

# 胸椎椎弓根根外固定螺钉拔出力的实验研究

崔新刚, 张佐伦, 孙建民, 袁泽农, 蒋振松

(山东省立医院脊柱外科 250021 济南市)

**【摘要】目的:**比较两种胸椎椎弓根根外固定方法与经椎弓根固定方法的螺钉拔出强度,评价胸椎椎弓根根外固定的生物力学效果。**方法:**新鲜胸椎标本 4 具,共 32 个肋骨-椎骨序列,根据螺钉固定方法不同分为 3 组,A 组采用经椎弓根固定,B 组采用经横突-椎体固定,C 组采用经改良肋横突法固定。根据所用螺钉规格不同将其分为 4 种不同测试条件:D1,螺钉直径 5.5mm,长度 40mm;D2,螺钉直径 5.5mm,长度 45mm;D3,螺钉直径 6.5mm,长度 45mm;D4,螺钉直径 6.5mm,长度 50mm。测试 3 种固定方法下的螺钉拔出力,并做统计学分析对比。**结果:**D1 条件下 A 组拔出力为  $787.0 \pm 119.3\text{N}$ ,B 组为  $706.2 \pm 109.4\text{N}$ ,C 组为  $616.1 \pm 82.3\text{N}$ ,3 组间比较有显著性差异 ( $P < 0.01$ );D2 条件下 A 组拔出力为  $862.3 \pm 128.7\text{N}$ ,B 组为  $811.4 \pm 113.6\text{N}$ ,C 组为  $655.1 \pm 92.2\text{N}$ ,A、B 组间比较无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),A、B 组与 C 组比较有显著性差异 ( $P < 0.01$ );D3 条件下,A 组拔出力为  $855.3 \pm 117.1\text{N}$ ,B 组为  $938.0 \pm 131.5\text{N}$ ,C 组为  $861.3 \pm 117.8\text{N}$ ,A、C 组间比较无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),A、C 组与 B 组比较有显著性差异 ( $P < 0.01$ );D4 条件下 A 组拔出力为  $864.3 \pm 120.9\text{N}$ ,B 组为  $959.6 \pm 135.2\text{N}$ ,C 组为  $941.2 \pm 115.4\text{N}$ ,A 组与 B、C 组比较均有显著性差异 ( $P < 0.01$ ),B、C 组间比较无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。**结论:**使用直径 6.5mm、长度 45~50mm 的螺钉固定时,胸椎椎弓根根外固定螺钉拔出力优于椎弓根固定,有较好的生物力学效果。

**【关键词】** 胸椎;椎弓根外;内固定;拔出力;生物力学

中图分类号:R687.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2007)-07-0535-04

**Experiment on screw pull-out strength of the extrapedicular fixation methods/CUI Xingang,ZHANG Zuolun,SUN Jianmin,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2007,17(7):535-538**

**【Abstract】 Objective:**To compare the screw pull-out strength between two extrapedicular instrumentations and transpedicular instrumentation and to evaluate their biomechanical effect.**Method:**Four fresh thoracic specimens with a total of 32 rib-pedicle units were divided into three groups according to different fixation: transpedicular technique(group A),the transverse process-vertebra(group B),modified costre-transverse process (group C).4 conditions defined as:group D1 with the screw diameter of 5.5mm and length of 40mm;group D2 with screw diameter of 5.5mm and length of 45mm;group D3 with screw diameter of 6.5mm and length of 45mm;group D4 with screw diameter of 6.5mm and length of 50mm were added in each group,the pull out forces of the screws in three different techniques(group A,B and C) were tested and compared separately.**Result:**Under D1 condition,the transpedicular technique (group A) had the highest pullout force of  $787.0 \pm 119.3\text{N}$ ,significant difference was found between transpedicular group and the two extrapedicular groups ( $P < 0.01$ ).Under D2 condition,the group A has the highest pullout force of  $862.3 \pm 128.7\text{N}$ ,but no significant difference was found in three methods ( $P > 0.05$ ).Under D3 condition,group B had the highest pullout force of  $938.0 \pm 131.5\text{N}$ ,group A had the minimum pullout force of  $855.3 \pm 117.1\text{N}$ ,and significant difference was found between them ( $P < 0.05$ ).Under D4 condition,the two extrapedicular methods had the highest pullout force,and significant difference was found in extrapedicular and transpedicular methods ( $P < 0.05$ ).**Conclusion:**With the screw of 6.5mm in diameter and 45mm or 50mm in length,the extrapedicular method has the higher screw pullout force than transpedicular method can supply.

