

## 综述

# 寰椎椎弓根螺钉置入技术的研究进展

## Advance of atlas pedicle screws instrumentation

王文军, 李学林

(南华大学第一附属医院脊柱外科 421001 湖南省衡阳市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.06.17

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2012)-06-0566-03

目前寰枢椎后路固定常用的技术有 Gallie 钢丝、Brooks 钢丝、Halifax 椎板夹、Apofix 椎板钩、Magerl 经侧块关节螺钉等方法固定。钢丝联合经关节螺钉(Brook+Magerl 术)方法固定能提供坚强的固定和较高的融合率,也有助于通过维持脊柱的力线而使脊髓得到间接减压,但经关节螺钉固定有并发椎动脉损伤的可能,而且不管采用哪种置钉技术,均需处理寰枢椎侧块关节后方的椎静脉丛方可显露进钉点。自从谭明生创造性应用寰椎椎弓根螺钉技术以来,该项技术得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。Tan 等<sup>[2]</sup>在对 50 具亚洲裔人寰椎标本进行形态学研究后提出,螺钉的进钉点应位于后弓的背侧,而不是从后弓的下方进入寰椎侧块,螺钉经寰椎后弓、峡部至侧块内,Resnick 等<sup>[3]</sup>称之为寰椎的椎弓根螺钉。寰椎椎弓根螺钉固定技术,即通常所说的经寰椎后弓侧块螺钉固定技术,与寰椎侧块螺钉固定技术不是等同的概念。近年来在寰枢椎后路内固定术中寰枢椎椎弓根螺钉固定技术发展越来越快,显示出其他固定方法无可比拟的优越性。国内外关于寰枢椎椎弓根螺钉固定技术的应用解剖学研究、生物力学研究及临床应用研究的报道屡见不鲜,现综述如下。

### 1 寰椎椎弓根的解剖学研究

#### 1.1 寰椎椎弓根的定义

在解剖学上,椎弓根是指连接椎体和椎弓的部分。寰椎具有独特的解剖特点:缺乏椎体、椎板及棘突,因此不存在严格意义上的椎弓根。谭明生等<sup>[4]</sup>将侧块与后弓连接处,即椎动脉沟处的后弓看作是寰椎的椎弓根,将椎动脉沟处看作在结构上和力学上类似于其他脊椎的椎弓根。而马向阳等<sup>[5]</sup>将侧块与后弓连接部,也就是与椎动脉沟的连接部称为椎弓根,也称为峡部,但不包括椎动脉沟处;后弓的内缘作为椎弓根的内界,寰椎横突孔的内侧壁作为椎弓根的外界。谭明生的解剖定位更符合椎弓根的定义。但无论哪种椎弓根的界定,寰椎椎弓根螺钉固定都是特指经寰椎后弓、椎动脉沟、寰椎后弓峡部到寰椎侧块内的螺钉固定技术。寰椎椎弓根结构复杂,其形态变异较大,不同个体甚至

同一个体的左右两侧间都有较大差异。

#### 1.2 寰椎的干骨标本测量

无论哪种椎弓根的界定,在置入寰椎椎弓根螺钉时最关键的部位都是椎动脉沟。椎动脉沟底骨质最薄,解剖结构非常重要,上方有椎动脉横行穿过,下方有 C2 神经节及神经后根(枕大神经)通过,外为椎静脉丛,内为延髓,是行寰椎椎弓根螺钉固定的关键部位。其厚度是决定寰椎椎弓根螺钉直径大小及手术能否实施的关键。

