临床研究 文章编号:0253-3626(2011)04-0462-04

2种构型2枚I.CO.S.固定股骨颈骨折的生物力学比较

陆 慧[1],吴元勇[1],朱 明[1],倪卫东[2]
(1.重庆市江津区中心医院骨科,重庆 402260;2.重庆医科大学附属第一医院骨科,重庆 400016)

【摘 要】目的:探讨双重空心加压螺钉(Ideal compression screw,I.CO.S.)在治疗股骨颈骨折中的生物力学作用,并为临床上选择合适空间构型的2枚此类螺钉治疗股骨颈骨折提供一定的理论依据。方法:采集20具尸体股骨标本,模拟股骨颈头下型骨折,随机分为I.CO.S.组(实验组)和普通空心加压螺钉组(对照组),每组各10个标本,分别随机采用2枚水平位(2枚螺钉前后平行位于股骨颈轴心上方)和垂直位(2枚螺钉上下平行位于股骨颈轴心上下方)固定各5个。测定各组载荷下的应变值、股骨头的水平和垂直位移、并进行屈服力学性能测试。结果:在生物力学稳定性方面,I.CO.S.在水平位移和屈服载荷方面较普通空心加压螺钉好,螺钉水平位固定在应变、水平位移和屈服载荷方面较垂直位好。结论:I.CO.S.固定股骨颈骨折的稳定性较好,且2枚I.CO.S.水平位固定有较高的稳定性可应用于临床。

【关键词】股骨颈骨折;内固定;骨钉;生物力学
【中国图书分类法分类号】R683.42 【文献标志码】A 【收稿日期】2010-05-09

Two I.CO.S.s and general cannulated compression screw in femoral neck fracture fixation: a biomechanical comparison of 2 different configurations

LU Hui, et al
(*Department of Orthopedics, Jiangjin Center Hospital of Chongqing*)

【Abstract】*Objective*: To explore the biomechanical stability for treatment of femoral neck fracture with ideal compression screw (I.CO.S.) and to provide theoretical basis for choosing appropriate geometric configurations of two I.CO.S.s in clinical application. *Methods*: 20 cadaveric human femurs were selected and divided randomly into two groups: experiment group and control group, 10 in each one which was then divided equally into two sub-groups. The model of subcapital femoral neck fracture was made, then given anatomical reduction and fixed with I.CO.S. (experiment group) and general cannulated compression screw (control group) separately with two different configurations: horizontal one (parallel screws in superior as-

作者介绍:陆 慧(1981-),男,主治医师,硕士,研究方向:骨折愈合基础与临床应用。

参 考 文 献

[1] De Angelis D, Sala R, Cantatore A, et al. New method for height estimation of subjects represented in photograms taken from video surveillance systems[J]. Int J Legal Med, 2007, 121(6): 489-492.

[2] Larsen P K, Simonsen E B, Lynnerup N. Gait analysis in forensic medicine[J]. Forensic Science International, 2008, 53(5): 1149-1153.

[3] 兰玉文.颅像重合法研究与应用[M].北京:群众出版社,1999.5-8,22,76.

[4] 陈世贤.法医人类学[M].北京:人民卫生出版社,1997.94-130.

[5] Hayes S, Taylor R, Paterson A. Forensic facial approximation: an overview of current methods used at the victorian institute of forensic medicine/victoria police criminal identification squad[J]. Forensic odontostomatol, 2005, 23(2): 45-50.

[6] Phillips V M, Smuts N A. Facial reconstruction: utilization of computerized tomography to measure facial tissue thickness in a mixed racial population[J]. Forensic Science International, 1996, 83(1): 51-59.

[7] 邵象清.人体测量手册[M].上海:上海辞书出版社,1984.68-70.

[8] 吴汝康,吴新智,张振彪.人体测量方法[M].北京:科学出版社,1984.122-124.

[9] 郝建文,万立华,李隆广,等.中国北方5个少数民族面部五官特征统计分析[J].重庆医科大学学报,2010,35(2):297-303.

