

· 基础研究 ·

股骨转子间骨折双头自动加压新型外固定支架固定的生物力学研究

秦玉星¹, 盛国庆¹, 王以进², 姜林忠¹, 茅云伟¹, 史荣军¹, 束军潮¹

(1.丹阳市中医院骨科, 江苏 丹阳 212300; 2 上海大学生物力学工程研究所)

【摘要】 目的:从生物力学角度探讨双头自动加压新型外固定支架的力学特性。方法:将 15 具新鲜湿润股骨头标本,分试验组 5 具和对照组 10 具(动力髋螺钉 DHS 和传统外固定支架各 5 具)。在试验时实行等级加载,0~1 800 N,加载速度 1.4 mn/min,分别测量股骨转子间骨折固定后的强度和刚度、扭转力学性能和股骨的极限承载能力,以比较不同器械的优劣。结果:试验组在股骨转子间固定后的强度和刚度,股骨的扭转力学性能以及极限承载能力均优于 DHS 和传统外固定支架($P<0.05$)。结论:双头自动加压新型外固定支架嵌后比较紧密,无滑动,能有效地防止髓内翻畸形的发生。

【关键词】 股骨骨折; 外固定器; 骨折愈合; 生物力学

Biomechanical study of new type two-head automatic pressure external fixator (TAPEF) for the treatment of intertrochanteric fracture QIN Yu-xing, SHENG Guo-qing, WANG Yi-jin, JIANG Lin-zhong, MAO Yun-wei, SHI Rong-jun, SHU Jun-chao. Department of Orthopaedics, Danyang TCM Hospital, Danyang 212300, Jiangsu, China

ABSTRACT **Objective:** To investigate the mechanical characteristics of new type two-head automatic pressure external fixator in the view of biomechanics. **Methods:** Fifteen fresh and humid specimens were selected and divided into experimental group (5 cases) and control group (10 cases). The control group were respectively applied with DHS (5 cases) and traditional external fixator (5 cases). In order to compare the different apparatus, the strength, stiffness and twist mechanical function of femoral intertrochanteric fracture with different device were measured respectively when the specimens were under the pressure of 0~1 800 N and loading speed 1.4 mn/min. **Results:** The strength, stiffness, twist mechanical function and maximum endurance of femora in the experimental group were obviously superior than that of DHS and traditional external fixator ($P<0.05$). **Conclusion:** Two head automatic new type pressure external fixator can embed more tightly without sliding, also can prevent the occurrence of coxa vara effectively.

Key words Femoral fracture; External fixators; Fracture healing; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(10): 771-773 www.zggszz.com

股骨转子间骨折是临床上常见的创伤,治疗的关键是降低并发症,尽快恢复功能,提高老年人的生命质量。外固定支架由于其手术操作方便、创伤小,遵循微创、自然重建理念,故特别适合老年股骨转子间骨折患者^[1]。

根据 Ilizarov 技术的基本原理,研究探讨外固定支架治疗股骨转子间骨折的功效,运用张力-应力法则重建股骨转子部,提供一个优良的力学环境,尽快促进骨折愈合和功能恢复,从而达到最佳的治疗目的。特别强调的是,外固定支架治疗股骨转子间骨折是遵循人体自然规律,以仿生为基础,通过外固定支架,使骨折断端有持续的压应力刺激,协助人体组织顺其自然规律成长,重新启动病变区域组织细胞的生长潜力,刺激组织再生,而逐渐修复组织缺损和重建肢体功能。

自 2005 年起研制了双头自动加压新型外固定支架(two

head automatic pressure external fixation pam, TAPEF)(图 1)治疗股骨转子间骨折 20 例,效果满意。为此,本文从生物力学角度探讨其优良力学特性,为临床提供更为可靠的科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验标本与分组 采集国人成人新鲜湿润的股骨头标本 15 具,按照 Klemmerman^[2]法截骨,造成股骨转子间骨折,分为试验组(TAP)和对照组(动力髋螺钉 DHS,传统外固定支架 TEFP),各 5 具标本,分别进行骨折内外固定。

