥补了 DHS 固定抗旋转能力差的不足。MTDHS 的 2 枚螺钉比 DHS 的螺钉稍细小,能较好地被股骨颈和头所容纳。

本次试验表明,MTDHS 在载荷-应变变化、载荷-位移变化、抗扭转能力等方面比 DHS 明显优越。说明转子间不稳定骨折采用 MTDHS 固定比 DHS 牢固,股骨承载能力大,不易引起股骨的应变。而且从股骨内外侧应变分布规律来看,采用 MTDHS 固定的股骨,应变分布均匀、合理,说明 MTDHS 固定后对股骨转子间重建骨小梁连续性、对抗张应力、剪切力和旋转应力具有重要的支撑作用。

手术最好在骨科牵引床上进行,麻醉后在 C 形臂 X 线机透视下,闭合复位,体外大致定位后,再做小切口。2 枚导针的位置要准确,否则 2 枚拉力螺钉不能被股骨头和颈完全包容。我们将套筒钢板由一体改为可拆卸后,钢板可以从小切口插入,对 4 孔以上的 MTDHS,设计了体外瞄准器,便于经皮进行钢板上螺钉的固定。

### 参考文献

- Hung SH, Hsu CY, Hsu SF, et al. Surgical treatment for ipsilateral fractures of the hip and femoral shaft. *Injury*, 2004, 35: 165-169.
- Lawrence VA, Silverstein JH, Cornell JE, et al. Higher Hb level is associated with better early functional recovery after hip fracture repair. *Transfusion*, 2003, 43: 1717-1722.
- 龙显斌, 曹盛俊, 廖瑛, 等. 内固定手术治疗老年人股骨粗隆间骨折的临床分析. *中国骨伤*, 2007, 20(2): 116-117.
- Mahomed NN, Arrdt DC, Mc Grory BJ, et al. The Harris hip score: Comparison of patient self-report with surgeon assessment. *J Arthroplasty*, 2001, 16(5): 575-580.
- Shah MR, Aharonoff GB, Wolinsky P, et al. Outcome after hip fracture in individuals ninety years of age and older. *J Orthop Trauma*, 2001, 15: 34-39.
- Kyle RF, Ellis TJ, Templeman DC. Surgical treatment of intertrochanteric hip fractures with associated femoral neck fractures using a sliding hip screw. *J Orthop Trauma*, 2005, 19: 1-4.
- Haidukewych GJ, Israel TA, Berry DJ. Reverse obliquity fractures of the intertrochanteric region of the femur. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2001, 83: 643-650.

(收稿日期:2007-08-28 本文编辑:连智华)