[10] 李小林,万立华,兰玉文,等.中国南方5个民族面部五官形态特征分析[J].重庆医科大学学报,2010,34(10):1378-1383.

[11] 李咏华,郑连斌,陆舜华,等.达斡尔族、鄂温克族、鄂伦春族13项形态特征研究[J].人类学学报,2001,20(3):217-222.

[12] 陈守榕,邓国顺.中国15个少数民族面部形态标志点的差异[J].中国法医学杂志,1999,14(2):89-97.

[13] 李 辉,潘方芳.滇西北8个民族群体面貌特征观察的聚类分析[J].复旦学报:自然科学版,2001,40(5):568-576.

(责任编辑:关蕴良)

pect of femoral neck) and vertical one(parallel screws in sagittal plane of femoral neck). The different biomechanical performances were evaluated through experimental stress analysis. *Results*: In biomechanical stability aspect, I.CO.S.was better than general screw in the horizontal displacement and yield load; the horizontal one was better than the vertical one in respect of the straining, horizontal displacement and yield load. *Conclusion*: There exists good biomechanical stability for treatment of femoral neck fracture with I.CO.S., and the horizontal I.CO.S. internal fixation with higher stability can be used for treatment of femoral neck fracture.

【Key words】femoral neck fracture; internal fixation; bone nails; biomechanics

股骨颈骨折，是一种常见的创伤，多见于老年人，发病率甚高。据 Gullberg[1]统计 1990 年全球约有 126 万老龄人患病，到 2025 年估计全球有 260 万人患病。随着社会的发展，儿童及青壮年股骨颈骨折的发病率也逐渐上升。目前内固定治疗仍是治疗股骨颈骨折的重要方法。股骨颈骨折面临的重大难题仍然是骨折不愈合和股骨头缺血坏死，股骨颈骨折的骨不愈合和股骨头缺血坏死发生率与内固定物的数目，生物力学性能等密切相关。因此，寻找一种既能坚强固定、加压又利于骨折愈合、符合生物力学强度的内固定物非常必要。

1 材料与方法

1.1 实验仪器

实验仪器包括 SANS 电子万能实验机、SANS 电子扭转实验机、DH3818 静态应变测试仪(重庆大学力学实验中心提供)、德国西门子公司产 CR X 线机、自凝牙托粉(Ⅱ型)、自制固定夹具、双能 X 线骨密度仪(美国生产)、位移测量仪、6.5 mm 双重空心加压螺钉(Ideal compression screw, I.CO.S.)和7.0 mm 普通空心加压螺钉及配套手术器械(均由通用公司提供)。

1.2 标本的制备

采集成年甲醛固定尸体股骨标本 32 个(重庆医科大学解剖教研室提供)，摆锯截取近端 30 cm，并进行几何测量，所有标本均行双能 X 线骨密度检测，筛选出骨密度和股骨颈长度相近的标本 20 个(男 12 个、女 8 个)，随机分为 I.CO.S.组(实验组，包括 A、B 亚组)和普通空心加压螺钉组(对照组，包括 C、D 亚组)，每组各 10 个标本，分别随机采用 2 枚水平位(A、C 组)、垂直位(B、D 组)固定，每组各 5 个标本。

1.3 骨折内固定模型的建立

将股骨颈用电动摆锯截骨模拟股骨颈头下型、Powels60°角的内收型骨折，将骨折复位，采用 6.5 mm I.CO.S.和 7.0 mm 普通空心加压螺钉按手术要求进行 2 种不同空间构型固定，第 1 种是水平位固定，即是要求 2 枚螺钉呈前后关系平行位于股骨颈轴心线的上方并通过张力骨小梁；第 2 种是垂直位固定，即是 2 枚螺钉呈上下关系沿股骨颈轴心线方向平行进入并分别通过张力和压力骨小梁，所有固定均在 C 臂 X 光机透视下进行以保证 135°的颈干角和 10°～15°的前倾角和螺钉尖端距股骨头软骨下 3～5 mm，以增强把持力和固定强度。固定后摄 X 线片(见图 1)。



