

• 临床研究 •

下颈椎关节突关节与椎体后缘关系的影像学研究

赵刘军¹, 徐荣明², 马维虎², 应启迹², 王邦荣², 夏华杰³, 王国平³, 刘观[■]², 曹进², 郑华江²

(1. 浙江中医药大学, 浙江 杭州 310053; 2. 宁波市第六医院骨科; 3. 宁波市第六医院影像科)

【摘要】 **目的:** 研究探讨下颈椎关节突关节前缘与椎体后缘的位置关系, 为临床行下颈椎经关节螺钉植入时评价进钉深度提供参考。**方法:** 选取无明显下颈椎畸形的标准颈椎侧位 X 线片 100 张, 下颈椎标准 CT 平扫片 50 张, 测量下颈椎关节突关节顶点、中部、基底部前缘与椎体后缘的距离(分别记为 HS, HM, HI), 椎体后缘之前为负、之后为正。并对测量数据进行统计学分析。**结果:** 所有关节突关节前缘距离、椎体后缘的距离从顶点到基底部逐渐减小(HS > HM > HI)。C_{3,4} 关节突关节前缘大多位于椎体后缘之前(HS, HM, HI 均为负值); C_{4,5}、C_{5,6} 关节突关节前缘逐渐后移; C_{6,7} 关节突关节前缘均位于椎体后缘之后(HS, HM, HI 均为正值)。下颈椎关节突关节顶点前缘与椎体后缘的距离 HS 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大, C_{3,4} 为(0±0.25) mm, C_{4,5} 为(2.03±0.47) mm, C_{5,6} 为(2.45±0.56) mm, C_{6,7} 为(2.91±1.05) mm; 下颈椎关节突关节中部前缘与椎体后缘的距离 HM 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大, C_{3,4} 为(-1.57±0.53) mm, C_{4,5} 为(0.50±0.26) mm, C_{5,6} 为(0.56±0.36) mm, C_{6,7} 为(1.54±0.39) mm; 下颈椎关节突关节基底部前缘与椎体后缘的距离 HI 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大, C_{3,4} 为(-2.03±0.40) mm, C_{4,5} 为(0±0.30) mm, C_{5,6} 为(0.50±0.44) mm, C_{6,7} 为(1.08±0.70) mm。**结论:** 在行下颈椎经关节螺钉固定时, 螺钉的头部在 C_{3,4} 应位于相应椎体后缘前方 0~2 mm, C_{4,5} 应位于相应椎体后缘之后 0~2 mm, C_{5,6} 应位于相应椎体后缘之后 0.5~2.5 mm, C_{6,7} 应位于相应椎体后缘之后 1~3 mm。下颈椎关节突关节前缘与椎体后缘关系的确立, 可为临床工作中下颈椎经关节螺钉植入时判断进钉深度提供参考。

【关键词】 下颈椎; 椎关节突关节; 内固定器; 放射摄影影像解释, 计算机辅助

An imaging study on location of the anterior border of facets and the posterior border of vertebral bodies in lower cervical spine ZHAO Liu-jun*, XU Rong-ming, MA Wei-hu, YING Qi-er, WANG Bang-rong, XIA Hua-jie, WANG Guo-ping, LIU Guan-yan, CAO Ji, ZHENG Hua-jiang. *Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310053, Zhejiang, China