1.2 实验方法 试验前,剥离股骨头上软组织,并进行几何测量,在股骨内外两侧布置 6 枚电阻应变片,在股骨远端用骨水泥固定,模拟单足独立负重,考虑外展肌参与工作。为提高测量精度,全部标本在结构、尺寸、载荷、力学性质上均符合实验力学模型要求^[3](见图 2)。试验时应先预载 100 N,以消除股骨松弛、蠕变时间效应影响,所有实验反复多次,直到满意为止。标本在试验时实行等级加载,0~1 800 N,加载速度为

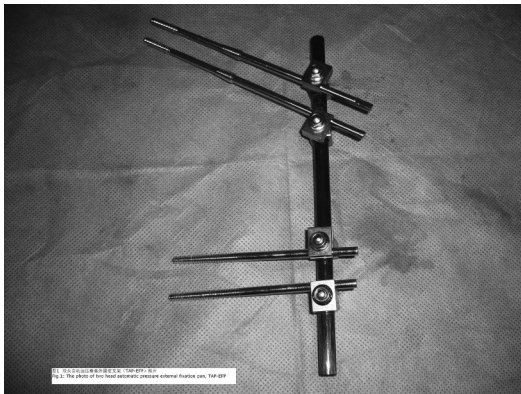


图 1 双头自动加压新型外固定支架(TAPEF)
Fig.1 The photo graph of two head automatic pressure external fixation (TAPEF)

1.4 mm/min, 分别测量股骨转子间骨折固定后的强度和刚度、扭转力学性能和股骨的极限承载能力, 以比较不同器械的优劣。

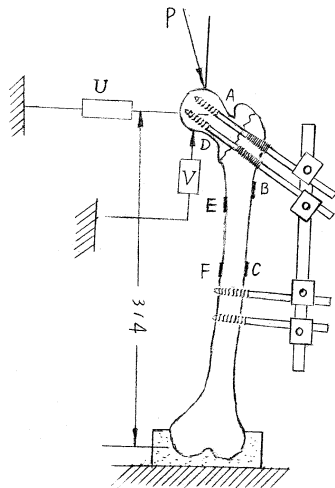


图 2 股骨转子间骨折采用 TAP 新型外固定支架固定试验力学模型
Fig.2 The mechanical model of intertrochanteric fracture with TAPEF

1.3 观测力学指标 测定股骨转子间骨折固定后的强度和刚度, 股骨的扭转力学性能以及股骨的极限承载能力。

1.4 统计学处理 对股骨转子间骨折固定后的强度、刚度、扭矩、扭角、极限载荷等相关物理量统计后用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 并应用软件 SPSS 10.0 在 IBM 计算机上进行计算, 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。

2 结果

2.1 股骨转子间骨折固定后的刚度和强度 根据试验和计算结果, 股骨转子间骨折各种器械固定后的股骨刚度和强度值见表 1-2。

结果表明: ①在 1 800 N 载荷作用下, 三种不同器械的固

表 1 股骨转子间骨折不同器械固定时股骨上的刚度($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 The stiffness of femoral intertrochanteric fracture with difference devices($\bar{x} \pm s$)

组别	轴向刚度 EF(N/mm)	弯曲刚度 EJ(N·M/Deg)
TAP	692.31±48.50	24.87±1.88
DHS	640.57±51.29	20.21±1.63
TEFP	596.03±50.23	18.51±1.51

