

寰椎椎弓根螺钉置入的应用解剖及生物力学评价

常志强, 张沛, 吴一民, 李鹏飞(内蒙古医科大学第二附属医院颈椎外科, 内蒙古自治区呼和浩特市 010030)

文章亮点:

鉴于螺钉在不同骨质密度的椎骨中拔出的力不相同, 但螺钉在不同骨质密度的椎骨中所发挥的作用相同的原理, 实验从解剖学、生物力学、临床应用等方面评价和验证了寰椎后路椎弓根螺钉固定技术的特点; 但观察样本量较少, 尚需加大样本量以完善数据量。

关键词:

植入物; 脊柱植入物; 寰椎椎弓根螺钉; 生物力学; 后路固定; 骨密度

主题词:

骨钉; 骨折固定术, 髓内; 寰枕关节; 生物力学

摘要

背景: 当寰椎出现病理变化时如寰椎脱位、寰枕连接处不稳、椎体骨折等一系列病理问题时, 应用寰椎后路椎弓根置入螺钉及钉棒固定或钉板固定是新近提出的一种修复方式, 具有一定的优越性。

目的: 比较寰椎椎弓根置入螺钉对不同类型寰椎病变的修复效果。

方法: 来源于内蒙古医科大学基础医学院人体解剖教研室的 42 根椎骨, 根据矢状面椎动脉沟底的骨质厚度将椎骨分为 3 型: I 型(普通型)、II 型(变异轻微型)、III 型(变异重度型), 均接受寰椎后路椎弓根螺钉固定。

结果与结论: 螺钉在不同骨质密度的椎骨中拔出的力不相同, 骨质厚度越大、骨质密度越大的椎骨, 其螺钉的拔出力越大($P < 0.05$); 然而螺钉在不同骨质密度的椎骨中所发挥的作用相同, 不会压迫血管及影响椎体的活动现象。提示寰椎椎弓根螺钉置入安全性较好, 无不良反应, 不会影响患者的正常工作及生活。

常志强, 张沛, 吴一民, 李鹏飞. 寰椎椎弓根螺钉置入的应用解剖及生物力学评价[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(26):4185-4189.

常志强, 1981 年生, 内蒙古自治区鄂尔多斯市人, 2013 年重庆医科大学医学博士, 主治医师, 主要从事颈椎外科方面的研究。

并列第一作者: 张沛, 硕士, 副主任医师、副教授, 硕士生导师, 主要从事颈椎创伤方面的研究。

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.26.016
[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)26-04185-05

稿件接受: 2014-06-09

Applied anatomy and biomechanics of atlas pedicle screw implantation

Chang Zhi-qiang, Zhang Pei, Wu Yi-min, Li Peng-fei (Department of Cervical Surgery, Second Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010030, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract

BACKGROUND: A series of pathological changes were found in atlas, including atlas dislocation, atlanto-occipital junction instability and vertebral fractures. Atlantoaxial pedicle screw, nail and rod fixation or nail plate fixation is a novel repair method recently proposed, and has certain advantages.

OBJECTIVE: To compare the repair effects of atlas pedicle screw on different types of atlas lesions.

METHODS: A total of 42 fresh vertebrae were obtained from Department of Human Anatomy, Basic Medical School, Inner Mongolia Medical University. In accordance with bone thickness of sagittal vertebral artery groove bottom, vertebrae were divided into three types: type I (common type), type II (light variation), and type III (severe variation). All samples were subjected to atlas pedicle screw fixation.

RESULTS AND CONCLUSION: The screw pullout force in different bone densities of vertebrae was not the same. Vertebrae with great thickness and great bone density had big screw pullout force ($P < 0.05$). However, the screw in different cortical bone of vertebrae had the same function. No compression on blood vessels or phenomenon affecting vertebral activity was visible. These results indicated that atlas pedicle screw implantation showed good safety, no side effects, did not affect the normal work and life of patients.

Subject headings: bone nails; fracture fixation, intramedullary; atlanto-occipital joint; biomechanics

Chang ZQ, Zhang P, Wu YM, Li PF. Applied anatomy and biomechanics of atlas pedicle screw implantation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2014;18(26):4185-4189.

