

• 基础研究 •

不同钉位布局影响股骨颈骨折内固定效应的生物力学研究

周临东¹, 鞞鞞², 赵和庆¹

(1. 南京中医药大学, 江苏 南京 210029, 2. 南京工程学院)

【摘要】 目的: 观察应用多枚钉内固定治疗股骨颈骨折时采取不同钉位布局对骨折断端固定效应的影响, 为临床操作中寻求最佳钉位布局奠定基础。方法: 通过特制壮年人体尸骨股骨颈骨折模型, 进行直视下解剖复位后, 分别应用 3 钉倒三角形、3 钉正三角形和双钉平行 3 种不同钉位布局内固定方法完成内固定。在生物力学万能试验机上进行轴向压缩和扭转实验, 观察不同生物应力下断端相对的位移距离、轴向刚度、水平剪切刚度和扭转强度等项目, 取得试验数据后经统计学处理, 进行组间对比, 观察其差异的显著性。结果: 在 3 种钉位布局的内固定方法之中, 以股骨矩核心下 2~3 mm 处进钉位为下位顶点的倒三角形钉位布局能获得最坚强的固定效应, 相同应力下其位移距离最小而各项刚度最大; 而股骨矩核心上位和中下位双钉固定法固定效应最差, 表现为相同应力下位移距离最大和各项刚度最小。结论: 尽可能选择以股骨矩核心下 2~3 mm 处进钉位为下位顶点的倒三角钉位布局法, 尽可能减少应用双钉位布局法。

【关键词】 股骨颈骨折; 骨折固定术, 内; 生物力学

Bio mechanical study on the effect of different nailing positions for the fixation of femoral neck fracture (FNF) ZHOU Lin-dong^{*}, DING Ke-ke, ZHAO He-qing.^{*} The Nanjing University of TCM, Nanjing 210029, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective To investigate the effect of different nailing position for the fixation of femoral neck fracture (FNF), so as to determine the best nailing position in the treatment of FNF with internal fixation.

Methods Six femoral bones were obtained from adult cadavers (all were male) and used to produce model of femoral neck fracture. After dissection and repositioning, internal fixation methods with three different nailing positions: triangle inverted triangle and dual nailing, were performed to the models. Bio mechanical pressure was applied to the point of fracture, and the shift in positions of the femoral bone was recorded. The experimental data were then computed and compared. **Results** Among the three nailing positions in the fixation of FNF, the inverted triangle at a position 2 to 3 mm below the femoral core was found to be the best fixation of FNF with the shortest displacement and the highest stiffness under the same bio mechanical pressure. The dual nailing had the weakest effect with the longest displacement and the lowest stiffness. **Conclusion** The inverted triangle method at a position 2 to 3 mm below the femoral core should be employed in future, while the method of dual nailing should be discontinued.

Key words Femoral neck fracture; Fracture fixation, internal; Bio mechanics

多钉内固定治疗股骨颈骨折方法颇为常用, 其进钉位置多选在股骨矩核心部位, 置入钉数及钉间关系常依据医师个人操作经验和习惯, 分别采取双钉平行、双钉交叉、三钉交叉、四钉交叉等^[1], 具有一定随意性。但在临床长期实践中发现, 内固定钉位布局对固定效应及患者预后较为重要, 应认真对待。为了比较钉位布局不同对固定处力学效应的差异, 我

们进行了初步的生物力学实验研究, 报告如下。

1 材料与与方法

1.1 模型制作 采用国人成年新鲜尸体 3 具 (31、37 和 49 岁, 均为男性, 分别因外伤致颅脑伤、胸腹部联合伤及烧伤死亡), 取出完整股骨 6 根, 清除附着软组织, 标号为 A 左、A 右, B 左、B 右, C 左、C 右, 按 Klenman^[2] 法制成 6 个完全相同的股骨颈骨折模型, 存放于 -20℃ 冰柜内备用。

1.2 实验步骤

(1) 直视下解剖复位后采用: ① A 左、B 左作双钉内固

表 1 不同载荷下 3 种固定钉位布局时骨折处位移情况 ($\bar{x} \pm s$, mm)

