

# 枢椎后路 3 种螺钉固定技术的解剖学和生物力学研究进展

胡勇, 徐荣明

(宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】** 阐述枢椎后路 3 种螺钉固定的可行性并进行解剖学和生物力学比较, 枢椎后路 3 种螺钉固定技术在解剖学和生物力学是可行的, 宜首先选择枢椎椎弓根螺钉固定。

**【关键词】** 枢椎; 骨折固定术, 内; 解剖学; 生物力学; 综述文献

**Study advancement of anatomy and biomechanics of posterior three type screw fixation techniques of axial** HU Yong, XU Rong-ming. The Ningbo 6th Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China

**ABSTRACT** To explain the possibility of the placement of posterior three types screw instrument, and to compare the morphology and biomechanics difference among them. It is feasible and reliable for posterior three types screw instrument in anatomy and biomechanics. Axial pedicle screw would be best choice among posterior three types screw instrument.

**Key words** Axis; Fracture fixation, internal; Anatomy; Biomechanics; Review literature

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2009, 22(2): 153-165 www.zggszz.com

枢椎螺钉具有承上启下的重要功能, 现有的枢椎后路螺钉固定技术主要包括枢椎椎弓根螺钉<sup>[1]</sup>、枢椎侧块螺钉<sup>[2]</sup>和枢椎椎板螺钉<sup>[3-5]</sup>等。为此, 枢椎的解剖生物力学特点及其临床意义也越来越为人们所重视<sup>[6-11]</sup>。

## 1 枢椎后路 3 种螺钉固定技术的界定

解剖学定义中所谓椎弓根是指连接于椎体侧后方和椎板之间的部分。而目前有关枢椎的应用解剖和临床研究中, 所指的椎弓根则与其他椎骨不同, 为“狭义椎弓根”, 特指枢椎上关节面和下关节突之间的部分, 即峡部。侧块螺钉固定指螺钉全程位于侧块内的固定方法, 即以枢椎下关节突的内缘和下缘为定位标志, 其外、上各 2 mm 的交点作为枢椎侧块螺钉的进钉点, 枢椎上关节面的后缘, 即峡部的上方为出钉点, 螺钉的钉道完全位于侧块内<sup>[2]</sup>, 从而与经峡部进入枢椎椎体的椎弓根螺钉固定相区别。以枢椎棘突中线和枢椎椎板上缘为定位标志<sup>[3-4, 11]</sup>, 根据其进钉点的上下位置分别称为枢椎上位椎板螺钉和枢椎下位椎板螺钉。枢椎上位椎板螺钉的进钉点距枢椎棘突中线和枢椎椎板上缘各 5 mm; 枢椎下位椎板螺钉的进

钉点位于上位螺钉对侧, 距枢椎棘突中线 5 mm, 距枢椎椎板上缘 9 mm; 分别由对侧的下关节突中心点出钉, 构成上下交叉固定。

## 2 枢椎椎弓根和侧块螺钉固定技术的解剖学研究进展

由于枢椎椎弓根与横突孔位置紧邻, 经枢椎椎弓根内固定有损伤椎动脉之虞。当枢椎椎弓根的高度或宽度小于 5 mm, 则不宜行直径 3.5 mm 的椎弓根螺钉固定。胡勇等<sup>[11]</sup>测得枢椎椎弓根的上缘宽度平均为 7.6 mm, 均大于 5 mm; 枢椎椎弓根的中部宽度平均为 5.66 mm, 18.9% 小于 5 mm, 5.8% 小于 3.5 mm; 枢椎椎弓根下缘宽度平均为 3.68 mm, 74.7% 小于 5 mm, 40.5% 小于 3.5 mm。枢椎椎弓根外缘高度平均为 5.68 mm, 39.8% 小于 5 mm, 5.1% 小于 3.5 mm; 提示螺钉钉道最好经峡部的中上部走行, 因此在进行枢椎椎弓根和侧块螺钉固定时, 进钉点宜上不宜下, 上斜角度宜大不宜小。因此, 有接近 90% 的患者适合枢椎侧块螺钉固定, 而适合枢椎椎弓根螺钉固定的则仅接近 80%。枢椎椎弓根外缘高度平均为 5.68 mm, 39.8% 小于 5 mm, 5.1% 小于 3.5 mm; 枢椎椎弓根内缘高度平

煤炭医学院学报, 2007, 9(3): 330-332.