注: 与对照组比较, EF: $F=4.64, P<0.05$; EJ: $F=19.2, P<0.05$

Note: Compared with control group, EF: $F=4.64, P<0.05$; EJ: $F=19.2, P<0.05$

定股骨上的强度, 在外侧, TAP 外固定支架的强度比 DHS、TEFP 分别高 9%、20%, 证明 TAP 固定后的强度大, 抵抗破坏能力强, 同样在股骨内侧, 前者分别比后者高 42%、78% ($P<0.05$), 同样得到相同的结论。②在 1 800 N 载荷作用下, 股骨的轴向刚度(EF)和弯曲刚度(EJ)比较, TAP 外固定支架在 EF 方面分别比 DHS、TEFP 高 8%、14%, EJ 同样分别高 19%、26%, 差异均具有统计学意义 ($P<0.05$), 证明双头自动加压新型外固定支架在抵抗股骨轴向变形能力和弯曲变形能力方面较好, 使股骨稳定性大为提高。

2.2 股骨转子间骨折固定的扭转力学性能 从不同器械固定股骨转子间骨折的扭转力学试验结果, 得到的扭矩-扭角关系(表 3)中看到, 采用 TAP 新型外固定支架固定的抗扭强度高于 DHS、TEFP 固定的强度, 分别高 11%、20%, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。同样, 从股骨的抗扭刚度中看到, 前者分别比后者高 28%、51% ($P<0.05$), 这一结果说明由于 TAP 新型外固定支架进钉合理, 与股骨构成立体的力学体系, 应力分布均匀, 抗张、抗压、抗扭的效果比较理想, 所以固定效果优良。相反, 采用 DHS 或 TEFP 内固定后, 股骨断端骨块会滑动和转动, 抗扭能力比较差, 达不到应有的固定效果。所以本支架最大的优点是双头加压螺纹固定, 防止了内翻应力, 减少髓内翻畸形的发生。

2.3 股骨的极限承载能力 采用 TAP 外固定支架固定和 DHS、TEFP 固定后进行极限承载能力试验, 即进行破坏试验(表 4)。结果表明: 采用 TAP 新型外固定支架固定的股骨能承

表 2 股骨转子间骨折不同器械固定时股骨上强度值($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 The strength of femoral intertrochanteric fracture with difference devices($\bar{x} \pm s$)

组别	OS(外侧测点)			IS(内侧测点)		
	A	B	C	D	E	F
TAP	4.65±0.32	3.94±0.37	3.76±0.26	-7.27±0.48	-4.63±0.32	-2.25±0.19
DHS	4.24±0.31	4.16±0.36	3.45±0.27	-7.03±0.49	-3.77±0.34	-1.53±0.12
TEFP	3.79±0.30	3.48±0.39	3.00±0.25	-6.85±0.55	-3.81±0.21	-0.84±0.07

注: 与对照组比较, 外侧测点: $F=5.76, P<0.05$; 内侧测点: $F=7.41, P<0.05$

Note: Compared with control group, outside: $F=5.76, P<0.05$; inside: $F=7.41, P<0.05$

表 3 股骨转子间骨折不同器械固定时扭矩-扭角关系($\bar{x}\pm s$)Tab.3 The relation between torque and torsion angle using different fixation for femoral intertrocharteric fracture($\bar{x}\pm s$)

组别	扭角(度)						Mnmax
	扭矩(N·M)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
TAP	0.49±0.03	1.12±0.06	2.19±0.09	4.10±0.12	5.12±0.15	2.51±0.16	
DHS	0.62±0.04	1.35±0.07	2.70±0.10	5.45±0.13	—	2.24±0.10	
TEFP	0.78±0.06	1.62±0.09	3.25±0.12	—	—	2.01±0.07	

注:与对照组比较, $F=8.47$ $P<0.05$ Note: Compared with control group, $F=8.47$, $P<0.05$ 表 4 股骨转子间骨折不同固定时极限力学性能比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.4 The comparison of maximum mechanical performance of femoral intertrocharteric fracture with difference fixation

($\bar{x}\pm s$)

组别	极限载荷 Pb(N)	屈服载荷 Ps(N)	极限位移 Δb (mm)	屈服位移 Δs (mm)
TAP	2 767±189	2 301±178	12.80±1.12	10.62±0.78
DHS	2 501±201	2 008±170	10.70±1.01	9.05±0.80
TEFP	2 375±198	1 866±0.92	9.21±0.92	7.58±0.76