Tab 1 Displacement after treatment with three different nailing positions under different load ($\bar{x} \pm s$, mm)

钉位 Nailing positions	位移 Displacement	载荷 Load			
		100 N	200 N	400 N	600 N
倒三角形	垂直位移	0.15 ± 0.06	0.30 ± 0.09	0.46 ± 0.20	0.75 ± 0.26
	横向位移	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.07 ± 0.03
正三角形	垂直位移	0.18 ± 0.05	0.34 ± 0.10	0.67 ± 0.22	0.86 ± 0.28
	横向位移	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.07 ± 0.03	0.08 ± 0.04
双钉平行	垂直位移	0.21 ± 0.06	0.43 ± 0.12	0.89 ± 0.23	1.10 ± 0.26
	横向位移	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.21 ± 0.06

定,其进钉位布局为上钉在股骨矩核心上缘,下钉在股骨矩核心下 2~3 mm 处,两钉间距离 7~8 mm,基本平行。②A 右、C 左为 3 钉内固定,以股骨矩核心下 2~3 mm 处进钉位为下位顶点,其余两钉位于股骨矩核心上缘,从股骨颈截面观 3 钉位置呈等边倒三角形布局,边长 8 mm 左右。③B 右、C 右也为 3 钉内固定,其进钉位置上钉位于股骨矩核心上 3~4 mm,两下钉分别位于股骨矩核心下 3 mm 处,从股骨颈截面观 3 钉位置呈等边正三角形布局,边长 8 mm 左右。进钉深度均达到股骨头软骨下 5 mm 左右,钉道平行不交叉。经 X 线透视证实。

(2) 在骨折远、近端分别作骨水泥包埋后载入专用金属杯中固定,以便加载。

(3) 在股骨颈中、头下、小粗隆对称部位按力学测试要求贴放 6 块 T 形应变片,并用手工制作的专用夹具固定,确保定位。

(4) 应用 SLW-10 型生物力学万能电子测试机,将牢固固定的骨折两端嵌入加载卡槽中,先后施行轴向压缩、扭转等模拟生物学效应的力学测试。

(5) 连接实验装置后以 100 N 预载,清除标本松弛、蠕变影响,然后进行 100 N 分级加载,直到 600 N,加载速度 1.4 mm/mⁱⁿ,分别测试并自动记录股骨颈及相关部位应力数据及骨折远、近端之间的移位和扭转情况,先完成轴向压缩,后进行扭转试验。

因全部标本需留作其他实验使用,未进行破坏性的测试。

1.3 观察项目与方法

1.3.1 骨折处的位移 在垂直载荷作用下骨折处发生两种位移,以骨折远端为基准点,远、近端间的垂直位移和横向位移,其中垂直位移用 S 表示,横向位移用 H 表示。

1.3.2 股骨头颈部的轴向刚度和水平剪切刚度 该处的轴向刚度和水平剪切刚度是指固定部位抗变形能力的大小,在不同加载下于不同的位移点可得到相应的压力值,根据压力-位移曲线,取均值比较相关抗压刚度。

1.3.3 股骨颈的扭转强度和刚度 因为股骨颈部有颈干角和前倾角的同时存在,骨折处存在的强大扭转趋势是该处骨折固定后松动、移位的重要原因,在不同扭转角度下可产生相应的位移,根据扭角-位移曲线,取均值比较相应的扭转强度和刚度量化值。

1.4 统计学处理 各项检测数据均采用平均数 ± 标准差表示,使用 SPSS 11.0 for Windows 软件包完成数据统计学处理,两组之间行 Independent samples T-test 检验,进行显著性差异的比较。

2 结果

2.1 骨折处的位移 结果(见表 1)显示:3 钉倒三角形内固定,其垂直位移比 3 钉正三角形内固定小 13%,比双钉平行内固定小 43%,而 3 钉正三角形也比双钉平行小 27%。从横向位移来看,3 钉倒三角形和 3 钉正三角形之间比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$),而与双钉平行相比,其差异有显著性意义 ($P < 0.01$),说明该方法在抗横向剪切力上优于双钉平行。