[2] 张乃峥. 临床风湿病学. 上海: 上海科技出版社, 1997. 354-355.  
[3] Malemud CJ, Islam N, Haqqi TM. Pathophysiological mechanisms in osteoarthritis lead to novel therapeutic strategies. Cells Tissues Organs, 2003, 174(1-2): 34-48.  
[4] 管剑龙, 施桂英, 韩星海, 等. 骨关节炎患者血清和滑液中金属蛋白酶-2 和-9 的研究. 中华风湿病学杂志, 2001, 5(2): 102-105.  
[5] Wang CT, Lin J, Chang CJ, et al. Therapeutic effects of hyaluronic

acid on osteoarthritis of the knee. A meta-analysis of randomized controlled trials. J Bone Joint Surg (Am), 2004, 86(3): 538-545.

[6] Salk RS, Chang TJ, D'Costa WF, et al. Sodium hyaluronate in the treatment of osteoarthritis of the ankle: a controlled, randomized, double-blind pilot study. J Bone Joint Surg (Am), 2006, 88(2): 295-302.

(收稿日期: 2008-09-02 本文编辑: 连智华)

均为 8.44 mm,均大于 5 mm。提示进行枢椎椎弓根螺钉或枢椎侧块螺钉固定时,需要一定的内斜角度,而且内斜角度也宜大不宜小。另外,枢椎椎弓根的高度明显大于宽度,因而枢椎椎弓根的宽度是进行枢椎椎弓根螺钉或枢椎侧块螺钉固定的主要限制因素。枢椎椎弓根钉道长度平均为 24.78 mm,最短 19.47 mm,最长 30.73 mm,提示术中可采用长度 19~30 mm 的螺钉。枢椎侧块螺钉长度平均 18.52 mm,最短 14.15 mm,最长 20.83 mm,提示术中可采用长度 14~20 mm 的螺钉<sup>[11]</sup>。枢椎椎弓根钉道长度大于侧块螺钉,提示枢椎椎弓根螺钉具有较大的固定强度。枢椎侧块螺钉的内斜角度和上斜角度平均分别为 6°和 59°,枢椎椎弓根的内斜角度和上斜角度平均分别为 32°和 36°<sup>[11]</sup>。以上结果说明枢椎椎弓根螺钉上斜角度比枢椎侧块螺钉小。由此可见,凡适合枢椎椎弓根螺钉固定的患者均适合枢椎侧块螺钉固定,但在临床工作中应优先选择枢椎椎弓根螺钉固定。

### 3 枢椎椎板螺钉固定技术的解剖学研究进展

枢椎解剖结构独特,其椎板和棘突在颈椎中粗大、坚强,为椎板螺钉固定提供了可能。Wright<sup>[3]</sup>应用 4 mm×30 mm 万向螺钉安全进行了枢椎椎板固定,可能与西方人枢椎较国人粗大有关。马向阳等<sup>[4]</sup>对该固定技术进行了细化和改良,对上位和下位枢椎椎板螺钉的进针位置进行了具体的界定。上位螺钉的进针位置定位于距椎板上缘 5 mm 处,下位螺钉定位于距对侧椎板上缘 9 mm 处,并各自从其对侧的下关节突中心点出钉,螺钉轨迹走行于解剖结构相对宽大的部分,避免了螺钉进入椎管的潜在危险。手术固定时,确定进针点后,手锥瞄准出针点缓缓旋进锥,上位椎板螺钉前斜和下斜角度平均分别为 26.4°和 7.6°;下位椎板螺钉前斜和上斜角度平均分别为 30.1°和 1.4°。当手锥尖端进入枢椎椎板后,在松质骨中走行时阻力较小,当进入深度超过 20 mm 并遇阻力增加时,应再次检查进针方向是否瞄准了对侧下关节突的中心点。钻破该处骨皮质,测深后攻丝,置入相应长度(22~30 mm)直径 3.5 mm 皮质骨螺钉。张丙磊等<sup>[5]</sup>测得枢椎椎板上部厚度平均 4.34 mm,中部厚度平均 6.10 mm,下部厚度平均 6.16 mm,椎板高度平均 12.30 mm,提示直径 3.5 mm 螺钉交叉固定于中部和下部是可行的。双侧螺钉进针点应分别位于椎板中 1/3 和下 1/3 轴线与棘突根部交点处。椎板中部厚度小于 5 mm 者 8 例(16%),椎板下部厚度小于 5 mm 者 9 例(18%),因同侧中、下部或者双侧中或下部椎板厚度小于 5 mm 而不能安全置入螺钉者 6 例,仅占 12%。椎弓根中部宽度小于 5 mm 的 11 例中,有 2 例因椎板厚度同时小于 5 mm 而不能行椎板螺钉固定,占 4%。说明椎弓根宽度小的枢椎仅少数同时伴有椎板厚度小,提示枢椎椎弓根宽度与椎板厚度之间无明显相关性。枢椎椎板螺钉入针点至椎动脉孔的距离平均为 32.52 mm,至枢椎侧块的距离平均为 28.23 mm,提示应用长度为 25 mm 的椎板螺钉不会侵入椎动脉孔,是安全可靠的。胡勇等<sup>[11]</sup>测得枢椎椎板上、中、下部的厚度平均分别为 3.15、6.54 和 5.45 mm,椎板高度平均为 12.76 mm。在枢椎椎板中下部位、左右交叉放置 2 枚直径 3.5 mm 的螺钉是完全允许的。枢椎椎板螺钉进针点与椎动脉孔的距离平均为 32.18 mm,枢椎椎板螺钉进针点与下关节突中点距离平均为 28.41 mm,最短 24.15 mm,最

