doi:10.11659/jjssx.05E020172

·基础研究·

交叉倒三角方式置入加压螺纹钉应用于股骨颈骨折内固定的力学研究

王云龙,吴文杰,邹 发,何 怡,高 钰,盛华均 (重庆医科大学解剖教研室,重庆 400331)

[摘 要] **目的** 设计一种交叉倒三角方式置入加压螺纹钉治疗股骨颈骨折,并比较股骨以交叉倒三角和倒三角方式置入加压螺纹钉的生物力学。**方法** 选取6具成年人体标本,其中男女各3具。通过随机数字表法将3具男性标本分为A1、B1、C1组,3具女性标本分为A2、B2、C2组。A1、A2组制作成头下型股骨颈骨折模型,B1、B2组制作成经颈型股骨颈骨折模型,C1、C2组制作成基底型股骨颈骨折模型。将每组的右支股骨按照交叉倒三角方式置入加压螺纹钉,左支股骨按照倒三角方式置入加压螺纹钉。应用电子万能试验机进行静态加压测试,根据实验中绘制的压力-位移曲线读取股骨颈的最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷。**结果** A1、A2、B1、B2及C2组左支股骨的股骨颈最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷均大于右支股骨;而C1组左支股骨的股骨颈最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷小于右支股骨。比较A1、A2组,B1、B2组,C1、C2组右支股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷及最大载荷,差异均无统计学意义($P>0.05$)。经*K-S*检验,股骨颈的最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷呈正态分布($P=0.20$),2组载荷数据再进行*LSD-t*检验,差异无统计学意义($P=0.235$)。**结论** 交叉倒三角方式置入加压螺纹钉应用于男性和女性效果相似,在固定头下型和经颈型股骨颈骨折时稳定性较好;但在固定基底型股骨颈骨折时,稳定性劣于倒三角置钉方式。

[关键词] 交叉倒三角方式;骨折固定术;股骨颈骨折;生物力学

[中图分类号] R683.4 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-05-29

Mechanical study of the application of compression screw nail in the cross-inverted triangular pattern for internal fixation of femoral neck fracture

WANG Yun-long,WU Wen-jie,ZOU Fa,HE Yi,GAO Yu,SHENG Hua-jun (Department of Anatomy,Chongqing Medical University,Chongqing 400331,China)

Abstract: Objective To design a cross-inverted triangular pattern to insert compression screw nail for treatment of femoral neck fracture,and to compare the biomechanics of inserting compression screw nail in cross-inverted triangular pattern and inverted triangular pattern. **Methods** A total of 6 adult human specimens were selected,of which 3 males and 3 females were respectively divided into A1,B1,C1 groups and A2,B2,C2 groups by random number table method. A1 and A2 groups were made into subhead femoral neck fracture models,B1 and B2 groups were made into trans-neck femoral neck fracture models,and C1 and C2 groups were made into basal femoral neck fracture models. The right femur of each group inserted compression screw nail in the crossed-inverted triangular pattern,and the left femur of each group inserted compression screw nail in the inverted triangular pattern. The static compression test was performed by an electronic universal testing machine. The maximum load of the femoral neck and the load of 3.00 mm axial displacement of femoral head were read according to the pressure-displacement curve drawn in the experiment. **Results** The maximum load of the femoral neck and the load of 3.00 mm axial displacement of femoral head of the left femur were greater than those of the right femur in A1、A2、B1、B2 and C2 groups,while the maximum load of the femoral neck and the load of 3.00 mm axial displacement of femoral head of the left femur was smaller than those of the right femur in C1 group. There was no statistically significant difference in maximum load of the femoral neck and the load of 3.00 mm axial displacement of femoral head between A1 and A2 groups,B1 and B2 groups,C1 and C2 groups ($P>0.05$). After *K-S* test,the maximum load of the femoral neck and the load of 3.00 mm axial displacement of femoral head were normally distributed ($P=0.20$),and *LSD-t* test was conducted for the two load data,the difference was not statistically significant ($P=0.235$). **Conclusion** The effect of compression screw nail in the cross-inverted triangular pattern was the same in male and female,and the stability was better in fixation of subhead and trans-neck femoral neck fractures. However,its stability in fixation of basal femoral neck fracture is worse than that of the inverted triangular pattern.

