DOI:10.16016/j.1000-5404.201411137

论著

计算机辅助下术前测量下颈椎弓根内固定相关的解剖学参数

申洪全[1,2],柯珍勇[1],汪 洋[1],顾琪珊[2],班照楠[2],周利强[2],许 冰[2] (400010 重庆,重庆医科大学附属第二医院骨科[1];611130 成都,成都市第五人民医院骨科[2])

[摘要] **目的** 计算机辅助模拟及测量各个下颈椎椎弓根螺钉置入的相关解剖数据,为临床个体化置入提供参考。**方法** 对拟行下颈椎弓根螺钉内固定患者(共29例)行对应节段CT扫描,将结果导入Mimics 10.01观察及测量颈椎弓根皮质骨及松质骨宽度;再将三维重建导入Imageware 13.2中,按椎弓根轴线模拟钉道置入后测量模拟钉道的最大长度、与对应上下终板的角度、横向外倾角、内外偏角安全范围、头尾倾角安全范围等个体参数;模拟进钉点及其与横断面上与侧块最外缘的距离和矢状面与上关节突后下缘的距离;作为后期临床中个体化螺钉置入的参考。**结果** ①C3~C7椎弓根宽度逐渐增大,松质骨宽度范围为2.05~3.91 mm,皮质骨宽度范围为4.33~7.87 mm,其中C7最大,C3最小。②模拟椎弓根钉道横向外倾角35.012 6°~49.299 6°,模拟椎弓根钉道内偏角安全范围6.112 6°~9.219 6°、外偏角安全范围4.473 1°~8.779 6°;C3~C7模拟椎弓根钉道与对应上下终板的角度范围在12.6873°~-16.961 8°,模拟椎弓根钉道头倾角安全范围2.557 2°~5.834 2°、尾倾角安全范围7.063 2°~10.984 2°。③C3~C7椎弓根进钉通道长度逐渐增大,范围为26.813 6~35.341 9 mm,其中C7最大,C3最小。**结论** 计算机辅助下对下颈椎椎弓根的个体化模拟及测量,可以在术前充分了解拟行椎弓根内固定的各个下颈椎相关解剖学参数。

[关键词] 颈椎椎弓根测量;模拟椎弓根螺钉道;计算机辅助
[中图法分类号] R319;R323.1 [文献标志码] A

Anatomical study of computer-assisted subaxial cervical pedicle fixation

Shen Hongquan[1,2], Ke Zhenyong[1], Wang Yang[1], Gu Qishan[2], Ban Zhaonan[2], Zhou Liqiang[2], Xu Bing[2]([1]Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400010; [2]Department of Orthopedics, the Fifth People's Hospital of Chengdu City, Chengdu, Sichuan Province, 611130, China)

[**Abstract**] **Objective** To simulate and measure various anatomical data of subaxial cervical pedicle screw placement with computer assistance in order to provide reference for clinical individualized placement. **Methods** CT scanning was preformed preoperatively on the corresponding segment of the cervical pedicle screw fixation in 29 patients, and the data were then introduced into Mimics 10.01 for observation and measurement of pedicle width (PW) and pedicle sponge width (PSW). Three dimensional reconstruction results were introduced to UG Imageware 13.2. After simulation of screw placement in the subaxial cervical spine, the following data were stimulated, including mimic screw maximum length, angles between analog pedicle screw and terminal plate of vertebral, distance between lateral mass in cross-sectional and X point, distance between lateral mass outer edge in sagittal plane and X point, angles between simulated screw and sagittal line, and internal, external, head and tail angle ranges of simulated screw, and the parameter were used as reference for the selection and determination of the individual screw placement. **Results** (1) The PW of C3 to C7 was increased gradually, and in a range of 4.33 to 7.87 mm, with that of C7 maximal while that of C3minimal. The PSW of the segments was in a range of 2.05 to 3.91 mm. (2) The C3 to C7 angles between simulated screw channel and sagittal line was 35.0126° to 49.299 6°, the internal angle range of simulated screw channel was 6.112 6° to 9.219 6°, and the external angle range of simulated screw was 4.473 1° to 8.779 6°. The angles between simulated screw channel and terminal plate of vertebral was 12.687 3° to

[通信作者] 柯珍勇,E-mail: kzy6417@163.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20150105.0836.004.html(2015-01-05)

−16.961 8°, the head angle range of simulated screw was 2.557 2° to 5.834 2°, and the tail angle range of simulated screw channel was 7.063 2° to 10.894 2°. (3) The stimulated screw channel length of C3 to C7 was increased, in a range of 26.813 6 to 35.341 9 mm, with that of C7 the longest and that of C3 the shortest. **Conclusion** We can fully understand the relevant anatomy parameters of subaxial cervical pedicle internal fixation through simulating and measuring the parameters with computer assistance.