2.2 股骨头颈部的轴向刚度和水平剪切刚度 结果(见表 2)显示:应用 3 钉倒三角形后,其轴向刚度比 3 钉正三角形平均高出 14%,而剪切刚度高出 8%,前者比较差异有显著性意义 ($P < 0.05$);比之双钉平行则轴向刚度高出 43%,剪切刚度高出 48%,其差异均有显著性意义 ($P < 0.01$)。

表 2 股骨颈骨折固定部 3 种固定钉位布局的局部轴向刚度和剪切刚度 ($\bar{x} \pm s$, N/mm)

Tab 2 Axial stiffness and horizontal sheared stiffness after treatment with three different nailing positions ($\bar{x} \pm s$, N/mm)

钉位	轴向刚度	水平剪切刚度
倒三角形	680.5 ± 51.1	7 702.5 ± 350.3
正三角形	671.7 ± 36.2	7 164.4 ± 322.5
双钉平行	616.5 ± 42.0	5 728.9 ± 256.4

2.3 股骨颈的扭转强度和刚度 结果(见表 3)显示:经 3 钉倒三角形固定的股骨颈骨折部扭转强度和刚度的量化值分别比 3 钉正三角形和双钉平行固定的骨折部高出 43% ($P < 0.05$)和 139% ($P < 0.01$),其差异均有显著性意义。当然,又以双钉平行固定处的扭转强度和刚度为差。

表 3 3 种内固定的扭转强度和刚度量化值 ($\bar{x} \pm s$, N/m)

Tab 3 Torsional strength and stiffness after treatment with three different nailing positions of FNF ($\bar{x} \pm s$, N/m)

钉位	扭角		
	2°	4°	6°
倒三角形	0.33 ± 0.10	1.11 ± 0.18	1.86 ± 0.22
正三角形	0.26 ± 0.08	0.74 ± 0.12	1.25 ± 0.16
双钉平行	0.19 ± 0.04	0.50 ± 0.06	0.81 ± 0.11

3 讨论

3.1 研究钉位布局的目的和出发点 多钉固定的方向与髓关节的力线一致,位置在股骨矩上下,能增强固定作用和耐劳性。如果各钉间截面成三角形,扩大了固定的截面积,排列为

三角形几何不变结构,有抗旋转能力,并且各钉体小,对骨组织破坏小,不损伤股骨颈周围组织,对股骨头残存血供影响小。另外住院的时间短,费用低,手术时间短,所以适合各个年龄组的股骨颈骨折患者,尤其对 50 岁以下的患者最为重要。由于多钉固定或多钉加压固定的种类很多,我们特别对进钉位置的不同布局与患者愈后的关系进行了长期观察,发现有部分采用临床惯用的股骨矩上、中各 1 钉或股骨矩上 1 钉、矩下 2 钉布局法的患者,出现骨折处移位和后期股骨头坏死较多的现象^[3]。为了提高疗效,我们试用以股骨矩核心下 2~3 mm 处进钉点为下位顶角,而以股骨矩上缘 2 钉为上位两角的等边倒三角形布局,其术后移位有所改善。为了在理论上得到解释,我们力求从生物力学的角度来分析钉位布局对骨折处内固定力学效应的影响。

3.2 倒三角形钉位布局的力学效应 骨的空心结构更有利于减低和防止弯曲,因为在受弯曲的纵向构件的最外层纤维处,应力最大,更为重要的是杆臂最高。在向中位纤维的方向应力逐渐变小,根据定义,中位纤维是不承受弯曲应力的,在 3 钉正三角形布局固定股骨颈骨折时,3 枚钉组成了负重、抗拉结构的外层,而中心部位股骨矩作用减少,由于矩下 2 枚钉完全吸收了来自上方的压、剪力,股骨矩受不到较大的应力刺激。根据 Wolff 定律,骨骼生长完全与应力的刺激成正比,矩下的 2 枚钉遮挡了应力,股骨矩的疏松就难以避免了,而任何坚强的固定都不能胜过生物骨本身的愈合强度^[4,5]。在 3 钉倒三角形布局固定股骨颈骨折时,虽然 3 枚钉组成的负重、抗拉结构外层与正三角形相同,但由于股骨矩中心下方只有 1 枚钉支撑,来自上方的压应力集中到了特别适合负重的股骨矩上,就恰到好处地有利于骨折的愈合和预后^[6]。