Chang Zhi-qiang, M.D.,
Attending physician,
Department of Cervical
Surgery, Second Affiliated
Hospital, Inner Mongolia
Medical University, Hohhot
010030, Inner Mongolia
Autonomous Region, China

Zhang Pei, Master, Associate
chief physician, Associate
professor, Master's supervisor,
Department of Cervical
Surgery, Second Affiliated
Hospital, Inner Mongolia
Medical University, Hohhot
010030, Inner Mongolia
Autonomous Region, China

Chang Zhi-qiang and Zhang Pei
contributed equally to this
paper.

Accepted: 2014-06-09

0 引言 Introduction

寰椎作为人体的第一颈椎, 具有独特的解剖结构, 缺乏椎体和棘突, 两侧为增大的侧块, 上与枕骨髁、下与枢椎侧块形成关节^[1]; 前方的弓状结构称为前弓, 其顶点为前结节, 前结节的后方与齿状突形成关节; 后方的弓状结构称为后弓, 其顶点为后结节, 有枕后小直肌附丽, 后弓上方有椎动脉沟, 椎动脉由外向中央走行入颅^[2]。在C₂以下, 椎弓与椎体连接的部分定义为椎弓根。在此, 将寰椎的侧块视为椎体, 后弓作为椎弓, 则寰椎后弓与侧块的连接部分视为寰椎的“椎弓根”, 其在结构上和力学上类似于其他椎体的椎弓根, 临床上更便于理解和接受^[3]。

当寰椎出现病理变化时如寰椎脱位、寰枕连接处不稳、椎体骨折等一系列病理问题, 会严重影响到患者的生命安全^[4]。枢椎失稳的后路固定方法众多, 其中以Magerl螺钉复合钢丝固定的三维稳定性最佳, 固定后骨性融合率最高。但Magerl术式的技术要求较高, 操作相对困难, 易引起椎动脉损伤^[5]。

寰椎后路椎弓根螺钉的钉棒或钉板固定是新近提出的一种术式, 具有一定的优越性, 但缺乏系统的相关研究, 特别是缺乏简单可靠的寰椎椎弓根螺钉进钉点判定方法^[6]。寰椎后路椎弓根螺钉固定包括侧路固定和后路固定两种, 但由于生物的特异性决定了椎体之间的差异性, 从而导致了椎弓根的解剖有较大的变异^[7]。此种变异会影响到椎弓根螺钉技术的进钉手法与进钉通路^[8]。为了探究椎弓根螺钉对不同类型的椎弓根的操作方式、在其生物力学的方面的影响, 特进行本次实验。

1 材料和方法 Materials and methods

设计: 标本模型对比研究。

时间及地点: 实验于2013年5至9月在内蒙古医科大学基础医学院人体解剖教研室完成。

材料: 完整教学寰椎标本42块, 来源于内蒙古医科大学基础医学院人体解剖教研室。

椎弓根测量使用的主要仪器:

仪器	来源
VitusSmart XXL 三维人体扫描仪	德国Tecmath公司
游标卡尺	日本索尼公司
量角器	北京测量研究所
拔出试验装置	深圳市奥德赛创精密仪器有限公司

方法:

寰椎解剖数据的分析: 采用VitusSmart XXL 三维人体扫描仪、游标卡尺和量角器观测下列指标: ①测量寰椎椎弓根和侧块的高度与宽度。②设定寰椎椎弓根螺钉进钉点。③测量与进钉点有关的解剖数据, 建立初步的进钉技术。

④测量比较寰椎椎弓根与枢椎侧块的解剖位置关系, 建立以枢椎侧块为解剖学标志的进钉点定位新技。

椎骨分型: 将椎骨分为3型, I型(普通型)、II型(变异轻微型)、III型(变异重度型)。分型的标准为, 通过CT三维重建的手法建立起椎动脉沟下2 mm处的横切面, 以及椎弓根中外1/3处矢状面的切面图与通过椎动脉沟底部下约2 mm处横断面的交线为进钉通道, 进钉通道在后弓后方骨皮质上的投影点为进钉点。以直径为3.52 mm的螺钉作为标准, 并通过矢状面椎动脉沟底的骨质厚度作为划分的标准。

