

文章编号:1004-7220(2009)03-0189-04

不同长度齿突对螺钉把持力的测试

方弘伟¹, 王向阳², 施达³, 陈卓¹, 赵云珍¹, 王晓成¹, 黄晓东¹, 欧阳钧⁴, 吴增晖⁵

(1. 金华市中医医院 骨二科, 金华 321017; 2. 温州医学院附二院 脊柱外科, 温州 325402;

3. 金华职业技术学院 统计学教研室, 金华 321000; 4. 南方医科大学 解剖教研室, 广州 510515;

5. 广州军区总医院 骨科, 广州 510000)

摘要: 目的 评价不同长度齿突骨折螺钉内固定的生物力学效果。方法 收集 20 具新鲜成人枢椎标本, 按齿突螺钉固定技术钻孔形成钉道, 模拟齿突 II 型骨折, 测量齿突端钉道长度, 置入螺钉后测试旋入力矩、最大轴向拔出力及刚度; 解剖观察钉道骨质构成。结果 钉道长度 8.3 ~ 12.3 mm, 钉道长度与螺钉最大拔出力相关回归分析: 相关系数 $r=0.28$, 回归方程式: $Y=156.69+67.97X$ (Y : 钉道长 X : 拔出力), 大于 10 mm 和小于 10 mm 两组间旋入力矩、最大轴向拔出力和刚度无统计学上差异 ($P>0.05$); 齿尖部由皮质骨构成。结论 齿突长度和骨折端的稳定度关系不密切, 与最大轴向拔出力成正比关系但并不显著, 短于 1 cm 的齿突对螺钉仍有较好的把持力。

关键词: 齿突骨折; 内固定; 螺钉; 生物力学; 骨折固定

中图分类号: R318.01 文献标志码: A

Biomechanical evaluation of anterior screw fixation for type II fractures of odontoid process: the influence of different screw lengths

FANG Hong-wei¹, WANG Xiang-yang², SHI Da³, CHEN Zhuo¹, ZHAO Yun-zhen¹, WANG Xiao-cheng¹, HUANG Xiao-dong¹, OUYANG Jun⁴, WU Zeng-hui⁵. (1. Department of Orthopaedic Surgery, Traditional chinese medical hospital of Jinhua, Jinhua 321017, China; 2. Department of Orthopaedic Surgery, Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325026, China; 3. Department of Stastics, Jinhua College of Profession and Technique, Jinhua 321017, China; 4. Department of Anatomy, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 5. Department of Orthopaedic Surgery, Guangzhou General Hospital of Army, Guangzhou 510010, China)

Abstract: Objective To evaluate the influence of anterior odontoid screws with different lengths on the fixation stability. **Method** Twenty cadaveric C2 vertebrae were harvested and an osteotomy was performed to simulate a Type II fracture pattern in each vertebra. To make the angle of type II fracture line was 0° in 6 specimens, 17° in 8, and 25° in 6, respectively, and different lengths of fractured odontoid processes were created before divided into 2 groups (<10 mm vs >10 mm). The fractures were then treated by anterior screw fixation. And inserted torque, pull-out force and stiffness of the bone-screw was tested. **Result** The lengths of the screws bedded in fractured odontoid process were from 8.3mm to 12.3mm. The relationship between the pull-out strength (Y) and the length of the screw (X) was determined by the regression equation ($Y=156.69+67.97X$, $r=0.28$). No significant differences between the <10 mm and >10 mm groups were found for their inserted torque, pull-out force and stiffness of the bone-screw ($P=0.05$). **Conclusions** Bone-screw stability is not

收稿日期:2008-08-04; 修回日期:2008-11-21

作者简介:方弘伟(1978-),男,研究方向:骨科

通讯作者:方弘伟,副教授,副主任医师, Tel: (0579) 83431502; E-mail: hwf25888@163.com

closely related to the distal part of the fractured odontoid process. Anterior screw fixation could be used even when distal fractured part of the odontoid process is less than 10 mm.