3.3 三角形钉位布局的力学分析 张力在生理上一般来自弯曲应力和扭转应力,在紧靠负荷一侧为压力,而另一侧为张力。因此,骨承受负荷时,不仅由于其重量产生压力,而且由于弯曲作用还会产生张应力。因而,骨折固定的目的之一应是保持骨折处原有序列和对抗张应力,一切固定器均可考虑为对抗张力的带子,并且将它置于骨折张力侧。在股骨颈骨折时,由于颈干角和前倾角的存在,颈部断端受到的力极为复杂,但总起来看,颈下方以压应力为主,而颈上方以张应力为主,我们采用倒三角形钉位布局,使颈上方的张应力被 2 枚内

固定钉所克服,其作用力是正三角形布局或双钉布局的 1 倍以上^[7],大大消除了颈上方的分离倾向,保持了骨折局部的稳定性。尤其在骨折愈合后期,患者开始负重锻炼时这一作用能更好显现,因此我们建议采用倒三角形布局的患者,其钉在体内留存的时间应稍长一些,让危害较大的分离性张力能被固定钉吸收,希冀减少股骨头缺血性坏死的发生^[8]。

3.4 展望和呼吁 股骨颈骨折是临床常见病,虽然近来治疗方法很多,尤其是人工假体置换发展迅猛,但多钉内固定依然是大部分患者,尤其是青壮年患者的首选。其愈合率和头坏死率近 10 年来徘徊在 80%~90% 和 10%~15% 之间^[1,9],通过临床的实际操作方法的改良来提高这一传统方法的疗效是临床工作的当务之急。另外,在临床操作中进行多钉内固定时,钉子本身的形状和材质对骨折固定效应及预后也会产生较大影响,将在以后的研究中加以进一步探讨。呼吁同道应尽量减少使用 2 枚空心钉,而更多应用倒三角形布局的 3 枚钉内固定,并进一步深入进行相关研究为临床疗效的改进奠定基础。

参考文献

- 1 胥少汀,葛宝丰,徐印坎.实用骨科学,第 3 版.北京:人民军医出版社,2005 1
- 2 Klemm L. Intraepiphyseal fracture of the neck of the femur. J Bone Joint Surg (Br), 1974, 52B: 514.
- 3 周临东,黄晓.股骨颈骨折几种治疗方法的临床分析.中国骨伤,1991,4(5): 16-17.
- 4 李琦,杨惠林,唐天驷,等.椎弓根螺钉在骨矿量下降椎体中应用的生物力学研究.医用生物力学,2005,20(1): 32-36
- 5 付海亮,阎景龙,邹天彪,等.同种异体微小颗粒骨复合 BMP 胶原修复骨缺损的实验研究.中华骨科杂志,2004,24: 615
- 6 Bukwalter JA, Glincher MT, Cooper RR, et al. Bone biology. J Bone Joint Surg (Am), 1995, 77(10): 1276-1287
- 7 范里,唐新宇,李家元,等.外固定器在体轴向加压骨断端压力长期变化的实验研究.中国骨伤,2006,19(1): 28.
- 8 史勇.股骨颈骨折 3 种治疗方法疗效比较.山西医科大学学报,2001,32(2): 168
- 9 曾炳芳,张长青.创伤骨科新进展.北京:人民卫生出版社,2003. 11.

(收稿日期: 2006-09-06 本文编辑: 李为农)

本刊关于“通讯作者”有关事宜的通知

本刊要求集体署名的文章必须明确通讯作者。凡文章内注明通讯作者的稿件,与该稿件相关的一切事宜(包括邮寄稿件、收稿通知单、退稿、退修稿件、校样、版面费、稿费、赠刊等)均与通信作者联系。如文内未注明通讯作者的文章,按国际惯例,有关稿件的一切事宜均与第一作者联系,特此声明!

《中国骨伤》杂志社