

## AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉加压固定的生物力学

徐达强<sup>1,3</sup>, 孙培栋<sup>2</sup>, 王健<sup>1</sup>, 赵卫东<sup>2</sup>, 刘喜俊<sup>1</sup>, 张美超<sup>2</sup>, 杨惠林<sup>3</sup>

1. 南通大学附属建湖医院骨外科, 江苏 建湖 215007; 2. 南方医科大学解剖系, 广东 广州 510515; 3. 苏州大学附属第一医院骨外科, 江苏 苏州 224700

**【摘要】目的:**比较AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉加压固定骨折后承受动态载荷的能力。**方法:**利用0.12 g/cm<sup>3</sup> Sawbone建立骨折模型,并用AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉结合接骨板分别加压固定,构建动态载荷装置;ElectroForce<sup>®</sup> 3510材料试验机给予周期动态载荷:峰/谷:150 N/100 N,每100周期峰值增加10 N,谷值在加载过程中维持不变,频率2 Hz。测量动态载荷完成1 mm位移载荷峰值及周期数。**结果:**组合松质骨拉力螺钉结合接骨板加压固定后发生1 mm位移载荷峰值及周期数显著优于AO松质骨拉力螺钉( $P<0.01$ )。**结论:**相对于AO松质骨拉力螺钉加压固定骨折,组合松质骨拉力螺钉加压固定更加可靠,可以承受更多的应力载荷。

**【关键词】**AO松质骨拉力螺钉;组合松质骨拉力螺钉;动态载荷;加压固定;生物力学

**【中图分类号】**R312

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2016)01-0103-03

## Biomechanics of compressive fixation by using AO lag screws of cancellous bone or combined lag screws of cancellous bone

XU Da-qiang<sup>1,3</sup>, SUN Pei-dong<sup>2</sup>, WANG Jian<sup>1</sup>, ZHAO Wei-dong<sup>2</sup>, LIU Xi-jun<sup>1</sup>, ZHANG Mei-chao<sup>2</sup>, YANG Hui-lin<sup>3</sup>

1. Department of Orthopedics, Affiliated Jianhu Hospital of Nantong University, Jianhu 215007, China; 2. Department of Anatomy, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 3. Department of Orthopedics, First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 224700, China

**Abstract: Objective** To compare the dynamic load bearing capability after the compressive fixation by using AO lag screws of cancellous bone or combined lag screws of cancellous bone. **Methods** The fracture model was established by using Sawbone of 0.12 g/cm<sup>3</sup>. The model was compressively fixed by AO lag screws of cancellous bone or combined lag screws of cancellous bone, and a dynamic load device was constructed. The ElectroForce<sup>®</sup> 3510 testing machine provided cyclic dynamic load at 2 Hz, starting with a peak load of 150 N and a valley value of 100 N. The peak load increased by 10 N per 100 cycles; the valley value maintained 100 N throughout the loading test. The peak load and the number of cycles were measured when 1 mm displacement appeared. **Results** Compared with AO lag screws of cancellous bone, the compressive fixation by using combined lag screws of cancellous bone with bone plate was better in the peak load and the number of cycles when 1 mm displacement appeared ( $P<0.01$ ). **Conclusion** Compared with AO lag screws of cancellous bone, combined lag screws of cancellous bone is more reliable, with a higher dynamic load bearing capability.

**Key words:** AO lag screw of cancellous bone; combined lag screws of cancellous bone; dynamic load; compressive fixation; biomechanics

### 前言

**【收稿日期】**2015-09-12

**【基金项目】**江苏省骨科临床医学中心项目(BL20122004)

**【作者简介】**徐达强(1979-),男,博士在读,主治医师,研究方向:脊柱与创伤骨科。E-mail:xdqcy2004@sina.com。

**【通信作者】**杨惠林(1960-),男,教授,博士生导师,主任医师,研究方向:脊柱与创伤骨科的临床与基础。E-mail: huilin-yang2015@163.com。

移位关节内骨折的治疗原则是解剖复位、坚强固定和早期功能锻炼,AO松质骨拉力螺钉是实现这一治疗目的最为简单有效的方案<sup>[1-2]</sup>;骨折固定后在体内承受各种应力,但骨质疏松情况下,钉道对螺钉把持力的下降,AO拉力螺钉不能为骨折提供足够的稳定性<sup>[3]</sup>;随着老龄化社会的进程,合并骨质疏松的关节内骨折的发病率逐年增加;因此,改进拉力螺钉

的设计,提高拉力螺钉的加压固定效果有利于合并骨质疏松的关节内骨折疗效的改善。

本研究设计一种新型组合松质骨拉力螺钉<sup>[4]</sup>,其与AO松质骨拉力螺钉结构上主要区别在于螺钉杆部结构,组合拉力螺钉杆部是组合结构,加压过程中螺钉杆部不断缩短,通过提拉加压的方式实现骨折块加压。本研究应用AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉在相同骨密度标本实现加压固定,比较AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉加压固定后承受动态周期载荷的能力。

