

· 基础研究 ·

前下后上型齿突骨折螺钉内固定的生物力学研究

方弘伟¹, 李建军¹, 吴增晖², 欧阳钧³, 钟世镇³, 林文录⁴, 蒋良俊⁴, 赵俊强¹, 于继华¹, 王向阳⁵

(1.金华市中医医院骨科, 浙江 金华 321017; 2.广州军区总医院; 3.广州第一军医大学; 4.金华市公安局; 5.温州医学院附属第二医院)

【摘要】 目的:评价前下后上型齿突骨折螺钉内固定的生物力学效果。**方法:**收集 20 具新鲜成人上颈椎标本, 分为 3 组, 模拟齿突 II 型骨折模型, 骨折线为前下后上, 截骨角度分别为 0° 6 具, 17° 8 具, 25° 6 具, 并进行齿突螺钉固定。进行旋入力矩、最大轴向拔出力和刚度测试。**结果:**各组最大螺钉旋入力矩、抗拔出力差异无统计学意义。骨折端错位程度随着截骨角度的增加而增加, 在 17° 组平均移位 1.61 mm, 25° 组平均移位 2.88 mm。抗扭转力矩随着截骨角度的增加而增加。各组剪切刚度差异无统计学意义。**结论:**一定角度范围内的前下后上型骨折可使用齿突螺钉固定进行治疗。

【关键词】 颈椎; 齿突尖; 骨折; 骨折固定术, 内; 生物力学

A biomechanical study of anterior screw fixation for type II odontoid fracture with anteroinferior-posterosuperior fracture line FANG Hong-wei*, LI Jian-jun, WU Zeng-hui, OU-YANG Jun, ZHONG Shi-zhen, LIN Wen-lu, JIANG Liang-jun, ZHAO Jun-qiang, YU Ji-hua, WANG Xiang-yang. *Department of Orthopaedics, Traditional Chinese Medical Hospital of Jinhua, Jinhua 321017, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To investigate the biomechanical effect of anterior screw fixation on the type II fractured odontoid process. **Methods:** Twenty fresh human C₁-C₂ vertebrae specimens were harvested and randomly divided into three groups. The angle of type II fracture line was 0° in group I (n=6), 17° in group II (n=8) and 25° in group III (n=6). The fractures were treated by anterior screw fixation. Insertion torque, maximal axial pullout force and stiffness of the bone-screw were tested. **Results:** There was no significant difference of screw insertion torque and the pull-out strength between each group. The displacement of the odontoid fragment had an association to the angle of the fracture line, the displacement of the small angle was significantly higher than that of the large one (P<0.5). No significant difference of structure stiffness of the bone-screw was found between each group. **Conclusion:** Anterior screw fixation is feasible for type II odontoid fracture with certain fracture line extends from anteroinferior to posterosuperior.

Key words Cervical vertebrae; Odontoid process; Fractures; Fracture fixation, internal; Biomechanics

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(4): 279-281 www.zggszz.com

齿突骨折是一种常见的颈椎损伤, 根据 Anderson 分型: I 型为齿突尖部骨折, 临床少见, 有症状时才需治疗; II 型为齿突腰部骨折, 预后较差, 不愈合率高, 通常需要手术治疗; III 型为齿突基底部延伸至枢椎椎体骨折, 闭合复位与固定治疗的愈合率高。通常对 Anderson II 型齿突骨折的治疗, 是根据骨折线走向来决定治疗方案。对骨折线呈横形或前上后下型的骨折, 首选齿突螺钉内固定; 而对前下后上型的骨折, 因螺

钉固定可能造成骨折端错位与不稳, 而用寰枢椎融合术可使寰枢椎旋转活动减少 45°, 伸屈减少 15°^[1]。在临床上我们发现有些前下后上型的骨折采用前路齿突螺钉固定也获得愈合, 因此, 我们设想某些前下后上型的 Anderson II 型骨折采用前路螺钉内固定可能获得较好的稳定性。本文通过对前下后上型齿突骨折螺钉固定的试验测试, 了解其骨折端错位和稳定性, 探索该型骨折进行螺钉固定的生物力学依据。

