经髁动力螺钉侧孔注入Ⅲ型丙烯酸树脂骨水泥强化固定轴向稳定性的测试*

王红兵[1]，徐瑞生[2]，王雪松[2]，吴洁石[2]，薛 骏[2]，袁凤来[2]

Axial stability of lateral-hole dynamic hip screw fixation using type Ⅲ polymethylmethacrylate bone cement argumentation

Wang Hong-bing[1], Xu Rui-sheng[2], Wang Xue-song[2], Wu Jie-shi[2], Xue Jun[2], Yuan Feng-lai[2]

Abstract

BACKGROUND: Dynamic hip screw (DHS) is the commonest instrument for treatment of osteoporosis intertrochanteric fracture in aged patients, but the fixation is strongly impacted by osteoporosis, leading to a higher failure.

OBJECTIVE: To study the fixation effect of a lateral-hole DHS together with bone cement argumentation by biomechanical test.

METHODS: Lateral-hole DHS were designed by drilling four lateral holes in the thread part of the screw. Bone cement was injected into femoral cancellous bone *via* DHS "central hole-lateral hole". Biomechanical study with axial loading was performed in six matched pairs of fresh frozen human cadaver femurs, unstable intertrochanteric fracture models were produced, then each paired model was randomly distributed to lateral-hole DHS fixation together with bone cement argumentation and standard DHS fixation group. Biomechanical study of "load-strain" and "load-displacement" test, anti-torsion and pull-out strength were performed.

RESULTS AND CONCLUSION: There was no statistical difference of biomechanical strength between lateral-hole DHS fixation together with bone cement argumentation group and standard DHS fixation group; axial loading "load-strain" test showed the strain at the tension side in the bone cement argumentation group was significantly less than that in standard DHS fixation group (t=2.795, P < 0.05). The same result was seen in the pressure side (t=2.621, P < 0.05). When axial loading increased to 600 N, vertical displacement decreased by 31% and horizontal displacement decreased by 29% in bone cement argumentation group as compared with standard DHS fixation group, with significant difference (P < 0.05). The augmentation technique of injecting bone cement to femoral head through central channel and lateral holes of DHS can significantly increase biomechanical strength of DHS fixation for intertrochanteric fracture.

Wang HB, Xu RS, Wang XS, Wu JS, Xue J, Yuan FL.Axial stability of lateral-hole dynamic hip screw fixation using type Ⅲ polymethylmethacrylate bone cement argumentation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(42): 7943-7946. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

[1]Jiangyin Wenlin Hospital, Jiangyin 214100, Jiangsu Province, China; [2]The Third People's Hospital of Wuxi, Wuxi 214041, Jiangsu Province, China

Wang Hong-bing, Attending physician, Jiangyin Wenlin Hospital, Jiangyin 214100, Jiangsu Province, China wanghb-zhu@hotmail.com

Correspondence to: Xu Rui-sheng, Doctor, Chief physician, The Third People's Hospital of Wuxi, Wuxi 214041, Jiangsu Province, China xuruisheng@medmail.com.cn

Supported by: Youth Project by the National Natural Science Foundation of China, No. 30901526*

Received: 2010-07-29
Accepted: 2010-09-29

[1]江阴市文林卫生院，江苏省江阴市 214100；[2]无锡市第三人民医院，江苏省无锡市 214041

王红兵，男，1968年生，江苏省无锡市人，汉族，2004年南京医科大学大学毕业，主治医师，主要从事创伤骨科和社区康复研究。wanghb-zhu@hotmail.com

通讯作者：徐瑞生，博士，主任医师，无锡市第三人民医院，江苏省无锡市 214041 xuruisheng@medmail.com.cn

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225(2010)42-07943-04

收稿日期: 2010-07-29
修回日期: 2010-09-29
(20100729007/W · Y)

