

· 基础研究 ·

后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩内固定的生物力学稳定性

孙德志, 倪斌*, 杨军, 郭翔, 刘琦, 许天明, 张鹏, 卢明, 陈金水, 杨珺, 管华鹏

第二军医大学附属长征医院脊柱外科, 上海 200003

【摘要】目的 研究后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩内固定的生物力学稳定性。方法 取6例新鲜尸体颈椎标本, 每具标本分别依次进行完整(正常组)、寰枢椎不稳(失稳组)、寰枢侧块螺钉联合枢椎椎弓根螺钉钉棒固定(Harms组)、寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩固定(钉钩组)状态的生物力学测试, 每组6个标本, 将各标本装载在脊柱三维运动机上, 分别施予1.5 N·m力矩, 记录标本在前屈后伸、左右侧曲、左右旋转3个方向上的活动度(ROM), 比较各组ROM。结果 相对于正常组标本, 失稳组标本在上述3个方向上的ROM显著增大; 相较于正常和失稳组标本, Harms组和钉钩组的标本在上述3个方向上ROM显著减小; 钉钩组与Harms组间在上述3个方向的ROM差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩内固定在生物力学稳定性上与Harms固定相似, 可以起到良好的固定效果。

【关键词】寰枢关节; 关节不稳定性; 内固定器; 生物力学

【中图分类号】R 318.01 【文献标志码】A 【文章编号】1672-2957(2016)06-0367-04

【DOI】doi: 10.3969/j.issn.1672-2957.2016.06.010

Biomechanical stability of posterior atlas lateral mass screw combined axis lamina hook for internal fixation

SUN De-zhi, NI Bin*, YANG Jun, GUO Xiang, LIU Qi, XU Tian-ming, ZHANG Peng, LU Ming, CHEN Jin-shui, YANG Jun, GUAN Hua-peng

Department of Spinal Surgery, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

【Abstract】Objective To research the biomechanical stability of posterior atlas lateral mass screw combined axis lamina hook for laminar fixation. Methods Six fresh human cervical specimens were treated into test models as the following order: normal (intact group), atlanto-axial instability (instable group), atlas lateral mass screw combined axis pedicle screw fixation (Harms group), atlas lateral mass screw combined axis lamina hook fixation (hook group). All the specimens were loaded in 3 dimensional spinal motion machine and forced to simulate human cervical motion in extension/flexion, left/right bending, left/right rotation directions by the moment of 1.5 N·m. The range of motion (ROM) of each motion were recorded and compared in pairs. Results Compared with the normal group, the ROMs of all specimen in the instable group were significantly increased in 3 directions. Compared with the normal and instable groups, the ROMs of Harms group/atlas lateral mass screw combined axis and hook group were significantly reduced in 3 directions. There was no significant difference in the ROMs between the 2 fixation methods in 3 directions ($P>0.05$). Conclusion Posterior atlas lateral mass screw combined axis lamina hook fixation has the similar biomechanical stability to atlas lateral mass screw combined axis pedicle screw fixation, and both can obtain good fixation effect.

【Key Words】Atlanto-axial joint; Joint instability; Internal fixators; Biomechanics

J Spinal Surg, 2016, 14(6): 367-370

寰枢椎不稳是一种常见病理改变, 多用后路固定融合术治疗。目前临床多用经寰枢侧块关节螺钉固定(Magerl法)^[1]和寰枢侧块螺钉联合枢椎椎弓

根螺钉钉棒固定(Harms法)^[2]处理寰枢椎不稳, 但很多患者存在枢椎椎弓根细小、椎动脉高跨等^[3]解剖变异, 严重限制了这两种技术的应用。尽管枢椎交叉椎板钉固定^[4]可作为补救措施, 但仍有10%的患者因枢椎椎板细小而不能置入椎板钉^[3,4]。

因此, 本研究提出后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩内固定(图1)的设想, 并用离体生物力学实