谭明生等<sup>[4]</sup>测量了 50 例成年人寰椎的骨标本,结果显示椎动脉沟底骨质最薄处的后弓高明显小于后弓的宽,亦小于进钉点处后弓的高度,其外径高左侧为  $4.58 \pm 0.65\text{mm}$ 、右侧为  $4.72 \pm 0.68\text{mm}$ ,内径高左侧为  $2.13 \pm 0.43\text{mm}$ 、右侧为  $2.20 \pm 0.46\text{mm}$ ,进钉点与侧块前缘的距离为左侧  $30.07 \pm 1.66\text{mm}$ 、右侧  $29.52 \pm 1.79\text{mm}$ ,能置入长 24mm、直径 3mm 左右的螺钉。马向阳等<sup>[5]</sup>测量 50 例成年人寰椎骨标本,椎动脉沟下方寰椎后弓的宽度为  $8.46 \pm 0.57\text{mm}$ ,其内侧 1/3 和外侧 1/3 的高度分别为  $3.88 \pm 0.52\text{mm}$  和  $4.25 \pm 0.51\text{mm}$ ,其定义的椎弓根的宽度和高度分别为  $8.57 \pm 0.65\text{mm}$  和  $5.83 \pm 0.75\text{mm}$ 。从测量结果来看,主要限制因素在椎动脉沟处,尤其内侧 1/3 部,但外侧 1/3 部高度平均 4.25mm,且此处避开了椎动脉压迹最深,髓腔相对较大,由此处置入直径 3.5mm 螺钉的安全性也较大。因此建议进钉点位置应在椎弓根中点偏外。

#### 1.3 寰椎的影像学测量

谭明生等<sup>[7]</sup>对 50 具成年人干燥寰椎骨标本进行了 4 个切面的 CT 扫描,测得椎动脉沟底部后弓最薄处的厚度大约为 4.0mm,内径约为 2.0mm,可置入直径为 3.5mm 的螺钉;进钉点与椎动脉沟前缘间距约为 10.5mm,进钉方向与冠状面夹角为左  $87.74^\circ$ 、右  $89.80^\circ$ ,与水平面夹角为左  $4.68^\circ$ 、右  $5.01^\circ$ ;认为 CT 测量与卡尺测量的结果基本一致。Resnick 等<sup>[3]</sup>通过三维 CT 及立体定向手术导航系统测得 C1 能放置最大安全直径为  $7 \pm 1.6\text{mm}$  的螺钉,螺钉平均长度  $26 \pm 2\text{mm}$ ;如果 C1 用直径 4mm 的螺钉,测量螺钉边缘到椎间孔内侧缘的平均距离为  $2 \pm 1.2\text{mm}$ 。

### 2 寰椎椎弓根螺钉内固定的生物力学研究

寰枢椎不稳时,后路寰枢椎经关节螺钉(Magerl)固定

术是目前国内外推崇的手术。特别是 Magerl 螺钉联合 Gallie 钢丝构成的三点固定,其生物力学强度明显优于此前的其他内固定方式<sup>[8]</sup>。Richter 等<sup>[9]</sup>采用寰椎侧块螺钉联合枢椎椎弓根螺钉的钉棒系统固定的生物力学研究发现,其力学强度与 Magerl 螺钉固定等效。寰椎椎弓根螺钉的长度大于侧块螺钉的长度,可能具有更大的力学强度。Melcher 等<sup>[10]</sup>的生物力学研究结果表明,寰椎侧块螺钉联合枢椎椎弓根螺钉及双侧直径 3mm 的棒组成的系统与双侧经关节螺钉在稳定性方面没有差异,在侧弯和轴向旋转方面比没有使用椎弓根螺钉的 Gallie 技术更稳定。同上寰椎椎弓根螺钉的长度大于侧块螺钉的长度,在力学强度上要优于侧块螺钉。寰椎椎弓根螺钉在治疗寰枢椎不稳时,主要以联合枢椎椎弓根螺钉构成的钉棒或钉板系统固定方式进行。马向阳等<sup>[11]</sup>、Lapsiwala 等<sup>[12]</sup>都认为 Magerl 螺钉联合 Brooks 钢丝构成的固定系统稳定性能最好;C1~C2 椎弓根螺钉联合 Brooks 钢丝构成的固定系统稍逊;C1~C2 椎弓根螺钉的抗屈伸性能稍弱于 Magerl 螺钉,而与 Brooks 钢丝相当,抗侧屈性能则明显优于 Brooks 钢丝,但也稍弱于 Magerl 螺钉;C1~C2 椎弓根螺钉在抗旋转方面与 Magerl 螺钉等效。上述结果表明,C1~C2 椎弓根螺钉固定的三维稳定性与 Magerl 螺钉相当,具有良好的力学性能,联合钢丝进行固定将进一步提高其稳定性。