1 材料与方法

1.1 标本准备与制作 22 具新鲜青壮年上颈椎标本, 经肉

通讯作者: 方弘伟 Tel: 0579-83431502 E-mail: HWF25888@163.com

2002, 30(4): 777-781.
9 付崇建, 郁冰冰, 朱国雄, 等. 失重/模拟失重对骨骼系统的影响及其机制. 实用医药杂志, 2003, 20(7): 546-549.
10 万玉民, 崔伟, 张曼夫, 等. 尾部悬吊大鼠恢复期腰椎骨骨质和生物力学特性的变化. 中华航空航天医学杂志, 2000, 11(2): 96-100.
11 应航, 詹红生, 井夫杰, 等. 兔颈椎终板胶原结构变化对运动节段力学性能的影响. 中国骨伤, 2003, 16(10): 577-579.
(收稿日期: 2007-10-30 本文编辑: 王玉蔓)

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℃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。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,攻丝,测量钉道长度。齿尖出针孔用骨蜡封堵,骨蜡高出骨面 3 mm,防止因包裹材料对突出骨皮质螺钉尖部的加固。在齿突基底部标出与椎体后缘垂直的横线为 0°线,任取 2 具标本,制成前下后上 10°和 20°骨折模型进行预试验,根据结果随机将余下标本分为 3 组,分别为 6、8、6 具,并以 0°线为基线分别标出与该线呈 0°、17°和 25°的另一角边,交点在齿突前缘。在齿突尖钉道前横形穿 1 枚克氏针,并在枢椎体旋入 2 枚螺钉以加强包埋固定,用聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)方形包埋标线上方的齿突,并在 PMMP 正中同时包入 1 枚螺钉,尾部向上,以测试齿突的旋转力矩,再作枢椎体包埋。

1.2 实验仪器

1.2.1 旋入力矩测试 采用力矩扳手(Kanon, Nakamura MFG. Co., Ltd, 日本)。

1.2.2 水平剪切刚度和最大轴向拔出力测试 设备系美国生产的 MTS 858 mini Bionix 生物力学材料实验机。

1.2.3 长度测量 游标卡尺(精度 0.02 mm),角度测量用量角器(精度 0.1°)。

1.3 观察指标与方法

1.3.1 观察指标 ①螺钉固定后骨折端前后错位距离和齿突钉道长度。②旋转力矩:固定螺钉和齿突部螺钉旋转力矩。③剪切刚度:齿突截断前后分别测试前后、后前、左右、右左水平方向剪切刚度。④齿突轴向拔出力。⑤钉道骨质形态。

1.3.2 方法 ①在正常状态下测试 20 具标本的水平剪切刚度,设置最大水平方向剪切力为 100 N,最大位移为 5 mm,速度 5 mm/min。②按标记线,用齿齿钢锯将齿突锯断,形成齿突 II 型骨折模型,0° 6 具,17° 8 具,25° 6 具,测量齿突钉道长度,按钉道长度选择相应长度螺钉固定骨折,用 5DPSK 型力矩扳手测出最大旋入力矩。采用直径 3.5 mm AO 中空加压螺

钉,读出在螺钉固定过程中骨折端发生前后错位的距离。③测试骨折螺钉固定后的水平剪切刚度,测试后重新紧固齿突螺钉,以防止测试过程引起的松动。④用 10DPSK 型力矩扳手旋转齿突部螺钉,使骨折端发生旋转错位,分别记录旋转 5°和 10°时的旋入力矩。⑤取出齿突螺钉,移去枢椎体部分后,重新旋入齿突部,根据已测的齿突钉道长度,确保螺钉头穿过齿尖皮质,测试螺钉最大轴向拔出力,加载速率设为 5 mm/min,观察载荷-变形曲线,读出最大拔出力。⑥矢状剖面解剖道,观察钉道骨质构成。

1.4 统计处理方法 采用 SPSS 10.0 统计软件进行分析,不同角度截骨组各项指标的比较采用单因素 3 水平方差分析,均数间两两比较采用 SNK 法。

2 结果

2.1 截骨角度与齿突螺钉最大旋入力矩、骨折前后移位关系 结果见表 1。实验中,0°位骨折移位最小,随着截骨角度的增大,移位增加,在 25°组中最大移位 3.68 mm,所有骨折错位均向前移位,3 组间差异有统计学意义($F=15.519, P<0.05$)。未发现最大旋入力矩与截骨角度间的关系($F=1.373, P>0.05$)。