**【Key words】** Thoracic spine;Extrapedicular fixation;Internal fixation;Pullout force;Biomechanics

**【Author's address】** Department of Spine Surgery,Shandong Provincial Hospital,Ji'nan,250021,China

第一作者简介:男(1971-),主治医师,医学博士,研究方向:脊柱外科  
电话:(0531)85187823 E-mail:like6968504@163.com

许多研究表明,螺钉固定的力学强度与螺钉直径及长度成正相关,但由于胸椎椎弓根解剖上较为窄细的特点,置入较粗长螺钉会引起严重并

发病,在一定程度上限制了其生物力学效果的发挥。传统的肋骨横突法(椎弓根-肋骨单元螺钉固定法)是胸椎椎弓根根外固定的锥形,可允许应用较粗、较长的螺钉,但解剖研究发现,该固定方法存在解剖学上的缺陷<sup>[1]</sup>,有关该方法的生物力学研究国内外较少,仅有的几篇文献观点也不一致<sup>[2-4]</sup>。我们在解剖研究基础上改良了以往的肋骨横突法,并设计了经横突-椎体固定法<sup>[1]</sup>;测试这两种根外固定方法的螺钉拔出力,与经椎弓根固定螺钉拔出力进行比较,以验证这两种胸椎椎弓根根外固定方法的生物力学可靠性。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

成人冷冻胸椎标本 4 具(T1~T10 节段),排除脊柱外伤、退变性疾病、肿瘤和骨质增生及脊柱畸形。截取解离成 32 个完整肋骨-椎骨单元(T2~T9),去除椎旁肌肉、脂肪和结缔组织等软组织,实验前将标本放于室温下自然解冻,标本编号分组备用。不同长度和直径的螺钉均为钛合金材料(由北京富乐公司提供)。

### 1.2 分组设计

分组:根据螺钉固定方法不同分为 3 组,A 组,经椎弓根法;B 组,经横突-椎体法;C 组,经改良肋横突法。每一肋骨-椎骨单元的每一侧作为一个测试个体,共 32 个试验单元,随机(32 块混合,不辨源自哪一具尸体)均分(T2~T9 各一)为 4 份,每份 8 个试验单元,分别用于不同规格螺钉固定:D1,螺钉直径 5.5mm,长度 40mm;D2,螺钉直径 5.5mm,长度 45mm;D3,螺钉直径 6.5mm,长度 45mm;D4,螺钉直径 6.5mm,长度 50mm。分别进行三种方法的螺钉拔出力试验。

测试顺序:单侧先行经椎弓根法固定测试;然后于另一侧行经横突-椎体法固定测试;最后在经椎弓根法固定过的一侧用改良肋横突法固定测试(因改良肋横突法钉道比经横突-椎体法钉道离椎弓根钉道远些,对尽量减小实验误差有利)。

### 1.3 固定方法

全部实验由同一人操作,每一进钉路径都严格按照规定技术参数操作,螺钉最后一道螺纹完全进入骨皮质为深度标准。进钉点:经椎弓根法进钉点位于上关节突基底外 1/3 点;进钉角度:T1~T4 内倾 20°,T5~T10 内倾 10°~15°,尾倾 10°。改良肋

横突法进钉点位于横突末端肋横突关节中点处,进钉内倾角度 T1~T10 从 40°开始逐渐减小,每椎序减小 2°,减至 25°为止,尾倾 0°;经横突-椎体法进钉点位于横突中点,进钉内倾角度 T1~T10 从 30°开始逐渐减小,每椎序减小 2°,减至 15°为止,尾倾 0°。固定方式见图 1。

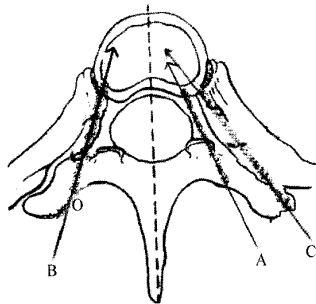


图 1 三种内固定方法示意图(A:经椎弓根固定;B:经横突固定;C:改良肋横突固定;O,横突中点)

