

# 骨质疏松股骨颈经 CCPC 强化后螺钉固定的生物力学研究

张旭辉<sup>1</sup> 裴国献<sup>2</sup> 魏宽海<sup>2</sup>

(1. 解放军第三七一医院骨科, 河南 新乡 453000; 2. 第一军医大学南方医院)

**【摘要】** 目的 评价不同直径螺钉固定时添加复合磷酸钙骨水泥(CCPC)对骨质疏松股骨颈生物力学变化的影响。方法 采用 24 个股骨上段标本,随机分为三组:深螺纹强化组、中等螺纹强化组和浅螺纹强化组。结果 三组均灌注 CCPC,深螺纹组、中螺纹组和浅螺纹组的螺钉初始松动加载力分别为(328.9 ±34.9)N、(335.7 ±26.6)N、(284.8 ±25.9)N;最大轴向拔出力分别为(369.5 ±21.9)N、(364.0 ±17.5)N、(305.6 ±24.5)N,深螺纹组、中螺纹组均和浅螺纹组差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。结论 螺钉直径与骨质疏松股骨颈强化后的稳定性有关。

**【关键词】** 骨质疏松; 骨折固定术; 生物力学

**Biomechanics study on augmentation of osteoporotic femoral neck with screw and composite calcium phosphate cement** ZHANG Xuhui, PEI Guoxian, WEI Kuanhai. The 371th Hospital of PLA (Henan Xinxiang, 453000, China)

**【Abstract】 Objective** To evaluate the Biomechanics of different diameter screw in the osteoporotic femoral neck with calcium phosphate cement **Methods** Twenty-four femurs of superior segment were randomly divided into three groups: deep spiral group, secondary spiral group, shallow spiral group. CCPC was inserted in three groups. **Results** The initial mobile force and the pull-out strength for deep spiral group and shallow spiral group were as follows: (328.9 ±34.9)N, (284.8 ±25.9)N; (369.5 ±21.9)N, (305.6 ±24.5)N. The content of biomechanics in shallow spiral group are lower than that of other groups significantly. **Conclusion** The date suggest that diameter of screw was related to the internal fixation with Calcium phosphate cement in osteoporotic femoral neck.

**【Key words】** Osteoporosis; Fracture fixation; Biomechanics

我们通过观察不同直径螺钉对骨质疏松股骨颈强化后生物力学的变化,探讨不同直径螺钉对骨质疏松股骨颈强化后的稳定性作用和特性。

## 1 材料与方法

**1.1 一般资料** 12 具老年女性新鲜尸体,年龄 52 ~ 88 岁,平均 70 岁。取双侧股骨上段标本(包括半骨盆),修洁标本,并摄正侧位 X 线片,排除先天性畸形、骨折和肿瘤。用 Osteocore (Medilink 公司) 双能 X 线全身骨密度测量仪(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA) 测量股骨颈 Ward 三角区骨密度(BMD),然后将标本用多层保鲜膜包裹后置于 -20 环境中冷冻保存。固定材料为不锈钢螺钉,长度为 90 ~ 110 mm,钉杆直径 6 mm,螺纹长度 25

mm,深螺纹深度 4 mm,中螺纹深度 3 mm,浅螺纹深度 1.5 mm,螺距 2 mm。标本随机分为三组,根据固定螺钉的螺纹深度分为深螺纹组和浅螺纹组。三组先灌入复合磷酸钙骨水泥(composite calcium phosphate cement, CCPC; 该材料由中山大学高分子研究所提供),然后分别进行不同直径螺钉内固定。

**1.2 实验方法** 三组采用同样的固定方法,取出 4 保存的混有造影剂的 CCPC 骨水泥,先行常规定位钻孔,用皮质骨开口器,扩大预备钻入螺钉周围 5 ~ 6 mm 的骨皮质,用注射器向孔道内添加与柠檬酸钠溶液混匀后成凝胶状的 CCPC 3 ~ 5 ml,选择一根适当长度的螺纹钉,用内六角 T 形扳手旋入螺钉,打入深度距离股骨头关节面约 1 cm,尾端遗留骨外约 1.5 cm,两组打入不同深度的螺纹钉。在内固定 2 h 后将标本用甲基丙烯酸甲酯(自凝型,上海齿科材料

厂)将股骨头和股骨粗隆下 5 cm 以远分别包埋在高 1.7 cm,直径 9.0 cm 的圆柱盒中。将待测标本侧卧于 SWD-10 试验机上(长春试验机研究所),将每根螺纹钉固定后用 ZAMMA 公司扭力矩测试仪调整螺钉旋入力矩相同,钉尾用卡口固定于试验机上,加载速度 2 mm/min,2 h 后在位移记上观察应力位移的变化,以螺钉位移 > 2 mm 为初始松动,分别计算不同螺纹内固定螺钉初始松动加载力和最大轴向拔出力。