图 1 骨折内固定模型 X 线片

1.4 生物力学测试

1.4.1 加压实验 如图 2 模拟人体单足站立时股骨干与身体纵轴呈 15°夹角，用自制夹具固定标本，粘贴电阻应变片、接好引线并接通 DH3818 静态应变测试仪，在股骨头的最低点和最内侧点安装位移测量仪并固定在 SANS 电子万能实验机进行实验，分别测量股骨头下沉的垂直移位值和水平移位值。然后以速率 1.2 mm/min 线性载荷 0~600 N 分级加载，从应变仪和位移测量仪上分别读出相应读数并记录。

1.4.2 股骨颈的扭转实验 以股骨颈轴心为扭转轴，保证与扭转实验机的轴线一致并牢固固定标本，以 0.1°/S 的速度顺时针方向进行扭转，自动记录不同扭角时所被施加的扭矩的



图 2 加压及扭转实验标本固定

大小。

1.4.3　屈服实验　扭转测试完成后，再将标本重新固定在 SANS 电子万能实验机上以速度为 1.2 mm/min 进行连续加载直至标本屈服。屈服的标准定为股骨颈骨折处发生明显的移位，力-位移曲线维持平直或下降，所施加的载荷停止上升或下降。记录好此时的载荷及相应的垂直位移。



图 3　I.CO.S.

1.5　统计学处理

测量数据以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，采用 SPSS13.0 统计软件，采用 K-W 秩和检验先进行组间比较，然后作组间的多重比较。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结　果

2.1　一般情况

自制固定夹具牢固无松动，股骨头及股骨颈无破裂，股骨干无骨折出现，固定装置与标本连接紧密无松动、变形，实验螺钉无弯曲和断裂，试验中无退钉现象。

2.2　加压和屈服实验

载荷与应变、股骨头的水平位移、垂直位移以及屈服载荷与相应位移的关系以 600 N 的载荷为例列表说明（见表1），结果显示 4 组之间除屈服位移差异无统计学意义外（$P>0.05$），其余各指标差异有统计学意义（$P<0.05$）。4 组之间生物力学指标的 LSD-t 多重比较结果示：水平位固定与垂直位固定在应变、水平位移和屈服载荷上差异有统计学意义（$P<0.05$），而在垂直位移和屈服位移上差异无统计学意义（$P>0.05$）；I.CO.S.和普通空心加压螺钉的水平位固定在水平位移和屈服载荷上差异有统计学意义（$P<0.05$），而在应变、垂直位移和屈服位移上差异无统计学意义（$P>0.05$）。

2.3　扭转实验

实验结果以扭转 2°和 4°时被施加扭矩大小的比较为例（见表 2），4 组之间扭矩和扭角的关系见图 4。图 4 表明随着扭角的增加，相应的扭矩在随之增加，实验垂直组抗扭转性能最好。但是 4 组在抗扭转方面差异无统计学意义（$P>0.05$）。

3　讨　论

目前，股骨颈骨折的内固定治疗的常用术式为闭合复位 3 枚空心加压螺钉固定。然而，对于儿童、股骨颈较小的、无移位的、非粉碎性及应力性股骨颈骨折 2 枚螺钉可能更加合适[2]。近年来，有不少学者采用 2 枚双头加压螺钉和空心加压螺钉固定治疗股骨颈骨折，收到较好的临床效果[3,4]。目前，采用 2枚螺钉临床报道及生物力学方面的实验研究的结论各家报道不一。Krastman 等[5]认为 2 枚螺钉固定治疗 Garden Ⅰ、Ⅱ型股骨颈骨折效果较好。Maurer 等[6]对 20 例股骨颈头下型骨折分别随机采用 2 枚和 3 枚螺钉固定的力学测试得出结论，虽然 2 枚螺钉能够提供较好的固定强度，对于此型骨折是可以接受的，但还认为第 3 枚螺钉可以提供更好的稳定性。Walker 等[7]通过对 14 例 Garden Ⅲ型股骨颈骨折标本行力学疲劳实验研究发现，在采用 2 枚和 3 枚空心螺钉固定的生物力学研究中发现 2 枚和 3 枚在力学强度上差异无统计学意义，认为第 3 枚螺钉没有必要。2 枚螺钉固定治疗股骨颈骨折时的空间构型值得关注，但国内就其空间结构布局的问题上未能提出合理的解释和