### 1.4 拔出力测试

实验使用 MTS858 Mini Bionix 生物力学实验机,传感器型号为 662.20D-03,传感器直接连接计算机。设置实验机拔出速度 2mm/min,最大拉力 3000N,最大位移 10mm。用特制夹具将单个椎体固定,确保不发生撬拨和位移。为使螺钉垂直拔出,仅产生轴向拔出力,无其他方向分力,用专门模具固定螺钉尾部,测试前通过软件调整模具和螺钉之间的力,将拔出力的初始数据归零,以免产生正向及负向的初始力。开始加载后,螺钉大部拔出即中止测试。加载后通过软件可直接得出拔出过程中的拔出力变化,从而得出最大拔出力。

### 1.5 统计学处理

所得数据采用 SPSS 10.0 软件进行统计和分析。方法用 One-Way ANOVA,用 Tukey *t* 检验、Dunnett *t* 检验进行两两比较。显著性水准均设定在  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

见表 1。D1 螺钉固定下 A 组具有最大拔出力,B 组次之,C 组最小,各组间差异有显著性( $P<0.01$ )。D2 螺钉固定下 A 组拔出力最大,B 组次之,C 组最小,但 A 组与 B 组差异无显著性( $P>0.05$ )。D3 时,B 组拔出力最大,C 组次之,A 组最小,B 组与 A 组差异有显著性( $P<0.05$ )。D4 螺钉固定时,B 组有最大拔出力,C 组次之,A 组最小,

表 1 不同长度和直径螺钉三种固定方法的螺钉拔出力

 $\bar{x} \pm s$  (min~max) (n=8, N)

	D1	D2	D3	D4
经椎弓根固定 (A 组)	787.0±119.3 (600.0~1100.4)	862.3±128.7 (670.1~1150.6)	855.3±117.1 (650.3~1100.5)	864.3±120.9 (652.0~1107.1)
经横突椎体固定 (B 组)	706.2±109.4 <sup>①</sup> (491.2~1000.0)	811.4±113.6 <sup>②</sup> (640.6~1102.6)	938.0±131.5 <sup>③</sup> (671.1~1200.0)	959.6±135.2 <sup>③</sup> (673.6~1251.0)
经改良肋横突固定 (C 组)	616.1±82.3 <sup>①⑤</sup> (481.3~741.2)	655.1±92.2 <sup>①⑤</sup> (491.2~802.2)	861.3±117.8 <sup>②⑤</sup> (630.2~1102.2)	941.2±115.4 <sup>③⑥</sup> (670.0~1202.2)

注:与 A 组比较<sup>①</sup>P<0.01, <sup>②</sup>P>0.05, <sup>③</sup>P<0.05;与 B 组比较<sup>④</sup>P<0.01, <sup>⑤</sup>P<0.05, <sup>⑥</sup>P>0.05

B、C 组与 A 组比较差异有显著性(P&lt;0.05)。

### 3 讨论

#### 3.1 影响内固定螺钉拔出力的因素

Hackenberg 等认为增加螺钉轴向拔出力的方法有增大螺钉外径,加深进钉深度,增加螺钉螺距间距等<sup>①</sup>,其他重要的因素还有骨密度<sup>②</sup>、螺钉外形。韦兴等<sup>③</sup>的研究发现,螺钉/椎弓根直径比在 40%~70%之间时,拔出强度明显受其影响,但直径比在 55%~70%和 70%~85%组间的最大拔出力没有统计学差异(P>0.05)。Brantley 等报道 70%为最佳的螺钉/椎弓根直径比,而大于 90%时拔出力不再显著增加<sup>④</sup>。

#### 3.2 胸椎椎弓根根外固定的螺钉拔出特点

由于胸椎椎弓根允许通过的螺钉直径有限,在经椎弓根固定时试图靠增大螺钉直径来增加固定强度有时难以实现。临床上常用的直径 5mm 或 5.5mm 的螺钉较适合经椎弓根固定,再增大螺钉直径时经椎弓根固定的拔出力增加不明显甚至降低,分析原因可能是由于较粗的螺钉挤爆了椎弓根壁,而致螺钉应有的把持力下降所致<sup>⑤</sup>。有研究表明,增加螺钉拔出力的条件除增大螺钉外径,另一个重要的条件是加深进钉深度。容纳螺钉的骨性路径长度要大于螺钉的长度,螺钉/骨钉道长度(深度)比为 60%~80%为宜<sup>⑥</sup>;椎弓根根外固定时,椎弓根-肋骨单元的足够宽度和长度可充分满足增大螺钉外径和长度来提高拔出力所需的条件,较之经椎弓根固定有明显的客观优势。已有研究表明,传统肋骨横突法与经椎弓根法相比,螺钉拔出并不弱于经椎弓根固定<sup>⑦</sup>。类似的根旁固定法螺钉拔出研究也得出了相似的结论<sup>⑧</sup>。本实验显示,使用较细较短的螺钉(直径 5.5mm,长度 40~45mm),胸椎椎弓根根外固定不如经椎弓

