

四种方法固定股骨颈骨折的生物力学研究

张银光¹ 刘安庆² 马巧玲³

(1. 天津医院,天津 300211;2. 西安交通大学第二医院;3. 天津市天和医院)

【摘要】 目的 探讨符合生物力学原理的股骨颈骨折的固定方法。方法 比较了单纯斯氏针、加压螺纹钉、低角度和大角度穿针外固定支架四种固定股骨颈骨折的方法在不同载荷下的位移和旋转角度等。结果 在抗压力方面,低角度外固定支架组优于其余各组($P < 0.01$)。在抗扭力方面,加压螺纹钉最差,其余各组无显著性差异。同样载荷下低角度进针组各针应变小于大角度进针组各针($P < 0.01$)。结论 一枚加压螺纹钉的强度最差;三根斯氏针有一定的抗压及抗旋转性能;低角度穿入三枚斯氏针并通过外固定支架固定有着较强的抗压及抗旋转性能,为一种有效的固定方法;大角度穿针外固定支架固定断端间存在较大的剪力,不利于断端加压;穿针应沿压力骨小梁方向尽量贴紧股骨距低角度钻入才符合生物力学原理;三针在固定股骨颈中各起着相同的负重作用。

【关键词】 股骨颈骨折; 骨折固定术; 生物力学

Biomechanics study of femoral neck fracture treated with 4 different kinds of fixation methods ZHANG Yin-guang, LIU An-qing, MA Qiao-ling. Tianjin Hospital(Tianjin, 300211)

【Abstract】 Objective To summarize the results of fixation methods for the treatment of femoral neck fracture **Methods** 4 methods (Steinmann pins, compressive screw, low angle and high angle fixation of external fixation) were compared in the aspects of displacement and angles of rotation under different loads. **Results** The resisting pressure of low angle fixation was superior to that of the other groups ($P < 0.01$). There was no significant difference in resisting rotation among the except in the group treated with compressive screw the result was the worst. The pins of low angle group adapted themselves to changes more slightly than those of high angle group ($P < 0.01$). **Conclusion** The intensity of a single compressive screw was the worst; 3 Steinmann pins were able to resist pressure and rotation; Low angle group showed better ability to resist pressure and rotation; high angle group had fairly scissor power in breaking end, however not beneficial to compression; The placement of the pins should performed in accordance with the compressive trabeculae and close to the femoral calcar and the 3 pins should be arranged with equal share in weight loading.

【Key words】 Femoral neck fractures; Fracture fixation; Biomechanics

股骨颈骨折是一种难治性骨折,目前有多种治疗方法。本文从生物力学角度出发,比较了四种固定股骨颈骨折的方法,力求为股骨颈骨折找到一种符合生物力学原理固定方法。

1 材料与方法

1.1 研究对象 取经防腐处理的人尸体干股骨共 30 具,干颈角 $120^\circ \sim 130^\circ$,随机分为 5 组,每组尸体股骨 6 根。

1.2 分组固定 在股骨颈中部按照人体骨折时最常见的 Pauwels 角 70° 锯断,造成股骨颈骨折模型。将各组标本随机各取以下一种方法固定:

1.2.1 单纯斯氏针固定组 取三枚 4mm 斯氏针(天津产)在大转子下方低角度钻至股骨头皮质下约 0.5cm 处,三针中有两枚尽量贴近股骨距钻入压力骨小梁,另一枚钻入张力骨小梁。三针的方向尽量保持平行。解剖固定骨折。

1.2.2 加压螺纹钉固定组 取加压螺纹钉(天津产)一枚沿压力骨小梁方向贴近股骨距旋入固定,使骨折解剖对位。

1.2.3 低角度外固定支架组 按第一组的穿针方向低角度穿入三枚 4mm 斯氏针,同时在股骨干中段旋入两枚 6mm 螺纹钉,在外侧以单臂多功能外固定支架连接固定。骨折解剖对位。

1.2.4 大角度外固定支架组 方法同三组,但三枚斯氏针与上方股骨干约成 105° 角,大角度钻入。骨折解剖对位。

1.3 力学实验

1.3.1 垂直加载以测定张开位移与头下沉位移 将固定好的标本在股骨髁上锯断,固定于长春产 CSS1101 型万能材料力学测定仪上。标本模拟人体直立时的负重力线方向:股骨纵轴与垂线成 15° 夹角^[1]。在股骨上端于大转子上端和股骨头头颈交接处安置电阻位移测定仪,以测定张开位移。头下沉位移可直接由实验机记录(图 1)。三、四两组穿针固定之后还预先在骨折断端处小心将断端撬开一约 3mm 的小缝,在骨折近端针刚穿出处紧贴每枚斯氏针的上方表面分别小心粘