Key words: Odontoid fracture; Internal fixation; Bone screw; Biomechanics; Fracture fixation

在枢椎齿突 Anderson II 型骨折的治疗中,保守治疗骨不愈合率高^[1],随着前路中空加压螺钉内固定技术临床应用,骨愈合率已经明显提高,被认为是该骨折最理想的治疗方法^[2]。目前对于螺钉的研制和临床应用方面均有了深入的阐述,螺纹长度在 1 cm,由于个体差异和不同骨折线走向使齿突骨折端长度长短不一,在对齿突长度(尤其是齿突小于 1 cm)和螺钉固定强度关系的生物力学研究方面还未见报道,本文通过不同长度齿突三维自由度的运动学和抗螺钉拔出力的测试,来了解长度不同齿突对螺钉把持力的变化,从生物力学角度来说明短齿突骨折进行螺钉内固定的可能。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 标本 20 例新鲜青壮年上颈椎标本,经肉眼及摄片排除明显损伤、骨质疏松、退行性病变,双层塑料袋包裹,置于 -20 °C 冰柜中保存。测试前 20 ~ 24 h 室温下逐级解冻,切取枢椎,剔除相连的韧带与关节囊等软组织备用。

1.1.2 螺钉 AO 齿状突中空螺钉,直径 3.5 mm,长度 34 ~ 40 mm

1.2 实验仪器

游标卡尺(精度 0.02 mm),MTS 858 mini Bionix 生物力学材料实验机(美国),力矩扳手(Kanon, Nakamura MFG. Co., Ltd, 日本)

1.3 观察指标与方法

1.3.1 观察指标 ① 钉道长度,② 水平剪切刚度、旋转力矩和齿突抗螺钉最大轴向拨出力,③ 钉道骨质形态。

1.3.2 方法 ① 用直径为 1.2 mm 导针自枢椎前下唇居中钻入,在齿尖后方穿出,针道攻丝,齿尖出针孔用骨腊封堵,骨腊高出骨表面 3 mm,防止因包裹材料对突出骨皮质螺钉尖部的加固,用聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethylmethacrylate, PMMA)方形包埋齿突,在 PMMP 正中同时包入一枚螺钉,尾部向上,以测试齿突的旋转力矩之用,再作枢椎体包埋。在

MTS 加载装置中测试前后、后前、左右、右左水平方向的剪切刚度,设置最大水平方向剪切力为 100 N,最大位移 5 mm,速度 5 mm/min。② 在齿突基底部用细齿钢锯将齿突锯断,形成齿突 II 型骨折模型,在针道里插入导针,沿导针旋入 AO 中空加压螺钉对骨折端固定,测试前后、后前、左右、右左水平方向的剪切刚度。③ 用 10DPSK 型力矩扳手旋转齿突部螺钉,使骨折端发生旋转错位,分别记录记录旋转 5° 和 10° 移位时的旋入力矩。④ 取出齿突螺钉,移去枢椎体部分后,重新旋入齿突部,将齿突固定,大力钳夹紧钉尾并与 MTS 力传感器相连,加载速率设为 5 mm/min,观察载荷—变形曲线,读出最大轴向拨出力。⑤ 矢状剖面经过钉道锯开齿突,测量齿突针道长度,观察钉道骨质构成。

1.4 统计分析

以钉道长度 10 mm 为界分为两组,各组数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,对不同长度齿突抗拨出力实验资料进行相关回归分析,组间比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 有统计学意义。

2 结果

本组 20 个标本,钉道长度在 8.3 ~ 12.3 mm 之间,其中大于 10 mm 有 9 例,小于 10 mm 有 11 例,两组在截骨前后的水平剪切刚度(见表 1)、抗螺钉旋转力矩和最大拨出力(见表 2)无显著差异($P > 0.05$)。钉道长度与螺钉最大拨出力相关回归分析:相关系数 $r = 0.28$,回归方程式: $Y = 156.69 + 67.97X$ (Y : 钉道长 X : 拨出力),表示钉道长度与拨出力成正比;对齿突钉道的矢状位解剖中肉眼发现骨皮质分布向齿尖明显趋厚,基底部最薄,齿尖部由皮质骨构成,所有标本钉道均由截骨端的松质骨和齿尖部的皮质骨两部分构成。

3 讨论

随着前路齿突中空加压螺钉内固定治疗齿状突骨折技术的广泛开展,在临床上越来越体现出其固定可靠、骨折愈合率高、手术创伤小和寰枢关节功能

表1 不同组别钉道长度齿突在截骨前后的水平剪切刚度($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of shear torque of bone-screws before and after simulating fractures between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	钉道长度/ mm	截骨前/(°)				截骨后/(°)			
			左	右	前	后	左	右	前	后
>10 mm	9	11.2 ± 0.58	0.42 ± 0.21	0.48 ± 0.27	0.52 ± 0.22	0.39 ± 0.22	2.02 ± 1.10	2.29 ± 1.34	1.93 ± 1.20	1.50 ± 0.57
<10 mm	11	8.96 ± 0.41	0.47 ± 0.43	0.52 ± 0.41	0.48 ± 0.31	0.48 ± 0.34	3.02 ± 1.15	3.24 ± 1.56	3.29 ± 1.75	1.56 ± 0.76
			$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$