根固定坚强;但当使用较粗较长的螺钉时(直径 6.5mm,长度 45~50mm),胸椎椎弓根根外固定螺钉拔出力优于经椎弓根固定,具有较好的力学效果。

#### 3.3 胸椎椎弓根根外固定的临床意义

胸椎椎弓根根外固定不仅具有解剖学的可行性<sup>①</sup>,而且由于胸椎椎弓根根外固定在适宜规格的螺钉固定下,其螺钉拔出力优于经椎弓根固定,这进一步表明该方法的可行性及临床价值。特别是在脊柱侧凸等畸形时,有些椎弓根严重变细或严重变形,根本无法行经椎弓根固定,此时选用适宜的螺钉行根外固定,可收到理想的固定效果。术前对畸形段脊柱行 CT 扫描,事先了解椎弓根宽度、椎弓根-肋骨单元宽度和长度、椎体旋转角度等参数,制定个体化置钉方案,对过于窄细(<3mm)及变形严重的椎弓根术中可行根外固定。

由于本组标本有限,T2~T9 椎弓根直径差别也较大,可能对实验结果造成一定影响,若在标本充足的情况下对足够数量的同一节段椎体进行本实验对三种方法进行比较应是最理想的。

### 4 参考文献

1. 崔新刚,张佐伦,陈海松,等.胸椎椎弓根根外内固定的应用解剖学研究及意义[J].中华创伤杂志,2005,21(10):768-772.
2. Morgenstern W, Ferguson SJ, Bery S, et al. Posterior thoracic extrapedicular fixation: a biomechanical study[J]. Spine, 2003, 28(16):1829-1835.
3. 殷渠东,郑祖根,蔡建平.置入胸椎“椎弓根-肋骨”单元螺钉的应用解剖和力学测试[J].中国临床解剖学杂志,2005,23(5):538-539.
4. 韦兴,侯树勋,史亚民,等.胸椎经“椎弓根-肋骨间螺钉”与椎弓根螺钉的抗拔出比较[J].中国脊柱脊髓杂志,2006,16(8):623-625.
5. Hackenberg L, Clahsen H, Halm H. Einflussfaktoren of die verankerungsstabilita von wirbel saulenknoschenschrauben; an experiment study [Factors influencing the anchoring stability of spinal bone screws; an experimental study][J]. Z Orthop Ihre

- Grenzgeb, 1998, 136(5):451-456.
6. Hackenberg L, Link T, Liljenqvist U. Axial and tangential fixation strength of pedicle screws versus hooks in the thoracic spine in relation to bone mineral density [J]. Spine, 2002, 27(9):937-942.
7. 韦兴, 侯树勋, 赵卫东, 等. 胸椎椎弓根螺钉拔出强度的生物力学测试[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(5):386-387.
8. Brantley C, Anna G, Jack K, et al. The effects of pedicle screw fixation [J]. Spine, 1996, 19(5):1752-1756.
9. Balaband L, Gallard E, Skalli W, et al. Biomechanical evaluation of a bipedicular spinal fixation system: a comparative stiffness test [J]. Spine, 2002, 27(17):1875-1880.
10. Balaband L, Gallard E, Skalli W, et al. Biomechanical evaluation of a bipedicular spine fixation device: three different strength tests [J]. Eur Spine J, 2003, 12(5):480-486.