Objective: To explore the location of the anterior border of facets and the posterior border of vertebral bodies in lower cervical spine, and to provide a quantitative data to evaluate the correct length of transarticular screws in lower cervical spine during procedure. **Methods:** One hundred standard lateral X-ray films and fifty CT films on cervical spine were used to measure the distance of the anterior border of facets and the posterior border of vertebral bodies in lower cervical spine. HS, HM and HI were defined as parameters, which means the distance between the anterior border of the superior(HS), median(HM) and inferior(HI) part of facets and the posterior border of corresponding vertebral bodies. The value will be negative if the anterior border of the facet located before the vertebral body. **Results:** HS > HM > HI was found in all facets in lower cervical spine. The anterior border of the facet in C_{3,4} located before the posterior border of the vertebral body of C₃. The anterior border of C_{4,5} and C_{5,6} was inclined to posterior. The anterior border of C_{6,7} located after the posterior border of the vertebral body of C₆. The pattern of HS increased from C_{3,4} to C_{6,7}, the minimal(0±0.25) mm and the maximal(2.91±1.05) mm. The tendency of HM raised from C_{3,4} to C_{6,7}, the minimal (-1.57±0.53) mm and the maximal (1.54±0.39) mm. The pattern HI added from C_{3,4} to C_{6,7}, the minimal (-2.03±0.40) mm and the maximal (1.08±0.70) mm. **Conclusion:** During the implantation of the transarticular screws, the tip of the screws should be 0~2 mm before the posterior border of the vertebral body of C₃ at C_{3,4}, 0~2 mm after that of C₄ at C_{4,5}, 0.5~2.5 mm at C_{5,6} and 1~3 mm at C_{6,7}. The quantitative location between the anterior border of facets and the posterior border of the corresponding vertebral bodies can offer an indirect method to evaluate the correct length of transarticular screws in lower cervical spine during procedure.

Key words Cervical vertebrae; Zygapophyseal joint; Internal fixators; Radiographic image interpretation, computer-assisted

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(10): 755-758 www.zggszz.com

通讯作者: 赵刘军 宁波市第六医院骨科 315040

Tel: 0574-81152189 E-mail: zhaoliujun555@sina.com.cn

下颈椎经关节螺钉的基础研究与临床运用在国外逐渐增加,国内部分单位也已经开始将这项技术运用于临床,普遍认为该技术具有较为广阔的前景^[1-4]。在行下颈椎经关节螺钉植入时,即使借助 C 形臂透视仍很难分辨关节突关节的前缘,而椎体后缘的分辨则较为容易。本研究旨在通过影像学手段测量下颈椎关节突关节前缘与椎体后缘的距离,以便运用椎体后缘线来间接判断关节突关节的前缘,为准确把握术中下颈椎经关节螺钉植入的深度提供量化参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取无明显下颈椎畸形的标准侧位 X 线片 100 张(男 52 例,女 48 例,平均年龄 45.5 岁)。同时选取无明显下颈椎畸形的 CT 片 50 张(男 27 例,女 23 例,平均年龄 47.5 岁)。所有 X 线片资料均来源于 Philips X 线机摄片,AGFA-CR 机处理所得数字化颈椎标准侧位片。所有 CT 影像资料均来源于 Philips Brilliance 16 CT 所成下颈椎横断位扫描图像。扫描技术参数:层厚 1 mm,螺距 0.938,层间距 0.5 mm,球管电压 120 kV,电流 250 mA,窗宽 1 000,窗位 300。层厚均为 1 mm。

1.2 测量方法 获取上述资料后,由 2 名放射科专业技术人员运用游标卡尺分别对颈椎侧位片及 CT 横断位像进行相关参数的测量,测量值 X 线片精确到 1 mm,CT 精确到 0.1 mm。X 线侧位像上测量 C₃-C₇ 关节突关节顶点、中部、基底部的 前缘与相应椎体后缘的距离(分别记为 HS、HM、HI)。其中 HS 测量始于关节突关节最上方的前缘,HI 始于关节突关节最下方的前缘,HM 始于关节突关节的中点前缘,如图 1 所示。CT 横断位像测量的参数同 X 线片侧位像,分左右侧分别进行测量。其中 HS 在显示关节突关节上方的第一层横断位图像上测量,HI 在显示关节突关节的最后一层横断位图像上测量,HM 则在显示关节突关节的最中间一层横断位图像上测量,如图 2-4 所示。所有测量值在椎体后缘之前记为负,在椎体后缘之后记为正。

