

寰椎椎弓根螺钉置入相关参数的三维CT分析**

何宏伟^{1,2}, 隋桐¹, 赵慧毅³, 陈丽君¹, 林清池¹, 段少银¹

Three dimensional CT study on relevant parameters of atlas pedicle screw insertion

He Hong-wei^{1,2}, Sui Tong¹, Zhao Hui-yi³, Chen Li-jun¹, Lin Qing-chi¹, Duan Shao-yin¹

Abstract

¹Department of Imaging, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, China; ²Department of Imaging, First Hospital of Ningbo, Ningbo 315010, Zhejiang Province, China; ³Department of Orthopedics, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, China

He Hong-wei★, Master, Attending physician, Department of Imaging, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, China; Department of Imaging, First Hospital of Ningbo, Ningbo 315010, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Duan Shao-yin, Doctor, Professor, Department of Imaging, Zhongshan Hospital of Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, China xmdsy@xmu.edu.cn

Supported by: the National Natural Science Foundation of China, No. 30870690*

Received: 2011-10-27
Accepted: 2011-11-12

BACKGROUND: As for studies on entry point and trajectory transverse angle of atlas pedicle screw insertion, different authors obtain different data.
OBJECTIVE: To design an ideal route of screw insertion by CT multi-planar reconstruction (MPR), to measure parameters related to atlas pedicle screw insertion, and to evaluate effect of the height of the atlas pedicle screw and variation of atlas ponticulus on the pedicle screw insertion.
METHODS: Sixty-two subjects who were performed computed tomography angiography in head and neck without any pathology of craniocervical junction from October 1, 2009 to June 30, 2010 were selected from the picture archiving and communication system. Their axial images were used to reconstruct the images by MPR techniques. The parameters were obtained including the pedicle minimum height, location of optimal insertion point, trajectory transverse angle, the maximum length of the trajectory and the length of trajectory in atlas pedicle. The incidence of atlas ponticulus was analyzed.
RESULTS AND CONCLUSION: The minimum height of atlas pedicle was (3.8±0.8) mm in female and (4.4±1.2) mm in male, 91.1% of the subjects were equal to or over 3.0 mm. The distance from screw insertion point to midline was (20.8±1.3) mm in female and (21.7±1.2) mm in male. The trajectory transverse angle was (10.3±2.6)° in female and (10.1±2.1)° in male. The maximum length of the trajectory was (26.5±1.8) mm in female and (26.9±1.8) mm in male. The length of trajectory in atlas pedicle was (7.9±1.2) mm in female and (8.0±1.1) mm in male. The incidence of atlas ponticulus was 25.8%, of which type II-IV accounts for 21.0%. It is indicated that the minimum height of atlas pedicle screw and type II-IV posterior ponticulus can directly affect the screw insertion, and MPR imaging can devise the ideal trajectory for pedicle screw insertion, which is necessary for three-dimensional CT anatomical measurement before atlatoaxial joint screw insertion.

He HW, Sui T, Zhao HY, Chen LJ, Lin QC, Duan SY. Three dimensional CT study on relevant parameters of atlas pedicle screw insertion. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(9):1526-1529. [http://www.crter.cn http://en.zgckf.com]

摘要

背景: 不同研究关于寰椎经椎弓根螺钉置入的进钉点和钉道角度数据各有不同。
目的: 利用 CT 多平面重建设计理想的进钉路径, 测量寰椎椎弓根螺钉置入的相关骨性参数, 评估寰椎椎弓根高度及椎动脉沟环变异对椎弓根螺钉置入的影响。
方法: 从影像存档与传输系统中随机选出 2009-10-01-2010-06-30 期间头颈联合部未见异常 62 例患者 CT 血管造影扫描资料, 利用其图像数据进行后处理三维多平面重建成像, 测量寰椎椎弓根最小高度、进钉点位置、钉道角度、最大进钉长度、钉道在椎弓根内的长度, 同时观察寰椎沟环变异的发生率。
结果与结论: 男女寰椎椎弓根最小高度分别为(4.4±1.2), (3.8±0.8) mm, 其中高度≥3.0 mm 占 91%。男女进钉点位置至中线距离分别为(21.7±1.2), (20.8±1.3) mm; 钉道内倾角分别为(10.1±2.1)°, (10.3±2.6)°; 最大进钉长度分别为(26.9±1.8), (26.5±1.8) mm; 椎弓根钉道长度分别为(8.0±1.1), (7.9±1.2) mm。寰椎沟环变异发生率为 25.8%, 其中 II-IV 型后环发生率为 21.0%。这表明椎弓根最小高度及 II-IV 型椎动脉后环变异直接影响螺钉置入; MPR 成像技术能设计理想的螺钉置入方案, 寰椎关节螺钉固定患者术前三维 CT 解剖测量是非常必要的。
关键词: 寰椎; 椎弓根; 螺钉固定; 三维 CT; 数字化骨科
doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2012.09.002