目前所有生物力学研究只评价了置钉后的即刻稳定性。因此需要进一步的生物力学研究来评估寰枢椎椎弓根螺钉置钉后长期的稳定性。

### 3 寰椎椎弓根螺钉固定的临床应用

#### 3.1 适应证和禁忌证

适应证<sup>[13,14]</sup>:①齿状突基底部不稳定性陈旧骨折;②寰椎横韧带断裂;③其他原因所致的可复性寰枢椎失稳、脱位;④术前未完全复位但无需前路减压的寰枢椎脱位;⑤需行枕颈融合术且需固定 C1、C2 者;⑥颈椎多节段失稳者。禁忌证<sup>[13,14]</sup>:①寰椎侧块骨折或肿瘤;②不可复性寰枢椎脱位,脊髓受压症状、体征明显;③寰椎椎弓根直径小不适合螺钉固定及椎动脉变异有损伤椎动脉风险者。

#### 3.2 术前准备

术前常规摄颈椎正侧位、张口位 X 线片,寰枢椎薄层 CT 扫描并三维重建,颈部 MRI 检查脊髓受压情况以及寰椎横韧带损伤情况。寰枢椎脱位患者常规行颈椎双向牵引或颅骨牵引。

#### 3.3 手术操作

患者全麻,取俯卧位,胸部稍垫高,头部置于头架上,颈椎维持适度前屈位,维持颅骨牵引。颈后正中纵切口。①手术显露范围:后弓外软组织的剥离应尽量小,避免在深层次的切除过程中损伤椎动脉。谭明生等<sup>[7]</sup>认为在紧贴后弓的后下方骨膜下操作,对寰椎后方软组织的剥离可到中线外 2cm 处。②进钉点和进钉方向:谭明生等<sup>[7]</sup>认为后弓外缘的骨质相对较薄,为保障手术的安全性及固定的牢固

性,以椎弓根的内 1/3 为进钉通道为宜,同时认为后弓的上缘及外缘切迹变异较大,不宜作为确定进钉点的骨性标志,而后弓下缘的骨面较平坦,可作为进钉点的参考标志;因此选定寰椎后结节中点旁开 18~20mm 的矢状面与后弓下缘上方 2mm 的冠状面的交线在后弓后方的投影点作为进钉点;在冠状面上保持垂直进钉,矢状面上钉尖向头端倾斜约 5°。马向阳等<sup>[15]</sup>认为寰椎椎弓根的外侧 1/3 高度大于内侧 1/3,螺钉的理想进钉位置在椎弓根中点的偏外侧,枢椎下关节突背面中点在寰椎椎弓根中点外侧约 1.6mm,术中可用枢椎下关节突背面中点作为寰椎椎弓根螺钉的进钉解剖标志;因寰椎椎弓根具有 9.1°的内斜角和 4.7°的上仰角,进钉时需向内倾斜约 10°,上仰约 5°。校佰平等<sup>[16]</sup>在直视下寻找寰枢椎椎弓根螺钉的进钉点,根据椎弓根上内侧的骨面形成的三角向后方的延续部分确定寰枢椎椎弓根螺钉的进钉点,寰椎螺钉向上、向内倾斜 10°,置钉深度为 22~32mm。Resnick 等<sup>[3,17]</sup>应用外科手术导航系统进行寰枢椎椎弓根螺钉的固定,导航系统确定进钉点,C1 的内倾角为 10°。谭明生等<sup>[4,7]</sup>和 Resnick 等<sup>[3,17]</sup>的进钉点比马向阳等<sup>[18]</sup>的进钉点偏内。寰枢椎无旋转脱位或旋转脱位已复位的情况下应用马向阳等<sup>[18,19]</sup>的方法比较方便,在寰枢椎旋转脱位未复位的情况下应用谭明生等<sup>[4,7]</sup>的方法可以解决定位难的问题。校佰平<sup>[16]</sup>的方法临床应用的报道少,应进一步检验。③进钉方法:在确定进钉点后,用直径 1.5mm 磨钻在寰椎后弓进钉处磨除皮质,继用开口锥开口,再以直径为 2mm 的钝探针缓缓钻入,当进钉深度>20mm,遇到较大阻力时停止钻入,一般钻入深度 25mm,攻丝,置入直径 3.5mm 的皮质骨自攻螺钉。