寰椎后路椎弓根螺钉固定: 在相同的位置进针, 测量进针处与寰椎不同位置的实验数据, 并加以比较得出相应的结论。将分好型的椎体进行体外模拟, 即人工建立起体外血液循环、建立延髓的人体重要结构组织。进行人工灌浆以确保实验的真实性与有效性, 选用直径为3.52 mm的皮质骨螺钉, 固定完成后用聚甲基丙烯酸甲脂进行包埋并予以判定。在寰椎椎弓根螺钉的置钉过程中避开椎动脉是成功的关键, 对于第I和第II型寰椎可以在后弓后缘确定出实际的进钉点; 对于第III型寰椎, 构想的进钉通道与后弓后方的骨皮质并无实际交点, 则取通道与经后弓后方冠状面的交点为假想进钉点(图1)。

疗效评价: 螺钉植入后以是否对体外血管进行压迫和椎体活动度作为标准进行评估。优: 螺钉不压迫血管且活动度与正常无差别的现象; 良: 螺钉轻微压迫血管且椎体轻微活动受限的情况, 或者为螺钉轻微压迫血管但活动不受限制的情况, 或者螺钉不压迫血管但椎体活动度轻微受限的情况; 可: 螺钉压迫血管较严重且椎体活动受限较明显的情况, 或者为螺钉较严重压迫血管但活动不受限制或轻微受限的情况, 或者螺钉不压迫血管或轻微压迫血管但椎体活动度受限制较明显的情况; 差: 螺钉严重压迫血管且活动度极度受限的现象。优良率为达到优与良的总的例数占整体研究对象的百分比。

生物力学的测量: 通过拔出试验装置测量寰椎椎弓根螺钉治疗不同骨质密度椎骨的拔出力, 作为其生物力学的指标。

主要观察指标: 寰椎后路椎弓根螺钉固定的疗效。

统计学分析: 以SPSS 13.0软件(美国SPSS公司)对实验结果进行系统的统计学分析。数据比较以 χ^2 检验。计量数据以 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 寰椎椎弓根螺钉治疗不同骨质密度椎骨的疗效 实验结果发现在椎体活动度及能否压迫血管的方面, 3种骨质密度椎骨接受寰椎椎弓根螺钉治疗的疗效为优的数量及优良率接近($P > 0.05$), 表明不同骨质密度条件下椎体螺钉固定效果接近, 即寰椎椎弓根螺钉对任何类型的椎骨均有明显效果, 没有个体差异(表1)。

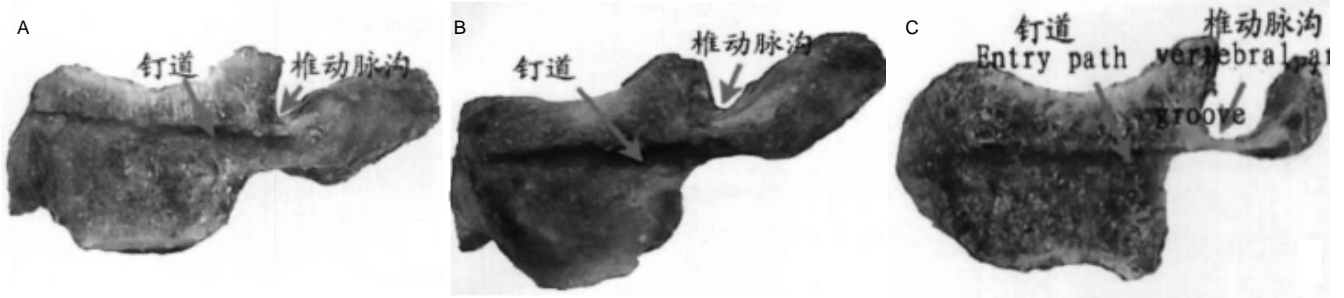


图1 寰椎后路椎弓根螺钉固定

Figure 1 Atlas pedicle screw fixation

图注: 图中 A 为 I 型寰椎, 椎动脉沟底骨质高度 >3.52 mm; B 为 II 型寰椎, 椎动脉沟底骨质高度 $1.76\sim 3.52$ mm; C 为 III 型寰椎, 椎动脉沟底骨质高度 <1.76 mm。