摘要

背景：髋动力螺钉系统仍旧是治疗高龄患者骨质疏松性转子间骨折最常用的器械，但是高龄患者往往由于股骨上端骨质疏松髋动力螺钉固定失败增高。

目的：通过生物力学实验测试经髋动力螺钉侧孔注入骨水泥强化螺钉固定的效果。

方法：在髋动力螺钉头端制作了4个侧孔，使骨水泥能够通过髋动力螺钉"中央孔→侧孔"注入股骨头的松质骨。成对的骨质疏松性股骨标本12根，复制股骨转子间不稳定型骨折模型后随机分入带侧孔髋动力螺钉固定加骨水泥强化组和标准髋动力螺钉固定组(标准髋动力螺钉固定组)。 分别进行轴向"加载-应变"和"载荷-位移"测试、抗扭转力学性能测试、拔出强度测试。

结果与结论：带侧孔髋动力螺钉与标准髋动力螺钉的生物力学强度差异无显著性意义；轴向加载试验的"载荷-应变"的测试表明：骨水泥强化组张力侧的应变明显小于标准髋动力螺钉固定组(t=2.795, P < 0.05)，压力侧骨水泥强化组明显低于标准髋动力螺钉固定组(t=2.621, P < 0.05)。加载到600 N时，骨水泥强化组的下沉位移较标准髋动力螺钉固定组减少31%，横向位移减少29%，差异均有显著性意义(P < 0.05)。结果提示，通过髋动力螺钉中央孔和侧孔注入骨水泥的强化技术能够显著提高髋动力螺钉对股骨转子间骨折固定的生物力学强度。

关键词：髋动力螺钉；骨水泥；转子间骨折；老年；生物力学
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.42.037

王红兵，徐瑞生，王雪松，吴洁石，薛骏，袁凤来.经髋动力螺钉侧孔注入Ⅲ型丙烯酸树脂骨水泥强化固定轴向稳定性的测试[J].中国组织工程研究与临床康复，2010，14(42):7943-7946. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

股骨转子间骨折治疗上要求达到"坚强内固定和早期活动"的金标准。为提高骨质疏松性转子间骨折内固定的强度，作者对普通髋动力螺钉(dynamic hip screw, DHS)器械和Ⅲ型丙烯酸树脂(PMMA)骨水泥强化技术进行改进：设计带侧孔的DHS，在完成固定后再通过DHS的中央孔和侧孔向股骨头注入PMMA来强化螺钉的固定，本实验通过生物力学试验测试其强化固定的效果。

1 材料和方法

设计：分组对比观察。

时间及地点：实验于2010-02/03在上海大学生物力学研究所完成。

材料：

器材及仪器	来源
普通DHS和带侧孔的DHS、4孔动力髓钢板	中国苏州优贝特医疗器械有限公司
Ⅲ型丙烯酸树脂(PMMA)骨水泥	天津市合成材料工业研究所生产
双能X射线骨密度仪(DEXA)	法国Challenger医疗器械公司
WE-5型万能生物力学试验机	中国陕西红山试验机制造有限公司
电阻应变传感器、KG-101高精度数显光栅位移传感器(精度1/1 000 mm)	中国上海华东电子仪器厂
标本远端的股骨干和近段的股骨头采用牙托粉	哈尔滨齿科材料厂

实验方法：

带侧孔DHS的制作：在DHS头端的螺纹处制作了4个与螺钉中央孔贯通、孔径2.5 mm的侧孔。使PMMA能够通过DHS“中央孔→侧孔”注入股骨头的松质骨进行强化固定(图1，2)。首先进行带侧孔DHS和标准DHS的三点抗弯强度和抗疲劳强度测试比较，载荷> 5 000 N时测量螺钉的最大弯距和挠度，载荷1 000 N循环加载100 000次后X射线透视检测螺钉有无裂纹出现。证实两者生物力学强度无显著性差异后进一步进行以下试验。

Figure 1 The real object of dynamic hip screw with lateral holes
图 1 带侧孔 DHS 实物

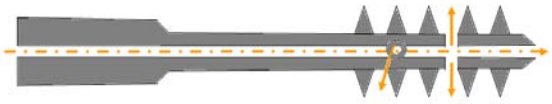

Figure 2 Conceptual diagram of PMMA injected through central hole lateral holes of dynamic hip screw
图 2 经 DHS“中央孔-侧孔”注入 PMMA 示意图