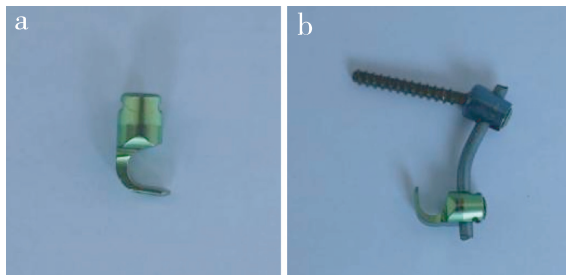
基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81171755)

上海市科学技术委员会科研计划项目(11441900800)

作者简介: 孙德志(1983—), 硕士在读, 医师

*通信作者: 倪斌 nibin99@sohu.com

验进行验证。



a: 椎板钩 b: 侧块螺钉联合椎板钩

a: Lamina hook b: Atlas lateral mass screw combined axis lamina hook

图1 寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩内固定系统

Fig. 1 Atlas lateral mass screw combined axis lamina hook internal fixation

1 材料和方法

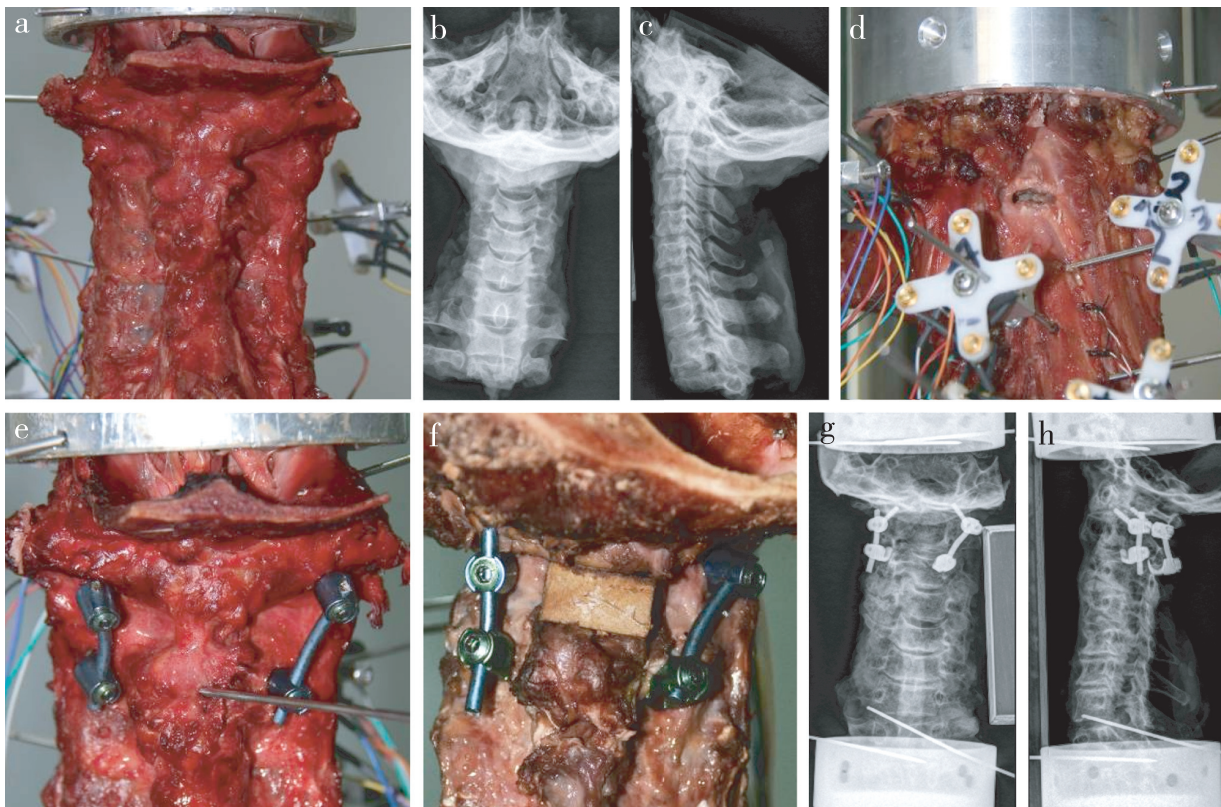
1.1 实验材料

6具新鲜尸体颈椎标本(由第二军医大学解剖学教研室提供),包括C₁₋₇节段和枕骨髁基底部(C₀),生前年龄30~65岁,平均45.8岁,均为意外死亡,经大体观察及X线片证实无脊柱退变及骨性异常。标本封存于-20℃恒温冰箱,保存20~58 d,平均32 d。