表1 寰椎椎弓根螺钉治疗不同骨质密度椎骨的疗效

Table 1 Therapeutic effects of atlas pedicle screw in treatment of vertebrae with different bone densities

类型	n	疗效[n(%)]				优良率(%)
		优	良	可	差	
I 型	19	7(37)	6(32)	4(21)	2(11)	68
II 型	13	5(38)	4(17)	2(15)	2(12)	73
III 型	10	4(40)	2(20)	3(30)	1(10)	60
χ^2	-	0.016	0.201	0.225	0.083	0.104
P	-	0.898	0.724	0.640	0.390	0.806

表注: 不同骨质密度条件下椎体螺钉固定效果接近($P > 0.05$)。

表2 寰椎椎弓根螺钉治疗不同骨质密度椎骨的拔出力

Table 2 Pullout force of atlas pedicle screw in treatment of vertebrae with different bone densities

$[\bar{x} \pm s$ (minimum value-maximum value), N]

类型	n	螺钉的拔出力
I 型	19	1 457.94 \pm 420.73(723.14-1 854.82)
II 型	13	1 399.10 \pm 435.01(706.17-1 792.26)
III 型	10	1 081.31 \pm 409.33(563.63-1 605.40)
t		12.784
P		0.000

表注: 在其他外界干扰因素相同的情况下, 骨质厚度越大、骨质密度越大的椎骨, 其螺钉的拔出力越大。

2.2 寰椎椎弓根螺钉固定不同骨质密度椎骨的拔出力 3种不同骨质密度椎骨在整体新鲜程度和整体椎体厚度等方面的差异无显著性意义($P > 0.05$), 具有可比性。通过对比发现, 拔除 I 型椎骨的椎弓根螺钉所需要的拔出力最大; 拔除 II 型椎骨的椎弓根螺钉所需要的拔出力在3种类型的寰椎椎骨中占据中间位置; 拔除 III 型椎骨的椎弓根螺钉所需要的拔出力最小, 并且3种类型椎骨的差异有显著性意义($P < 0.05$, 表2)。提示在其他外界干扰因素相同的情况下, 骨质厚度越大、骨质密度越大的椎骨, 其螺钉的拔出力越大。

2.3 椎弓根螺钉单侧固定与双侧固定椎骨拔出力的差异 3种椎骨单侧固定的拔出力均明显低于双侧固定($P < 0.05$, 数据未体现)。

3 讨论 Discussion

寰椎是颈椎的第一节, 向上连接着颅骨, 向下沟通着枢椎, 这使得寰椎有着其他颈椎所不具备的特殊解剖形态^[9]。其特殊之处则在于后弓与侧块的连接处, 临床称之为“椎弓根”。寰椎螺钉固定是新型的椎体固定^[10]。因为寰椎重要的解剖学地位, 所以当寰椎出现病理变化时如寰椎脱位、寰枕连接处不稳、椎体骨折等一系列病理问题, 会严重影响到患者的生命安全。由此而衍生出了寰椎螺钉固定^[11]。以往多为手动复位或者手术复位。此前寰椎的后路固定方式主要包括: ①丝固定技术, 如Galhe钢丝阵、