## 1 材料和方法

### 1.1 标本

实验Sawbone标准松质骨材料(Pacific Research Laboratories, Vashon, WA),材料密度为 $0.12\text{ g/cm}^3$ ,孔隙范围 $0.2\sim 0.5\text{ mm}$ ,压缩强度 $1.4\text{ MPa}$ ,弹性模量 $12.4\text{ MPa}$ ,大小 $180\text{ mm}\times 130\text{ mm}\times 40\text{ mm}$ (#1522-09)。材料力学性能与骨质疏松性松质骨类似,均一性好,其目的是消除自然松质骨材料均一性差带来的实验误差。

### 1.2 螺钉

实验所用两种螺钉由威高骨科器械有限公司制造:65 mm AO松质骨拉力螺钉(图1a)和组合松质骨拉力螺钉(图1b);组合松质骨拉力螺钉杆部由两部分组成(图1c),通过螺纹连接(螺距 $0.85\text{ mm}$ )。AO松质骨拉力螺钉和组合松质骨拉力螺钉下列参数相同:螺钉杆部长度( $28.4\text{ mm}$ )、螺纹螺距( $2.75\text{ mm}$ )、螺纹直径( $6.5\text{ mm}$ )及螺纹长度( $27.5\text{ mm}$ )。实验需要4根螺钉,两根规格相同的AO松质骨拉力螺钉,两根规格相同的组合松质骨拉力螺钉。

### 1.3 实验装置

实验测试结构(图2)由两根规格相同的螺钉、Sawbone标准松质骨材料A( $4.3\text{ cm}\times 4\text{ cm}\times 2.5\text{ cm}$ ,与接骨板紧密接触)和Sawbone标准松质骨材料B( $4.3\text{ cm}\times 4\text{ cm}\times 6.5\text{ cm}$ ,与接骨板无接触)、牙托粉包埋定制的接骨板和固定接骨板的夹具及ElectroForce® 3510材料试验机(Bose公司,美国)构成。螺钉通过手工拧入,根据“感觉”判断螺钉已经拧紧。动态载荷的设置:Block和sine形成组合波,峰/谷: $150\text{ N}/100\text{ N}$ ,每100周期峰值增加 $10\text{ N}$ ,谷值在加载的过程中维持不变,频率 $2\text{ Hz}$ ;测量动态载荷完成 $1\text{ mm}$ 位移周期数及载荷峰值。上述测试进行20次,两根相同规格的组合松质骨拉力螺钉加压固定后重复10次,两根相同规格的65 mm AO松质骨拉力螺钉加压固定后重复10次。



a: AO lag screws of cancellous bone



b: Combined lag screws of cancellous bone in combined condition



c: Combined lag screws of cancellous bone in non-combined condition

图1 两种松质骨拉力螺钉

Fig.1 Two kinds of lag screws of cancellous bone



图2 实验测试结构

Fig.2 Experiment test structure

### 1.4 数据处理

采用SPSS13.0软件进行统计分析,数据作Shapiro-Wilk正态性检验,符合正态分布,采用两独立样本 $t$ 检验,不符合正态分布,采用两独立样本非参数检验, $P<0.05$ 表示有统计学意义。

## 2 结果

$1\text{ mm}$ 位移载荷峰值数据符合正态分布,采用两独立样本 $t$ 检验, $0.12\text{ g/cm}^3$ 密度下组合松质骨拉力螺钉与AO松质骨拉力螺钉加压后动态载荷作用发生

1 mm 位移所需载荷峰值的差异具有统计学意义  $[(283.80 \pm 23.12) \text{ N vs } (214.19 \pm 6.38) \text{ N}, P < 0.01]$ , 相对于 AO 松质骨拉力螺钉, 组合松质骨拉力螺钉发生松动需要更大的载荷。

1 mm 位移载荷周期值数据不符合正态分布, 采用两独立样本非参数检验,  $0.12 \text{ g/cm}^3$  密度下组合松质骨拉力螺钉与 AO 松质骨拉力螺钉加压后动态载荷作用发生 1 mm 位移所需载周期值的差异具有统计学意义  $(1373.00 \pm 234.60 \text{ vs } 668.30 \pm 68.32, P < 0.01)$ , 相对于 AO 松质骨拉力螺钉, 组合松质骨拉力螺钉发生松动需要更多的周期载荷。

### 3 讨论

目前临床上治疗关节内骨折应用最为广泛的是 AO 松质骨拉力螺钉, 但是骨质疏松情况下, 钉道对螺钉把持力的下降, AO 拉力螺钉不能为骨折提供足够的稳定性<sup>[3]</sup>, 术后不能实现早期功能锻炼, 导致预后欠佳。Curtis 等<sup>[5]</sup>提出 AO 拉力螺钉结合骨水泥强化技术治疗骨质疏松性关节内骨折可以坚强固定骨折, 生物力学优势明显; 但是这一技术存在争议, 如骨水泥弥散的控制<sup>[6]</sup>、骨水泥对骨折愈合的影响<sup>[7-8]</sup>、骨水泥对取出螺钉的影响<sup>[9-10]</sup>等, 因此, 目前这一技术在临床没有广泛应用。改进螺钉设计是另一种提高螺钉加压固定能力的方案<sup>[11]</sup>。许多生物力学研究表明螺钉螺纹是影响螺钉加压能力的一个因素<sup>[12-15]</sup>, 但是螺纹大小受骨折局部解剖限制。徐达强等<sup>[16]</sup>研究发现拉力螺钉杆部的设计是另一个影响螺钉加压能力的因素, 组合松质骨拉力螺钉最大加压力显著高于 AO 松质骨拉力螺钉, 但并没有研究动态载荷下两种拉力螺钉加压固定后的效果。