表2 不同组别钉道长度齿突抗螺钉最大拔出力 and 旋转力矩($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of pull-out strength and stiffness of bone-screws between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	钉道长度/mm	最大拔出力/N	5°旋转力矩	10°旋转力矩
>10 mm	9	11.2 ± 0.58	976.88 ± 341.17	4.55 ± 2.06	7.78 ± 3.52
<10 mm	11	8.96 ± 0.41	717.67 ± 218.68	4.48 ± 2.20	7.53 ± 3.67
			$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$

得以保留等优点,国内外学者对齿状突的解剖和影像特点、齿状突螺钉的研制和生物力学测试等也有较多的研究,然而,对于不同长度的齿突进行螺钉内固定在临床上尚缺乏总结,在实验上也未引起重视。

在枢椎齿突的解剖学研究中,金大地等^[3]对60具干燥国人齿突进行了测量,长度为(14.0 ± 1.2) mm。池永龙等^[4]的CT影像测量得出类似结论,齿突长度为(14.2 ± 1.2) mm。Cokluk等^[5]对外国人种通过分析66例成人和未成年人的MRI资料,发现未成年人的平均齿突长度为18.6 mm,而成人21.3 mm,女性成年人的齿突长度(19.1 mm)低于男性(23.6 mm)。可见齿突长度在不同的人种、性别、年龄和身高之间有较大个体差异。临床上,Eysel P等^[6]将齿突骨折按骨折线的走向将Anderson's II型骨折分为A、B、C3个亚型,即骨折线走向为水平方向、前上向后下、后上向前下,其中IIc型由于骨折线呈后上向前下,从而使齿突齿尖段长度减少,在本文的截骨标本中,最短的为8.3 mm。个体差异和骨折类型是临床上在齿突骨折病例中看到齿尖部骨折块较短的主要因素。

目前在临床上普遍的观点是齿突钉道长度小于10 mm和IIc型骨折^[6-8]看作是手术相对禁忌症,认为螺钉螺纹长度多为10 mm,对长度小于10 mm齿突固定时不能在骨折端起到加压作用,甚至有分离的可能,而对斜形骨折加压时,由于螺钉与骨折线不垂直,有一个将骨折远端拉向前的分力,骨折产生移

位的趋势,造成骨折端不稳和错位,但是这种观点没有得到生物力学等证实,在临床手术适应症的把握方面造成困难。然而,最近方弘伟等^[9]通过20例新鲜枢椎标本的生物力学测试,实验结果表明,II型中的C型骨折在一定范围(17°)内使用齿突螺钉固定在骨折端错位和稳定性方面仍然满意,这结果使有关短齿突骨折使用螺钉固定的研究更有临床意义,由于临床上螺钉螺纹长度多为10 mm,故选取水平和前下后上的方向进行截骨,使其钉道长度趋向10 mm作为研究对象。

那么齿突对螺钉的把持力是否也随着齿突的缩短而减弱呢?本实验通过水平剪切刚度、旋转力矩和螺钉最大轴向拔出力实验来诠释。采用新鲜骨标本,保证椎骨的生物力学特性不变,在齿突解剖特点上,齿突前后滑动分别受寰椎前弓和寰椎横韧带的限制,轴位旋转则主要受翼状韧带的限制。当受前屈、后伸或侧弯等应力时,前弓和横韧带可压迫齿突,使骨折端产生水平剪力而发生前后移位,而轴向旋转应力则主要通过翼状韧带施加在齿突上,使其发生轴位旋转,在实验中通过对齿突施以水平剪切力和旋转力来观察骨折端的剪切刚度和旋转刚度,在水平剪切刚度和抗旋转移位测试中,两组间并无统计学上的差异($P > 0.05$),说明两组螺钉固定后有着相似的稳定性,对钉道长度与螺钉最大拔出力相关回归分析发现,钉道长度与最大拔出力间成正比关系,表明随着钉道长度的增加,最大拔出力也增