长 35.42 mm,提示术中采用长度 24~30 mm 的椎板螺钉是安全可靠的。若置入单侧枢椎椎板螺钉可以选用直径稍粗的 4.0 mm 螺钉,进针点在距枢椎棘突中线和枢椎椎板上缘分别为 5 mm 和 6 mm,出针点指向下关节突的中心点,螺钉置入的方向应与椎板的方向相一致,并与椎板上、下缘平行。从解剖角度分析,枢椎椎板螺钉可在国人中广泛适用<sup>[11]</sup>。

### 4 枢椎椎弓根和侧块螺钉固定技术的生物力学研究进展

临床应用及生物力学研究表明,由枢椎椎弓根螺钉构成的固定系统具有理想的固定强度,可以满足植骨融合的力学稳定性要求,临床效果满意<sup>[12]</sup>。马向阳等<sup>[13]</sup>实验结果表明,枢椎椎弓根螺钉进行双皮质固定时的抗拔出力量最大,明显大于单皮质固定。但临床应用中,枢椎椎弓根螺钉基本上进行单皮质固定<sup>[14]</sup>,均取得了可靠的力学固定效果和良好的临床疗效,提示枢椎椎弓根螺钉仅需单皮质固定即可。枢椎单皮质椎弓根螺钉的抗拔出强度虽然大于枢椎双皮质侧块螺钉,但差异并无统计学意义,提示枢椎双皮质侧块螺钉的固定强度与单皮质椎弓根螺钉相当。单皮质侧块螺钉的拔出力量最小,其测量值仅及枢椎单皮质椎弓根螺钉的一半,因此在进行枢椎侧块螺钉固定时,不宜进行单皮质固定。然而,枢椎侧块螺钉是否绝对不能进行单皮质固定,其最终结论只能通过大量的临床应用验证后才能得出。临床上可以将枢椎侧块螺钉作为枢椎椎弓根螺钉的补充螺钉固定技术。总之,在临床上需要枢椎提供螺钉固定点时,宜首选枢椎椎弓根螺钉固定,次选枢椎侧块螺钉固定,但枢椎侧块螺钉宜选用双皮质固定。

