

Solis椎间融合器治疗Ⅱ型 Hangman 骨折的生物力学评价

黄阳亮¹, 刘少喻¹, 赵卫东², 梁春祥¹, 李浩森¹, 魏富鑫¹

(1 中山大学附属第一医院脊柱外科 510700 广州市; 2 广州市南方医科大学生物力学实验室 510515 广州市)

【摘要】目的:比较 Solis 椎间融合器、椎间植骨及椎间植骨+钢板内固定治疗Ⅱ型 Hangman 骨折的生物力学稳定性,为临床应用 Solis 椎间融合器治疗 Hangman 骨折提供理论依据。**方法:**6 具成人新鲜冷冻颈椎标本,每具依次制作成以下 5 种状态组,即正常对照组(A 组)、Ⅱ型 Hangman 骨折模型组(B 组)、Solis 椎间融合器置入组(C 组)、单纯椎间植骨组(D 组)、椎间植骨+钢板内固定组(E 组)。按以上顺序应用脊柱三维运动试验机和三维激光扫描仪测试每一状态下 C2/3 节段的三维运动范围(ROM)。**结果:**与 A 组比较,B 组前屈、后伸、旋转及侧弯 ROM 均显著增大($P<0.05$);C 组旋转 ROM 显著增大($P<0.05$),其他方向无显著性差异($P>0.05$);D 组前屈、后伸及旋转 ROM 显著增大($P<0.05$),侧弯方向无显著性差异;E 组旋转 ROM 显著增大($P<0.05$),其他方向无显著性差异($P>0.05$)。与 B 组比较,C 组、E 组均在前屈、后伸和侧弯方向及 D 组在后伸、侧弯方向 ROM 显著变小($P<0.05$),C、D、E 组旋转及 D 组前屈 ROM 与 B 组比较无显著性差异。C、D 及 E 组相互比较,C 组后伸 ROM 显著小于 D 组($P<0.05$),其他方向与 D 组比较无显著性差异;C 组前屈 ROM 显著大于 E 组($P<0.05$),其他方向与 E 组比较无显著性差异;D 组前屈、后伸及侧弯 ROM 均显著大于 E 组($P<0.05$),旋转方向与 E 组比较无显著性差异。**结论:**在Ⅱ型 Hangman 骨折的治疗中,Solis 椎间融合器有助于恢复前屈、后伸及侧弯方向上的稳定性,但在旋转方向上不能恢复稳定性,术后需辅以外固定,以确保融合;其稳定作用弱于钢板内固定,但优于单纯植骨。

【关键词】颈椎; Hangman 骨折; 生物力学; 内固定; 融合

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2009.04.11

中图分类号: R318.01, R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2009)-04-0285-05

Biomechanical evaluation of Solis cervical cage for type II Hangman's fracture/HUANG Yangliang, LIU Shaoyu, ZHAO Weidong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2009, 19(4): 285-289

【Abstract】Objective: To compare the biomechanical status among Solis cage plus interbody bone graft, interbody bone graft alone and plate fixation plus interbody bone graft on treating type II Hangman's fracture, and to provide theoretical rational for the clinical use of Solis cage in Hangman's fracture. **Method:** 6 fresh frozen human spine specimens were used, each of them was assigned into 5 conditions as following, ① intact condition (group A), ② type II Hangman's fracture condition (group B), ③ Solis instrument condition (group C), ④ simple interbody bone graft condition (group D), ⑤ interbody bone graft plus plate fixation condition (group E). Following this, three-dimension laser scanner and three-dimension motion testing machine were used to test range of motion (ROM) of C2/3 segment with respect to each condition. **Result:** Compared with group A, ROM of group B increased significantly on flexion, extension, axial rotation and lateral bending ($P<0.05$) respectively. ROM of group C increased significantly on axial rotation ($P<0.05$) rather than on other directions. ROM of group D increased significantly on flexion, extension and axial rotation ($P<0.05$) rather than on lateral bending. ROM of group E was significantly larger on direction of axial rotation ($P<0.05$), while there was no significant difference on other directions ($P>0.05$). Compared with group B, ROM of flexion, extension and lateral bending in group C and E and those of extension and lateral bending in group D decreased significantly ($P<0.05$).