Keywords: cross-inverted triangular pattern;fracture fixation;femoral neck fracture;biomechanics

[基金项目] 重庆医科大学基础医学院英耀计划项目(jcyy201814);2019年度创新实验(SRIEP201939)

[通信作者] 盛华均,E-mail:100448@cqmu.edu.cn

股骨颈骨折是髋部常见骨折,近年来国内外青壮年股骨颈骨折发生率逐年增加[1-2]。采用内固定方式治疗股骨颈骨折可实现解剖复位,恢复或维持股骨头的稳定血供,并可预防缺血性坏死、骨折愈合不良等并发症的发生[3]。目前,股骨颈骨折首选加压螺纹钉治疗,且多数学者认为3枚加压螺纹钉较2枚更稳定。据文献显示,加压螺纹钉置入位置及固定强度不足会使其因抗压应力小而发生松动和移位,导致骨折愈合不良[4-9]。目前临床上普遍使用倒三角方式置入加压螺纹钉,即在股骨距中部定位下位螺纹钉,然后在股骨头中部偏上方,平行置入2根螺纹钉,形成倒"品"字形[10]。加压螺纹钉在股骨颈内呈倒三角形置入时,空间分布合理,能产生一定的抗剪切力、抗弯曲力及抗旋转力,并可提供轴向加压,但由于股骨颈特殊的解剖特点,发生骨折不愈合和股骨头坏死的风险较高。以往临床上认为股骨颈短缩是股骨颈骨折内固定术后的常见现象,现有研究表明,不同的内固定方式对股骨颈短缩有不同程度的影响[11-13]。为减少股骨颈短缩的发生,本研究小组设计一种交叉倒三角置钉方式:在倒三角方式的基础上,将上方2枚加压螺纹钉在相同入钉点以一定角度打入股骨,而第3枚加压螺纹钉位置不改变,形成交叉倒三角,增大螺纹钉与股骨内髓质的接触面积。为确定该种置钉方法是否具有优越性,将其在股骨颈骨折上的生物力学测试参数与倒三角置钉方式进行对比,现报告如下。

1 材料与方法

1.1 实验材料与仪器

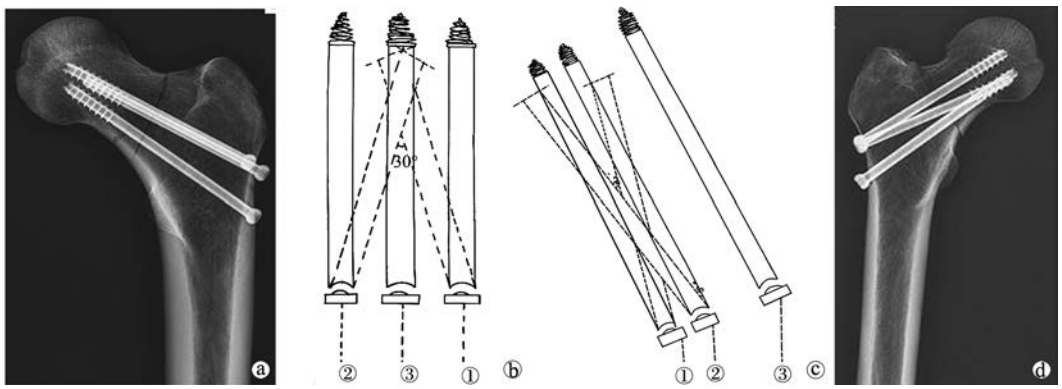
选取6具成年人体标本,男女各3具,均来源于重庆医科大学解剖教研室。截骨前进行检查,外观无畸形,未发现任何骨病。直径7.30 mm加压螺纹钉。C43.104电子万能试验机购自美特斯工业系统有限公司。本研究解剖实验于2019年4月5日在重庆医科大学解剖教研室完成,生物力学测试于2019年7月12日在迈恩吉医疗科技有限公司完成。

