

# 后路寰椎后弓螺钉内固定研究进展

李国庆, 马维虎, 刘观燚

(宁波市第六医院脊柱外科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】** 寰椎后弓螺钉内固定技术的提出, 为治疗枕颈部不稳提供了新的补救方法。许多文献报道了寰椎后弓螺钉固定的可行性, 初步显示了其置钉点易暴露、出血少、手术时间短等优势, 尤其在侧块被肿瘤、炎症、创伤等破坏无法使用寰枢关节螺钉、寰椎侧块螺钉、椎弓根螺钉时补救固定。但如果外科医生术中操作不当, 则可引起医源性骨折、椎动脉及颈脊髓损伤等严重并发症。因此, 寰椎后弓螺钉内固定技术的安全性和有效性成为当下研究的热点。

**【关键词】** 寰椎; 骨折固定术, 内; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.06.020

**Progress on atlanto-axial pedicle screw fixation through posterior approach** LI Guo-qing, MA Wei-hu, and LIU Guan-yi. Department of Orthopaedics, the Sixth Hospital of Ningbo, Ningbo 315040, Zhejiang, China

**ABSTRACT** The present of atlanto-axial pedicle screw fixation through posterior approach provide a new remedy for treating instability of pillow and cervical. A lot of researches have reported feasibility of atlanto-axial pedicle screw fixation, the results showed that it had advantages of easily exposure, less blood loss, shorter operative time, especially in treating as remedy fixation for atlanto-axial joint screw, atlas lateral mass screws and pedicle screw caused by injuries of tumor, inflammation and trauma. If not done properly, it can cause serious complications, such as iatrogenic fracture, injuries of vertebral artery and cervical spinal cord. Therefore, the safty and effectiveness of atlanto-axial pedicle screw fixation may be focus of research.

**KEYWORDS** Atlas; Fracture fixation, internal; Review literature

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(6):525-528 www.zggszz.com

寰椎作为枕颈部承上启下的关键部分, 上与枕骨髁形成寰枕关节支撑头颅, 下与枢椎形成寰枢关节和寰齿关节负责颈部 50% 的旋转运动<sup>[1]</sup>。因此, 在治疗枕颈部不稳中, 寰椎起到不可忽视的固定支点。国内外关于寰椎固定的方式很多, 由最初后弓下钢丝、椎板夹固定, 到后来出现的经寰枢关节螺钉、寰椎侧块螺钉、椎弓根螺钉等<sup>[2-5]</sup>。但由于寰椎骨性结构及其邻近结构的解剖变异<sup>[6-7]</sup>, 或者创伤、炎症、肿瘤等引起的骨性结构的破坏或缺失<sup>[8-12]</sup>, 可能会使上述单一固定方法技术难度较大或无法使用。因此, Floyd 等<sup>[9]</sup>于 2000 年首先提出并成功运用寰椎后弓螺钉固定植骨块, 取得了良好的临床疗效。后来在此技术基础上先后改良出现了 Donnellan<sup>[13]</sup>技术、金国鑫等<sup>[14]</sup>技术。寰椎后弓螺钉固定技术与传统固定技术相比, 虽然补救了那些无法使用传统技术固定的病例, 并初步显示了其置钉点易暴露、出血少、手术时间短等优势, 但当遇到同时可以使用传统技术(寰椎侧块螺钉、椎弓根螺钉)固定的病例时, 手术医生应该如何选择最佳置钉方案, 寰椎后弓螺钉技术是否仍能提供较好的临床安全性及足够的生物力学稳定性, 这些问题仍是当下研究的热点及难点。本文就近年来寰椎后弓螺钉技术的研究现状及进展进行综述。

## 1 寰椎后弓螺钉固定技术的相关解剖学研究

寰椎是连接颅骨和脊柱的重要结构, 其解剖形态特殊, 主

要由前弓、后弓及其之间的两个侧块组成。但临床上为了方便理解, 把后弓螺钉称为椎板螺钉<sup>[9]</sup>, 侧块称为寰椎的椎体<sup>[10-12]</sup>, 经过后弓置入侧块的螺钉称为椎弓根螺钉。椎动脉穿其横突孔后沿后弓上的椎动脉沟向内进入颅内。