标本材料和骨折模型复制：来源于6具新鲜尸体(由解放军第二军医大学解剖学教研室提供，家属知情同意)的成对股骨标本12根，双能X射线骨密度仪测量骨密度评估患者髋部骨质疏松情况，要求标本达到WHO定义的骨质疏松标准，即骨密度差值≥ 2.5SD。逐一编号后封存于-30 ℃冰柜，试验开始前逐级解冻。所有原始股骨标本(intact femur)完成轴向“加载-应变”、“载荷-移位”生物力学测试后，数据归入原始标本(骨质疏松组)，再按照国际内固定研究学会(AO)分型中A2型骨折的定义复制股骨转子间不稳定型骨折模型，配对的左侧或右侧标本被随机分入侧孔DHS组和标准DHS组，进行配对对照研究。前者行带侧孔DHS固定、PMMA强化，即由DHS中央孔和侧孔向股骨头注入PMMA(PMMA强化组)；后者行标准DHS固定(标准DHS固定组)。所有标本在完成内固定后25 ℃室温下放置2 h，再进行生物力学测试。标本在各个阶段采用生理盐水喷洒和生理盐水纱布覆盖的方法保持湿润状态。

生物力学测试：标本远端的股骨干和近段的股骨头采用牙托粉包埋固定后按以下步骤进行生物力学测试。在进行轴向加载和抗扭转测试前首先进行预加载3次、30s/次，消除系统蠕变后开始正式测量和采集数据，重复测量5次取平均值。

轴向“加载-应变”和“载荷-位移”测试：模拟单足站立负重将标本置于WE-5型万能生物力学试验机，在标本的张力侧(A, B, C)和压力侧(D, E, F)各放置电阻应变片传感器3枚(图3)。轴向加压载荷级别：0~600 N，分6级加载，每级100 N，加载速度1.40 mm/min，每级保持30 s。测量各级加载时股骨转子间及股骨干处的应力分布，KG-101高精度数显光栅位移传感器同步测量股骨头的移位。

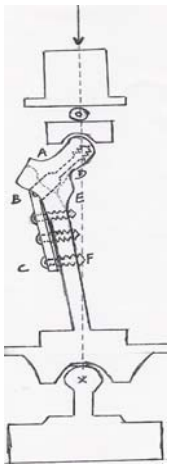

Figure 3 Schematic diagram of axial loading test
图 3 轴向加载测试实验装置示意图

主要观察指标：①带侧孔DHS与标准DHS三点抗弯强度测试结果。②各组轴向“载荷-应变”和“载荷-位移”变化。③股骨转子间骨折两种固定方法的强度和刚度比较。

设计、实施、评估者：实验设计和实施为第一至三作者，评估为第二三作者，均受过科研设计方面的培训。

统计学分析：由第一、二、三作者应用SPSS10.0软件处理，数据行方差齐性检验后行配对计量资料的*t*检验，$P < 0.05$为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 三点抗弯强度测试结果 螺钉能够承受的最大载

荷、最大弯距和挠度3项指标，带侧孔DHS与标准DHS相比，两者生物力学强度差异无显著性意义($P > 0.05$)，见表1。1 000 N循环加载100 000次后X射线透视检测，螺钉侧孔处未出现疲劳性裂纹。

表1 带侧孔 DHS 与标准 DHS 三点抗弯强度测试比较
Table 1 Anti-bending strength test at three points between lateral-hole DHS and standard DHS

Group	Maximal load (N)	Maximal bending moment (N·m)	Deflection (mm)
Lateral-hole DHS	5 280	92.40	6.50
Standard DHS	5 300	92.75	6.45

DHS: dynamic hip screw

2.2 轴向“载荷-应变”和“载荷-位移”变化 轴向加载试验的“载荷-应变”测试的结果显示，PMMA强化组张力侧和压力侧的应变均小于标准DHS固定组。加载到600 N时，张力侧(外侧)1~3三点测得的平均应变，骨质疏松组与PMMA强化组间比较差异无显著性意义($P > 0.05$)，标准DHS固定组的应变要明显高于骨质疏松组(t=2.421, $P < 0.05$)和PMMA强化组(t=2.795, $P < 0.05$)。压力侧(内侧)4~6三点测得的平均应变，骨质疏松组与PMMA强化组间比较差异无显著性意义($P > 0.05$)，标准DHS固定组要明显高于骨质疏松组(t=2.406, $P < 0.05$)和PMMA强化组(t=2.621, $P < 0.05$)。见表2。