1.3 统计学处理 两位专业技术人员每次测量后结果取平均值,将此平均值作为测量的最终数据保存。CT 横断位像左右侧分别统计后,再不分侧别综合统计。选用 SPSS 11.5 软件进行统计学分析,运用 *t* 检验比较各参数在不同关节突关节及 CT 横断位像同一关节突关节左右侧之间的差异,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 X 线侧位像关节突关节前缘与椎体后缘距离 X 线侧位像测量显示男女间差异无统计学意义(*P*>0.05)。所有关节突关节前缘距离椎体后缘的距离从顶点到基底部逐渐减小(HS>HM>HI)。C_{3,4} 关节突关节前缘位于椎体后缘之前(HS、HM、HI 均为负值);C_{4,5}、C_{5,6} 关节突关节前缘逐渐后移;C_{6,7} 关节突关节前缘位于椎体后缘之后(HS、HM、HI 均为正值)。下颈椎关节突关节顶点前缘与椎体后缘的距离 HS 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大,C_{3,4} 为(0±0.5) mm,C_{4,5} 为(2.0±0.5) mm,C_{5,6} 为(2.5±0.5) mm,C_{6,7} 为(3.0±1.0) mm;下颈椎关节突关节中部前缘与椎体后缘的距离 HM 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大,C_{3,4} 为(-1.5±0.5) mm,C_{4,5} 为(0.5±0.3) mm,C_{5,6} 为(0.5±0.3) mm,C_{6,7} 为(1.5±0.5) mm;下颈椎关节突关节基底部前缘与椎体后缘的距离 HI 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大,C_{3,4} 为(-2.0±0.4) mm,C_{4,5} 为(0±0.3) mm,C_{5,6} 为(0.5±0.2) mm,C_{6,7} 为(1.0±0.5) mm。各关节突关节相应测量参数间比较除 C_{4,5}、C_{5,6} HM 间差异无统计学意义外(*P*>0.05),其余各参数在不同关节突关节间差异均有统计学意义(*P*<0.05)(见表 1)。

2.2 CT 横断位像关节突关节前缘与椎体后缘距离 CT 横断位像测量显示男女间差异无统计学意义(*P*>0.05)。同一横断位像上左右侧测量值除 C_{3,4} HI 右侧(-2.32±0.45) mm<左侧(-2.05±0.40) mm 与 C_{6,7} HS 右侧(2.79±0.80) mm<左侧(2.93±1.05) mm,差异有统计学意义外(*P*<0.05),其余各测量值间无明显差异(*P*>0.05)。下颈椎关节突关节前缘与椎体后缘的距离与 X 线侧位像测量结果基本吻合。下颈椎关节突关

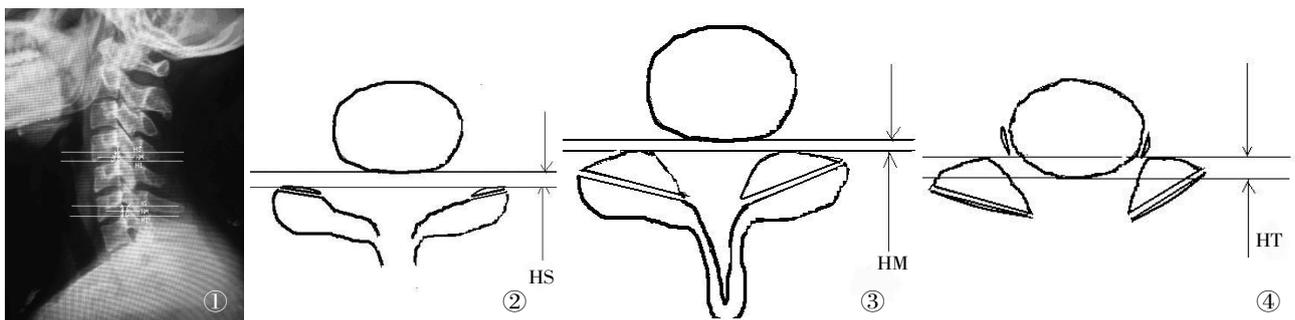


图 1 X 线侧位像 HS、HM、HI 测量:HS 测量始于关节突关节最上方的前缘,HI 始于关节突关节最下方的前缘,HM 始于关节突关节的中点前缘 图 2 CT 横断位像 HS 的测量:关节突关节上方的第一层横断位图像上关节突关节前缘与椎体后缘的距离 图 3 CT 横断位像 HM 的测量:关节突关节最中间一层横断位图像上关节突关节前缘与椎体后缘的距离 图 4 CT 横断位像 HI 的测量:关节突关节最后一层横断位图像上关节突关节前缘与椎体后缘的距离