Brooks钢丝。②板夹技术, 如Halirax椎板夹、pofix椎板钩; 钉技术, 如后路Magerl经侧块关节螺钉等。其中钢丝和椎板夹固定的融合率较低, 而Magerl螺钉固定牢固可靠, 临床效果最佳, 但Magerl螺钉技术要求高, 并发症严重。而且Magerl螺钉的进钉角度过大, 需上斜 $45^\circ\sim 55^\circ$ ^[12], 在某些患者难以施行; 同时置钉过程全部要在X射线辅助下进行, 制约了该技术的开展应用^[13]。另外, 约20%的患者因枢椎横突孔过大, 导致椎弓根宽度过小而不允许Magerl螺钉固定。这种新型的固定包括侧路固定和后路固定两种, 寰椎后路侧块螺钉固定是新近介绍的一种在寰椎侧块上直接进行螺钉固定的技术, 利用钦板或钦棒连接枢椎侧块或椎弓根螺钉构成短节段固定系统。其中寰椎后路侧块螺钉固定技术最早由印度学者Goel等描述, 螺钉由寰椎后弓下缘与寰椎侧块后缘移行处的侧块横径中央作为螺钉锚点, 螺钉全长位于侧块内。生物力学研究表明, 寰椎侧块螺钉与枢椎椎弓根螺钉的抗拔出强度相当, 寰椎侧块螺钉复合枢椎椎弓根螺钉的稳定性与Magerl螺钉相同, 均提示寰椎侧块螺钉的固定强度是可靠的^[14]。实验主要研究寰椎后路螺钉固定术在临床上的解剖位置以及生物力学效应^[15]。但由于生物的特异性决定了椎体之间的差异性, 从而导致了椎弓根的解剖有较大的变异。此种变异会影响到椎弓根螺钉技术的进钉手法与进钉通路。为了探究椎弓根螺钉对不同类型的椎弓根的操作方式、在其生物力学的方面的影响, 特做此项研究^[16]。

通过实验得到的结果可以知道, 寰椎椎弓根螺钉对于

不同骨质密度的椎骨, 其作用效果相同, 不会造成因年龄的不同, 骨质密度的不同而发生螺钉脱落、压迫血管、椎体活动度受限制的一系列不良反应^[17]。寰椎椎弓根螺钉对大部分类型的椎骨的作用效果相同, 这与张宏胜等^[18]的研究结果相一致, 说明寰椎椎弓根螺钉术安全可靠, 无不良反应, 是治疗寰枢椎脱落、寰颅连接不稳的首选方法^[19]。然后又通过研究螺钉拔出力探讨其生物力学^[20-36], 结果发现, 不同骨密度椎骨对螺钉的生物力学影响较大。骨密度高的椎骨, 螺钉拔出力较大, 骨密度小的椎骨螺钉的拔出力较小^[21], 此结果与欧阳钧等^[22]的实验结论相吻合。这说明寰椎椎弓根螺钉的生物力学与椎体的骨质密度相关联, 骨质密度大生物力学效应就相对增大; 骨质密度小生物力学效应就相对减小。因此稍微有着年龄差异^[37-46]。实验证明影响螺钉拔出力的因素有螺钉的直径, 螺钉钉进的长度, 螺纹的数量, 骨密度等一系列重要的因素^[47-54]。由实验结果可知在相同的螺钉、相同的进钉手法、相同的进钉位置的前提下骨质厚度越厚, 骨质密度越密螺钉越难拔出, 拔出螺钉所需的力越大。所以在高密度骨中的螺钉较稳固不易脱落, 对患者的生活不会造成明显的影响。并且安装寰椎椎弓根螺钉对患者没有副作用, 不会带来身体及心理上的损坏。因此寰椎椎弓根螺钉治疗寰枢椎脱落、寰颅连接不稳是临床上的首选方法, 深的医护人员和患者的喜爱。不仅如此, 寰椎椎弓根螺钉安装技术还有其他不可替代的优点^[55-60]。这些优点包括: ①创伤小。②出血少。③操作简单。④恢复时间短, 不影响患者的学习、工作及生活。⑤可靠稳定等优点。同时它也有一些不确定的因素, 进钉点的位置确定和进入发方法有待进一步的提高。综上所述, 寰椎椎弓根螺钉安全性较好, 值得临床推荐。