[**Key words**] cervical pedicle measurement; simulation of screw channel; Computer-assistance

Corresponding author: Ke Zhenyong, E-mail: kzy6417@163.com

1994年日本学者Abumi等[1-4]首先报道颈椎椎弓根螺钉置钉技术,经生物力学证实较其他颈椎固定方式具有明显优势。但由于颈椎椎弓根直径小,个体间差异较大,毗邻脊髓、神经根、椎动脉等重要结构,临床应用受到限制[5]。国内王东来等[6]、闫德强等[7]及国外传统颈椎椎弓根置钉方法的相关数据是通过大量尸体的颈椎椎体骨测量获得,其值较固定或变化范围较小,不具有个体应用性。本研究对29例成人下颈椎术前CT数据应用计算机软件进行模拟及测量,于术前了解各个下颈椎椎弓根螺钉解剖学参数,旨在为后期临床置钉提供参考。

1 材料与方法

1.1 C3~C7在Mimics 10.01图像测量

随机抽取29例40岁以下患者,包括男性22例,女性7例,平均年龄34.4(26~40)岁,其中颈椎骨折并后方椎板压迫5例,颈椎骨折伴颈椎管狭窄24例。对C3~C7进行CT扫描(640层CT, GE公司,层厚为1.25 mm),导入Mimics 10.01中了解椎弓根是否完整,观察内外侧皮质骨厚度;进行横断面、矢状面、冠状位仔细观察后,在最佳横断面中使用测量工具测量椎弓根皮质骨宽度(pedicle width,PW)、椎弓根松质骨宽度(pedicle sponge width,PSW)(图1)。

1.2 C3~C7在UG Imageware 13.2中的测量和进钉点的确定

在导入的Mimics 10.01中,进行多层面编辑提取单个下颈椎椎骨信息,然后重建获取各个下颈椎体骨,并将结果以STL格式保存导出进入UG Imageware 13.2,删除躁点(图2)。按照每个椎体椎弓根轴线进行模拟钉道,三维旋转各个方向观察置入后椎弓根壁及椎体是否穿破(图3)。如果钉道符合要求,再以该钉道中心线观察其与侧块交点即为进钉点,即椎弓根钉中心轴线在侧块的投射点(X点);模拟钉道中心线与侧块及椎体前方两交点为模拟最大椎弓根钉道长度(图4)。再以X点做椎体的横断面及矢状面,测量其与横断面上侧块最外缘的距离及矢状面上上关节突后下缘与侧块交点处距离(图5、6)。测量模拟椎弓根钉道与对应上下终板的角度、模拟椎弓根钉道横向外倾角、模拟直径为3.5 mm椎弓根钉道内外偏角、头尾倾角安全范围(图7~11)。

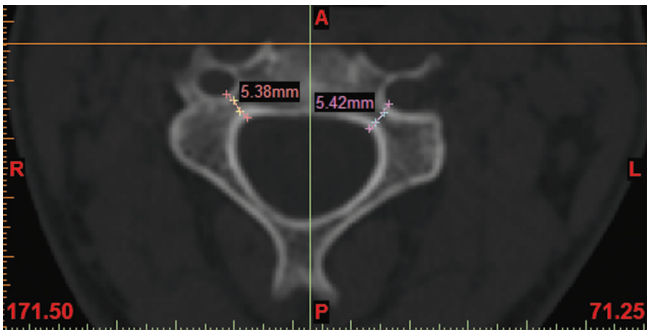
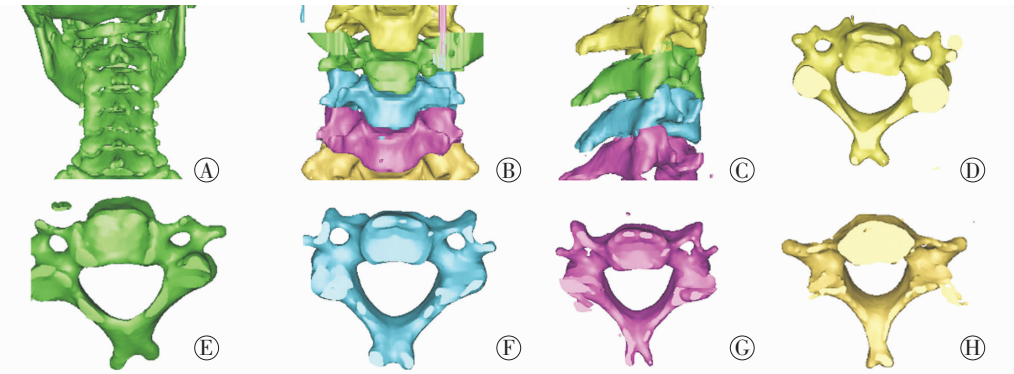