#### 3.4 临床应用效果

Resnick 等<sup>[3]</sup>最初应用寰枢椎椎弓根螺钉固定治疗 1 例 54 岁的 II 型齿状突骨折不愈合移位女患者,由于患者高大肥胖不适合齿状突螺钉及 Magerl 螺钉和 Halo-vest 架固定,给患者实施了寰枢椎椎弓根螺钉固定,6 个月后患者神经症状消失,骨折愈合良好,他认为对于不适合 Magerl 螺钉固定和有胸椎后凸畸形者可以使用寰枢椎椎弓根螺钉进行固定。校佰平等<sup>[16]</sup>应用寰枢椎椎弓根螺钉固定治疗 13 例寰枢椎不稳的患者,未发生血管神经损伤,术后随访症状均减轻,X 线片见内固定物位置良好,作者认为经椎弓根螺钉内固定技术是治疗寰枢椎不稳的有效方法。郝定均等<sup>[20]</sup>应用寰枢椎椎弓根螺钉固定治疗 26 例寰枢椎不稳患者,效果满意,无神经血管损伤。

近年来关于寰枢椎椎弓根螺钉固定治疗寰枢椎不稳报道<sup>[14]</sup>在增加,治疗效果大多令人满意。王文军等<sup>[21,22]</sup>对于一侧寰椎椎弓根因肿瘤、外伤等因素破坏而置钉困难的病例采用“三点式”固定,仅在健侧寰椎椎弓根置入 1 枚螺钉,其临床疗效及生物力学测试结果<sup>[23]</sup>均能满足要求。

### 4 寰椎椎弓根螺钉固定的优缺点

目前寰枢椎后路固定技术有很多,且发展亦较迅速。

寰椎侧块螺钉和寰椎椎弓根螺钉固定技术是新兴起的技术,其主要区别在于进钉点的位置不同,因而螺钉的长度也不同。寰椎侧块螺钉的进钉点是在寰椎后弓下缘与寰椎侧块后缘的移行处,沿寰椎侧块矢状轴置入;进行寰椎侧块螺钉固定必须显露寰枢椎侧块关节后方,该位置有丰富的静脉丛和枕大神经,容易造成大出血和神经损伤,因此限制了侧块螺钉的应用。寰椎椎弓根螺钉的通道长、把持力好,螺钉与后部的钢板容易锁定,对于下颈椎鹅颈畸形、胸椎有后凸畸形患者,亦可采用寰枢椎椎弓根螺钉技术<sup>[9]</sup>。Harms 等<sup>[24]</sup>指出:经关节螺钉(Magerl 螺钉)固定技术要求高,且有损伤椎动脉的风险;经关节螺钉固定需要术中应用 X 线监测且必须在寰枢椎复位的情况下应用。椎弓根螺钉或侧块螺钉则应用方便且不依赖于 C1 后弓的完整性,还可在不损伤 C1/2 关节的情况下起临时固定作用。但 Resnick 等<sup>[17]</sup>指出,尽管 C1、C2 椎弓根螺钉有很多优点,但并不能取代 Magerl 螺钉,因为 Magerl 螺钉钉道的安全直径大于 C1、C2 椎弓根螺钉钉道的安全直径,而且在理论上更多的人适合 Magerl 螺钉固定,严格从解剖观点来看,并不能说明 C1、C2 椎弓根螺钉比 Magerl 螺钉更安全,两者的主要不同在于椎弓根螺钉固定时,C2 置钉的上倾角变小,且在 C1、C2 不能完全复位的情况下也能置钉。