Fig.1 Measurements of HS, HM, and HI on lateral X-ray film. HS, HM, and HI were defined as parameters, which means the distance between the anterior border of the superior(HS), median(HM) and inferior(HI) part of facets and the posterior border of corresponding vertebral bodies Fig.2 Measurement of HS on CT axial view. The distance between anterior border of facet and the posterior border of vertebral body was defined on the first axial film Fig.3 Measurement of HM on CT axial view. The distance between anterior border of facet and the posterior border of vertebral body was defined on the median axial film Fig.4 Measurement of HI on CT axial view. The distance between anterior border of facet and the posterior border of vertebral body was defined on the last axial film

表 1 X 线侧位片关节突关节前缘与椎体后缘距离 (mm)

Tab.1 The distances between anterior border of facets and the posterior border of vertebral bodies on lateral X-ray films (mm)

参数	HS	HM	HI
C _{3,4} ($\bar{x}\pm SD$)	0±0.5	-1.5±0.5	-2.0±0.4
Range	-0.5~0.5	-2.5~-1.0	-2.5~-1.5
C _{4,5} ($\bar{x}\pm SD$)	2.0±0.5	0.5±0.3	0±0.3
Range	1.5~2.5	0~1.0	-0.5~0.5
C _{5,6} ($\bar{x}\pm SD$)	2.5±0.5	0.5±0.3	0.5±0.2
Range	1.5~3.5	0~1.0	0~1.5
C _{6,7} ($\bar{x}\pm SD$)	3.0±1.0	1.5±0.5	1.0±0.5
Range	2.0~4.0	1.0~2.0	0.5~1.5

注: HM 在 C_{4,5} 与 C_{5,6} 间差异无统计学意义, P>0.05; 其余各参数在不同关节突关节间差异有统计学意义, P<0.05

Note: There were significant difference between parameters in different facets (P<0.05) but HM between C_{4,5} and C_{5,6} (P>0.05)

表 2 CT 横断位像关节突关节顶点前缘与椎体后缘距离 (HS)数据表 (mm)

Tab.2 The distances between the anterior border of superior part of facets to the posterior border of vertebral bodies (HS) on CT axial views (mm)

侧别 \ 关节突	C _{3,4}	C _{4,5}	C _{5,6}	C _{6,7}
左($\bar{x}\pm SD$)	0±0.25	2.0±0.43	2.4±0.58	2.9±1.05
Range	-0.35~0.41	1.5~2.5	1.5~3.2	1.5~4.0
右($\bar{x}\pm SD$)	0±0.32	2.1±0.49	2.3±0.63	2.7±0.80*
Range	-0.52~0.57	1.5~2.8	1.5~3.0	1.5~3.5
综合($\bar{x}\pm SD$)	0±0.25	2.03±0.47	2.45±0.56	2.91±1.05
Range	-0.52~0.57	1.5~2.8	1.5~3.2	1.5~4.0

注: * C_{6,7} 左右侧统计有显著差异, P<0.05; 其余各组左右侧间无显著差异, P>0.05; 不同关节突关节 HS 差异显著, P<0.05

Note: *There was no difference between right and left side (P>0.05) but C_{6,7} (P<0.05); The differences of HS between various facets were significant (P<0.05)