表 1　600 N 载荷下各组的生物力学指标测试结果（$n=5, \bar{x} \pm s$）

指标	A	B	C	D
ε1	897 ± 89	1 563 ± 153	999 ± 105	1 853 ± 299
ε2	794 ± 302	1 184 ± 79	871 ± 122	1 383 ± 297
ε3	436 ± 168	958 ± 62	496 ± 37	963 ± 472
ε4	662 ± 192	1 164 ± 244	881 ± 93	1 504 ± 727
ε5	534 ± 104	824 ± 102	606 ± 108	847 ± 254
ε6	361 ± 81	705 ± 138	406 ± 62	645 ± 344
水平位移（mm）	0.569 ± 0.180	0.786 ± 0.970	0.774 ± 0.270	1.007 ± 0.150
垂直位移（mm）	0.732 ± 0.150	0.766 ± 0.100	0.933 ± 0.150	0.946 ± 0.040
屈服载荷（N）	2 129 ± 150	1 654 ± 336	1 666 ± 100	1 246 ± 162
屈服位移（mm）	4.987 ± 0.800	5.334 ± 0.560	5.350 ± 0.340	5.476 ± 1.340

注：ε1、ε2、ε3 代表股骨上段内侧从上至下 3 点的应变值，ε4、ε5 和 ε6 代表股骨上段外侧从上至下 3 点的应变值

表 2　4 组之间扭转 2°和 4°时被施加扭矩（MN）的比较（$\bar{x} \pm s$）

指标	A	B	C	D
2°时扭矩	3.44 ± 0.51	3.59 ± 0.53	3.01 ± 0.43	3.28 ± 0.63
4°时扭矩	4.98 ± 0.75	5.12 ± 0.87	4.68 ± 0.75	4.72 ± 0.16