关于寰椎后弓螺钉的放置主要有同侧半后弓螺钉放置<sup>[9, 13]</sup>和后弓交叉螺钉放置<sup>[14-15]</sup>两种方式。同侧半后弓螺钉放置时涉及的解剖参数主要是后弓中点至椎动脉沟内侧的长度和后弓的高度及宽度; 而后弓交叉螺钉放置时除了上面几个解剖参数之外还要考虑后结节的高度。朱海波等<sup>[16]</sup>测量 180 例国人寰椎干燥骨标本发现后结节高度平均为 9.6 mm, 左侧后弓高度、宽度平均分别为 7.0 mm、6.7 mm, 右侧后弓高度、宽度平均分别为 7.3 mm、6.5 mm。金国鑫等<sup>[14]</sup>测量了 10 具寰椎干燥骨标本和 100 张寰椎三维 CT, 结果显示后结节高度为(7.8±1.2) mm, 左侧后弓宽度为(4.7±0.9) mm, 右侧后弓宽度为(4.6±0.8) mm; 从理想进钉点到椎动脉沟内侧缘的髓腔距离(理想螺钉长度): 左侧(15.9±3.0) mm, 右侧(15.9±3.0) mm, 91% 的后结节高度>7 mm, 93.5% 的后弓宽度>3.5 mm。以上关于寰椎后弓置钉解剖测量数据说明了寰椎左、右后弓适合直径 3.5 mm、钉道长(15.9±3.0) mm 的螺钉固定。但尚有少部分(约占 11%)患者寰椎后弓尺寸不适合植入此种直径、长度的螺钉。

从相关解剖及寰椎后弓螺钉钉道上来看, 寰椎后弓螺钉放置时虽然不涉及横突孔, 不会突破横突孔损伤椎动脉, 但有突破后弓椎动脉沟处损伤椎动脉的水平段以及突破后弓腹侧

通讯作者: 李国庆 E-mail: lqgz0323@163.com

Corresponding author: LI Guo-qing E-mail: lqgz0323@163.com

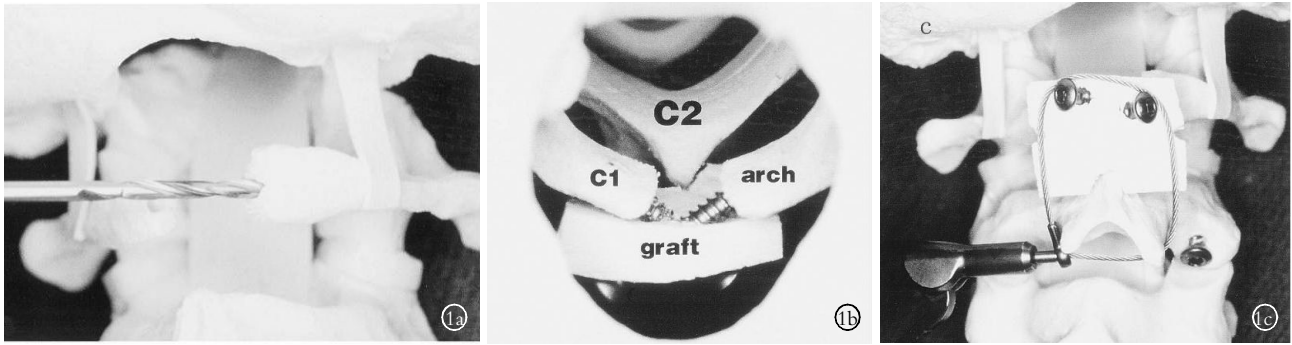


图 1 Floyd 与 Grob 技术<sup>[9]</sup> 1a. 钻头扩充寰椎后弓髓道 1b. 枕骨大孔所视固定图 1c. 后面所视固定装置图

Fig.1 Floyd and Grob technology<sup>[9]</sup> 1a. Expansion of pulp of atlanto-axial 1b. Fixation from foramen magnum 1c. Fixation from behind