贴一枚 BE 60-0.5AA 电阻应变片,使电阻片的平面位置在上方,各自连接电阻应变仪,以测定加载时各针上的应变;电阻片安完后缓慢敲击股骨头使缝隙关闭,骨折解剖对位。加载通过自制的金属髌臼与股骨头接触,以模拟人体髌关节的载荷并使试件均匀受力。

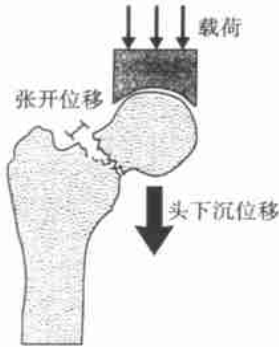


图 1 生物力学实验模式图

1.3.2 偏轴加载以测定旋转角度 于骨折近端通过股骨头的中心水平穿过一枚 2mm 克氏针,针与身体的矢状面平行。偏轴载荷 300N 加于针一侧刚穿出股骨头表面处。用角度测量仪测量其在偏轴载荷下的旋转角度。

2 结果

2.1 不同垂直载荷下各组的平均张开位移(见表 1)

表 1 不同载荷下(N)各组的平均张开位移(微应变)($\bar{x} \pm s$)

载荷	第一组	第二组	第三组	第四组
100	25 ±2.8	140 ±13.5	6 ±0.4	63 ±5.3
200	90 ±8.2	288 ±16.8	23 ±2.2	237 ±15.6
500	312 ±28.6	495 ±39.8	150 ±15.6	417 ±36.3
800	450 ±38.8	829 ±80.3	285 ±26.8	804 ±52.5
1200	741 ±45.3	1380 ±123.2	398 ±25.2	1300 ±125.3

注:每 586 个微应变相当于 1mm 张开位移

取 1200N 载荷时结果作统计学检验,经方差分析检验 $F = 118.34$,各组之间有显著性差异 ($P < 0.01$)。低角度外固定支架组小于其余各组 ($P < 0.01$)。单纯斯氏针固定张开位移小于二、四两组 ($P < 0.01$)。

2.2 不同垂直载荷下各组的平均头下沉位移(见表 2)

表 2 不同载荷下(N)各组的平均头下沉位移(mm)($\bar{x} \pm s$)

载荷	第一组	第二组	第三组	第四组
100	0.20 ±0.03	0.45 ±0.05	0.10 ±0.03	0.16 ±0.02
200	0.56 ±0.12	0.53 ±0.23	0.25 ±0.10	0.33 ±0.15
500	1.82 ±0.23	2.15 ±0.25	1.45 ±0.33	2.83 ±0.32
800	2.89 ±0.23	3.02 ±0.24	2.43 ±0.32	2.98 ±0.45
1200	4.69 ±0.47	5.10 ±0.58	3.35 ±0.32	4.67 ±0.56

取 1200N 载荷时结果作统计学方差分析检验 $F = 98.67$,各组之间有显著性差异 ($P < 0.01$)。低角度外固定支架组小于其余各组 ($P < 0.01$)。加压螺钉组头下沉位移最大 ($P < 0.05$)。

2.3 偏轴加载各组的平均旋转角度 单纯斯氏针固定组平均为 $9.5^\circ \pm 2.5^\circ$,加压螺钉固定组为 $18.5^\circ \pm 3.3^\circ$,低角度

外固定支架组为 $9.2^\circ \pm 1.6^\circ$,大角度外固定支架组为 $9.5^\circ \pm 2.2^\circ$ 。

经方差分析 $F = 32.12$,加压螺钉组抗旋转力明显低于其余各组 ($P < 0.01$)。

2.4 低角度外固定支架组三针平均微应变(见表 3)

表 3 低角度外固定支架组三针平均微应变($\bar{x} \pm s$)

载荷(N)	上 1 针	上 2 针	上 3 针
100	134 ±12.4	157 ±22.1	129 ±20.3
200	282 ±35.7	336 ±18.2	252 ±23.4
500	765 ±89.1	953 ±66.5	674 ±53.5
800	1370 ±106.3	1416 ±119.5	1398 ±98.5

注:三枚针由上到下分别称为上 1 针,上 2 针,上 3 针

取 800N 载荷下结果经方差分析 $F = 3.19$,各组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.5 大角度外固定支架组各针平均微应变(见表 4)