2.2 截骨角度与扭转力矩关系 结果见表 1。实验表明在造成同样扭转移位时,截骨角度越大,抗扭转力矩越大,而随着扭转移位的增加,抗扭转力矩增大。0°组抗扭转最差,17°截骨时抗扭转 5°的力矩最好,相互间差异有统计学意义($F=4.545, P=0.026$),25°截骨时抗扭转 5°的力矩最好,相互间差异有统计学意义($F=11.401, P=0.001$)。

2.3 截骨角度与齿突段钉道长度、螺钉拔出力 结果见表 1。3 组间螺钉最大轴向拔出力差异无统计学意义($F=0.040, P=0.961$),螺钉长度差异也无统计学意义($F=0.350, P=0.710$)。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,齿尖部由皮质骨构成。

2.4 截骨角度与水平剪切刚度 结果见表 2。4 个水平方向的剪切刚度测试结果表明,25°组在上下方向的剪切刚度较小,但与其他 2 组比较差异无统计学意义($F=0.180\sim 2.604, P=0.105\sim 0.837$),3 组间差异无统计学意义($P=0.083\sim 0.804$)。

表 1 不同截骨角度与各测量参数值($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Measuring parameter values according to different angle of type II fracture line($\bar{x}\pm s$)

组别	最大旋入力矩 (N·m)	骨折移位 (mm)	抗扭转力矩(N·m)		螺钉拔出力(N)	齿突段钉道 长度(mm)
			5°	10°		
0°截骨组	4.53±2.59	0.70±0.61	2.75±1.52	3.88±1.87	856±299	9.98±1.62
17°截骨组	6.18±2.22	1.61±0.64	5.46±2.13	8.55±2.93	810±264	10.21±1.17
25°截骨组	4.47±1.77	2.88±0.80	4.98±1.23	10.08±1.87	844±303	9.63±1.03

表 2 不同截骨角度与水平剪切刚度($\bar{x}\pm s, N/mm$)

Tab.2 Shear stiffness values according to different angle of type II fracture line($\bar{x}\pm s, N/mm$)

截骨角度	截骨前				截骨后			
	左	右	上	下	左	右	上	下
0°	0.35±0.20	0.74±0.26	0.46±0.52	0.57±0.35	2.14±1.52	1.86±1.52	2.57±1.76	1.68±0.73
17°	0.61±0.44	0.59±0.47	0.52±0.43	0.34±0.30	2.30±1.36	2.98±1.95	2.15±1.70	1.54±0.70
25°	0.32±0.24	0.28±0.16	0.58±0.29	0.46±0.24	3.00±0.77	3.00±0.49	3.13±1.32	1.25±0.46

3 讨论

自 1981 年 Böhler^[2]成功地对齿突骨折行螺钉固定以来,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得以保留等优点。然而,目前临床上对骨折线前下后上型的齿突 Anderson II 型骨折列入手术禁忌证^[3-5],主要顾虑螺钉在该型骨折固定时骨折端可能发生错位和不稳定^[5],但并未在生物力学方面做出解释。

齿突骨折端错位时,其接触面积明显减少,从而使骨折愈合率明显下降。在骨折线呈前下后上型骨折类型中,骨折线与螺钉趋向平行,随着螺钉加压,螺钉对齿突产生拉向前部的分力,从而使骨折端发生向前错位。我们的实验也证实了这点,0° 位错位最小,随着角度增大,齿突端向前移位增加,17° 平均为 2.3 mm,而 25° 的最大移位值达到 3.68 mm,使得骨折端接触面明显下降。因此,我们认为,从骨折端错位看,25° 不适用于齿突螺钉手术,而 17° 与 0° 组间错位无明显差异,可行齿突螺钉固定。

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。在实验中我们通过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,在水平剪切刚度测试中,不同截骨角度间并无明显差异;在抗旋转移位上,随着截骨角度增加,稳定性反而增强。这可能因截骨角度增加,截骨面增大,骨折端的接触面随之增加,骨折端间的抗旋转移位增大,截骨角 17° 和 25° 比 0° 在抗旋转移位稳定上更具生物力学优势。