1.2 方法

Rockwood骨折模型制作[14]:通过随机数字表法将3具男性标本分为A1、B1、C1组,3具女性标本分为A2、B2、C2组。将股骨标本用电锯锯断:A1、A2组制作成头下型股骨颈骨折模型,B1、B2组制作成经颈型股骨颈骨折模型,C1、C2组制作成基底型股骨颈骨折模型。每组左支骨按照倒三角方式置钉,右支骨按照交叉倒三角方式置钉。为保证股骨标本的新鲜性,将制作好的骨折模型置于冰柜中,待力学实验时再取出。

倒三角方式置入加压螺纹钉:各组左支股骨颈骨折标本置钉前进行X射线检查,确定钉位,分析钉与股骨干的夹角、入钉点和大粗隆顶点的距离。于股骨大粗隆下4.00 cm处平行钻入1枚克氏针(3号),利用平行导线器在股骨大粗隆下2.50 cm处钻入另2枚克氏针,3枚克氏针呈倒三角分布(图1a)。再通过X射线透视确认克氏针位置,若置入位置理想,则沿每枚克氏针平行置入适当长度的加压螺纹钉,1、2号加压螺纹钉处于同一平面。钉的长度以其尖端距股骨头关节面0.50~1.00 cm为宜;若置入位置不理想,则重新钻入克氏针,直至理想。

交叉倒三角方式置入加压螺纹钉:将右支股骨颈骨折标本按照左侧方式处理,采用相同的入钉点,于股骨大粗隆下4.00 cm处平行钻入3号克氏针,在股骨大粗隆下2.50 cm处将1号克氏针向外侧向上偏离15°钻入,2号克氏针向内侧向下偏离15°钻入(以加压螺纹钉为例,图1b、c),使其不在同一平面上,3枚克氏针呈交叉倒三角分布(图1d)。再通过X射线透视确认克氏针位置,若置入位置理想,则沿每枚克氏针置入适当长度的加压螺纹钉;若置入位置不理想,则重新钻入克氏针,直至理想。



a:倒三角形进钉;b~c:交叉倒三角形进钉正视图和俯视图,实线为倒三角方式,虚线为交叉倒三角方式;d:交叉倒三角形进钉

图1 倒三角形和交叉倒三角形进钉图

生物力学指标测定:将股骨颈骨折内固定模型固定于夹具上,应用电子万能试验机进行静态加压测试(图2)。静态加压测试模拟股骨颈骨折内固定术后下地负重时的受力情况,以获得轴向位移和最大载荷。记录获得的压力-位移曲线,观察曲线可以发现,载荷先随着轴向位移的增大以固定比例增大,达到某一临界点时曲线出现明显波动,载荷骤降,该临界点即为股骨颈的最大载荷。根据实验中绘制的曲线读取股骨颈的最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷。



图2 电子万能试验机静态加压测试图

1.3 统计学方法

采用SPSS 24.0软件进行统计学分析。轴向位移3.00 mm时股骨头载荷和最大载荷的比较采用*K-S*检验和*LSD-t*分析,检验水准$\alpha=0.05$,$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

静态加压测试结果表明,A1、A2、B1、B2及C2组右支股骨的股骨颈最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷均大于左支股骨;而C1组右支股骨的股骨颈最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷小于左支股骨,见表1。右支股骨头轴向位移3.00 mm时的平均载荷:A组(1 269.09 N)>C组(730.97 N)>B组(589.96 N),说明交叉倒三角方式置入的加压螺纹钉在头下型股骨颈骨折中受力最大,其次是基底型,最后是经颈型。左支股骨头轴向位移3.00 mm时的平均载荷:C组(776.64 N)>A组(710.56 N)>B组(355.86 N),说明倒三角方式置入的加压螺纹钉在基底型股骨颈骨折中受力最大,其次是头下型,最后是经颈型。除C1组外,交叉倒三角方式均优于倒三角方式。交叉倒三角方式置钉应用于男性与女性的比较:比较A1、A2组,B1、B2组,C1、C2组右支股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷及股骨颈最大载荷,差异均无统计学意义($P>0.05$)。