表 4 大角度外固定支架组各针平均微应变($\bar{x} \pm s$)

载荷(N)	上 1 针	上 2 针	上 3 针
100	154 ±23.5	185 ±23.6	138 ±15.8
200	351 ±34.2	362 ±38.9	318 ±32.5
500	982 ±76.3	1028 ±95.8	1052 ±96.9
800	1890 ±195.9	2112 ±179.9	2095 ±190.2

取 800N 载荷下结果经方差分析 $F = 3.08$,各组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.6 800N 载荷下低角度外固定支架组同大角度外固定支架组的平均微应变比较(见表 5)

表 5 800N 载荷下低角度同大角度外固定支架组的平均微应变比较($\bar{x} \pm s$)

固定针	低角度	大角度
上 1	1370 ±106.3	1890 ±195.9
上 2	1416 ±119.5	2112 ±179.9
上 3	1398 ±98.5	2095 ±190.2

取上 1 针结果行 t 检验, $t = 4.22$ 两组间有显著性差异 ($P < 0.01$),低角度支架组在相同载荷下应变明显小于大角度支架组(上 2、上 3 针检验结果同上 1 针)。

3 讨论

人体股骨颈断面上的作用力是压、弯、剪力的复合,故而对于内固定器材要求抗旋转、抗剪力好;同时要求操作简单,对股骨颈骨质损伤小^[2]。

3.1 加压螺钉固定 在本实验中可看出单根加压螺钉的强度较差,不能有效地抗压及抗旋转。鉴于此,学者们提出了许多改进的方法。国内杨喜珍等^[3]设计了加压双向螺钉,这种螺钉直径较细,可同时用 2~3 根,明显提高了抗旋转性能及抗压性能。董启榕等^[4]在应用两枚钩钉-加压螺钉固定治疗股骨颈骨折中也取得了良好的疗效。

3.2 单纯三根斯氏针固定 早在 40 年代, Austin-Moore 就提出了用 4 枚针交叉固定股骨颈骨折。研究表明股骨颈骨折内固定物的方向、部位、数量对固定强度有明显的影。在进针方向上,许多学者主张低角度进针(针与上方股骨干成 135°

~ 150 角), 这样有利于断端间加压且有利于抗剪力^[5,6]。也有学者认为穿钉应平行于股骨颈区的压力骨小梁与张力骨小梁才符合生物力学要求^[7,8]。单纯从力学角度来看, 穿针角度越低, 越有利于断端间加压。但骨折固定的强度不仅与内固定物的强度有关, 而且与骨折类型与骨折本身的强度都有关系^[9,10]。

Springer 等^[11]认为股骨颈骨小梁的质量是股骨颈骨折固定中的一个重要因素, 且通过实验验证三针与四针的固定强度无明显区别。Levi-N^[11]通过 CT 像素扫描证明骨折固定时固定骨密度最大的区域同以往报道的螺钉最佳位置有很好的相关。三枚斯氏针固定两枚针穿入压力骨小梁, 既符合低角度进针, 又使得针可以紧贴股骨距打入有较坚强松质骨把持的压力骨小梁, 同股骨的主应力方向相一致, 符合生物力学原理。同时第三枚针穿入了有一定负重作用的张力骨小梁, 能承受张力。经本实验验证, 这种穿针在相同载荷下的张开位移小于加压螺纹钉组和大角度进针的外固定支架组, 并且也具有较好的抗旋转性能, 所以这种穿针有较好的固定效果。

3.3 外固定支架 应用单侧外固定支架穿针治疗股骨颈骨折, 使股骨颈部的三枚钢针经外固定支架与股骨干部两枚螺钉在体外连成密闭的钢架固定系统, 使固定的范围明显扩大。同时, 低角度穿针固定穿入压力骨小梁和张力骨小梁符合股骨的生物主应力方向, 有利于断端间加压和抗剪力以及载荷向股骨干的传导。而大角度穿针则不符合股骨的主应力方向, 不利于载荷由股骨头颈部向下传导, 在骨折断端处造成了很大的剪力。本实验在相同垂直载荷下, 低角度穿针各针承受的应力明显小于大角度进针时各针上的应力 ($P < 0.01$), 并且相同载荷下低角度穿针支架组的张开位移和头下沉位移均明显小于大角度穿针支架组 ($P < 0.01$)。说明低角度进针断端间剪力小, 加压力大; 低角度穿针支架外固定在抗压及抗扭转性能上都较好。

在骨折断端间三针应力的分布经统计学检验无统计学差

异 ($P > 0.05$), 表明三针均起着重要的固定作用, 在固定骨折中有近于相同的作用。

(本研究衷心感谢西北工业大学材料力学实验室的大力协助!)