转子间骨折采用两种方法固定后，比较轴向载荷下股骨头的下沉位移和横向位移，结果显示，加载到600 N时，PMMA强化组的下沉位移较标准DHS固定组减少31%，横向位移减少29%，均有显著性差异($P < 0.05$)。PMMA强化组和标准DHS固定组的下沉移位和横向移位高于原始标本骨质疏松组测定的数值，有显著性差异($P < 0.05$)。详见表2。

表2 加载 600 N 时 3 组间内、外侧应变和位移的比较
Table 2 Comparison of strain and displacement at 600 N load in three groups ($\bar{x}$±s)

Group	Strain at tension side (με)	Strain at pressure side (με)	Vertical displacement (%)	Horizontal displacement (%)
Osteoporosis	250±26	-333±46	0.26±0.06	0.12±0.02
PMMA argumentation	241±37[b]	-353±57[b]	0.86±0.06[ab]	0.30±0.17[ab]
Standard DHS fixation	307±44[a]	-397±51[a]	1.24±0.10[a]	0.42±0.02[a]

[a]$P < 0.05$, *vs.* osteoporosis group; [b]$P < 0.05$, *vs.* standard DHS fixatior group. DHS: dynamic hip screw.

2.3 股骨转子间骨折两种固定方法的强度和刚度比较 轴向加载600N时，股骨张力侧的强度：PMMA强化组较标准DHS固定组增加21%，差异有显著性意义(t=2.456, $P < 0.05$)；股骨压力侧的强度：PMMA强化组较标准DHS固定组增加23%，差异有显著性意义(t=2.445, $P < 0.05$)。

两种固定方法的轴向刚度比较：PMMA强化组较标准DHS固定组增加44%，差异有显著性意义(t=2.882, $P < 0.05$)；水平剪切刚度比较：PMMA强化组较标准DHS固定组增加40%，差异有显著性意义(t=2.794, $P < 0.05$)。见表3。

表3 股骨转子间骨折两种内固定方法的强度和刚度比较
Table 3 Comparison of strength and stiffness of two fixation methods for intertrochanteric fracture

Group	Strength (MPa)		Stiffness (N/mm)	
	Tension side	Pressure side	Axial stiffness	Horizontal stiffness
PMMA argumentation	5.99±0.42[a]	3.54±0.32[a]	698±47[a]	2 000±176[a]
Standard DHS fixation	4.38±0.37	2.73±0.25	484±42	1 429±114

[a]$P < 0.05$, *vs.* standard DHS fixation group. DHS: dynamic hip screw.

3 讨论

DHS系统仍旧是治疗高龄患者骨质疏松性转子间骨折最常用的器械，这是因为行DHS内固定时不需要股骨扩髓，出血量和手术创伤均小于髓内固定系统[1]。对稳定型股骨转子间骨折(AO/ASIF分类的A1型)，DHS固定能够够达到治疗的金标准－－“坚强固定和早期活动”，从而有效地降低髋部骨折的致残率和死亡率[1-3]。对于不稳定型股骨转子间骨折(AO/ASIF分类的A2型)，由于DHS是偏心固定，加上单枚钉固定对股骨颈旋转控制较差，在股骨内侧缺乏支撑的情况下，DHS松动移位、切割破坏甚至内固定断裂等并发症的发生率明显增加[4]；因此，对高龄骨质疏松性的A2型转子间骨折骨折，多数学者认为DHS是不适合的，主张选择γ钉、重建钉和PFNA等髓内固定系统。但这些髓内固定器械在开口、扩髓等操作中，将明显增加手术中的出血量和术后的引流失血量，手术创伤要大于DHS固定术[5-9]。因此从创伤控制的角度来说，包括PFNA在内的髓内固定器械也不是高龄体弱患者的最佳选择。