**1.3 统计学处理** 采用 SPSS 8.0 统计软件分析处理,采用单因素三水平设计资料的方差分析,组间两两比较采用 LSD 检验法。

**2 结果** 见表 1。

三组标本骨密度分别为 (3.52 ± 0.23) g/cm<sup>2</sup>、(3.29 ± 0.29) g/cm<sup>2</sup>、(3.49 ± 0.29) g/cm<sup>2</sup>,三组间差异无显著性意义,均为骨质疏松标本。孔道中注入 CCPC 约 4 ml,见外溢 CCPC 约 1 ml。经统计学处理,骨质疏松后股骨颈 CCPC 强化后直径 1.5 mm 螺钉与 4 mm 螺钉初始松动加载力比较,  $P < 0.05$ ;最大轴向拔出力比较,  $P < 0.01$ ;初始松动加载力和最大轴向拔出力之差比较,  $P < 0.05$ 。直径 3mm 和 4 mm 螺钉初始松动加载力比较,  $P > 0.05$ ;最大轴向拔出力比较,  $P > 0.05$ ;初始松动加载力和最大轴向拔出力之差比较,  $P > 0.05$ 。直径 1.5 mm 和 3 mm 螺钉初始松动加载力比较,  $P < 0.05$ ;最大轴向拔出力比较,  $P < 0.01$ ;初始松动加载力和最大轴向拔出力之差比较,  $P > 0.05$ 。

表 1 股骨颈经 CCPC 强化后的生物力学测试结果

标本编号	初始松动加载力(N)			最大轴向拔出力(N)		
	深螺 纹组	中螺 纹组	浅螺 纹组	深螺 纹组	中螺 纹组	浅螺 纹组
1	345.00	355.00	245.00	362.00	367.00	265.00
2	384.00	366.00	312.00	396.00	378.00	320.00
3	326.00	345.00	296.00	390.00	386.00	321.00
4	275.00	333.00	313.00	332.00	345.00	336.00
5	325.00	367.00	293.00	365.00	372.00	313.00
6	364.00	302.00	298.00	392.00	334.00	315.00
7	311.00	306.00	256.00	365.00	357.00	285.00
8	301.00	312.00	265.00	354.00	373.00	290.00

**3 讨论**

CCPC 具有良好抗压强度和良好的生物相容性、可降解性、骨传导性、大于松质骨的抗压强度和在体内可随意塑形等优点。而且理化特性与矿化骨十分

接近<sup>[1]</sup>。Masahiko 等<sup>[2]</sup>发现磷酸钙骨水泥可显著提高椎体的抗压强度。在骨折处植入磷酸钙骨水泥,有利于恢复骨折处的解剖形态,提高了骨与内固定物间的把持力,明显提高了骨折处的强度和刚度,减少了骨折间的移位。在观察时间为 56 d 的磷酸钙骨水泥生物力学测试实验中发现,抗折弯强度增加 6 倍,抗疲劳强度增加 100 倍<sup>[3]</sup>。

在本实验中发现,不同直径螺钉植入疏松骨质中加入 CCPC,有不同的生物力学特性。在一定程度内,螺纹深度的增加可显著改善了螺钉初始松动加载力、最大轴向拔出力,但超过一定的深度,即使再增加螺纹的深度,CCPC 强化的作用也不明显。我们的结果显示,在螺纹直径 = 3 mm 的螺钉,添加 CCPC 就可以强化骨质疏松股骨颈。由于初始松动加载力和轴向最大拔出力可反映骨-水泥-内固定物之间的剪切应力,这和我们前期的实验中发现螺钉灌注 CCPC 后能显著提高内固定物的生物力学性能的结果是一致的。但最大轴向拔出力和初始松动加载力差值只在深、浅螺纹组有差异,与我们前期的实验结果有所不同<sup>[4]</sup>,可能是在两种深浅程度不同的螺钉螺纹中嵌入的 CCPC 含量不同而造成生物力学上的差异。实验结果中提示在不同直径的螺钉影响复合 CCPC 强化骨质疏松股骨颈生物力学改变。

Yokoyama 等<sup>[5]</sup>的实验结果显示复合磷酸钙骨水泥适用于骨的替代材料,但不同的成分影响了磷酸钙骨水泥的性质。在我们的实验中 CCPC 灌注的剂量和力学关系尚难定量,不同直径螺钉对生物力学影响的具体量化关系如何,均有待于进一步的研究。

**参考文献**

- 1 Constantz BR, Ison IC, Fulmer MT, et al. Skeletal repair by in situ formation of the mineral phase of bone. Science, 1995, 267 (24) : 1 796-1 799.
- 2 Masahiko Ik, Hiroshi Y, Toshihiro S, et al. Mechanical augmentation of the vertebral body by calcium phosphate cement injection. J Orthop Sci, 2001, 6(1) : 39-45.
- 3 Xu HH, Quinn JB. Calcium phosphate cement containing resorbable fibers for short-term reinforcement and macroporosity. Biomaterials, 2002, 23(1) : 193-202.
- 4 张旭辉,冯志博,顾伟霞,等. 骨质疏松股骨转子间强化的生物力学研究. 新乡医学院学报, 2002, 19(2) : 100-102.
- 5 Yokoyama A, Yamamoto S, Kawasaki T, et al. Development of calcium phosphate cement using chitosan and citric acid for bone substitute materials. Biomaterials, 2002, 23(4) : 1 091-1 101.