节顶点前缘与椎体后缘的距离 HS 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大 C_{3,4} 为 (0±0.25) mm, C_{4,5} 为 (2.03±0.47) mm, C_{5,6} 为 (2.45±0.56) mm, C_{6,7} 为 (2.91±1.05) mm (见表 2); 下颈椎关节突关节中部前缘与椎体后缘的距离 HM 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大, C_{3,4} 为 (-1.5±0.53) mm, C_{4,5} 为 (0.50±0.26) mm, C_{5,6} 为 (0.56±0.36) mm, C_{6,7} 为 (1.54±0.39) mm (见表 3)。下颈椎关节突关节基底前缘与椎体后缘的距离 HI 从 C_{3,4} 到 C_{6,7} 逐渐增大, C_{3,4} 为 (-2.03±0.40) mm, C_{4,5} 为 (0±0.30) mm, C_{5,6} 为 (0.50±0.44) mm, C_{6,7} 为 (1.08±0.70) mm (见表 4)。各关节突关节相同测量参数间比较差异有统计学意义 (P<0.05)。

3 讨论

3.1 下颈椎关节突关节的构成及毗邻 下颈椎(C₃-C₇)关节突关节是由上位颈椎骨的下关节突与下位颈椎骨的上关节突的关节面构成的。上关节面呈扁平卵圆形, 朝向后上方, 而相关的下关节面主要朝向前方, 较上关节面更接近冠状位。下

表 3 CT 横断位像关节突关节中点前缘与椎体后缘距离 (HM)数据表 (mm)

Tab.3 The distances between the anterior border of midpoint of facets and the posterior border of vertebral bodies (HM) on CT axial views (mm)

参数	C _{3,4}	C _{4,5}	C _{5,6}	C _{6,7}
左($\bar{x}\pm SD$)	-1.5±0.53	0.5±0.29	0.6±0.39	1.5±0.39
Range	-2.5~-1.0	0.2~0.8	0~1.0	1.0~2.0
右($\bar{x}\pm SD$)	-1.5±0.50	0.5±0.35	0.5±0.24	1.5±0.4, 5
Range	-2.2~-0.8	0~1.0	0~1.0	1.0~2.2
综合($\bar{x}\pm SD$)	-1.57±0.53	0.50±0.26	0.56±0.36	1.54±0.39
Range	-2.5~-0.8	0~1.0	0~1.0	1.0~2.2

注: 各组左右侧间无显著差异, P>0.05; 不同关节突关节 HM 差异有统计学意义, P<0.05

Note: There was no difference between right and left side in each group (P>0.05); The differences of HM in various facets were significant (P<0.05)

表 4 CT 横断位像关节突关节基底前缘与椎体后缘距离 (HI)数据表 (mm)

Tab.4 The distances between the anterior border of inferior part of facets to the posterior border of vertebral bodies (HI) on CT axial views (mm)

参数	C _{3,4}	C _{4,5}	C _{5,6}	C _{6,7}
左($\bar{x}\pm SD$)	-2.0±0.40	0±0.56	0.5±0.44	1.0±0.71
Range	-2.5~-1.5	-0.5~0.5	0~1.3	0.2~2.0
右($\bar{x}\pm SD$)	-2.3±0.45*	0±0.15	0.5±0.38	1.0±0.65
Range	-2.9~-1.5	-0.2~0.3	0~1.2	0.3~1.8
综合($\bar{x}\pm SD$)	-2.03±0.40	0±0.30	0.50±0.44	1.08±0.70
Range	-2.9~-1.5	-0.5~0.5	0~1.3	0.2~2.0

注: * C_{3,4} 左右侧统计有显著差异, P<0.05; 其余各组左右侧间无显著差异, P>0.05; 不同关节突关节 HI 差异显著, P<0.05

Note: *There was no difference between right and left side (P>0.05) but C_{3,4} (P<0.05); The differences of HI between various facets were significant (P<0.05)

颈椎关节突关节属于滑膜关节, 关节面有软骨覆盖, 关节囊附于关节软骨周缘, 较为松弛。下颈椎关节突关节宽度各家报道不同, 从 C₃ 到 C₇ 逐渐增加 8.6~12.3 mm^[5-9]。关节软骨厚度女性为 0.4 mm, 男性为 0.5 mm^[9]。下颈椎关节突关节的前方为椎间孔, 而椎间孔的前方为椎体和椎间盘。颈神经根位于椎间孔的下部^[10-13]。在椎间孔中, 颈神经根斜向前下外行, 恰位于椎动脉后方、侧块的腹侧沟中^[15-16]。在椎间孔外侧部, 神经根分为前后两支, 后支(背侧支)向后上行, 位于横突后脊上方上关节突基底前外侧, 前支(腹侧支)向前下行进入由横突前后支构成的沟中^[12, 14]。