大,大于10 mm组和小于10 mm组平均最大拔出力分别为 (976.88 ± 341.17) N和 (717.67 ± 218.67) N,前者稍大,但是对两组螺钉间的最大拔出力 t 检验结果并无统计学上差异($P > 0.05$),说明钉道长度和最大轴向拔出力之间有一定关系但并不密切。在对齿突钉道矢状位解剖观察中发现,钉道基底部主要由松质骨构成,骨皮质向齿尖部逐渐增厚,在齿尖部则主要由厚实的皮质骨组成,文献[3,10]中对国人齿突基底部两侧骨皮质厚度进行测量,发现总厚度仅为3.0~4.0 mm,钉道在基底部主要在松质骨中进行,在齿尖部则在厚实的皮质骨中,而皮质骨对螺钉具有最大的把持力,换言之齿尖部是螺钉稳定的主要部位,处于基底部松质骨里的钉道长度对螺钉轴向拔出力影响较小,这就可以解释为什么轴向拔出力与齿突长度关系不密切的原因。据此推测,临床上只要螺钉穿透齿尖部,那么螺钉对不同长度的齿突的固定在生物力学上的表现是同样可靠的,这也要求置钉位置一定要正确,钉头部必须穿过齿尖部,否则会造成固定不牢固甚至出现松动骨折的危险。目前临床上使用较广泛的AO中空螺钉螺纹长度1 cm,一些新设计的螺钉多以干燥标本齿突长度为依据,也选用1 cm^[11],它忽略了骨折类型和个体差异因素,在本文的20例新鲜造模标本中,齿突部钉道长1 cm以下者占11例,最短为8.3 mm,如果采用1 cm螺纹则螺纹不能完全经过骨折端,不能使骨折端产生加压作用,并且还有分离的可能,在实验中齿突稳定性和抗轴向拔出力的生物力学特性,提醒我们在对骨折造成远端长度短于1 cm的齿突骨折病例在使用螺钉固定时,选择短于1 cm螺纹的螺钉并不影响其齿突对螺钉的把持力。

螺钉拔出力测试已广泛应用于螺钉稳定性测试^[12],本研究不但采用该指标,而且测试了螺钉的各向刚度,较全面的反映了螺钉的各向稳定性。三维稳定性测试往往用于不同手术方式或内固定器械的比较^[13],故本试验没有采用。

参考文献:

- [1] Lenarson PJ, Mostafav H, Traynelis VC, et al. Management of type I dens fractures: a case-control study [J]. *Spine*, 2000, 25(100): 1234-1237.
- [2] McBride AD, Mukherjee DP, Kruse RN, et al. Anterior screw fixation of type II odontoid fractures. A biomechanical study [J]. *Spine*. 1995 Sep 1; 20(17): 1855-9; discussion 1859-60.
- [3] 金大地, 陈建庭, 瞿东滨, 等. 颈前路中空螺钉直接内固定治疗齿突骨折[J]. *中华骨科杂志*, 1999, 19(8): 453-456.
- [4] 池永龙, 徐华梓, 林焱, 等. 经皮穿刺内固定治疗上颈椎骨折与不稳[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2004, 14(2): 73-78.
- [5] Cokluk C, Aydin K, Rakunt C, et al. The borders of the odontoid process of C2 in adults and in children including the estimation of odontoid/body ratio [J]. *Eur Spine J*. 2006, 15(3): 278-82.
- [6] Eysel P, Roosen K. Ventral or dorsal spondylodesis in dens basal fracture—a new classification for choice of surgical approach [J]. *Zentralbl-Neurochir*. 1993; 54(4): 159-65.
- [7] 史勇, 李涛, 刘巍, 等. 单枚螺钉前路固定 Anderson II型齿状突骨折[J]. *实用骨科杂志* 2005, 11(3): 253-255.
- [8] Dickman CA, Sonntag VKH, Marcotte PJ. Techniques of screw fixation of the cervical spine [J]. *Barrow Neurological Institute Quarterly*, 1992, 8: 9-12.
- [9] 方弘伟, 李建军, 吴增晖, 等. 前下后上型齿突骨折螺钉内固定的生物力学研究[J]. *中国骨伤*, 2008, 21(4): 281-283.
- [10] 章军辉, 宋跃华. 经颈前路螺钉内固定治疗齿突骨折的应用解剖[J]. *解剖学杂志*, 2001, 24(2): 169-171.
- [11] 于晓巍, 张烽, 侍宏, 等. 齿状 II型骨折前路内固定椎状钛螺钉的研制及生物力学研究[J]. *中国矫形外科杂志*, 2002, 10(10): 992-995.
- [12] 胡勇, 谢晖, 杨述华, 等. 寰椎后路两种螺钉固定的解剖学测量和生物力学测试的对比研究[J]. *医用生物力学*, 2007, 22(1): 88-93.
- [13] 张烽, 陈兵乾, 居建文, 等. 三种单纯腰椎椎间融合术加用双侧椎弓根螺钉内固定后生物力学比较的实验研究[J]. *医用生物力学*, 2007, 22(3): 302-305.