### 5 枢椎椎板螺钉固定技术的生物力学研究进展

对于枢椎椎弓根宽度和高度细小患者,在行枢椎椎弓根螺钉固定时损伤椎动脉的危险性增加。此外,小儿患者,由于骨骼未完全发育,椎弓根普遍细小,在枢椎进行椎弓根螺钉固定就更为困难,危险性更大。为这部分患者在枢椎椎板提供螺钉锚点显得尤为必要。马向阳等<sup>[13]</sup>采用直径 3.5 mm 的皮质骨螺钉进行测试,而不采用松质骨螺钉,是考虑到枢椎椎板的厚度稍大于 3.5 mm,螺纹恰好嵌入椎板的内、外侧骨皮质内,而且是双皮质固定,采用皮质骨螺钉可获得坚强的固定;同时,对枢椎椎弓根螺钉、枢椎侧块螺钉的实验研究也都是采用皮质骨螺钉<sup>[13]</sup>,这样,枢椎椎板螺钉与枢椎椎弓根螺钉、枢椎侧块螺钉的抗拔出强度可比性更强。与 Wright 等<sup>[3]</sup>采用皮质骨螺钉固定的方法也一致。从马向阳等<sup>[15]</sup>螺钉拔出力的数据可以看出,无论是枢椎椎板螺钉、还是枢椎椎弓根螺钉和枢椎侧块螺钉,年龄越大,螺钉抗拔出强度越小,这可能与标本间的骨密度差异有关,也是造成统计结果中标准差较大的原因。马向阳等<sup>[15]</sup>研究结果还表明,枢椎单皮质椎弓根螺钉的抗拔出强度虽然在数值上大于枢椎双皮质椎板螺钉,但差异并无统计学意义,提示枢椎双皮质椎板螺钉的固定强度与单皮质椎弓根螺钉基本相当。Gorek 等<sup>[9]</sup>在寰枢椎固定中采用枢椎椎板螺钉固定,既避免损伤椎动脉的危险,同时提供了椎弓根螺钉固定相当的生物力学效应。因此枢椎椎板螺钉具有临床应用的解剖可行性、安全性和生物力学强度,可以为不适合枢椎椎弓根和侧块螺钉固定的患者在枢椎椎板提供螺钉的锚点。枢椎椎板螺钉固定技术生物力学性能在抵抗颈椎屈伸和轴向旋转方面可比得上后路关节突螺钉固定和 C<sub>1</sub>侧块至 C<sub>2</sub>椎弓根

结合钢缆固定技术。但在抵抗颈椎侧屈强度不够<sup>[9-16]</sup>。国外学者最近比较了 C<sub>1</sub> 侧块至 C<sub>2</sub> 椎弓根固定技术和 C<sub>1</sub> 侧块至 C<sub>2</sub> 椎板螺钉固定技术,认为这两种组合固定技术在 C<sub>1</sub> 至 C<sub>2</sub> 固定复合组合中可提供相等的稳定性<sup>[16-17]</sup>。但从螺钉的钉道路径来看,枢椎椎弓根螺钉是从枢椎下关节突表面的内上象限进针<sup>[17]</sup>,经枢椎椎弓根峡部和侧块内侧份进入椎体,螺钉经由枢椎的后、中、前三柱实现固定;而枢椎椎板螺钉是从棘突与椎板的交界处进针,在对侧椎板内走行,由对侧下关节突中心点穿出,螺钉路径完全位于枢椎的后柱,仅固定了后方的结构。而且,枢椎椎板螺钉的进钉点过于靠近中线,与其头侧或尾侧颈椎的螺钉进钉点在冠状面上相距甚远,使 3 个以上节段固定时连接棒的放置变得困难。在临床应用中,对于枢椎左、右两侧均不适合行椎弓根螺钉固定的患者,可在两侧使用椎板螺钉,螺钉交叉进入对侧椎板实现固定;而对于单侧不适合椎弓根螺钉固定的患者,既可以在两侧使用椎板螺钉,又可以组合使用椎弓根螺钉和椎板螺钉,即一侧进行椎弓根螺钉固定,另一侧进行椎板螺钉固定。