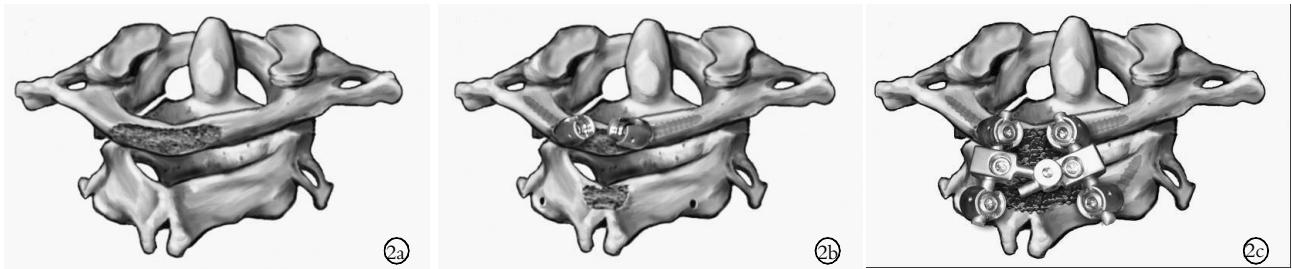


图 2 Donnellan 技术<sup>[13]</sup> 2a.寰椎后弓的准备 2b. 后弓螺钉的放置 2c. 植骨块、后弓螺钉、枢椎峡部螺钉及棒连接装置完整图

Fig.2 Donnellan technology<sup>[13]</sup> 2a. Preparation of atlanto-axial 2b. Placement of arch screws 2c. Picture of grafts, arch screws, cross-link with screws and club of axis spondylolysis

损伤脊髓的可能性。因此,这就要求医生在放置螺钉之前详细测量寰椎后弓置钉相关 CT 参数,排除寰椎后弓大部分缺如、后弓较薄等病例,术前评估螺钉植入的可行性,并制定详细的个体化置钉方案,避免损伤神经血管等严重手术并发症发生。

2 3 种寰椎后弓螺钉固定技术

3 种寰椎后弓螺钉固定技术各不相同,目前没有相关文献从适应证、手术时间、术中出血量、并发症及生物力学等方面进行系统比较,并证明哪种固定技术较优。笔者从临床应用和技术要点、优缺点、注意事项等方面对 3 种方法进行综述。

2.1 技术要点

2.1.1 Floyd 与 Grob 技术 Floyd 与 Grob<sup>[9]</sup>2000 年采用寰枢椎关节螺钉联合寰椎后弓螺钉固定植骨块治疗 5 例寰椎后弓部分缺如的患者,术后 CT 显示固定装置位置良好,未发生神经、椎动脉等相关并发症。均予软颈套外固定,随访 6~12 个月患者临床症状和功能表现良好。动态影像学显示颈部不存在不稳定,均获得骨融合。其技术要点包括:先用电锯在横断面上去除枢椎棘突的上 1/4,然后行寰椎后弓切除减压术或者用咬骨钳去除不完整后弓的硬端,2 mm 钻头扩充两侧后弓髓道,深度为 10~15 mm,接着用 2.5 mm 的钻头在矩形单皮质切骨块上钻出 2 个洞,其位置和方向通过把植骨块放在寰椎后弓来定位,最后把 2 个 2.7 mm 的螺钉置入植骨块,把植骨块凹槽卡入枢椎棘突,钉孔对准寰椎后弓,进一步把螺钉旋进后弓髓道(图 1)。

2.1.2 Donnellan 技术 Donnellan 等<sup>[13]</sup>在 Floyd 与 Grob 技术基础上改用寰椎后弓万向螺钉联合枢椎峡部万向螺钉钉棒系统治疗了 3 例寰椎侧块被破坏的患者,术中 3 例患者均未发生神经、血管并发症。术后随访 6 个月获得满意的临床及影像学结果。其技术(图 2)要点包括:采用了 Floyd 与 Grob 技术

要点,但后弓螺钉直径由 2.7 mm 增粗为 3.5 mm,长度为 12~14 mm(与前相似)。显然同 Floyd 与 Grob 技术相比,螺钉直径的增粗可能会使生物力学强度更高,而且使用了万向螺钉,有利于装棒,可缩短手术时间。

2.1.3 金国鑫技术 金国鑫等<sup>[14]</sup>又提出了后弓交叉螺钉固定的新方案(图 3),并进行了解剖学研究。详细测量了后结节的高度、左右后弓的宽度、理想的钉道长度和进钉角度后认为 91% 的后结节高度 >7 mm 适合后弓交叉 3.5 mm 螺钉放置,93.5% 的后弓宽度可以容纳 3.5 mm 的螺钉,11% 的钉道角度无法交叉置钉。这些数据为临床置钉过程提供了理论依据,同时也要求手术医生考虑到少部分患者不适合寰椎后弓交叉置钉,术前做好影像学数据评估,以免造成不必要的手术并发症。