何宏伟, 隋桐, 赵慧毅, 陈丽君, 林清池, 段少银. 寰椎椎弓根螺钉置入相关参数的三维 CT 分析[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(9):1526-1529. [http://www.crter.org http://cn.zgckf.com]

0 引言

经寰椎椎弓根-枢椎椎弓根/椎板钉棒系统固定因其可以避免上颈椎静脉丛过多出血以及枕大神经损伤, 近年来成为后路寰枢关节固定的优选术式^[1]。目前国内对寰椎椎弓根螺钉置入的解剖学研究主要采用测量寰椎骨标本的相关参数来确定进钉点、钉道角度、长度及进钉方法。不同作者关于寰椎经椎弓根螺钉置

入的进钉点和钉道角度数据各有不同^[2-3]。此外, 部分作者研究寰椎标本多未按性别分组测量, 统计的均值与男、女各组相比有一定的误差。国外有学者采用螺旋CT多平面重建的方法测量寰椎经椎弓根螺钉置入的相关研究, 其数据不同于国人^[4]。本实验利用螺旋CT多平面重建设计一种理想的进钉方法, 同时测量寰椎椎弓根螺钉置入的相关骨性参数, 并分析寰椎椎弓根高度及寰椎沟环变异对椎弓根螺钉置入的影响。

1 材料和方法

设计: 影像解剖测量实验研究。

时间及地点: 于2010-02/06在厦门大学附属中山医院影像科三维重建技术室完成。

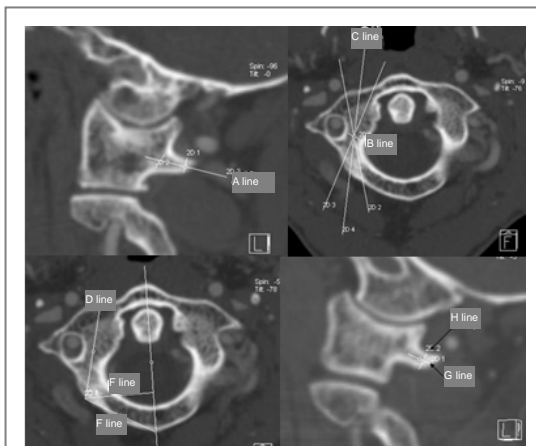
材料:

样本选择: 从 PACS 内回顾性调取 2009-10-01/2010-06-30 间因需除外脑血管疾病而行 CT 血管造影扫描患者的资料, 随机筛选寰、枢椎及椎动脉未见病变征象的 62 例作为研究对象, 其中男 31 例, 女 31 例。扫描数据的获取签定了扫描同意书, 数据的再利用未涉及研究对象的利益损失。

实验方法:

螺旋 CT 扫描参数: 64 排螺旋 CT 扫描机 (Light speed VCT, GE 公司, 美国) 扫描方法: 层厚为 0.625 mm, 回顾性重组间隔为 0.625 mm。扫描体位为仰卧位, 听眈线垂直台面。扫描条件: 120 kV, 管电流 150~250 mA, 螺距 0.984。