图1 Mimics 10.01中颈椎椎弓根皮质、骨松质骨宽度



A:获得原始CT数据三维重建;B:Mimics 10.01中多层面编辑获得颈椎各椎体正面观;C:Mimics 10.01中多层面编辑获得颈椎各椎体侧面观;D:C3椎体;E:C4椎体;F:C5椎体;G:C6椎体;H:C7椎体

图2 Mimics 10.01中颈椎三维重建及分离单个下颈椎

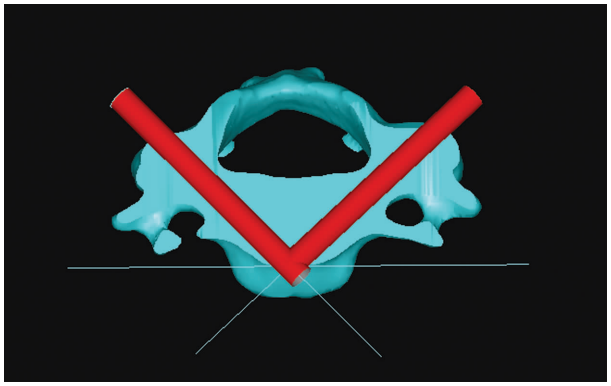
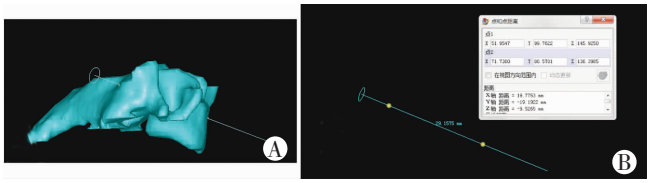
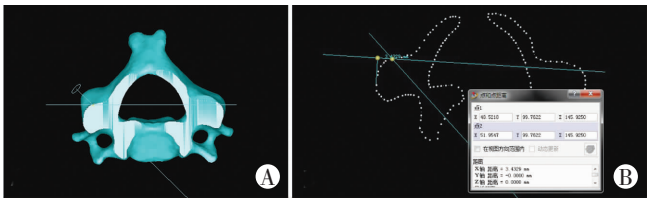