2.2 优缺点及注意事项 从上述描述的 3 种技术来看,金国鑫技术置入的螺钉大部分长度 >15 mm,直径为 3.5 mm,与另



图 3 金国鑫等<sup>[14]</sup>技术寰椎后弓螺钉交叉放置

Fig.3 JIN Guo-xin technology<sup>[14]</sup> cross screw fixation of atlanto-axial

外 2 种技术相比,不但长度有所增加,而且螺钉直径明显增粗,这些改变更能保证后弓螺钉抗拔出,达到固定效果;同时,因采用交叉固定方法,避免了钉头相互干扰的问题,而且从测量的后结节高度结果提供了此方法可行性的理论依据。但金国鑫技术需要考虑后结节的高度,相应地缩小了此技术的适用范围,而且在后弓缺如的情况下就不存在交叉固定的说法,此时只有按照前 2 种技术固定寰椎,螺钉直径可以选用 3.5 mm,螺钉长度根据术中探针测量决定。由于寰椎后弓变异率较高,笔者建议术前做好影像学评估。与椎弓根、侧块相比,寰椎后弓较为薄弱,操作不当易发生医源性骨折,建议术中操作手法应轻柔,可以先使用直径较细的丝攻攻入后弓。

### 3 寰椎后弓螺钉固定技术的生物力学研究

目前国内外治疗寰枢椎不稳的主要方法是寰椎侧块联合枢椎椎弓根钉棒系统和寰椎椎弓根螺钉联合枢椎椎弓根钉棒系统。通过体外生物力学研究比较 2 种技术的生物力学稳定性,结果显示寰椎椎弓根螺钉联合枢椎椎弓根钉棒系统具有更好的稳定性<sup>[19]</sup>。Jim 等<sup>[15]</sup>首次报道了寰椎后弓螺钉联合枢椎椎弓根钉棒系统与寰枢椎椎弓根螺钉钉棒系统固定的生物力学研究。他们通过 6 具韧带保留完整的新鲜颈椎标本(C<sub>0</sub>-C<sub>4</sub>)上完成体外生物力学试验。制备了完整标本、损伤后寰枢椎不稳标本模型及经寰椎后弓/椎弓根联合枢椎椎弓根钉棒系统固定后标本模型,并记录了 3 种模型在 1.5 Nm 条件下进行前屈、后伸、左右侧屈、轴向旋转 6 个单一方向上的活动度,结果显示寰椎后弓螺钉钉棒系统与寰椎椎弓根螺钉钉棒系统一样都显著减少了在前屈后伸以及轴向旋转方向上的活动度;在左侧屈方向上,2 种固定技术制动性没有明显差异,表明寰椎后弓螺钉交叉固定技术可能成为寰枢椎后路内固定的补充技术。

### 4 寰椎后弓、侧块及椎弓根螺钉固定技术

颈椎内固定系统的目标是提供即刻的稳定,提高植骨融合率,纠正脊柱畸形,缓解患者疼痛,减少对外固定的需要。对大部分寰枕交界部不稳的模式,侧块螺钉<sup>[18]</sup>和“椎弓根”螺钉(即后弓侧块螺钉)<sup>[10-11]</sup>可以提供足够的固定。但对于一些肿瘤、风湿或者骨折等造成寰椎侧块破坏的患者,这 2 种技术无法使用或者固定失败,这时经后弓螺钉可做“椎弓根”螺钉和侧块螺钉以外的一种补充固定方法<sup>[9,13-14]</sup>。

从技术难度要求上来说,寰椎侧块螺钉由于进钉点位置深且周围毗邻静脉丛、神经根等重要结构,致使在手术暴露进钉点分离组织时易造成这些重要结构的损伤<sup>[20-21]</sup>。相比来说,近年来在侧块螺钉技术基础上发展来的椎弓根螺钉技术不需要对组织分离较多而达到暴露进钉点的位置,展现术中创伤小、操作相对简单、出血少等优势<sup>[22-24]</sup>。但椎弓根螺钉在放置时经椎动脉水平段下方,有损伤椎动脉造成严重后果的风险<sup>[10-11]</sup>。因此 2 种技术对医生的手术技能要求较高,需要对寰椎周围解剖结构相当熟悉。而后弓螺钉进钉点容易暴露且可以直视下放置,因此较前 2 种技术难度低、神经血管损伤危险少。然而,经后弓螺钉固定在临床上却没有得到广泛推广。笔者总结临床上较少使用此技术的可能原因为:①本技术还属于探索阶段,没有达成一致的技术方案;②国内外报道其生物力学强度文献少,且标本数量较少,可信度相对较低<sup>[15]</sup>;③枕颈部疾病的检出率还不高<sup>[25-26]</sup>;④外科医生已掌握和习惯使用寰枢椎后路常规固定技术。