随着齿突骨折角度增加,在齿突部的钉道长度减小,那么齿突对螺钉的把持力是否也随着减弱呢?对齿突螺钉最大轴向拔出试验发现,3 组不同截骨角度间无明显差别。对齿突钉道矢状位解剖观察中发现,基底部主要由松质骨构成,齿突

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,皮质骨对螺钉具有最大的把持力,而 3 组间皮质骨在钉道上的厚度无明显差异,这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是同样可靠的。目前临床上使用的螺钉螺纹长度多以干燥标本齿突长度为依据,选用 1 cm^[6],它忽略了钉道的骨质构成,在本组 20 具新鲜标本解剖中,齿突部钉道长 1 cm 以下占 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,不能在骨折端产生加压作用,在试验中其抗轴向拔出生物力学特性,提醒我们在临床上对骨折造成远端长度短于 1 cm 的齿突骨折病例,通过缩短螺纹,仍可使用螺钉固定的可能。

通过对前下后上型齿突骨折螺钉固定生物力学试验研究,并不是所有该型骨折都是螺钉固定的禁忌证,17° 角在齿突螺钉固定后在骨折端错位和生物力学稳定性方面表现仍较好,提示小于 17° 的前下后上型骨折可用齿突螺钉固定治疗。

参考文献

- Hohl M. Normal motions in the upper portion of the cervical spine. J Bone Joint Surg (Am), 1964, 46: 1777-1779.
- Böhler J. Screw-osteosynthesis of fracture of the dens axis (author's transl). Unfallheilkunde, 1981, 84: 221-223.
- Song KJ, Lee KB, Kim KN. Treatment of odontoid fractures with single anterior screw fixation. J Clin Neurosci, 2007, 14: 824-830.
- Fountas KN, Kapsalaki EZ, Karampelas I, et al. Results of long-term follow-up in patients undergoing anterior screw fixation for type II and rostral type III odontoid fractures. Spine, 2005, 30: 661-669.
- Rao G, Apfelbaum RI. Odontoid screw fixation for fresh and remote fractures. Neurol India, 2005, 53: 416-423.
- 于晓巍,张烽,侍宏,等.齿状突 II 型骨折前路内固定脊状钛螺钉的研制及生物力学研究.中国矫形外科杂志,2002,10(10):992-995.

(收稿日期:2007-12-17 本文编辑:连智华)

中国中西医结合学会脊柱医学专业委员会 2008 年学术会议征文通知

为促进脊柱医学的发展和学科建设,更好地为脊柱医学工作者提供展示不同学术观点的交流平台,中国中西医结合学会脊柱医学专业委员会 2008 年度学术年会定于 6 月在福州召开。本届年会由中国中西医结合学会脊柱医学专业委员会主办、福建省中西医结合学会骨科分会及福建省人民医院承办。参会者授予国家级继续教育 I 类学分。

1 征文内容:①脊柱医学的基础理论及临床实践;②整脊手法操作技巧;③颈肩腰腿痛理论研究和临床诊疗方法探讨;④脊柱生物力学研究及生物信息系统的理论讨论和实验研究;⑤脊柱外科的基础研究;⑥脊柱微创手术的研究进展以及微创器械的研制;⑦脊柱相关疾病的基础和临床研究以及诊疗方法;⑧脊柱脊髓损伤的康复及并发症的预防和治疗;⑨与脊柱医学相关的医疗器械的研发以及一些相关药物的开发应用。

2 征文要求:①符合会议内容,具有科学性、先进性、实用性;②正文 4 000 字以内,附 400 左右摘要一份,包括研究目的、方法、结果及结论;③来稿请用 A4 纸,5 号字打印,并附寄 Word 格式论文软件或网上投稿。请注明作者姓名、工作单位、邮政编码、联系电话、电子信箱地址。

3 稿件请寄:福建省福州市八一七中路 602 号福建省人民医院骨科韩大为收(邮编 350004)。电话:0591-87557895。欢迎网上投稿,电子信箱:handawei@medmail.com.cn