作者贡献: 常志强进行实验设计, 实验实施为常志强, 李鹏飞, 实验评估为吴一民, 资料收集为张沛, 常志强成文, 吴一民审校, 常志强对文章负责。

利益冲突: 文章及内容不涉及相关利益冲突。

伦理要求: 实验需获得所在单位的伦理委员会批准。

学术术语: 椎弓根-是椎弓的一部分, 起于椎体后上部, 短而厚, 与椎体方向垂直向后方突起, 其外形呈弧形, 与椎体、关节突和椎板融合在一起, 椎弓根是组成椎间孔的组成部分, 其上方有一较浅的切迹构成椎间孔的下壁, 椎弓根下方有一较深的椎弓根下切迹构成椎间孔的上壁。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] 杨飞. 颈椎椎弓根技术在颈椎伤病中的应用进展[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2011, 26(3): 286-288.
- [2] Li J, Zhao H, Xie H, et al. A new free-hand pedicle screw placement technique with reference to the supraspinal ligament. J Biomed Res. 2014; 28(1): 64-70.
- [3] Qiu ZQ, Tan WF, Yan PN, et al. Early control of short hepatic portal veins in isolated or combined hepatic caudate lobectomy. Hepatobiliary Pancreat Dis Int. 2012; 11(4): 377-382.
- [4] 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.
- [5] 胡泽元, 杨永林, 牛晓健. 寰枢椎椎弓根内固定治疗寰枢椎骨折脱位的观察[J]. 临床军医杂志, 2012, 40(1): 216-218.
- [6] 王文军, 李学林. 寰椎椎弓根螺钉置入技术的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(6): 566-568.
- [7] 陈敬煌, 徐杰. 寰枢椎椎弓根螺钉内固定技术研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2012, 33(3): 184-185.
- [8] 贾卫斗, 贾薇薇, 杨飞, 等. 寰枢椎椎弓根钉板固定融合治疗上颈椎伤病临床体会[J]. 中国矫形外科杂志, 2010, 18(7): 534-538.
- [9] 刘洋, 权正学. 寰枢椎椎弓根解剖及个体化置钉研究进展[J]. 颈腰痛杂志, 2010, 31(2): 142-145.
- [10] 覃炜, 权正学, 刘洋, 等. 寰枢椎椎弓根螺钉个体化导向模板的研制与实验研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2010(10): 1168-1173.
- [11] 朱如森, 冯世庆, 刘岩. 脊柱内固定椎弓根螺钉置入后生物力学的稳定性[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(17): 3156-3163.
- [12] 任绍东, 马邦兴, 屠永刚. 寰枢椎的应用解剖及对寰枢椎椎弓根置钉方法的探讨[J]. 解剖学研究, 2011, 33(1): 44-48.
- [13] 王爽. 寰枢椎后路螺钉内固定技术的研究进展[J]. 医学综述, 2011, 17(12): 1811-1814.
- [14] 杜传林, 杨广友, 李鹏, 等. 经伤椎置钉并椎体植骨治疗胸腰椎骨折24例报告[J]. 解放军医学杂志, 2013, 38(12): 1000-1002.
- [15] 钱济先, 纪振钢, 高浩然, 等. 微创经皮并结合伤椎椎弓根螺钉固定治疗胸腰椎骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(16): 1591-1596.
- [16] 王璐, 赵琳, 刘伯锋, 等. 胸椎椎弓根应用解剖对椎弓根置入方法的影响[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(18): 4387-4390.
- [17] 刘道德, 钟睿, 黄家骏, 等. 后路经伤椎椎弓根螺钉短节段固定治疗亚急性胸腰椎骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(18): 1825-1828.
- [18] 张宏胜, 顾一飞, 杨立利. 石膏床体位复位结合颈椎后路手术治疗24例寰枢椎脱位疗效观察[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(18): 1891-1893.
- [19] 刘上楼, 徐军, 倪卓民, 等. 经胸腰段伤椎单节段椎弓根螺钉固定后的生物力学特性[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(39): 6908-6913.
- [20] 陈昆, 刘爱刚, 蔡惠民, 等. 腰椎椎弓根螺钉置入内固定前三维测量的临床应用[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(39): 6914-6919.
- [21] 廖文胜, 刘玉峰, 鲍恒, 等. 经前路寰枢椎侧块关节间固定融合器的研制及生物力学分析[J]. 郑州大学学报: 医学版, 2013(5): 658-661.
- [22] 欧阳钧, 吴卫东. 颈椎前路椎弓根螺钉内固定技术的研究进展[J]. 暨南大学学报: 自然科学与医学版, 2013(4): 367-372.
- [23] 汪国友, 扶世杰, 沈骅睿, 等. 寰枢椎弓根螺钉在寰枢椎不稳中的临床应用[J]. 中国修复重建外科杂志, 2013(10): 1210-1213.
- [24] 潘鹤海, 王丽冰, 于滨生, 等. L5/S1和骶髂关节对腰-骶固定稳定性影响的生物力学分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(9): 837-841.
- [25] 陈继峰, 盛伟斌, 黄攀, 等. 单枚椎间融合器并椎弓根螺钉单侧内固定治疗单侧腰椎间盘突出症[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(43): 7552-7558.
- [26] 殷建新. 影响椎弓根螺钉固定强度的相关因素[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(43): 7642-7647.
- [27] 曾忠友, 严卫锋, 唐宏超, 等. 腰椎椎弓峡部裂伴椎体II°或以上滑脱的手术治疗策略[J]. 中国临床解剖学杂志, 2013, 31(5): 591-595.
- [28] Tan M, Dong L, Wang W, et al. Clinical Application of the "Pedicle Exposure Technique" for Atlantoaxial Instability Patients With a Narrow C1 Posterior Arch. J Spinal Disord Tech. 2014. in press.