测量工具及测量指标: 采用 GE adw 4.2 及 SIEMEN VE36A 工作站, 进行多平面重建技术图像重建。具体测量方法见图 1。



C line was the ideal screw trajectory, based on this trajectory, the following parameters were measured: E: Distance from screw insertion point to midline; F: Distance from screw insertion point to posterior tubercle; D: Maximum length of the trajectory; G: Length of trajectory in atlas pedicle; H: Minimum height of atlas pedicle

Figure 1 Measurement of parameters related to atlas pedicle screw insertion

图 1 寰椎椎弓根螺钉置入相关骨性参数的测量

首先在矢状面上从寰椎椎弓根后缘中点与椎弓根前缘中点做连线(A线), 如果该线任意一点距椎弓根上缘皮质的距离小于 2 mm, 则适当下拉该线确保 A 线上的任意点不小于 2 mm, 用多平面重建显示该线所对应的寰椎横斜面。在横斜面上首先找横突孔最内点, 由此点作寰椎

骨性椎管外缘皮质最短距离(B线段), 以 B 线的中点分别做最大内倾角和最大外倾角的直线 (以不突破寰椎横突孔和骨性椎管为标准), 两线交角的角平分线(C线)即为最佳拟钉道。C 线向后延长与寰椎后弓对应的皮质交点设为拟进钉点。在多平面重建将 C 线所对应的寰椎矢状斜面及 A 线对应的横斜面相互校正。C 线与正中线的角度即为内倾角。

采用二维距离及角度工具测量, 见图 1: 钉道上寰椎椎弓根最小高度(H); 进钉点与正中线的距离(E); 进钉点与寰椎后弓中点的距离(F); 钉道内倾角: C 线与正中线的交角; 最大钉道长度: 进钉点与钉道上寰椎侧块前缘皮质的距离(D); 钉道在椎弓根内的长度(G)。

寰椎沟环变异分型: 后环采用 Hong 等^[5] 法分型, 见图 2; 侧环为寰椎侧块与横突之间相连, 见图 3。

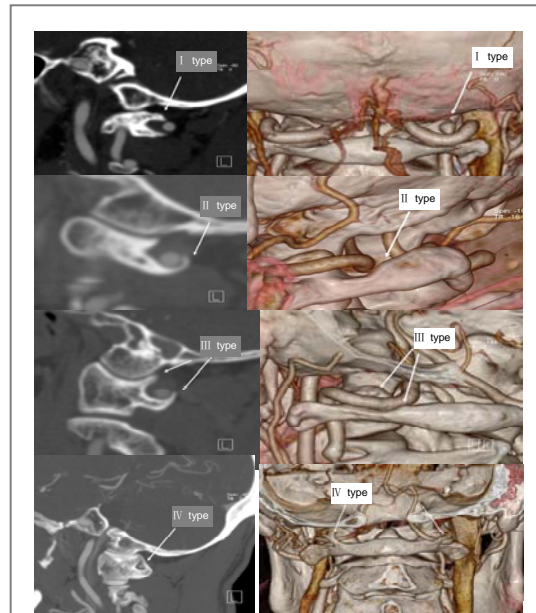


Figure 2 Three-dimensional images showed posterior ponticulus of atlas: partial (type I-III) and complete (type IV) posterior ponticulus (the white arrows and labels)

图 2 三维图像显示寰椎椎动脉后环: I~III 型为部分性后环, IV 型为完全型后环

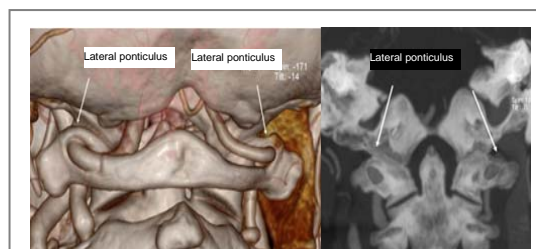


Figure 3 Lateral ponticulus of atlas: bony spicule extending from lateral mass to transverse process (the white arrows and labels)

图 3 侧环: 寰椎侧块与横突之间的骨性桥环

厦门大学附属中山医院,¹影像科,³骨科,福建省厦门市 361004;
²宁波市第一医院影像科,浙江省宁波市 315010

何宏伟★, 男, 1975 年生, 江西省萍乡市人, 汉族, 2010 年厦门大学医学院毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事头颈部及神经系统影像诊断研究。