股骨颈最大载荷及股骨头轴向位移3.00 mm时的载荷经*K-S*检验呈正态分布($P=0.20$),但2组载荷数据行*LSD-t*检验,差异无统计学意义($F=1.595$,$P=0.235$)。

表1 股骨颈骨折标本加压螺纹钉内固定轴压试验结果(N)

项目	A1组		A2组		B1组		B2组		C1组		C2组	
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左
载荷(3.00 mm)	954.45	878.87	1 583.72	542.25	544.39	275.74	635.52	435.98	450.03	681.44	1 011.91	871.83
最大载荷	1 525.67	1 415.33	1 802.77	901.02	596.38	305.33	1 228.89	683.09	602.36	1 023.20	1 471.56	1 168.20

3 讨论

Rockwood于1984年按骨折的解剖部位将股骨颈骨折分为头下型、基底型和经颈型[15]。头下型骨折线完全位于股骨头下,整个股骨颈均在骨折远端,这类骨折多见于老年患者,且愈合困难,股骨头发生缺血坏死的概率高,预后差[16];经颈型的全部骨折面均通过股骨颈,此型较少见;基底型骨折线位于股骨颈基底,骨折端血运良好,复位后易保持稳定,骨折容易愈合,预后良好。目前临床通常采用3枚加压螺纹钉按照倒三角方式置入对患者进行治疗。但是Aminian等[17]的研究证实,3枚空心加压螺钉在固定高垂直剪切应力Paewels Ⅲ型股骨颈骨折时生物力学性能较差,固定易失效,治疗失败率较高,说明该种置钉方式仍存在一定的缺陷。

内固定的稳定性直接影响股骨颈短缩的发生和骨折愈合,螺钉的布局与固定后结构的生物力学稳定性密切相关[18-19]。为了使内固定的效果更好,在内固定物相同的情况下,首先考虑的是固定的面积,固定面积越大,承受力的面积越大,所能够承受的压力也就越大。因此,本研究小组设计出交叉倒三角置入的新方案,将倒三角方式中上方2枚加压螺纹钉以交叉方式置入,形成2个三角形平面,相比于倒三角方式,其入钉点无太大改变,但受力面积扩大,从而能承受更大的压力,降低加压螺纹钉退钉的风险。

本研究结果显示,在股骨头轴向位移3.00 mm时的平均载荷方面,倒三角方式置入的加压螺纹钉中,基底型受力最大,其次是头下型,最后是经颈型,这和其他研究结果略有偏差[20],可能是样本量较少所导致。而交叉倒三角方式置入的加压螺纹钉中,头下型和经

颈型的受力优于倒三角方式,而基底型则劣于倒三角方式,这一结论可能是由 C1 组自身骨质较差引起的。本研究实验数据显示:交叉倒三角方式用于固定头下型和经颈型骨折时,其稳定性优于倒三角方式;交叉倒三角方式用于固定基底型骨折时,稳定性劣于倒三角方式,且交叉倒三角方式应用于男女之间无明显差异。

本研究存在股骨样本量偏小、标本放置时间较长的局限性。但本实验所有股骨均处于同一条件下,最后的数据分析方法为组内横向对照,同一组股骨在自然因素条件方面无明显差异,能够起到较好的对照效果。而 C1 组股骨可能由于保存不当等因素导致实验前标本骨质较差,固定效果不理想,导致实验结果与预期产生偏差。后续将进一步扩大股骨标本量进一步进行实验验证。

[参考文献]

[1] Xu JL,Liang ZR,Xiong BL,et al. Risk factors associated with osteonecrosis of femoral head after internal fixation of femoral neck fracture: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC,2019,20(1):632. doi:10.1186/s12891-019-2990-5.

[2] Ding T,Zhang B,Tian S,et al. Selection principles and application status of surgical methods for hip fracture in the elderly[J]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi,2018,32(11):1435-1440. doi:10.7507/1002-1892.201804084.

[3] Florschutz AV,Langford JR,Haidukewych GJ,et al. Femoral neck fractures: current management[J]. J Orthop Trauma,2015,29(3):121-129. doi:10.1097/BOT.0000000000000291.