基金项目: 广东省科技计划项目 (编号: 2008B030301303)

第一作者简介: 男 (1982-), 住院医师, 医学硕士, 研究方向: 脊柱疾患

电话: (020) 82379597 E-mail: lansedeahi@yahoo.com.cn

通讯作者: 刘少喻

Compare with group B, ROM of axial rotation in group C, D and E and those of flexion in group D increased less ($P>0.05$). There was no significant difference on direction of axial rotation among group C, D and E. There was no significant difference on direction of flexion of group D either. The ROM of extension rather than other direction in group C was lower than that in group D ($P<0.05$). The ROM of flexion rather than other direction in group D was higher than that in group E ($P<0.05$). The ROM of flexion, extension and lateral bending rather than axial rotation in group D was higher than that in group E ($P<0.05$). **Conclusion:** For type II Hangman's fracture, Solis cage can reconstruct stability on direction of flexion, extension and lateral bending rather than axial rotation, which is superior over simple interbody bone graft while less than plate instrument, as a result, postoperative cervical collar is recommended to secure the final fusion.

【Key words】 Cervical vertebral; Hangman's fracture; Biomechanics; Fixation; Fusion

【Author's address】 Department of Spine Surgery, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510700, China

Hangman 骨折亦称为枢椎创伤性滑脱 (traumatic spondylolisthesis of axis, TSA), 为涉及枢椎椎弓根、峡部、关节突的骨折, 占颈椎骨折的 4%~7%^[1]。Levine 和 Edwards^[2]将其分为 I、II、IIa 及 III 型。有学者认为手术治疗适用于保守治疗失败及成角移位明显的 II、IIa 及 III 型患者^[3]。C2/3 椎间盘切除、椎间植骨加钢板内固定术是治疗 Hangman 骨折的常用术式^[4]。但上颈椎周围重要组织多、显露困难, 技术要求高, 有一定的风险^[5]。为了使前路手术更简单、安全及有效, 我科于 2006 年采用 Solis 椎间融合器治疗不稳定型 Hangman 骨折, 取得了良好临床效果^[6]。但尚无生物力学依据。本研究利用人尸体标本对 Solis 椎间融合器治疗 II 型 Hangman 骨折进行了生物力学测试, 旨在为其临床应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验标本

由南方医科大学解剖学教研室提供 6 具意外死亡的成人新鲜冷冻尸体标本。经检查排除颈椎外伤、肿瘤等疾病后, 截取 C0~T2 椎体, 双层塑料袋密封, 置于 -20℃ 保存。实验前 1d 晚间将标本移至泡沫保温箱中与冰袋一同保存, 持续缓慢解冻 10~12h。实验中, 始终用生理盐水保持标本湿润。

1.2 实验设备及固定材料

由南方医科大学生物力学实验室提供脊柱三维运动试验机及三维激光扫描仪 (3D digital corporation, America), 测试精度为 0.1%; 由 Stryker 公司提供 Solis 椎间融合器 (图 1); 由 Medtronic 公司提供 Orion 颈前路钢板。均由同一位外科医生使用配套器械按手术步骤进行操作。

1.3 实验分组及流程

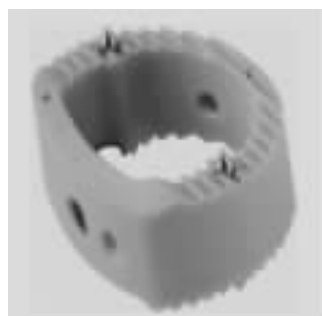


图 1 Solis 椎间融合器

为减少前一项测试对后一项造成的影响, 每一标本依次制作成以下 5 种状态组: ①正常对照组 (A 组); ②II 型 Hangman 骨折模型组 (B 组); ③Solis 椎间融合器置入组 (C 组); ④单纯椎间植骨组 (D 组); ⑤椎间植骨+钢板内固定组 (E 组)。并按以上顺序进行生物力学测试。

1.4 各组标本制作

A 组: 保留椎旁肌肉和结缔组织, 用电动高速钻自颅底向下打孔, 贯通寰枕、寰枢关节, 双侧拧入螺钉 (长 6cm, 直径 3mm), 固定 C0~C2 于生理位置。标本两端分别用聚甲基丙烯酸甲脂 (自凝型, 上海齿科材料厂) 包埋。C4 横突以下用石膏固定于生理位置 (图 2a)。