Vertex 颈椎后路内固定系统及相关操作器械由 Medtronic Sofamor 公司提供。MTS 858 Mini Bionix II 型脊柱三维运动机由上海劳生机电有限公司提供。义齿基托树脂购自上海二医张江生物科技有限公司。

1.2 实验分组

本研究为自身对照观察实验。每具标本分别依次进行完整(正常组)、寰枢椎不稳(失稳组)、寰枢侧块螺钉联合枢椎椎弓根螺钉钉棒固定(Harms组)、寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩固定(钉钩组)状态的生物力学测试,每组6个标本。正常组标本自然解冻,肉眼及X线片观察排除明显退行性变,去除肌肉,保留完整骨骼、韧带及关节囊,用义齿基托树脂包埋枕骨端、下颈椎端(图2a~c)。失稳组直视下切断枢椎齿突(图2d)。Harms组依据Harms置钉法,于双侧侧块置入直径为3.5 mm的螺钉各1枚,于双侧枢椎椎弓根置入直径为3.5 mm的皮质螺钉各1枚,连接钛棒(图2e)。钉钩组保留寰椎侧块螺钉,去除连接棒,于寰枢椎棘突间置入事先准备好的适当大小植骨块(木块),将椎板钩挂在枢椎下椎板并连接钛棒(图2f~h)。



a: 正常组 b, c: 正常组标本正侧位X线片 d: 失稳组 e: Harms组 f: 钉钩组 g, h: 钉钩固定标本正侧位X线片

a: Intact group b, c: Anteroposterior and lateral roentgenograph of intact model d: Unstable group e: Harms group f: Hook group g, h: Anteroposterior and lateral roentgenograph of hook model

图2 模型标本

Fig. 2 Model specimen

1.3 实验方法

将各标本装载在脊柱三维运动机上, 分别施予 $1.5\text{ N}\cdot\text{m}$ 的纯力偶矩^[46], 使各组标本在前屈后伸、左右侧曲、左右旋转3个方向上运动, 检测活动度 (ROM)。每次测试加载3次运动周期力矩, 取均值。记录并比较各组 ROM。数据用 SPSS 11.00 软件进行统计分析, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

Levene 检验检测数据方差齐性, 数据方差齐, 可用 ANOVA 法分析 (表 1)。各组数据分别在 3 个方向上进行多重比较: 相较于正常组, 失稳组在前屈后伸、左右侧曲、左右旋转 3 个方向上的 ROM 都显著增大, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 失稳模型制作成功。相较于正常组、失稳组标本, Harms 组在 3 个方向上的 ROM 都显著减小, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 提示 Harms 固定可以提供良好稳定性。相较于正常组、失稳组标本, 钉钩组在 3 个方向上的 ROM 都显著减小, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 提示钉钩固定法可以提供良好稳定性。钉钩组与 Harms 组相比, 两者在 3 个方向上的 ROM 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 提示后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩 (附加植骨块) 固定法在离体生物力学稳定性上与 Harms 固定法相似, 可以起到良好固定效果。

表 1 标本 ROM
Tab. 1 ROM of specimens

n=6, (°)			
分组 Group	前屈后伸 Extension/flexion	左右侧曲 Left/right bending	左右旋转 Left/right rotation
正常 Intact	16.58 ± 2.17	8.89 ± 1.54	46.75 ± 4.22
失稳 Instable	$24.92 \pm 5.66^*$	$16.76 \pm 2.07^*$	$55.86 \pm 3.65^*$
Harms	$5.12 \pm 3.63^\Delta$	$2.45 \pm 2.14^\Delta$	$10.84 \pm 4.39^\Delta$
钉钩 Hook	$6.19 \pm 3.00^\Delta$	$2.82 \pm 1.67^\Delta$	$12.10 \pm 6.01^\Delta$