通讯作者: 段少银, 博士, 教授, 厦门大学附属中山医院, 福建省厦门市 361004
xmdsy@xmu.edu.cn

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225
(2012)09-01526-04

收稿日期: 2011-10-27
修回日期: 2011-11-12
(20110908004/GW G)

后环分型: I型:寰椎侧块上关节面骨片向背侧延伸; II型:后弓骨片自上向侧块的上关节面方向延伸; III型:骨片分别发自寰椎侧块上关节面和后弓,两骨片间未融合; IV型:两骨片融合为完整的环型结构。侧环:寰椎侧块与横突之间相连,椎动脉从该环中穿过。

主要观察指标:男女寰椎椎弓根最小高度、进钉点位置、钉道角度、最大进钉长度、钉道在椎弓根内的长度及寰椎沟环变异的发生率。

统计学分析:采用SPSS 13.0软件对测量数据进行分析,测量指标用 $\bar{x}\pm s$ 表示,采集的数据用独立样本 t 检验比较男、女间差异,以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 男、女椎弓根螺钉置入相关测量数据 见表1。

Item	Male	Female	t	P
Age	46.5±17.8	38.5±14.5		
A(°)	10.1±2.1	10.3±2.6	0.396	> 0.05
H (mm)	4.39±1.16	3.84±0.84	3.043	< 0.01
D1 (mm)	21.69±1.19	20.76±1.28	4.201	< 0.01
D2 (mm)	24.62±1.55	23.18±1.37	5.482	< 0.01
L1 (mm)	26.89±1.83	26.52±1.83	1.093	> 0.05
L2 (mm)	7.98±1.14	7.92±1.22	0.281	> 0.05

A: Trajectory transverse angle; H: minimum height of C1 pedicle; D1: distance from screw insertion point to midline; D2: distance from screw insertion point to posterior tubercle; L1: maximum length of the trajectory; L2: length of trajectory in atlas pedicle

男性进钉点与正中距离大于女性($P < 0.01$),范围为18.6~24.7 mm。男性进钉点与后弓中点的距离大于女性($P < 0.01$),范围为20.6~27.5 mm。男性最大进钉长度稍大于女性,但差异无显著性意义($P > 0.05$),范围为22.8~32.0 mm。男性钉道在椎弓根内的长度稍大于女性,但差异无显著性意义($P > 0.05$),范围为5.60~11.60 mm。男性钉道有(10.1±2.1)°的内倾角,女性有(10.3±2.6)°的内倾角,性别差异无显著性意义($P > 0.05$),范围为7.0°~16.0°。

2.2 男女椎弓根最小高度及所占比例 见表2。

MHCP	≥ 5.0 mm	≥ 4.5 mm	≥ 4.0 mm	≥ 3.5 mm	≥ 3.0 mm
Male	29.0	38.7	66.1	75.0	90.0
Female	16.7	21.7	38.3	68.3	86.7
Total	22.6	29.8	51.6	71.0	91.1

MHCP: Minimum height of atlas pedicle

124侧椎弓根测量:最小高度为(4.1±1.1) mm,范围为1.6~7.1 mm。其中椎弓根最小高度≥5.0 mm 占

23%, ≥4.5 mm占30%, ≥4.0 mm占52%, ≥3.5 mm占71%, ≥3.0 mm占91%。男、女均值分别为(4.4±1.2), (3.8±0.8) mm, 男女间差异有非常显著性意义($P < 0.01$)。

2.3 男女寰椎沟环变异统计 见表3。

Item	Male	Female	Total
PP	Type I	2/3	5/4
	Type II	4/7	7/6
	Type III	3/5	12/10
	Type IV	2/3	6/5
LP	3/5	2/3	5/4

PP: Lateral or posterior ponticulus; LP: lateral ponticulus

本组样本寰椎沟环变异总例数为22例,共32侧,发生率为26%。其中后环变异30侧,占24%, I、II、III、IV型后环的发生率分别为4%、6%、10%、5%、4%, II~IV型后环的总发生率为21%。侧环变异发现5侧,占4%。