B 组: 按 Levine 和 Edwards^[2]诊断标准, 在对对照组基础上, 用电钻破坏枢椎双侧上下关节突间峡部, 至枢椎棘突可自由活动; 剥离 C2、C3 椎体前纵韧带, 予以切断; 手术刀横行切开 C2/3 椎间盘, 并向后方深入, 直至离断后纵韧带, 切口不向两旁扩展, 保留侧方纤维环组织, 不破坏钩椎关节及周围韧带 (图 2b)。

C 组: 在 B 组基础上, 采用 Smith-Robinson^[7]术式切除椎间盘, 保留骨性终板, 椎间撑开器撑开

椎间并修整,选用合适大小试模测量,将压满碎骨的 Solis 嵌入椎间,拆除椎间撑开器,检查 Solis 固定稳妥(图 2c)。

D 组:采用异体新鲜冰冻髂骨嵴制成厚度 5~8mm 的三面皮质骨。在 C 组的基础上,取出融合器,采用与之厚度相当的髂骨块嵌入 C2/3 椎间(图 2d)。

E 组:在 D 组的基础上,依标本颈椎曲度预弯钢板,使用匹配螺钉 4 枚将钢板固定于 C2、C3 椎体表面,拧紧螺钉。最后将 2 枚锁钉拧入钢板表面,防止螺钉脱出(图 2e)。

1.5 生物力学测试

实验前用标置物 4 个分别固定于 C2 及 C3 横突,作为激光扫描仪定位标志。对每例标本的每种状态均应用脊柱三维运动试验机施加大小相等、方向相反、相互平行的 2.0N/m 纯力偶矩,使其产生前屈(FL)、后伸(EX)、左/右侧弯(LB)、左/右轴向旋转(AR)6 种生理运动。应用三维激光扫描仪依据激光标志物位置摄取零载荷和最大载荷时 C2/3 节段的运动图像,并用相应软件系统进行图像分析及数据转换,计算出该方向的 ROM。由于左/右侧弯(LB)、左/右轴向旋转(AR)分别是冠状位及轴位上的对称运动,将前两者数据相加,合并为“侧弯”;将后两者数据相加,合并为“旋转”。每

次测量均加载、卸载 3 次,第 3 次时进行测量,以减少标本粘弹性影响。每一标本的测试于 1d 内完成。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析,单向方差分析(One-way ANOVA)及两两比较的 LSD-t 检验法对各组标本不同运动方向的 ROM 进行比较。显著性标准设在 $\alpha=0.05$ 。

1.7 标准化处理

对上述数据进行标准化处理,将各组 ROM 值代入公式: $Q=R_n/R_0 \times 100\%$ ^[8],其中 R_n 为各种状态的 ROM 值, R_0 为对照组的 ROM 值,得出 Q 值则为各组相对于对照组稳定性百分值。

2 结果

C2/3 节段不同状态下的 ROM 见表 1,相对稳定性见表 2。

B 组前屈、后伸、侧弯及旋转方向 ROM 与 A 组比较均显著增大($P<0.05$)。

C 组旋转方向 ROM 与 A 组比较显著增大($P<0.05$),其他方向无显著性差异($P>0.05$);与 B 组比较,前屈、后伸、旋转及侧弯方向 ROM 分别减小 48.3%、63.7%、2.0%及 51.9%,前屈、后伸及侧弯方向有显著性差异($P<0.05$);与 D 组比较,在