注:与对照组比较, $F=14.12$, $P<0.05$ Note: Compared with control group, $F=14.12$, $P<0.05$

受 2 767 N 的载荷, 而采用 DHS、TEFP 固定的股骨分别能承受 2 501 N 和 2 375 N 的载荷, 前者分别比后者高 10% 和 14% ($P<0.05$)。显然, 承载能力后者不及 TAP 新型外固定支架大。而且, 在试验中发现, TAP 新型外固定支架在转子间骨折部发生再骨折时, 支架本身变形很小, 并未破坏, 而若采用 DHS、TEFP 固定时, 当载荷达到极限破坏载荷时, 可以看到股骨头破坏十分厉害, 碎块不断扩张和破裂, 螺钉过度滑动, 再移位, 甚至转动, 而钉子被弯曲变形, 导致股骨头发生旋转破坏, 后者抵抗破坏的能力较差。由于 DHS 在骨质疏松中把持力下降, 传统外固定支架钉体滑动, 而导致钉骨整体力学性能下降。

3 讨论

股骨转子间骨折后, 使髋部负重系统遭到破坏, 为了恢复它的负重功能, 对股骨转子间骨折应予以坚强固定, 良好的闭合复位和固定是关键。但传统的 DHS 钉固定不愈合率仍有 30% 左右, 甚至引起股骨头坏死达 20% 以上, 尤其骨折固定不牢固时, 影响血供。而若采用 DHS 固定, 明显的缺点是骨折两端应力相差悬殊, 股骨转子上部拉应力过大而不能控制。同时, 由于抗压、抗弯和抗扭能力薄弱, 承载能力小, 固定不牢而影响疗效^[4]。同样, 传统外固定支架钉体滑动, 支架固定不强, 整体力学性能下降。

为了完整重建髋部负重系统, 我院研制了本新型双头自动加压螺纹钉外固定支架, 使上下左右立体交叉固定, 能有效克服髋部张应力, 使下部承载压应力以及整体防旋能力加强。

其中 1 枚螺纹钉经过股骨矩上方穿过, 有效地提供了支点, 缩短了杠杆比, 增加了股骨头的承载能力, 使股骨髁部整体受力性能得到了改善, 充分发挥了钉和骨共同的承载能力。

生物力学试验结果表明, 采用本新型双头自动加压螺纹钉外固定支架固定, 不但抗压性能好, 承载能力强, 以及抗弯和抗扭能力大, 应力遮挡小, 而且不易拔出, 不易发生髓内翻畸形, 加上结构轻盈, 手术操作简单, 微创化, 能使患者早期下床活动。事实上运用支架固定的优势就是最大限度地减少医源性创伤, 实现骨折固定的微创治疗, 减少并发症, 使之成为老年股骨转子间骨折行之有效的理想方法, 使骨科自然重建理念, Ilizarov 技术得到发扬光大。安装外固定器, 配合有限的手术, 术后按照治疗的要求, 对髋部施加持续、稳定的牵张应力, 重新启动病变组织细胞的生长潜力, 刺激组织再生, 重建肢体功能, 确实是当前应该值得提倡的有效治疗方法。

参考文献

- [1] 陈继平, 何秉辉, 杨六中, 等. 高龄股骨转子间骨折两种治疗方法的临床观察. 中国骨伤, 2007, 20(8): 519-521.
- [2] Klemmerman L. Intracapsular fracture of the neck of the femur. J Bone Joint Surg(Br), 1974, 52: 514.
- [3] 王以进, 王介麟. 骨科生物力学. 北京: 人民军医出版社, 1989. 273-279.
- [4] 王福权, 路奎元, 张华倩. 加压滑动鹅头钉治疗老年股骨转子间骨折 106 例分析. 骨与关节损伤杂志, 1995, 10(1): 12-14.

(收稿日期: 2008-04-22 本文编辑: 连智华)