图 3　UG Imageware 13.2 软件中椎体中沿椎弓根轴线置入合适的模拟钉道



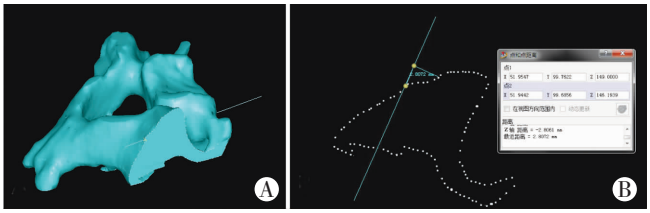
A:模拟钉道与椎体前后的交点;B:通过椎体前后 2 个交点测量钉道最大长度

图 4　体表投影点(X 点)及模拟钉道最大长度



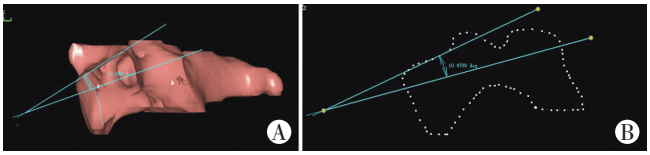
A:通过 X 点椎体的横截面图;B:横截面图中测量 X 点到最外缘的距离

图 5　体表投影点(X 点)与横断面上侧块最外缘的距离



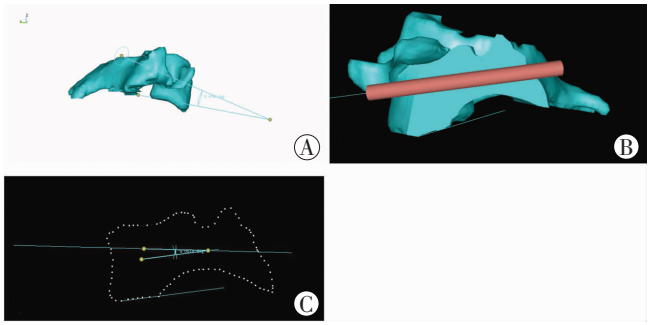
A:通过 X 点椎体的矢状截面图;B:截面图中测量 X 点到上关节突后下缘的距离

图 6　钉道在体表投影点(X 点)与矢状面上关节突后下缘的距离



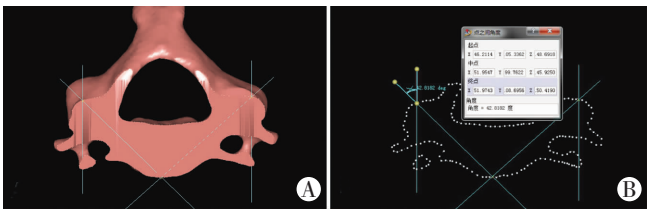
A:模拟钉道轴线与上终板的角度;B:截面图中钉道轴线与上终板角度测量

图 7　模拟钉道与上终板的角度



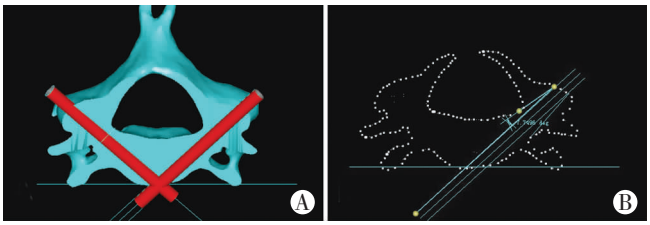
A:模拟钉道轴线与下终板的角度;B:模拟钉道及轴线与下终板的角度;C:截面图中钉道轴线与下终板角度测量

图 8　模拟钉道与下终板的角度



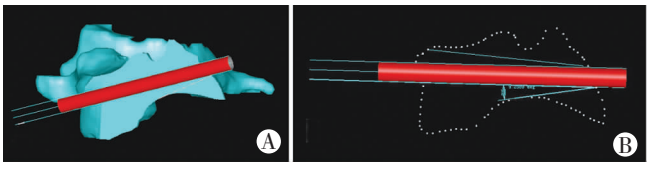
A:三维立体中模拟钉道轴线与矢状线;B:截面中模拟钉道轴线与矢状线角度测量

图 9　模拟椎弓根钉横向外倾角



A:三维立体中模拟钉道内外偏角;B:截面中模拟钉道外缘内外偏角测量

图 10　模拟椎弓根钉内外偏角范围



A:三维立体中模拟钉道头尾偏角;B:截面中模拟钉道外缘头尾偏角测量

图 11　模拟椎弓根钉头尾偏角范围

1.3　统计学处理

采用 SPSS 18.0 统计软件建立数据库,测量结果采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2　结果

2.1　椎弓根宽度

椎弓根宽度逐渐增大,松质骨宽度范围为 2.05 ~ 3.91 mm,皮质骨宽度范围为 4.33 ~ 7.87 mm,其中 C7

最大,C3最小。见表1。

表1 Mimics 10.01中C3~C7椎弓根宽度(mm, $\bar{x}\pm s$)

椎体	椎弓根皮质骨宽度		椎弓根松质骨宽度	
	左	右	左	右
C3	5.06±0.31	5.57±0.47	2.32±0.21	2.37±0.32
C4	5.32±0.33	5.37±0.20	2.35±0.56	2.47±0.35
C5	5.68±0.44	5.98±0.32	2.30±0.29	2.17±0.24
C6	6.06±0.40	6.42±0.21	2.43±0.37	2.33±0.55
C7	7.01±0.65	7.03±0.32	2.94±0.77	3.08±0.58