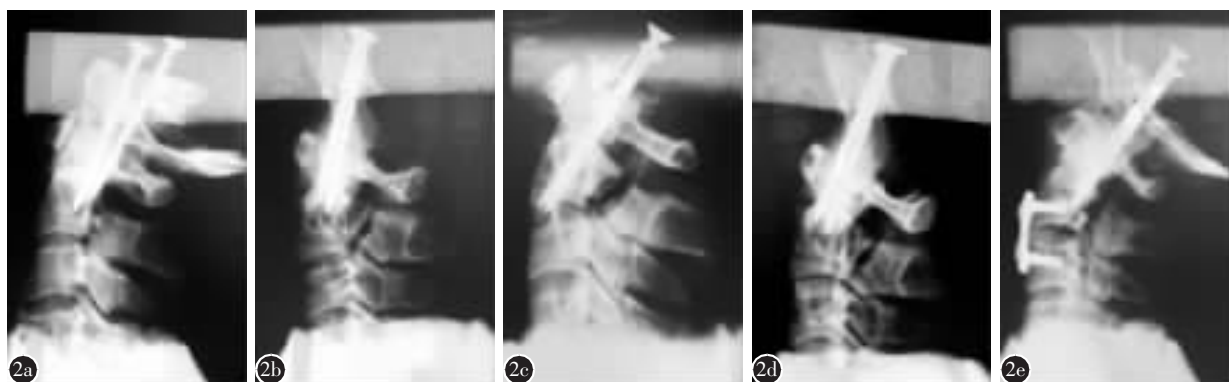


图 2 各组侧位 X 线片 a 正常对照组 b 单纯 II 型 Hangman 骨折模型组 c Solis 椎间融合器置入组 d 单纯异体髂骨植入组 e C2/3 椎间植骨+钢板内固定组

表 1 不同状态下 C2/3 节段的 ROM

($\bar{x} \pm s, n=6, ^\circ$)

	对照组(A 组)	骨折组(B 组)	Solis 组(C 组)	植骨组(D 组)	钢板组(E 组)
前屈	3.30±1.18	8.59±2.42 ^①	4.44±2.03 ^②	6.35±2.60 ^①	2.04±1.10 ^{②③④}
后伸	2.10±0.59	8.08±3.35 ^①	2.93±1.31 ^②	5.70±1.29 ^{①②③}	2.42±0.65 ^{②④}
旋转	6.89±0.75	16.91±4.89 ^①	16.57±12.74 ^①	20.97±11.78 ^①	15.44±3.42 ^①
侧弯	6.07±2.32	11.34±1.83 ^①	5.44±2.95 ^②	7.97±3.49 ^②	4.97±1.79 ^{②④}

注:①与 A 组比较 $P<0.05$;②与 B 组比较 $P<0.05$;③与 C 组比较 $P<0.05$;④与 D 组比较 $P<0.05$

表 2 不同状态下 C2/3 节段的相对稳定性 (%)

	对照组 (A 组)	骨折组 (B 组)	Solis 组 (C 组)	植骨组 (D 组)	钢板组 (E 组)
前屈	100.00	260.30	134.55	192.42	61.82
后伸	100.00	384.76	139.52	271.43	115.24
旋转	100.00	245.43	240.49	304.35	224.09
侧弯	100.00	186.82	89.62	131.30	81.88

后伸方向有显著性差异($P<0.05$),在其他方向无显著性差异($P>0.05$);与 E 组比较,在前屈方向有显著性差异($P<0.05$),在其他方向无显著性差异($P>0.05$)。

D 组在前屈、后伸及旋转方向 ROM 与 A 组比较有显著性差异($P<0.05$),侧弯方向无显著性差异($P>0.05$);与 B 组比较,前屈、后伸及侧弯方向 ROM 分别减小 26.1%、29.5%及 29.7%,旋转方向增加 24.0%,后伸及侧弯方向有显著性差异($P<0.05$),其他方向无显著性差异($P>0.05$);与 E 组比较,在前屈、后伸及侧弯方向有显著性差异($P<0.05$),在旋转方向无显著性差异($P>0.05$)。

E 组与 A 组比较,旋转 ROM 显著增大 ($P<0.05$),其余方向无显著性差异($P>0.05$);与 B 组比较,在前屈、后伸、旋转及侧弯方向 ROM 分别减小 76.3%、70.0%、8.7%及 56.2%,前屈、后伸及侧弯方向有显著性差异($P<0.05$),在旋转方向无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 Hangman 骨折的手术治疗

Hangman 骨折的手术治疗可分为前路及后路手术。后路手术具有显露简便的优点,常用枢椎椎弓根螺钉或 C2/3 椎弓根侧块螺钉内固定术。前者仅固定了骨折部位,未稳定 C2/3 节段,可因 C2/3 椎间盘及前、后纵韧带的退变导致颈椎失稳,适用于椎间盘及韧带无明显损伤的患者。后者有良好的稳定作用,但手术过程在非直视下进行,在 C3 狭小的椎弓根置钉有螺钉偏斜的可能^[9]。另外,后路手术置钉过程容易出现骨折的再移位,适用于术前能良好复位,骨折线位于相互对称位置且与水平面夹角接近垂直的患者^[10]。