(收稿日期: 2006-10-16 修回日期: 2007-03-22)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 彭向峰)

## 短篇论著

# 经椎间孔椎间融合椎弓根螺钉内固定治疗椎间盘源性腰痛

龙树明<sup>1</sup>, 吴术红<sup>2</sup>, 李启运<sup>1</sup>

(1 宁波市中医院骨科 315010 浙江省宁波市; 2 遵义医学院第一附属医院骨科 563003 贵州省遵义)

中图分类号: R681.5 文献标识码: B 文章编号: 1004-406X(2007)-07-0538-02

我院 2003 年 2 月~2005 年 4 月共收治椎间盘源性腰痛患者 19 例, 均行经椎间孔椎间融合(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)及椎弓根螺钉内固定术治疗, 近期随访疗效满意, 报告如下。

**临床资料** 本组男 12 例, 女 7 例, 年龄 26~47 岁。均有 L4~S1 棘突间、髂后、臀后、大腿后外侧等处酸胀痛, 活动后尤其是站立时症状加重, 不能久坐。均经过 6 个月以上保守治疗无缓解。动力位 X 线片未见腰椎不稳征象, MRI 检查均提示 L4/5 或 L5/S1 髓核 T2 加权像低信号和纤维环撕裂, 无椎间盘突出。腰椎间盘造影时诱发疼痛者 17 例, 其余 2 例依据 MRI 检查及表现综合确诊。

**手术方法** 全麻, 患者俯卧于腰桥上。取病变节段后正中入路, 显露腰椎。保留棘上、棘间韧带, 骨膜下剥离椎旁肌, 注意避免损伤小关节囊。切除病变节段下关节突和上关节突上部, 切除少量椎板, 显露并切除黄韧带外缘, 显露椎间隙的外侧 1/3、硬膜囊和发出的神经根。安置手术侧竖棒, 进一步撑开椎间隙, 在纤维环后外侧开窗, 使中间部分的后纵韧带保持完好, 彻底切除椎间盘, 用刮匙去除终板皮质; 先于靠腹侧的椎间隙植入碎骨粒, 再根据椎间隙大小, 取自体髂骨块嵌入。拧入椎弓根钉进行加压, 抱紧植骨块并产生前凸, 后侧和后外侧植骨床去皮质, 植入自体髂骨颗粒。

术后常规卧床 3~5d 后行腰背肌功能锻炼, 1 周后在腰围保护下逐渐开始行走。

术前、术后腰痛症状采用 JOA 评分标准进行评定, 随访结果以改善率表示, 改善率=(随访时评分-术前评分)/(29-术前评分)×100%。于术后 6 周、3 个月、6 个月、12 个月及 24 个月时复查腰椎正侧位、站立过伸、过屈侧位及 Ferguson 位 X 线片以观察融合间隙是否融合。融合与否根

据赵杰等<sup>[1]</sup>放射学融合评定标准判断: ①采用摄片重叠法确定腰椎屈-伸活动时椎体间无相对运动; ②腰椎正、侧位 X 线片上有连续的骨小梁通过移植骨和椎体的界面(且界面处无间隙)。

**结果** 手术时间 1.5~3h, 平均 2h; 术中出血 200~500ml, 平均 300ml。术中无神经根、大血管损伤等严重并发症, 术后无一例伴有根性症状及马尾神经受损表现。随访 12~24 个月, 平均 19 个月。术前 JOA 评分平均 6 分, 末次随访时 27 分, 改善率为 92%。17 例患者影像学显示骨融合(图 1), 腰痛改善满意; 2 例未融合, 仍有腰痛, 但较术前腰痛减轻, 目前仍在随访中。

**讨论** 由于椎间盘源性腰痛客观体征少, 又无特异的生化指标, 因而到目前为止无统一的诊断标准, 诊断十分困难。X 线或 CT 片对诊断椎间盘源性腰痛只能提供参考。由于椎间盘内脱水, 退变椎间盘在 MRI T2 加权像上表现为低信号改变, 而 50 岁以上人群中椎间盘退变是普遍的, MRI 不能区分在 T2 加权上信号减弱的椎间盘是正常老化的椎间盘还是疼痛的病理椎间盘。因此, MRI 用于诊断椎间盘源性腰痛也受到很大限制。本组患者 MRI 检查时 19 例均表现为病变椎间隙信号强度减弱, 其中有 27 个对应的椎间盘 T2 加权信号减弱, 这说明 MRI 上椎间盘信号强度的改变缺乏足够的特异性。

腰椎间盘造影术是目前诊断椎间盘源性下腰痛的最重要手段, 它能确定哪一个椎间盘是疼痛的椎间盘。椎间盘造影术的关键特点是患者对椎间盘刺激的疼痛复制反应。本组患者术前行造影产生准确的腰痛复制者 17 例。

椎间盘源性腰痛的确切机制尚未阐明, 但大多数学者认为其是力学和化学机制共同作用的结果<sup>[2]</sup>。大多数学者

(下转第 542 页)