2.2 模拟椎弓根钉道最大长度

C3~C7椎弓根进钉通道长度逐渐增大,范围为26.813 6~35.341 9 mm,其中C7最大,C3最小。见表2。

表2 UG Imageware 10.01中C3~C7模拟椎弓根钉道最大长度(mm,$\bar{x}\pm s$)

椎体	椎弓根最大长度	
	左	右
C3	28.345 2±1.141 2	28.384 1±1.374 4
C4	30.452 3±1.313 1	30.1142±1.422 7
C5	31.442 1±1.493 7	31.168 7±1.339 6
C6	31.232 8±1.932 8	31.189 4±1.872 1
C7	32.378 0±2.059 3	32.196 4±2.145 5

2.3 模拟进钉点到侧块最外缘距离及到上关节突后下缘距离

C3~C7模拟进钉点到横断面侧块最外缘距离从头端到尾端是不断增大的,而到矢状面上关节突后下缘距离并无完全规律性。见表3。

表3 C3~C7进钉点(X点)与横断面上侧块最外缘的距离和矢状面上关节突后下缘距离(mm,$\bar{x}\pm s$)

椎体	X点与横断面侧块最外缘的距离		X点与矢状面上关节突后下缘距离	
	左	右	左	右
C3	2.532 7±0.314 6	2.339 1±0.322 9	1.926 1±0.205 7	1.906 9±0.216 1
C4	2.108 1±0.494 7	2.141 5±0.437 3	2.126 2±0.331 3	2.221 2±0.339 3
C5	3.036 3±0.311 8	3.181 8±0.308 9	2.501 5±0.336 6	2.589 1±0.336 9
C6	3.680 7±0.412 9	3.691 3±0.431 6	2.421 7±0.441 6	2.515 9±0.313 6
C7	3.530 6±0.496 2	3.310 9±0.533 6	2.680 0±0.332 8	2.614 7±0.486 3

2.4 模拟椎弓根钉道与对应上下终板的角度

C3~C7模拟椎弓根钉道与对应上下终板的角度范围在12.687 3°~-16.961 8°。见表4。

表4 C3~C7模拟椎弓根钉道与上下终板的角度(°,$\bar{x}\pm s$)

椎体	左	右
C3	9.345 8±2.535 4	9.216 3±2.314 1
C4	5.432 3±2.103 1	5.114 2±2.322 7
C5	(-)3.442 1±2.093 7	(-)3.168 7±2.239 6
C6	(-)7.232 8±2.332 8	(-)6.941 8±2.017 2
C7	(-)12.378 0±2.559 3	(-)12.196 4±2.545 5

-:表示椎弓根轴线指向下终板(从后向前)

2.5 模拟椎弓根钉道横向外倾角

C3~C7模拟椎弓根钉道横向外倾角范围35.012 6°~49.299 6°。见表5。

表5 C3~C7模拟钉道轴心线与矢状线的夹角(横向外倾角)(°,$\bar{x}\pm s$)

椎体	左	右
C3	42.183 4±2.301 2	42.178 0±2.369 4
C4	44.728 4±2.679 3	44.129 8±3.071 3
C5	44.805 8±2.309 0	44.688 9±2.353 1
C6	42.342 6±2.343 9	42.695 3±2.800 3
C7	39.323 0±2.291 8	39.237 7±2.424 1

2.6 模拟椎弓根钉道安全范围

模拟椎弓根钉道内偏角安全范围6.112 6°~9.219 6°、外偏角安全范围4.473 1°~8.779 6°,头倾角安全范围2.557 2°~5.834 2°、尾倾角安全范围7.063 2°~10.984 2°。见表6。

表6 C3~C7模拟钉道内外偏角及头尾偏角安全范围(°,$\bar{x}\pm s$)

椎体	模拟钉道内外偏角范围		模拟钉道头尾偏角范围	
	内	外	头	尾
C3	7.348 1±0.321 2	4.843 0±0.379 2	2.981 2±0.224 0	7.470 2±0.307 1
C4	7.700 4±0.479 3	5.421 8±0.424 3	3.319 6±0.355 3	7.630 1±0.562 1
C5	8.395 8±0.579 0	6.188 9±0.493 1	3.961 5±0.392 6	8.403 4±0.484 1
C6	8.543 2±0.528 9	6.744 3±0.511 7	4.591 7±0.487 3	9.510 5±0.594 3
C7	8.572 0±0.591 8	7.367 7±0.558 1	5.296 1±0.451 6	10.092 8±0.636 2