注: * 与正常组相比, $P<0.05$; Δ 与正常组和失稳组相比, $P<0.05$
Note: * $P<0.05$, compared with intact group; Δ $P<0.05$, compared with intact group and instable group

3 讨 论

寰枢椎不稳仍是外科手术治疗的难题^[7-8], 后路固定融合术是其主要治疗手段^[9]。旧式非螺钉固定的力学稳定性欠佳^[10], 当前多用 Magerl 和 Harms

法固定。Magerl 法固定确切, 且远期临床疗效好, 但施行该术式要求患者术前寰枢关节解剖复位, 且椎动脉损伤风险大^[11]。Harms 法效果与 Magerl 法相似^[11], 但术前不需寰枢关节解剖复位, 椎动脉损伤风险相对降低^[1, 3], 因而逐渐成为治疗寰枢椎不稳的“金标准”, 但约 20% 患者的枢椎椎弓根不能容纳正常直径的椎弓根螺钉^[12]。上述两种固定法都存在椎动脉损伤风险, 文献报道 Magerl 法椎动脉损伤率为 0~8%、Harms 法为 0~5%^[10]。而上颈椎解剖变异频见, Yeom 等^[13]报道枢椎椎弓根细小 (直径 $<4\text{ mm}$) 者占 9.5%、椎动脉高跨者占 14.5%, 且 82.0% 椎弓根细小的病例合并椎动脉高跨, 严重限制了上述两种技术的应用。

因此, 本研究组提出后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩 (附加植骨块) 的改良固定法治疗寰枢椎不稳。离体生物力学实验结果显示改良法在上颈椎前屈后伸、左右侧曲、左右旋转 3 个方向上的生物力学稳定性与“金标准”Harms 法差异无统计学意义。实验中观察到, 在前屈运动中, 因为枢椎尾端挂钩的牢靠把持力, 改良法相对 Harms 固定法表现出了更佳的力学稳定性能, 这与 Reis 等^[14]的报道相符; 后伸运动中, 植骨块提供了刚性支撑, 能有效限制寰枢关节过伸。实验前笔者预计可能因椎板挂钩不能给枢椎提供“三柱”固定, 改良法在左右旋转方向上的稳定性会低于 Harms 法。但实验结果提示两者稳定性差异无统计学意义, 改良法的轴向稳定性来源可能是椎板钩与枢椎椎板贴合密切, 旋转时提供了足够强度的应力。

笔者认为此改良法具有以下优点。①技术适用面广, 理论上只要枢椎椎板完整就能顺利置入椎板钩, 为更广泛的患者提供了一种可靠的寰枢椎内固定选择, 尤其适用于枢椎解剖变异而不能行 Magerl、Harms 和椎板钉固定的特殊病例。②操作简便, 风险较低, 能有效避免椎动脉损伤。③该改良法的结构性植骨既能防止寰枢关节过伸, 又能满足融合需求^[15]。④此法生物力学稳定性与 Harms 法相似, 但并不增加内固定器械置入数量, 不会给患者增添额外经济负担, 较 Reis 等^[14]报道的寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板环抱钩更简便, 由于减少了一对枢椎上椎板挂钩的置入, 理论上可以降低 50% 的脊髓损伤风险。⑤颈椎椎板挂钩是一种久经实验^[16]及临床^[17-19]验证的成熟内固定方法, 本实验中采用的是 Sofamor 公司已上市的内固定器材, 无需重新设计和生产, 间接为患者减轻了