### 5 展望

综上所述,寰椎后弓螺钉固定技术具有手术难度较低、出血较少、椎动脉损伤风险低等优势,但这些文献多数属个案报道,可信度相对较低,缺乏系统地、大样本的临床研究报道;而且目前关于寰椎后弓螺钉固定技术的进钉点、进钉角度及生物力学稳定性问题,国内外学者的观点尚不统一,限制了此技术在临床上的推广使用。根据寰椎后弓螺钉固定技术的研究进展情况,虽然此技术较目前常规固定技术难度低,但考虑到寰椎解剖结构复杂及毗邻重要的血管神经结构,目前应谨慎使用此技术,术前需要做好充分的测量、评估后弓螺钉置钉的可行性,术中操作手法应轻柔,避免发生后弓医源性骨折,做到个体化治疗。手术医生术后应密切该类患者,结合体内及体外生物力学稳定性试验,较全面地评估此技术的安全性及有效性。

### 参考文献

- [1] Bible JE, Biswas D, Miller CP, et al. Normal functional range of motion of the cervical spine during 15 activities of daily living [J]. *Journal Disord Tech*, 2010, 23(1): 15-21.
- [2] 滕文臣, 白靖平, 锡林·宝勒日, 等. 寰枢椎不稳后路钢丝内固定术相关应用解剖学研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2002, 9(1): 52-56.  
Teng WC, Bai JP, XILIN B, et al. The study of the relevant applied anatomy of the posterior approach to treat atlantoaxial instability by wiring fixation [J]. *Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi*, 2002, 9(1): 52-56. Chinese
- [3] 李浩森, 刘少喻, 梁春祥, 等. Magerl 技术联合单侧椎板夹固定融合术治疗可复性寰枢椎脱位的疗效 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(9): 801-805.  
Li HM, Liu SY, Ling CX, et al. The efficacy of the Magerl technique combined with unilateral laminar clamp instrumentation for reducible atlantoaxial dislocation [J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2012, 22(9): 801-805. Chinese.
- [4] 左春光, 刘夏君, 王新虎, 等. 经后路寰枢椎椎弓根螺钉固定融合术治疗寰枢椎不稳 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26(1): 33-37.  
Zuo CG, Liu XJ, Wang XH, et al. Atlanto-axial pedicle screw fixation through posterior approach for treatment of atlanto-axial joint instability [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2013, 26(1): 33-37. Chinese with abstract in English.
- [5] 马维虎, 许楠健, 徐荣明, 等. 经后路单纯寰枢椎椎弓根螺钉内固定治疗不稳定性寰枢椎骨折 [J]. *脊柱外科杂志*, 2011, 9(3): 140-143.  
Ma WH, Xu NJ, Xu RM, et al. Transpedicular screw fixation system for treatment of unstable fractures of atlas vertebra [J]. *Ji Zhu Wai Ke Za Zhi*, 2011, 9(3): 140-143. Chinese.
- [6] Lampropoulou-Adamidou K, Athanassacopoulos M, Karampinas PK, et al. Congenital variations of the upper cervical spine and their importance in preoperative diagnosis. A case report and a review of the literature [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013, 23(Suppl): S110-S105.
- [7] Choi JW, Jeong JH, Moon SM, et al. Congenital cleft of anterior arch and partial aplasia of the posterior arch of the C<sub>1</sub> [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2011, 49(3): 178-181.
- [8] Kakarla UK, Chang SW, Theodore N, et al. Atlas fractures [J]. *Neurosurgery*, 2010, 66(3): A60-A67.