3 讨论

经后路寰枢关节固定有多种术式, Magerl术外加第3点(Gallie钢丝或brooks钢丝等)固定因其各个方向固定牢靠临床上得以广泛应用^[6-7],但其进钉道角度较大^[8],钉道容许范围窄,技术难度较大,并且因枢椎内的椎动脉骑跨,有约20%患者不适合此手术^[9-10]。经寰椎侧块-枢椎椎弓根/椎板螺钉固定因其固定生物力学与Magerl相当,其进钉角度较小,在临床上也得到了广泛应用^[11-12],但需剥离寰椎侧块周围组织暴露侧块而易引发难以控制的静脉丛出血,另外经寰椎侧块入路难以避免损伤枕大神经,造成术后枕部刺痛等症状。经寰椎椎弓根-枢椎椎弓根/椎板钉棒系统固定因其可以避开前述两种术式的不足,近年来成为后路寰枢关节固定的优选术式,国内外对其相关生物力学研究显示,其固定力与Magerl术相当^[11]。

近年来国内外对寰椎椎弓根螺钉进钉方法的研究较多,大部分是采用骨标本研究寰椎的解剖形态,测量进钉点位置、钉道的长度和角度,旨在为手术提供参考数据。Tan等^[3]认为寰椎经椎弓根螺钉置入的进钉点位于寰椎后弓距正中(19.01±1.88) mm和距后弓下缘上方2 mm的交界处,钉道垂直于冠状面并有5°的头倾角。Ma等^[2]认为寰椎经椎弓根螺钉置入的进钉点位于枢椎侧块内、外缘中点纵垂线与寰椎后弓上缘交点正下方3.0 mm处,钉道向内侧倾斜10°,向头侧倾斜5°。Gebauer等^[4]研究建议男性和女性C₁椎弓根钉进钉点分别位于寰椎

后弓距后弓结节23.6, 21.6 mm和距后弓下缘上方2 mm的交界处, 钉道男性有约7.3°内倾角及3.1°头倾角, 女性有约7.9°内倾角及2.4°头倾角。上述三者的关于寰椎椎弓根螺钉方法及选择进钉点位置、钉道角度各有不同。随着多排螺旋CT多平面重建技术的出现, 术前可为患者选择既安全又能获得满意支持力的螺钉置入方法。

作者利用多平面重建设计一种理想的寰椎椎弓根螺钉置入方法, 该方法使钉道与寰椎椎弓根的真实纵轴基本吻合, 同时确保螺钉不突破椎弓根上缘皮质, 既安全可靠, 又可使螺钉获得良好的支持力。根据此方法测量得出男、女最佳进钉点距正中线的距离均值分别为21.7, 20.8 mm; 较上述国内外作者所测值略大, 原因是各作者所选择螺钉置入钉道不同。本组内倾角均值为10.2°, 与Ma等研究基本相符。钉道在椎弓根内的长度均值为8.0 mm, 提示C₁椎弓根螺钉较C₁侧块螺钉多增加了8 mm的骨性咬力。

寰椎椎弓根在矢状位略向头侧倾斜, 因而有轻微的头倾角, 以往研究对此进行了测量。作者采用多平面重建观察寰椎的形态, 发现很难找到能够精确测量头倾角的参考线; 另外因常规上颈椎后路固定手术采用俯卧位, 与标本测量以及CT扫描时所处的体位不一致, 因此常规手段测量的头倾角对手术指导意义不大。本实验未做此参数的测量。