#### 参考文献

- [1] Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, et al. Morphology of the second cervical vertebra and the posterior projection of the C<sub>2</sub> pedicle axis. *Spine*, 1995, 20(3): 259-263.
- [2] 马向阳, 尹庆水, 夏虹, 等. 枢椎后路侧块螺钉固定的解剖研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2004, 14(7): 417-420.
- [3] Wright NM. Posterior C<sub>2</sub> fixation using bilateral, crossing C<sub>2</sub> laminar screws; case series and technical note. *J Spinal Disord Tech*, 2004, 17(2): 158-162.
- [4] 马向阳, 尹庆水, 吴增晖, 等. 枢椎椎板螺钉固定的解剖可行性研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2006, 16(1): 48-51.
- [5] 张丙磊, 张强, 余枫, 等. 枢椎椎板螺钉固定的解剖学研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2006, 16(1): 45-47.
- [6] Ebraheim NA, Fow J, Xu R, et al. The location of the pedicle and pars interarticularis in the axis. *Spine*, 2001, 26(4): E34-37
- [7] 侯黎升, 贾连顺, 谭军, 等. 枢椎各结构的解剖学部位研究. *中国临床解剖学杂志*, 2005, 23(1): 44-48.
- [8] 徐瑞生, 王立邦, 王刊石, 等. 寰椎椎弓和枢椎椎板的应用解剖. *解剖学杂志*, 2005, 28(1): 65-66.
- [9] Gorek J, Acaroglu E, Berven S, et al. Constructs incorporating intralaminar C<sub>2</sub> screws provide rigid stability for atlantoaxial fixation. *Spine*, 2005, 30(13): 1513-1518.
- [10] Matsubara T, Mizutani J, Fukuoka M, et al. Safe atlantoaxial fixation using a laminar screw (intralaminar screw) in a patient with unilateral occlusion of vertebral artery; case report. *Spine*, 2007, 32(1): E30-33.
- [11] 胡勇, 杨述华, 杨操, 等. 枢椎后路三种螺钉固定技术的定量解剖. *解剖学杂志*, 2007, 30(1): 73-76.
- [12] Harms J, Melcher RP. Posterior C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*, 2001, 26(22): 2467-2471.
- [13] 马向阳, 尹庆水, 吴增晖. 枢椎后路侧块螺钉与椎弓根螺钉固定强度的生物力学评价. *中华创伤杂志*, 2006, 22(5): 345-347.
- [14] 王超, 尹绍猛, 阎明, 等. 使用枢椎椎弓根螺钉和枕颈固定板的枕颈融合术. *中华外科杂志*, 2004, 42(12): 707-711.
- [15] 马向阳, 尹庆水, 吴增晖. 枢椎椎板螺钉与椎弓根螺钉抗拔出强度的比较. *中国脊柱脊髓杂志*, 2007, 17(2): 137-139.
- [16] Lapsiwala SB, Anderson PA, Oza A, et al. Biomechanical comparison of four C<sub>1</sub> to C<sub>2</sub> rigid fixative techniques; anterior transarticular, posterior transarticular, C<sub>1</sub> to C<sub>2</sub> pedicle, and C<sub>1</sub> to C<sub>2</sub> intralaminar screws. *Neurosurgery*, 2006, 58(3): 516-521.
- [17] 胡勇, 谢辉, 杨述华. 寰枢椎复合体解剖学研究及临床意义. *中国骨伤*, 2007, 20(3): 208-210.

(收稿日期: 2008-06-25 本文编辑: 王玉蔓)

## “奇正杯”止痛消肿外用药临床应用有奖征文通知

奇正止痛贴膏和青鹏膏剂是临床上广泛应用于骨骼肌肉疼痛的外用止痛药。为了更好地总结和评估奇正止痛贴膏和青鹏膏剂的临床疗效和交流临床用药经验,《中国骨伤》杂志社与西藏奇正藏药股份有限公司联合举办“奇正杯”奇正藏药止痛消肿外用药临床应用有奖征文活动。

**征文内容:**奇正止痛贴膏和奇正青鹏膏剂在骨伤科临床应用中的疗效观察。

**征文要求:**必须是未公开在杂志上发表的原创性的临床研究论文。在论文格式上按照《中国骨伤》杂志的论文格式,必须设有对照组,并附中英文摘要,请注明第一作者姓名、单位及科室、通讯地址和邮政编码,并附上单位介绍信。征文截止日期:2009年12月15日(以投稿者当地邮戳为准)。收稿地址:北京市朝阳区北四环中路131号中国藏学研究中心501室市场部,邮编:100101;也可通过电子邮件以Word格式投稿,E-mail:zhengwen\_qz@sina.com(注明“奇正征文”)。

**征文评选:**由主办单位聘请国内著名专家组成评审委员会,对收到的全部论文进行严格、公正的评审。评出:特等奖1篇,奖金10000元;一等奖2篇,奖金5000元;二等奖5篇,奖金3000元;三等奖8篇,奖金2000元;优秀奖20篇,奖金1000元。未获奖论文第一作者将获得价值200元纪念品一份。获奖的优秀论文通过审稿后择优在《中国骨伤》杂志上发表。