[4] Maurer SG,Wright KE,Kummer FJ,et al. Two or three screws for fixation of femoral neck fractures? [J]. Am J Orthop,2003,32(9):438-442.

[5] Zdero R,Keast-Butler O,Schemitsch EH,et al. A biomechanical comparison of two triple-screw methods for femoral neck fracture fixation in a synthetic bone model[J]. J Trauma,2010,69(6):1537-1544. doi:10.1097/TA.0b013e3181efb1d1.

[6] Yang JJ,Lin LC,Chao KH,et al. Risk factors for nonunion in patients with intracapsular femoral neck fractures treated with three cannulated screws placed in either a triangle or an inverted triangle configuration[J]. J Bone Joint Surg,2013,95(1):61-69. doi:10.2106/JBJS.K.01081.

[7] Imren Y,Gurkan V,Bilsel K,et al. Biomechanical comparison of dynamic hip screw,proximal femoral nail,cannulated screw,and monoaxial external fixation in the treatment of basicervical femoral neck fractures[J]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech,2015,82(2):140-144. doi:10.1016/S0020-1383(13)70134-7.

[8] 张保焜,张 伟. 股骨颈骨折分型与治疗[J]. 国际骨科学杂志,2017,38(3):149-153. doi:10.3969/j.issn.1673-7083.2017.03.002.

[9] 孙友强,陈雷雷,刘予豪,等. 股骨颈骨折内固定后股骨头坏死发生研究现状[J]. 中国组织工程研究,2017,21(19):3095-3101. doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.19.022.

[10] 刘 鹄,杨 睿,沈慧勇,等. 空心钉正三角形与倒三角形排列方式治疗股骨颈骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2012,14(8):726-728. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2012.08.017.

[11] 周 峰,唐天驷,杨惠林,等. 股骨颈骨折内固定治疗的失败因素分析[J]. 中国血液流变学杂志,2006,16(4):637-638. doi:10.3969/j.issn.1009-881X.2006.04.064.

[12] 冯晓飞,余 霄,庞清江. 股骨颈骨折内固定术后股骨颈短缩的临床特点[J]. 中华骨与关节外科杂志,2018,11(5):364-369. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2018.05.011.

[13] 苏晨晨,张文生,刘世平,等. 中青年股骨颈骨折空心螺钉内固定术后股骨头坏死的相关因素分析[J]. 局解手术学杂志,2018,27(9):665-669. doi:10.11659/jjssx.04E018180.

[14] 李修洋,魏 刚. 股骨颈骨折空心加压螺钉内固定后股骨头坏死的相关因素[J]. 局解手术学杂志,2016,25(12):898-901. doi:10.11659/jjssx.07E016034.

[15] 相 庚,冯亚非,程建刚,等. 单头与双头螺纹空心钉固定治疗 Pauwels Ⅲ型股骨颈骨折的生物力学性能比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2019,21(12):1064-1068. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.12.009.

[16] 姜 超. 股骨颈骨折分型的研究历史与展望[J]. 中国矫形外科杂志,2014,22(10):902-906. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2014.10.08.

[17] Aminian A,Gao F,Fedoriw WW,et al. Vertically oriented femoral neck fractures: mechanical analysis of four fixation techniques[J]. J Orthop Trauma,2007,21(8):544-548. doi:10.1097/bot.0b013e31814b822e.

[18] 贺永进,李长红,刘志斌. 成人股骨颈骨折术后股骨头坏死高危因素分析[J]. 局解手术学杂志,2016,25(8):612-615. doi:10.11659/jjssx.01E016022.

[19] 王建光,夏 勇,李玉民,等. 闭合复位空心钉内固定治疗股骨颈骨折疗效的生物力学分析[J]. 北京生物医学工程,2018,37(3):320-324. doi:10.3969/j.issn.1002-3208.2018.03.017.

[20] 徐明轩,黄 野. 老年股骨颈骨折的治疗进展[J]. 医学综述,2014,20(14):2590-2593.

(编辑:贺绍梅)