为使手术创伤相对较小的DHS能够适合骨质疏松患者的不稳定型转子间骨折，诸多国内外学者对DHS器械和固定方法进行了改进，研究较多的是使用PMMA来加强DHS在股骨头内的固定强度。所采用的操作方法是在DHS钉道内注入PMMA，然后在PMMA凝固前再拧入DHS，起到强化固定的作用[4, 10-11]。但实际操作时，发现这一方法有其固有的缺陷：①开放式的钉道使得PMMA不能够加压注入，PMMA难以渗入松质骨内，“骨－骨水泥”界面不能达到压配交锁固定而影响固定强度。②拧入动力钉时挤出的PMMA将溢向骨折线部位，而影响骨折端的接触和骨折愈合。③DHS的拧入操作会破坏骨－骨水泥界面：由于DHS是旋入PMMA中，而非关节置换

时的压入，钉的旋转会带着尚未凝固的PMMA一起旋转，而破坏骨-骨水泥界面，影响PMMA强化固定的效果。由于以上这些原因，造成疗效不稳定和实际操作时的不便，导致该技术在临床上并未得到很好的推广[11]。

为此，作者对DHS器械和PMMA强化的操作程序进行了改进[12]：首先在DHS的螺纹部位设计了4个与中央通道相通的侧孔，然后在拧入DHS后再通过“中央通道——侧孔”注入PMMA，使PMMA渗入股骨头松质骨中，最终DHS中央孔内的PMMA和钉外渗入松质骨的部分凝固在一起，这些少量的PMMA能够起到类似交锁髓内钉锁定钉的交锁固定作用，让DHS头端能够牢固地锚入疏松的股骨头中而得到强化。

为检测DHS经PMMA强化后对股骨转子间骨折固定稳定性的影响，进行了两种固定方法的体外生物力学测试和比较。首先比较了带侧孔DHS和标准DHS的机械性能，进行三点抗弯强度和抗疲劳强度的测试比较，结果显示两者的最大弯距和挠度均无统计学差异，循环加载后在侧孔处未出现疲劳性裂纹，说明在DHS螺纹部位制作侧孔没有破坏DHS的机械性能。

生物力学实验选用了符合骨质疏松标准的成对股骨近段标本，进行配对对比研究，统一复制成不稳定型股骨转子间骨折模型(AO分型之A2型)，DHS标准技术固定骨折后，PMMA强化组进一步经DHS中央孔和侧孔向股骨头注入PMMA来强化DHS的固定，然后对比轴向负荷下强化固定组和普通DHS组的生物力学性能。并与复制骨折模型前原始股骨标本的生物力学性能(数据归入骨质疏松组)进行对比研究。采用的具体测试方法为模拟人体站立位进行股骨轴向加压，测量“加载-应变”和“载荷-位移”变化，计算各种固定方法的强度和刚度。

结果显示，PMMA强化组标本经DHS侧孔向股骨头注入PMMA强化固定后，施以轴向载荷股骨内外侧的应变和位移均明显小于标准DHS固定组(标准DHS固定组)，而股骨内侧和外侧的强度和刚度均明显高于标准DHS组，说明少量的PMMA经DHS侧孔注入股骨头后，DHS固定的股骨转子间骨折可以达到即刻的稳定、抵抗较大的轴向负荷，即在人体站立位、股骨头承受较大的载荷时，可以防止螺钉从股骨头顶端切割出。

本实验由于使用的是骨质疏松股骨标本，在向股骨头拧入DHS能够感觉到螺钉的把持力很弱，仅仅DHS固定(标准DHS固定组)达不到坚强的标准；在进行生物力学测试时，为了避免标本在加载时发生不可逆的破坏性应变，作者通过预实验将轴向加载负荷最大值设定为600 N，使得标本可以安全地重复加载、测量，以获得可靠的数据。结果显示，即使在控制加载负荷的条件下，所有的生物力学测试指标在两种固定方法间均具有统计学差异，PMMA强化后的固定强度要明显强于标准DHS组，特别是位移指标，在加载到600 N时，骨水泥强化组下沉位移标准DHS组减少31%，横向位移减少29%，差异有显著性意义。下沉移位的减少说明该技术可以减轻DHS对股骨头的切割、预防髋内翻并发症；而横向位移的减少，说明该技术能够更有效地抵抗骨折远端的内移。两组间除了是否使用骨水泥强化的差异，其他条件均相同，说明在骨质疏松条件下，少量的PMMA经DHS侧孔注入股骨头后，能够明显增强DHS在股骨头内固定的强度，达到骨折的即刻稳定和坚强固定。