- [29] Yi P, Dong L, Tan M, et al. Clinical Application of a Revised Screw Technique via the C1 Posterior Arch and Lateral Mass in the Pediatric Population. *Pediatr Neurosurg*. 2014. in press.
- [30] Huang DG, He SM, Pan JW, et al. Is the 4 mm height of the vertebral artery groove really a limitation of C1 pedicle screw insertion? *Eur Spine J*. 2014;23(5):1109-1114.
- [31] Meng H, Gao Y, Li M, et al. Posterior atlantoaxial dislocation complicating odontoid fracture without neurologic deficit: a case report and review of the literature. *Skeletal Radiol*. 2014; 43(7):1001-1006.
- [32] Wang G, Fu S, Shen H, et al. Clinical application of atlas translaminar screws fixation in treatment of atlantoaxial instability. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2013; 27(10):1210-1213.
- [33] Fu Y, Hu ZM, Huo HJ, et al. Improvement in JOA score of treatment for complex atlas-axis fractures. *Pak J Med Sci*. 2013;29(3):744-747.
- [34] Umabayashi D, Hara M, Nakajima Y, et al. Posterior fixation for atlantoaxial subluxation in a case with complex anomaly of persistent first intersegmental artery and assimilation in the C1 vertebra. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2013;53(12):882-886.
- [35] Kim JH, Kwak DS, Han SH, et al. Anatomic consideration of the C1 laminar arch for lateral mass screw fixation via C1 lateral lamina : a landmark between the lateral and posterior lamina of the C1. *J Korean Neurosurg Soc*. 2013;54(1):25-29.
- [36] Zhang QH, Chen QX, Li FC, et al. Clinical effect of posterior atlanto axial vertebra internal fixation for treatment of instability of occipitocervical. *Zhongguo Gu Shang*. 2013; 26(6):493-496.
- [37] 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 Spinal Disord Tech*. 2013. in press.
- [38] Jin GX, Wang H, Li L, et al. C1 posterior arch crossing screw fixation for atlantoaxial joint instability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22):E1397-1404.
- [39] Zuo CG, Liu XJ, Wang XH, et al. Atlanto-axial pedicle screw fixation through posterior approach for treatment of atlanto-axial joint instability. *Zhongguo Gu Shang*. 2013;26(1): 33-37.
- [40] Qian LX, Hao DJ, He BR, et al. Morphology of the atlas pedicle revisited: a morphometric CT-based study on 120 patients. *Eur Spine J*. 2013;22(5):1142-1146.
- [41] Attia W, Orief T, Almusrea K, et al. Role of the O-arm and computer-assisted navigation of safe screw fixation in children with traumatic rotatory atlantoaxial subluxation. *Asian Spine J*. 2012;6(4):266-273.
- [42] Yoon SM, Baek JW, Kim DH. Posterior atlantoaxial fusion with c1 lateral mass screw and c2 pedicle screw supplemented with miniplate fixation for interlaminar fusion : a preliminary report. *J Korean Neurosurg Soc*. 2012;52(2):120-125.
- [43] Zhang H, Jin A, Zhang L, et al. Posterior fixation and fusion for treatment of Os odontoidum complicated by atlantoaxial dislocation. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao*. 2012;32(9): 1358-1361.
- [44] Wang S, Wang C, Leng H, et al. Cable-strengthened C2 pedicle screw fixation in the treatment of congenital C2-3 fusion, atlas occipitalization, and atlantoaxial dislocation. *Neurosurgery*. 2012;71(5):976-984.