3.2 下颈椎经关节螺钉的应用及研究方向 如果下颈椎后路解剖发生改变, 例如有先天性畸形、肿瘤、创伤、感染、局部手术史或侧块螺钉固定失败时, 下颈椎经关节螺钉可作为替代用于后路的固定融合。下颈椎经关节螺钉可独立使用或结合钢板而行颈后路固定, 有较为可靠的生物力学稳定性^[2]。近

年来国外一些学者逐渐开始重视对于下颈椎经关节螺钉的基础和临床应用研究,并取得了一些初步的成果^[1-2]。Takayasu 运用下颈椎经关节螺钉治疗 25 例患者,术中所有螺钉都获得满意植入,没有出现并发症,随访 3 个月~5 年,从影像上没有发现明显螺钉退出或松动的迹象,所有患者都获得满意融合^[1]。国内谢宁等^[3]报道了经关节突螺钉治疗下颈椎脱位,马维虎等^[4]报道了结合运用下颈椎经关节螺钉及钢板治疗下颈椎骨折脱位,均取得了良好的临床效果。由于下颈椎经关节螺钉国外也仅处于研究探索阶段,虽然已有个别报道,但尚缺乏大宗严密的解剖学研究、影像学评价、安全性评估及临床中长期随访资料,若要广泛运用于临床还需要开展大量细致的研究,对此项新技术的运用应持谨慎态度^[16-17]。

3.3 本研究的意义 下颈椎经关节突关节螺钉相对于侧块螺钉的优势在于螺钉经 4 层皮质固定,螺钉头部穿经关节突,最后到达关节突关节的前缘,有较强的把持力。Takayasu 等^[1]认为,行下颈椎经关节螺钉固定时,由于椎动脉和颈神经根位于侧块前方,仅留一个螺纹在下关节突关节的前缘是安全的。如果螺钉过短,未超过关节突关节的前缘,就不能有效发挥其 4 层皮质固定的优势,容易产生螺钉的松动脱出。马维虎等^[4]就报道了 1 例由于螺钉过短导致的部分松动脱出患者。如果螺钉过长,则可能导致神经根的损伤。最近已有在尸体标本中运用三维影像导航技术经皮植入 C₃-C₆ 侧块螺钉及 C₇ 椎弓根螺钉的报道,表明经皮植入颈椎后路螺钉是可行的^[19]。如要行经皮植入下颈椎经关节螺钉,在术中必须借助影像设备有效评价确定准确的进钉深度,以防螺钉长度不准确所引起的并发症。

临床实践中我们发现在 C 形臂透视条件下定位下颈椎关节突关节的位置比较困难,而下颈椎椎体后缘的投影在 C 形臂透视条件下相对恒定清晰。因此在行下颈椎经关节螺钉植入时,单纯依靠关节突关节的位置确定螺钉的深度很不可靠。如果能够利用下颈椎椎体后缘的影像间接确定关节突关节的位置,那么在行下颈椎经关节螺钉固定时就能够有效把握螺钉的进钉深度,防止螺钉过短导致的把持力不足及螺钉过长引起的神经根损伤。