本实验得出男、女椎弓根在钉道上的最小高度分别为(4.4±1.2), (3.8±0.8) mm, 设5 mm椎弓根高度下限可足够容纳直径3.5 mm螺钉而不突破椎弓根的上下缘皮质^[1], 只有29.0%男性和16.7%女性可达此要求。有学者认为当椎弓根高度不足够容纳直径3.5 mm螺钉, 实施椎弓根螺钉置入为了使椎弓根上缘皮质的完整性得以保存而不至引起椎动脉的损伤, 可选择适当下移螺钉, 椎弓根下缘皮质可被螺钉穿破。设3 mm椎弓根高度下限得以实施经椎弓根螺钉置入(包括突破或者不突破椎弓根下缘皮质进钉技术), 本组90.0%男性标本和86.7%女性标本可实施寰椎椎弓根螺钉置入。因此大部分国人可以实施寰椎椎弓根螺钉置入, 避免采用易引起静脉丛过多出血以及枕大神经损伤的经寰椎侧块置入。

寰椎的沟环变异分为后环和侧环, 后环即为寰椎后弓与侧块之间的连接; 侧环为寰椎侧块与横突之间相连。后环变异对环椎进钉点的选择有直接的影响, 侧环不是寰椎经椎弓根螺钉的影响因素。本组样本寰椎沟环变异总发生率为25.8%, 其中对寰椎椎弓根螺钉置入有影响的II~IV型后环变异发生率为21.0%, 因II~IV型后环变异的寰椎后弓高度比一般人群高, 施术者很容易将进钉点选择过高, 从而在进钉时误伤椎动脉, 因此, 该类患者应该以测量椎动脉以下的椎弓根上缘皮质与后

弓下缘骨质的高度为基准来选择进钉点位置。

综上所述, 椎弓根最小高度以及II~IV型寰椎后环变异直接影响螺钉置入; 多平面重建可为螺钉置入设计理想的进钉方法; 寰枢关节螺钉固定的患者术前须常规螺旋CT检查并行三维重建, 为患者定制个性化的手术方案。

4 参考文献

- [1] Lee MJ, Cassinelli E, Riew KD. The feasibility of inserting atlas lateral mass screws via the posterior arch. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(24):2798-2801.
- [2] Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(13):1519-1523.
- [3] Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(9):888-895.
- [4] Gebauer M, Barvencik F, Briem D, et al. Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch. *Eur Spine J*. 2010;19(1):85-90.
- [5] Hong JT, Lee SW, Son BC, et al. Analysis of anatomical variations of bone and vascular structures around the posterior atlantal arch using three-dimensional computed tomography angiography. *J Neurosurg Spine*. 2008;8:230-236.
- [6] Richter M, Schmidt R, Claes L, et al. Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(16):1724-1732.
- [7] Dickman CA, Sonntag VK. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery*. 1998; 43(2): 275-280.
- [8] Haid RJ. C1-C2 transarticular screw fixation: technical aspects. *Neurosurgery*. 2001;49(1):71-74.
- [9] Madawi A, Casey A, Solanki G, et al. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg*. 1997;86(6):961-968.
- [10] Solanki GA, Crockard HA. Peroperative determination of safe superior transarticular screw trajectory through the lateral mass. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24:1477-1482.
- [11] Melcher RP, Puttlitz CM, Kleinstueck FS, et al. Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27:2435-2440.
- [12] Xie Y, Li ZH, Tang H, et al. Posterior C1 lateral mass and C2 pedicle screw internal fixation for atlantoaxial instability. *J Clin Neurosci*. 2009;16(12):1592-1594.

来自本文课题的更多信息—

基金声明: 国家自然科学基金项目(30870690)。

作者贡献: 段少银、何宏伟进行实验设计, 实验实施为何宏伟; 实验评估为段少银、何宏伟、赵慧毅, 资料收集为何宏伟、隋桐、陈丽君、林清池; 何宏伟成文, 段少银审核, 何宏伟、段少银对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

本文创新性: 查阅文献资料显示不同作者研究寰椎经椎弓根螺钉置入的进钉点、角度及钉道长度等数据各有不同, 但其决定了手术的安全性及手术固定的效果, 是值得进一步研究的新颖课题。本文利用CT三维重建技术设计了一个理论上既安全可靠又能获得满意影像解剖数据, 发现椎弓根最小高度及II-IV型椎动脉后环变异直接影响螺钉置入。MPR成像技术能为螺钉置入设计理想方案, 寰枢关节螺钉固定的患者术前三维CT解剖测量是非常必要的。