- [45] Yamazaki M, Okawa A, Furuya T, et al. Anomalous vertebral arteries in the extra- and intraosseous regions of the craniovertebral junction visualized by 3-dimensional computed tomographic angiography: analysis of 100 consecutive surgical cases and review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(22):E1389-1397.
- [46] Wang L, Tian JW, Liu C, et al. Application of C1-C2 pedicle screw fixation in atlantoaxial complex fracture. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2012;92(11):760-763.
- [47] Reis MT, Nottmeier EW, Reyes PM, et al. Biomechanical analysis of a novel hook-screw technique for C1-2 stabilization. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(3):220-226.
- [48] Ding X, Abumi K, Ito M, et al. A retrospective study of congenital osseous anomalies at the craniocervical junction treated by occipitocervical plate-rod systems. *Eur Spine J*. 2012;21(8):1580-1589.
- [49] Lin Y, Li Q, Zhao YS, et al. Treatment of odontoid process fracture with pedicle screws by location through inferior and inner wall of atlas and superior and inner wall of axis. *Zhongguo Gu Shang*. 2011;24(7):606-608.
- [50] Brasiliense LB, Lazaro BC, Reyes PM, et al. Stabilization of the atlantoaxial joint with C1-C3 lateral mass screw constructs: biomechanical comparison with standard technique. *Neurosurgery*. 2010;67(2 Suppl Operative):422-428.
- [51] Qin W, Quan Z, Liu Y, et al. Design and experimental study of individual drill templates for atlantoaxial pedicle screw fixation. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2010;24(10): 1168-1173.
- [52] Han C, Yang QG, Zhang JX, et al. The application of C1-2 pedicle screw fixation in treating atlantoaxial instability. *Zhongguo Gu Shang*. 2010;23(7):544-546.
- [53] Deng XW, Min ZH, Lin B, et al. Anatomic and radiological study on posterior pedicle screw fixation in the atlantoaxial vertebrae of children. *Chin J Traumatol*. 2010;13(4):229-233.
- [54] Li S, Ni B, Xie N, et al. Biomechanical evaluation of an atlantoaxial lateral mass fusion cage with C1-C2 pedicle fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(14):E624-632.
- [55] Lee SH, Kim ES, Sung JK, et al. Clinical and radiological comparison of treatment of atlantoaxial instability by posterior C1-C2 transarticular screw fixation or C1 lateral mass-C2 pedicle screw fixation. *J Clin Neurosci*. 2010;17(7):886-892.
- [56] Ni B, Zhu Z, Zhou F, et al. Bilateral C1 laminar hooks combined with C2 pedicle screws fixation for treatment of C1-C2 instability not suitable for placement of transarticular screws. *Eur Spine J*. 2010;19(8):1378-1382.
- [57] Mummaneni PV, Lu DC, Dhall SS, et al. C1 lateral mass fixation: a comparison of constructs. *Neurosurgery*. 2010;66(3 Suppl):153-160.
- [58] Zhou F, Ni B, Li S, et al. C2 translaminar screw as the optimal choice for atlantoaxial dislocation with C2-C3 congenital fusion. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130(12):1505-1509.
- [59] Zhang D, He Q, Huang YX. Lateral mass screws of the atlas combined with vertebra dentata pedicle screws for treatment of upper cervical vertebral instability. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao*. 2010;30(2):359-361.
- [60] Xi YM, Zhang GQ, Chen BH, et al. Outcomes of posterior C(1-2) fusion for atlantoaxial instability or dislocation using pedicle screws of atlas and axis. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2009;47(22):1722-1724.