模拟椎弓根钉道直径为3.5 mm

3 讨论

3.1 计算机辅助下术前测定下颈椎弓根螺钉内固定相关的解剖学参数的临床意义

由于人与人之间的个体差异,传统的通过尸体颈椎骨测量获得参数置钉的方法照搬应用于临床应用可能导致椎弓根螺钉穿破而致血管神经损伤。通过计算机术前模拟螺钉置入测量模拟钉道的最大长度、与对应上下终板的角度、横向外倾角,内外偏角安全范围、

头尾倾角安全范围;模拟进钉点及其与横断面上与侧块最外缘和矢状面与上关节突后下缘的距离作为个体化螺钉置入的参考可以于术前充分了解各个下颈椎的不同信息,然后术中按照以上个体化参数置钉,一定程度上可降低手术操作的盲目性,提高置钉的准确性,其可行性和安全性,待后期临床加以证实。

3.2 *该方法不足及临床应用对策*

虽术前充分了解了各个下颈椎椎弓根螺钉置入的相关参数,但此种测量后置钉方式仍存在不足:①由于各家医院CT扫描设备的差距,扫描点云稀疏不一,层厚较大可能椎体存在一定失真,建议尽量薄层扫描。②原始的测量数值,尤其是相关进钉角度,术中患者体位发生改变将导致置钉角度的改变,可于术中反复透视及探针反复探查通道壁。③无相关器械及装置辅助,人为置钉操作无法达到准确的设计角度、进钉点,可采用王远政等[8]应用逆向工程制造导航模板及应用导航或手术机器人进行进钉操作的执行。④无法术中实时监控性,建议神经电生理装置监测下行螺钉扩孔及置入。⑤如需进行术前规划及设计,需医师参加学习相关软件操作及培训。

在实际临床应用中,我们仍推荐Park等[9]采用进钉点较传统置钉点稍靠内侧的进钉点的方式,进钉点较我们测量的进钉点(X点)稍靠内侧,理由如下:①根据我们的此次观察及其他相关报道内侧壁是所有颈椎椎弓根壁中最厚的。因此,内侧壁是较外侧壁难以用开路锥穿透。②如果操作不当,外侧壁较薄则可能穿破外侧壁造成椎动脉损伤,造成严重不良后果。③椎弓根内侧壁即使穿破,硬脊膜与脊髓存在一定间隙,具有一定缓冲空间,所以不易引起脊髓损伤[5]。最后,术者手感、经验在下颈椎椎弓根螺钉的置入过程也起着举足轻重的作用。

参考文献:

[1] Abumi K, Itoh H, Taneichi H, *et al*. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report [J]. J Spinal Disord, 1994, 7(1): 19-28.

[2] Kowalski J M, Ludwig S C, Hutton W C, *et al*. Cervical spine pedicle screws: a biomechanical comparison of two insertion techniques[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(22): 2865-2867.

[3] Kotani Y, Cunningham B W, Abumi K, *et al*. Biomechanical analysis of cervical stabilization systems. An assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1994, 19(22): 2529-2539.

[4] Kim S M, Lim T J, Paterno J, *et al*. Biomechanical comparison of anterior and posterior stabilization methods in atlantoaxial instability[J]. J Neurosurg, 2004, 100(3 Suppl Spine): 277-283.

[5] 朱若夫. 颈椎椎弓根内固定术的基础和临床研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2008.

[6] 王东来, 唐天驷, 黄士中, 等. 下颈椎椎弓根内固定的解剖学研究与临床应用[J]. 中华骨科杂志, 1998, 18(11): 659-662.

[7] 闫德强, 谢志军, 于有德, 等. 颈椎弓根螺钉内固定的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2002, 22(11): 657-661.

[8] 王远政, 田晓滨, 刘洋, 等. Mimics及颈椎模型用于下颈椎椎弓根个体化置钉的应用研究[J]. 第三军医大学学报, 2012, 34(15): 1543-1547.

[9] Park J H, Jeon S R, Roh S W, *et al*. The safety and accuracy of freehand pedicle screw placement in the subaxial cervical spine: a series of 45 consecutive patients[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(4): 280-285.

(**收稿**:2014-11-15;**修回**:2014-11-27)

(编辑 龙 亮)