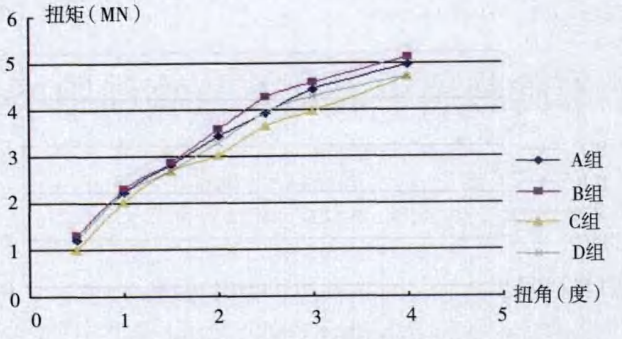


图 4 扭矩（MN）－扭角（度）的关系比较

依据。因此，本试验分别采用 2 枚 I.CO.S.和空心加压螺钉固定股骨颈骨折，对其进行生物力学测试比较以判断在治疗股骨颈骨折时螺钉类型和空间固定方式上的异同。

通过本实验发现：(1)2 枚同类螺钉水平位固定时，载荷-应变分布较垂直位固定要好，股骨头的水平位移较小，能够承受较大的屈服载荷，而此时的屈服位移没有明显的区别。由于股骨上端颈干角的存在因而在股骨颈处产生了张应力、压应力和剪切应力。Gozna[8]认为股骨颈骨折内固定必须满足 3 方面要求：①抵抗加于骨折线上之剪力；②抵抗其弯应力；③容许加于轴心上之应力。压应力可促进骨折愈合，张应力可推迟骨折愈合，剪切应力可阻止骨折愈合。正常股骨颈的应力分布是外侧为张应力侧，内侧为压应力侧，当股骨颈骨折时，骨折端无法抵抗其外侧的张应力，而在股骨颈内侧尚可以通过骨折端的紧密接触承受一定的压应力，故抵抗外侧的张应力显得较为重要。2 枚螺钉呈前后平行位于股骨颈轴心上方，就比 2 枚螺钉呈垂直位固定具有很好的抗剪切应力、张应力和弯应力，从而使骨折端具有更好的加压稳定效果，与 Tan V[9] 实验结果一致。(2)I.CO.S.组固定的稳定性较空心加压螺钉组好。因为 6.5 mm I.CO.S.是具有自攻能力的双头中空加压的特殊设计的钛质螺钉（见图 3）。其螺钉尖部有 20 mm 的螺纹，近端有长 8 mm 的螺纹（直径均为 6.5 mm），中间为无螺纹的螺杆。螺钉头由 2 部分构成，其内层为 6.5 mm 直径的带螺纹部分起初次加压作用，外层为 10.0 mm 的带螺纹部分起额外加压作用，并且远端螺纹的螺距较近侧大，拧入螺钉时能够起到很好的加压稳定作用，增强了抗剪力和抗弯曲的能力。Hintermann 等[10]通过比较 6.5 mm I.CO.S.和 7.0 mmAO 螺钉对距下关节固定术模型的加压作用时证实前者较后者具有更明显的压应力和更多的接触面积。

本实验结果显示，在采用 2 枚螺钉治疗股骨颈骨折时，水平位固定的力学稳定性较好，I.CO.S.较普通空心加压螺钉的力学稳定性要好。2 枚螺钉治疗具有操作简单、创伤小、血供破坏少以利于骨折愈合等优点，因此在临床上对于儿童，股骨颈较小者和 Garden Ⅰ、Ⅱ型及部分 GardenⅢ型者采用 2 枚螺钉固定时，可以选择 I.CO.S.固定并最好采用水平位固定。

参 考 文 献

[1] Gullberg B, Johnell O, Kanis J A. World-wide projections for hip fracture[J]. Osteoporosis Int, 1997, 7(5): 407-413.

[2] Voss L, DaSilva M, Trafton P G. Bilateral femoral neck stress fractures in an amenorrheic athlete[J]. Am J Orthop, 1997, 26(11): 789-792.

[3] 王荣生，罗本环，卓 艺，等. 闭合复位加压螺丝钉内固定治疗股骨颈骨折 46 例[J]. 广西医学，2007，29(11)：1793-1794.

[4] 张 旭，王 衡. 应用 2 枚空心螺纹钉固定治疗股骨颈骨折[J]. 中医正骨，2007，19(10)：71.

[5] Krastman P, van den Bent R P, Krijnen P, et al. Two cannulated hip screws for femoral neck fractures: treatment of choice or asking for trouble [J]? Archives of Orthopaedic & Trauma Surgery, 2006, 126(5): 297-303.

[6] Maurer S G, Wright K E, Kummer F J, et al. Two or three screws for fixation of femoral neck fractures[J]? Am J Orthop, 2003, 32(9): 438-442.

[7] Walker E, Mukherjee D P, Ogden A L, et al. A biomechanical study of simulated femoral neck fracture fixation by cannulated screws: effects of placement angle and number of screws[J]. American Journal of othopedics, 2007, 36(12): 680-684.

[8] Gozna E R. Biomechanics of musculoskeletal injury[M]. London: Williams and wilkins, 1982.39-55.

[9] Tan V, Wong K L, Born C T, et al. Two-screw femoral neck fracture fixation: a biomechanical analysis of 2 different configurations[J]. Am J Orthop, 2007, 36(9): 481-485.

[10] Hintermann B, Valderrabano V, Nigg B, et al. Influence of screw type on obtained contact area and contact force in a cadaveric subtalar arthrodesis model[J]. Foot Ankle Int, 2002, 23(11): 986-991.

（责任编辑：冉明会）