- [9] Floyd T, Grob D. Translaminar screws in the atlas[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(22): 2913-2915.
- [10] 马向阳, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰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.  
Ma XY, Zhong SZ, Liu JF, et al. Anatomic study of the atlas pedicle screw entry point[J]. Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi, 2003, 18(10): 683-685. Chinese.
- [11] 谭明生, 唐向盛, 移平, 等. 寰椎椎弓根显露置钉法的临床应用[J]. 脊柱外科杂志, 2011, 9(3): 148-152.  
Tan MS, Tang XS, Yi P, et al. Clinical application of pedicle screw in atlas using pedicle exposure method[J]. Ji Zhu Wai Ke Za Zhi, 2011, 9(3): 148-152. Chinese.
- [12] 张强华, 陈其昕, 李方财, 等. 后路寰枢椎内固定治疗上颈椎不稳的疗效分析[J]. 中国骨伤, 2013, 26(6): 493-496.  
Zhang QH, Chen QX, Li FC, et al. Clinical effect of posterior atlanto axial vertebra internal fixation for treatment of instability of occipitocervical[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(6): 493-496. Chinese with abstract in English.
- [13] Donnellan MB, Sergides IG, Sears WR. Atlantoaxial stabilization using multiaxial C-1 posterior arch screws[J]. Neurosurg Spine, 2008, 9(6): 522-527.
- [14] 金国鑫, 王欢, 李雷, 等. 寰椎后弓螺钉交叉固定的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2012, 32(1): 65-69.  
Jin GX, Wang H, Li L, et al. Anatomy study of cross screw fixation in the atlas via posterior arch[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2012, 32(1): 65-69. Chinese.
- [15] Jin GX, Wang H, Li L, et al. C<sub>1</sub> posterior arch crossing screw fixation for atlanto-axial joint instability[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(22): E1397-E1404.
- [16] 朱海波, 贾连顺. 寰椎测量及临床意义[J]. 解剖学杂志, 1997, 20(6): 517-520.  
Zhu HB, Jia LS. Measurement of atlas and its clinical significance[J]. Jie Pou Xue Za Zhi, 1997, 20(6): 517-520. Chinese.
- [17] Baaj AA, Vrionis FD. Atlantoaxial stabilization utilizing atlas translaminar fixation[J]. J Clin Neurosci, 2010, 17(12): 1578-1580.
- [18] Gunnarsson T, Massicotte EM, Govender PV, et al. The use of C<sub>1</sub> lateral mass screws in complex cervical spine surgery: indications, techniques, and outcome in a prospective consecutive series of 25 cases[J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(4): 308-316.
- [19] Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. C<sub>1</sub> pedicle screws versus C<sub>1</sub> lateral mass screws: comparisons of pullout strengths and biomechanical stabilities[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(4): 371-377.
- [20] Elliott RE, Tanweer O, Smith ML, et al. Impact of starting point and bicortical purchase of C<sub>1</sub> lateral mass screws on atlantoaxial fusion: meta-analysis and review of the literature[J]. J Spinal Disord Tech, 2013.
- [21] Conroy E, Laing A, Kenneally R, et al. C1 lateral mass screw-induced occipital neuralgia: a report of two cases[J]. Eur Spine J, 2010, 19(3): 474-476.
- [22] He B, Yan L, Xu Z, et al. Prospective, self-controlled, comparative study of trans-posterior arch lateral mass screw fixation and lateral mass screw fixation of the atlas in the treatment of atlantoaxial instability[J]. J Spinal Disord Tech, 2013.
- [23] 马维虎, 刘观焱, 徐荣明, 等. 寰椎椎弓根螺钉及枢椎椎板螺钉固定植骨融合治疗创伤性上颈椎不稳[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(3): 214-218.  
Ma WH, Liu GY, Xu RM, et al. C<sub>2</sub> laminar screws combined with C<sub>1</sub> pedicle screws for surgical treatment of upper cervical instability[J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2010, 20(3): 214-218. Chinese.
- [24] 张炳祥, 龚遂良, 戴加平. 寰枢椎椎弓根螺钉治疗Ⅲ型齿状突骨折的临床应用[J]. 中国骨伤, 2010, 23(1): 67-68.  
Zhang BX, Gong SL, Dai JP. Clinical application of atlantoaxial pedicle screw system in degree Ⅲ odontoid fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23(1): 67-68. Chinese with abstract in English.
- [25] Theodore N, Aarabi B, Dhall SS, et al. The diagnosis and management of traumatic atlanto-occipital dislocation injuries[J]. Neurosurgery, 2013, Suppl 2: 114-126.
- [26] Gire JD, Roberto RF, Bobinski M, et al. The utility and accuracy of computed tomography in the diagnosis of occipitocervical dislocation[J]. Spine J, 2013, 13(5): 510-519.

(收稿日期: 2014-01-04 本文编辑: 李宜)

·读者·作者·编者·

## 本刊关于作者姓名排序的声明

凡投稿本刊的论文, 其作者姓名及排序一旦在投稿时确定, 在编排过程中不再作改动, 特此告知。

《中国骨伤》杂志社