设计带侧孔的DHS，并在完成内固定后通过DHS的中央孔和侧孔向股骨头注入PMMA来强化螺钉的固定，操作较为简便。轴向加载生物力学测试结果表明，这一方法能够明显提高骨质疏松性转子间骨折内固定的强度，为进一步临床应用奠定了基础。

4 参考文献

[1] Haleem S, Lutchman L, Mayahi R, et al.Mortality following hip fracture: trends and geographical variations over the last 40 years. Injury. 2008;39(10):1157-1163.
[2] Ozkaya U, Parmaksizoglu AS, Gul M, et al. Management of osteoporotic pertrochanteric fractures with external fixation in elderly patients. Acta Orthop Traumatol Turc. 2008;42(4):246-251.
[3] Hommel A, Ulander K, Bjorkelund KB,.et al. Wingstrand and K.G. Thorngren, Influence of optimised treatment of people with hip fracture on time to operation, length of hospital stay, reoperations and mortality within 1 year. njury. 2008;39(10):1164-1174.
[4] Xu RS,Wu JS,Xue J,et al.Zhongguo Jiaoxing Waike Zazhi. 2006;14(6)：416-418.
徐瑞生，吴洁石，薛骏，等. 股骨粗隆间骨折内固定失败后的假体置换治疗[J]. 中国矫形外科杂志，2006，14(6)：416-418.
[5] Zhang CQ, Sun Y, Jin DX, et al. Reverse LISS plating for intertrochanteric Hip Fractures in elderly patients.Bmc mc musculoskeletal disorders.2010;(11)：116.
[6] Gangadharan S, Nambiar MR. Intertrochanteric fractures in elderly high risk patients treated with Ender nails and compression screw. Indian J Orthop. 2010；(28)：289-291.
[7] Guven M, Yavuz U, Kadioglu B, et al.Importance of screw position in intertrochanteric femoral fractures treated by dynamic hip screw . Orthop Traumatol Surg Res. 2010;96(1):21-27.
[8] Seijas R, Orduna JM, Castro MC, et al. Unusual case of osteosynthesis failure in a hip fracture: side-plate pull-out. HIP international.2009；(19): 402-404.
[9] Raaymakers ELFB, Marti RK. Nonunion of the femoral neck: Possibilities and limitations of the various treatment modalities. Indian J Orthop. 2008;42(1):13-21.
[10] Xu RS,Wu JS,Ding T,et al.Shiyong Linchuang Yiyao Zazhi. 2006;10(1)：76-77.
徐瑞生，吴洁石，丁涛，等. 特制假体置换术治疗高龄患者粗隆间骨折[J]. 实用临床医药杂志，2006，10(1)：76-77.
[11] Lutz E, Christiane B, Martin S, et al.Tianjin:Tianjin Kexue Jishu Chubanshe. 2007：207-212.
Lutz E, Christiane B, Martin S, 等. DHS和玻璃离子黏固剂治疗不稳定的转子间骨折. // An Y. H., 主编：骨质疏松内固定[M]. 叶伟胜，张弢，主译. 天津：天津科学技术出版社，2007：207-212.
[12] Xu RS,Wang XS,Zhang HB,et al.Zhonghua Chuangshang Zazhi. 2010;26(2)：122-125.
徐瑞生，王雪松，张怀兵，等. 经髓动力螺钉侧孔注入骨水泥强化技术治疗不稳定型转子间骨折[J]. 中华创伤杂志，2010，26(2)：122-125.

来自本文课题的更多信息--

基金资助：国家自然科学基金（青年）课题(30901526)。

利益冲突：课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。