经济负担。

尽管改良技术力学稳定性较好,但仍存在以下不足。①理论上挂钩操作有脊髓损伤风险,但枢椎椎管容积足够大,可以给椎板钩提供足够缓冲空间^[7, 16],实验过程中也未发现硬膜囊损伤。②该法尚未用于临床治疗,尚需大样本、长时间随访结果验证临床疗效。

综上,后路寰椎侧块螺钉联合枢椎椎板钩(附加植骨块)固定法生物力学稳定性与“金标准”Harms法相似,具有适用范围广、操作简便、避免椎动脉损伤、植骨切实等优点,是一种有效的后路寰椎固定法,有望应用于临床。

参考文献

- [1] Magerl F, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation [M]//Kehr P, Weidner A. Cervical Spine I. Vienna: Springer-Verlag, 1987: 322-327.
- [2] Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(22): 2467-2471.
- [3] Mandel IM, Kambach BJ, Petersilge CA, et al. Morphologic considerations of C2 isthmus dimensions for the placement of transarticular screws [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(12): 1542-1547.
- [4] Panjabi M, Dvorak J, Durancieu J, et al. Three-dimensional movements of the upper cervical spine [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1988, 13(7): 726-730.
- [5] 郭翔. 双侧经寰枢关节螺钉及寰椎椎板钩内固定的基础研究及临床评价 [D]. 第二军医大学, 2009.
- [6] Park J, Scheer JK, Lim TJ, et al. Biomechanical analysis of Goel technique for C1-2 fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(5): 639-646.
- [7] Winter RB. Neurologic safety in spinal deformity surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(13): 1527-1533.
- [8] Resnick DK, Lapsiwala S, Trost GR. Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(14): 1494-1498.
- [9] 倪斌, 郭翔. 对后路寰枢椎固定技术的评价及选择策略 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(5): 392-393.
- [10] Ye JY, Ayyash OM, Eskander MS, et al. Control of the vertebral artery from a posterior approach: a technical report [J]. Spine J, 2014, 14(6): E37-41.
- [11] Kuroki H, Rengachary SS, Goel VK, et al. Biomechanical comparison of two stabilization techniques of the atlantoaxial joints: transarticular screw fixation versus screw and rod fixation [J]. Neurosurgery, 2005, 56(1 Suppl): 151-159.
- [12] 瞿东滨, 钟世镇, 徐达传. 枢椎椎弓根及其内固定的临床应用解剖 [J]. 中国临床解剖学杂志, 1999, 17(2): 59-60.
- [13] Yeom JS, Buchowski JM, Kim HJ, et al. Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws [J]. Spine J, 2013, 13(7): 775-785.
- [14] Reis MT, Nottmeier EW, Reyes PM, et al. Biomechanical analysis of a novel hook-screw technique for C1-2 stabilization [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17(3): 220-226.
- [15] Maciejczak A, Wolan-Nieroda A, Jabłońska-Sudoł K. Comparison of fusion rates between rod-based laminar claw hook and posterior cervical screw constructs in type II odontoid fractures [J]. Injury, 2015, 46(7): 1304-1310.
- [16] Fagerström T, Hedlund R, Bancel P, et al. Laminar hook instrumentation in the cervical spine. An experimental study on the relation of hooks to the spinal cord [J]. Eur Spine J, 2001, 10(4): 340-344.
- [17] Hildingsson C, Jonsson H. Posterior stabilization of the cervical spine with hooks and screws. A clinical evaluation of 26 patients with traumatic, degenerative or metastatic lesions, using a new implant system [J]. Eur Spine J, 2001, 10(1): 50-54.
- [18] Guo X, Ni B, Xie N, et al. Bilateral C1-C2 transarticular screw and C1 laminar hook fixation and bone graft fusion for reducible atlantoaxial dislocation: a seven-year analysis of outcome [J]. PLoS One, 2014, 9(1): E87676.
- [19] Neo M, Yoshitomi H, Takemoto M, et al. The reinforcement of a C2 laminar screw by a C2 laminar hook as an anchor of occipito-C2 fusion [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24(4): 635-639.

(收稿日期: 2016-04-20)

(本文编辑: 于 倩)