参考文献

- 1 Springer ER, Lachiewicz PF, Gilbert JA, et al. Internal fixation of femoral neck fractures. A comparative biomechanical study of Knowles Pins and 6.5mm cancellous screws. *Clinical Orthopedics and related research*, 1991, 267: 85-92.
- 2 肖德明, 王崇武, 宋先屯. 加压螺纹钉内固定治疗股骨颈骨折的力学测试和临床应用. *中国矫形外科杂志*, 1997, 3(4): 181-182.
- 3 杨喜珍, 杨芳瑞, 王卫东, 等. 股骨颈骨折内固定的生物力学研究. *中国矫形外科杂志*, 1997, 4(4): 317-318.
- 4 董启榕, 董天华, 唐天骊. 钩钉 - 加压螺钉内固定治疗股骨颈骨折的生物力学研究及临床应用. *骨与关节损伤杂志*, 1990, 5(3): 132-134.
- 5 Garden RS. Low angle fixation in fractures of the femoral neck. *J Bone Joint Surg*, 1961, 5(6): 647.
- 6 俞学中, 袁中兴, 李永才, 等. 股骨颈骨折内固定方式的生物力学原理探讨. *浙江医科大学学报*, 1994, 23(1): 28-30.
- 7 胥少汀. 斯氏针内固定治疗股骨颈骨折的实验研究与临床应用. *中华外科杂志*, 1986, 24(8): 471-474.
- 8 童元, 朱六龙, 承长胜, 等. 经皮多根斯氏针固定股骨颈骨折若干问题. *中国矫形外科杂志*, 1996, 3(2): 86-87.
- 9 Sjostedt A, Zetterberg C, Hansson T, et al. Bone mineral content and fixation strength of femoral neck fractures. *Acta Orthop Scand*, 1994, 65(2): 161-165.
- 10 Jenny J Y, Rapp E, Cordey J. Type of screw does not influence holding power in the femoral head: cadaver study with shearing test. *Acta Orthop Scand*, 1999, 70(5): 435-438.
- 11 Levi-N. Fracture of the femoral neck: Optimal screw position and bone density determined by computer tomography. *Injury*, 1996, 27(4): 287-289.

(收稿: 2001-06-15 编辑: 李为农)

中国中医研究院针灸研究所针灸培训学校招生

(京)教社证字 A91048 京教社广字(东城)2002012 号

我校是经北京成教局批准, 由中国中医研究院针灸研究所主办, 是医务界最早开展针灸、推拿培训的老校, 尤其以主办著名针灸推拿专家的临床经验传授班及特色疗法班而闻名于社会, 至今已有近二十年办学经验, 为社会培训了二万余名高水平、高技能针灸、推拿人才, 普遍受到学员及用人单位好评。凡希望自己的医术有质的飞跃者, 不妨到此学习。2002 年上半年办班如下:

- 一、全国高级针灸进修班: 此班为国家级继续教育项目, 授予 25 学分, 学费 980 元。8 月 1 日~8 月 14 日; 9 月 4 日~9 月 19 日。
- 二、全国高级推拿进修班及高级按摩师取证班: 此班学习期满, 颁发中华人民共和国劳动和社会保障部颁发的资格证书。5 月 24 日~6 月 6 日; 8 月 17 日~9 月 1 日; 学费 2300 元。
- 以上两班为著名针灸、推拿专家临床经验传授班, 将邀请著名针灸、推拿专家(非一般专家)亲自授课, 表演手法特技、指导操练、答疑等。
- 三、中医特效美容学习班: 该班将介绍具有特效的中药内服、外敷, 多种针法、灸法、手法按摩、点穴等治疗各种皮肤病, 减肥, 保健、养颜。均邀请有关专家前来授课, 指导操练, 保教保会。7 月 22 日~7 月 29 日; 学费 1000 元。
- 四、痛症特效疗法学习班: 介绍最具有疗效的特种针法, 手法、局部外用药, 及现代最新方法治疗各种痛症。9 月 20 日~9 月 26 日; 学费 800 元。
- 五、针灸、推拿函授班: 2002 年 4 月 5 日~2003 年 10 月 5 日, 学费 645 元。

以上各班详情见招生简章, 免费提供。联系电话: (010) 64007111 或 64014411 转 2911 或 2781。通讯地址: 北京东直门内北新仓 18 号 中国中医研究院针灸研究所 邮编: 100700 联系人: 裴女士, 赵先生。广告刊出按时开课。