临床上医生使用 AO 松质骨拉力螺钉时, 通过“拧紧”感觉合适地拧紧螺钉。本实验模拟这一临床场景, 通过“拧紧”感觉合适地拧紧两种螺钉并给予周期动态载荷。实验发现: 动态载荷下 AO 松质骨拉力螺钉相对于组合松质骨拉力螺钉更容易发生松动, 所需的载荷更小, 所需周期数更少, 这意味着相对于 AO 松质骨拉力螺钉加压固定骨折, 组合松质骨拉力螺钉加压固定更加可靠, 可以承受更多的应力载荷。这一优势在骨质疏松性关节内骨折更加重要, 有利于改善关节内骨折的预后。

综上所述, 相对于 AO 松质骨拉力螺钉, 组合松质骨拉力螺钉可以更好地维持关节内骨折的稳定性, 为提高关节内骨折, 尤其是合并骨质疏松症的患

者提供一种新的治疗方案。

### 【参考文献】

- [1] 彭阿钦. 骨折手术治疗原理[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 17.  
PENG A Q. The Rationale of Operative Fracture Care[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2007: 17.
- [2] WHEELER D L, MCLOUGHLIN S M. Biomechanical assessment of compression screws[J]. Clin Orthop Relat Res, 1998, 350: 237-245.
- [3] GOSCH C, VERRETTE R, LINDSEY D P, et al. Compression of initial compression force across the subtalar joint by two different screws fixation techniques[J]. J Foot Ankle Surg, 2006, 45(3): 168-173.
- [4] 徐达强. 一种应用于部分关节骨折的可量化扭力的螺纹型加压装置: ZL201110154601.4[P]. 2012.  
XU D Q. A torsion-measurable screw-type compression device for partial joint fractures: ZL201110154601.4[P]. 2012.
- [5] CURTIS R, GOLDBAHN J, SCHWYN R, et al. Fixation principles in metaphyseal bone: a patent based review [J]. Osteoporos Int, 2005, 16(Suppl 2): S54-S64.
- [6] SERMON A, BONER V, SCHWIEGER K, et al. Biomechanical evaluation of bone-cement augmented proximal femoral nail antirotation blades in a polyurethane foam model with low density [J]. Clin Biomech, 2012, 27(1): 71-76.
- [7] BONER V, KUHN P, MENDEL T, et al. Temperature evaluation during PMMA screw augmentation in osteoporotic bone-an *in vitro* study about the risk of thermal necrosis in human femoral heads [J]. J Biomed Mater Res, 2009, 90(2): 842-848.
- [8] FLIRI L, LENZ M, BOGER A, et al. *Ex vivo* evaluation of the polymerization temperatures during cement augmentation [J]. J Biomed Mater Res: Part B: Appl Biomater, 2012, 90(2): 842-848.
- [9] WAITS C, BURTON D, MCIFFF T. Cement augmentation of pedicle screw fixation using novel cannulated cement insertion device [J]. Spine, 2009, 34(14): E478-E483.
- [10] WÄHNERT D, HOFMANN-FLIRI L, SCHWIEGER K, et al. Cement augmentation of lag screws: an investigation on biomechanical advantages[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(3): 373-379.
- [11] EGOL K A, KUBIAK E N, FULKERSON E, et al. Biomechanics of locked plates and screws[J]. J Orthop Trauma, 2004, 18(8): 488-493.
- [12] BROWN G A, MCCARTHY T, BOURGEAULT C A, et al. Mechanical performance of standard and cannulated 4.0-mm cancellous bone screws[J]. J Orthop Res, 2000, 18(2): 307-312.
- [13] BEADEL G P, FERRERIRA L, JOHNSON J A, et al. Interfragmentary compression across a simulated scaphoid fracture: analysis of 3 screws[J]. J Hand Surg Am, 2004, 29(2): 273-278.
- [14] BAILEY C A, KUIPER J H, KELLY C P. Biomechanical evaluation of a new composite bioresorbable screw[J]. J Hand Surg Br, 2006, 31(2): 208-212.
- [15] HAUSMANN J T, MAYR W, UNGER E, et al. Interfragmentary compression forces of scaphoid screws in a sawbone cylinder model [J]. Injury, 2007, 38(7): 763-768.
- [16] XU D Q, SUN P D, WANG J, et al. The new construct of lag screw improves the maximum compression force for internal fixation: preliminary results [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2015, 19: 2195-2201.