总之,寰枢椎椎弓根螺钉固定技术在后路寰枢椎固定中有着明显作用。因其有可靠的三维稳定性、短节段固定,无论临时固定还是长期固定均可、无需术前解剖复位等优点,寰枢椎椎弓根螺钉固定的临床应用会不断扩大。但因寰椎解剖结构变异较大,对于后弓和椎动脉沟部骨质较薄患者是否属手术禁忌证需进一步研究,同时进钉点的确定方法和进钉方式也有待改进,以使测量标准及手术统一化;应用生物力学研究评价其长期稳定性。

## 5 参考文献

1. 尹庆水, 夏虹, 王建华, 等. 寰枢椎脱位治疗的现状与展望[J]. 脊柱外科杂志, 2011, 9(3): 129-130.
2. Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass[J]. Spine, 2003, 28(5): 888-895.
3. Resnick DK, Benzel EC. C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: case report and technical note[J]. Neurosurgery, 2002, 50(2): 426-428.
4. 谭明生, 张光铂, 李子荣, 等. 寰椎测量及其经后弓侧块螺钉固定通道的研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12(1): 5-8.
5. 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰椎后路椎弓根螺钉固定的解剖可行性研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 21(6): 554-555.
6. 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰椎后弓侧块螺钉固定的解剖学测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(1): 23-25.
7. 谭明生, 王慧敏, 张光铂, 等. 寰椎经后弓侧块螺钉固定通道的 CT 测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(1): 28-31.
8. Henriques T, Cunningham BW, Olerud C, et al. Biomechanical comparison of five different atlantoaxial posterior fixation techniques[J]. Spine, 2000, 25(22): 2877-2883.
9. Richter M, Schmidt R, Clase L, et al. Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques[J]. Spine, 2002, 27(13): 1724-1732.
10. Melcher RP, Puttlitz CM, Kleinstueck FS, et al. Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques [J]. Spine, 2002, 27(23): 2435-2440.
11. 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰枢椎后路椎弓根螺钉固定的生物力学评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(12): 735-738.
12. Lapsiwala SB, Anderson PA, Oza A, et al. Biomechanical comparison of four C1-C2 rigid fixative techniques: anterior transarticular, posterior transarticular, C1-C2 pedicle, and C1-C2 intralaminar screws[J]. Neurosurgery, 2006, 58(3): 516-521.
13. Bome GM, Bedou GL, Pindaudeau M. Treatment of pedicular fracture of the axis: a clinical study and screw fixation technique[J]. J Neurosurg, 1984, 60(1): 88-93.
14. 吴增晖, 尹庆水, 马向阳, 等. 后路寰枢椎椎弓根钉板固定融合治疗上颈椎不稳[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(10): 591-593.
15. 马向阳, 尹庆水, 吴增晖, 等. 寰枢椎椎弓根与枢椎侧块关系的解剖与临床研究[J]. 中华骨科杂志, 2004, 24(5): 295-298.
16. 校佰平, 徐荣明. 寰枢椎经椎弓根螺钉固定技术的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(11): 658-661.
17. Resnick DK, Lapsiwala S, Trost GR. Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation [J]. Spine, 2002, 27(14): 1494-1498.
18. 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰枢椎椎弓根螺钉进钉点的解剖定位研究[J]. 骨与关节损伤杂志, 2003, 18(10): 683-685.
19. 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 经后路寰枢椎椎弓根螺钉固定的置钉研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2004, 18(5): 392-395.
20. 郝定均, 贺宝莱, 雷伟, 等. 寰椎侧块螺钉与枢椎椎弓根螺钉徒手置入技术的研究与应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(8): 579-581.
21. 王麓山, 王文军, 王程, 等. 寰枢椎后路三点式固定的适应证与初步临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(6): 459-462.
22. 王程, 薛静波, 王文军, 等. 寰枢椎后路“三点式”经椎弓根固定治疗 C1、2 层面椎管哑铃形肿瘤[J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19(20): 1741-1743.
23. 王程, 王文军, 刘海兵, 等. 寰枢椎后路“三点式”经椎弓根固定的生物力学评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(10): 860-863.
24. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation[J]. Spine, 2001, 26(22): 2467-2471.

(收稿日期: 2012-01-09 修回日期: 2012-02-29)

(本文编辑 李伟霞)