本研究发现虽然 CT 横断位像上能够准确的测量关节突关节前缘与椎体后缘的距离,其结果与 X 线侧位片测量结果基本吻合。提示运用 X 线侧位片评估关节突关节前缘与椎体后缘的距离是有效可信的。本研究结果显示:C_{3,4} 关节突关节前缘大多位于椎体后缘之前;C_{4,5}、C_{5,6} 关节突关节前缘逐渐后移;C_{6,7} 关节突关节前缘均位于椎体后缘之后。C_{3,4} 上中下部前缘位于椎体后缘之前约 0、1.5、2 mm。C_{4,5} 上中下部前缘位于椎体后缘之后约 2、0.5、0 mm, C_{5,6} 上中下部前缘位于椎体后缘之后约 2.5、0.5、0.5 mm, C_{6,7} 上中下部前缘位于椎体后缘之后约 3、1.5、1.0 mm。提示在行下颈椎经关节螺钉固定时,螺钉的头部在 C_{3,4} 应位于相应椎体后缘前方 0~2 mm, C_{4,5} 应位于相应椎体后缘之后 0~2 mm, C_{5,6} 应位于相应椎体后缘之后 0.5~2.5 mm, C_{6,7} 应位于相应椎体后缘之后 1~3 mm。在同一关节突关节处,下颈椎经关节螺钉的头部越偏头侧,深度应越偏后方。

参考文献

- [1] Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al. Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine. Technical note. *J Neurosurg*, 2003, 99(1 suppl): 132-136.
- [2] DalCanto RA, Lieberman I, Inceoglu S, et al. Biomechanical comparison of transarticular facet screws to lateral mass plates in two-level instrumentations of the cervical spine. *Spine*, 2005, 30(8): 897-902.
- [3] 谢宁, 谭军, 叶晓健, 等. 经关节突螺钉固定治疗下颈椎脱位. *中华创伤杂志*, 2006, 22(2): 110-112.
- [4] 马维虎, 刘观 ■, 徐荣明, 等. 颈椎后路经关节螺钉钢板内固定术在下颈椎骨折脱位中的运用. *中华创伤杂志*, 2007, 23(1): 29-33.
- [5] Fancis CC. Variations in the articular facets of the cervical vertebrae. *Anat Rec*, 1955, 122: 589-602.
- [6] Milne N. The role of zygapophysial joint orientation and uncinat processes in controlling motion in the cervical spine. *J Anat*, 1991, 178: 189-201.
- [7] Panjabi MM, Oxland T, Takata K, et al. Articular facets of the human spine. Quantitative three-dimensional anatomy. *Spine*, 1993, 18(10): 1298-1310.
- [8] Ebraheim NA, Xu R, Challgren C, et al. Quantitative anatomy of the cervical facet and the posterior projection of its inferior facet. *J Spinal Disord*, 1997, 10(4): 308-316.
- [9] Yoganandan N, Knowles SA, Maiman DJ, et al. Anatomic study of the morphology of human cervical facet joint. *Spine*, 2003, 28(20): 2317-2323.
- [10] Daniels DL, Hyde JS, Kneeland JB, et al. The cervical nerves and foramina: local-coil MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1986, 7: 129-133.
- [11] Pech P, Daniels DL, Williams AL, et al. The cervical neural foramina: correlation of microtomy and CT anatomy. *Radiology*, 1985, 155(1): 143-146.
- [12] Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, et al. The anatomic relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine. *Spine*, 2000, 25(3): 286-291.
- [13] Ebraheim NA, Haman ST, Xu R, et al. The anatomic location of the dorsal ramus of the cervical nerve and its relation to the superior articular process of the lateral mass. *Spine*, 1998, 23(18): 1968-1971.
- [14] Ebraheim NA, An HS, Xu R, et al. The quantitative anatomy of the cervical nerve root groove and the intervertebral foramen. *Spine*, 1996, 21(14): 1619-1623.
- [15] Pait TG, McAllister PV, Kaufman HH. Quadrant anatomy of the articular pillars (lateral cervical mass) of the cervical spine. *J Neurosurg*, 1995, 82(6): 1011-1014.
- [16] 赵刘军, 徐荣明. 下颈椎经关节螺钉研究进展. *国际骨科学杂志*, 2006, 27(4): 224-226.
- [17] 刘观 ■, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎经关节螺钉固定研究进展. *中华创伤杂志*, 2006, 22(11): 873-876.
- [18] Holly LT, Foley KT. Percutaneous placement of posterior cervical screws using three-dimensional fluoroscopy. *Spine*, 2006, 31(5): 536-540.

(收稿日期: 2007-11-30 本文编辑: 李为农)