前路手术多采用钢板内固定。虽然固定效果确实,但 C2 椎体位置高,个体差异较大,下颌骨的阻挡影响了钢板位置的准确性。如果强行牵拉,容易造成神经损伤,特别是颈部较短及肥胖患者^[5]。

为了避免前路手术的缺点,我科采用 Solis 椎间融合器治疗 Hangman 骨折,术中显露 C2/3 椎间后,直接放置融合器,简化了手术过程,缩短了手术时间,减少了手术创伤。本研究进行生物力学分析,明确该术式所能提供的稳定性,为临床应用提供理论指导。

3.2 Solis 颈前路椎间融合器的特点

Solis 颈前路椎间融合器为聚醚醚酮(PEEK)材质,与颈椎骨质弹性模量相似^[11],术后不易因应力作用引起上下椎体骨质吸收,减少了椎间塌陷;其设计成椎间盘形状,可直接放置,不破坏终板;置入后 Solis 与上下椎体的接触面水平,增加了稳定性,也增加了融合面积;Solis 两侧配备 2 枚 1mm 长钛合金顶针,术中拆除撑开器后,借助颈部肌肉回缩张力扎入上下终板,由此产生固定作用。临床应用 Solis 椎间融合器行下颈椎椎间融合的效果满意^[12]。

3.3 Solis 椎间融合器治疗 Hangman 骨折的生物力学可行性

椎间融合器依靠颈椎椎间载荷(compressive loads)的产生而发挥稳定作用^[13]。Olsewski 等^[14]的生物力学实验结果证实 3mm 以内的颈椎椎间高度的牵张可有效增加椎间载荷。Truumees 等^[15]的研究指出高度为 8mm 的椎间置入物产生的载荷较 6mm 大 2 倍。因此,Solis 椎间融合器可依靠颈部肌肉产生的回缩张力稳定骨折。本研究证实 Solis 椎间融合器在前屈、后伸及侧弯方向对 II 型 Hangman 骨折的稳定作用,明确了临床使用的可行性,但在旋转方向无稳定作用,原因在于 Solis 位于 C2/3 椎间中央,与上颈椎旋转中心接近,抗旋转力臂小;C2/3 椎间的上终板呈圆弧形,Solis 两端起固定作用的长 1mm 的顶针不能充分扎入上终板内,影响了抗旋转能力。因此,术后需辅以稳妥的外固定,如佩戴颈围,防止颈椎旋转运动,确保椎间融合。

椎间融合器与钢板内固定的作用位置及稳定性获得方式皆不一致。前者固定于椎间,后者固定于椎体前方;前者的稳定性来自周围肌肉韧带的紧张状态,后者的稳定性来自骨-螺钉介面所形成的把持力。但有生物力学实验指出 Solis 融合器和钢板内固定均能在下颈椎手术中提供良好的椎间稳定性,前者基本可以取代后者^[16]。本研究结果显示,钢板内固定组相对稳定性各方向数值比

Solis组较小,在前屈方向两者间有统计学差异,证实其稳定作用较好,固定效果更为确实。但在旋转方向,钢板内固定同样缺乏对骨折的稳定作用。原因在于其仅为前方固定,在失去后方支撑的情况下,如双侧椎板离断,则抗旋转能力差,术后同样需辅以外固定。

虽然椎间融合器与椎间植骨的稳定获得方式及作用位置相同, Greene 等^[17]的生物力学实验结果也显示两者下颈椎手术中稳定性无明显差异。但本研究结果显示,两者相比,前者各方向稳定性数值均较小,且在后伸方向有显著性差异,证实在 Hangman 骨折的治疗中 Solis 椎间融合器具有较好的稳定性。植骨组只在后伸及侧弯方向形成对骨折的稳定作用,前屈、后伸及旋转 ROM 较对照组显著增大,故不适合单独用于 Hangman 骨折的治疗。Solis 融合器独特的倒齿、顶针等固定装置使其较椎间植骨有更好的稳定性,较适合于 II 型 Hangman 骨折的治疗。由于 Solis 椎间融合器的稳定作用主要来源于肌肉韧带的张力,临床行颈前路 Solis 融合器置入治疗 II 型 Hangman 骨折需确保上述结构的完整性。术中不宜过度撑开椎间隙,以免加重韧带的损伤。如置入融合器后椎间隙松弛,则应酌情配合使用钢板内固定。

3.4 本研究的局限性

临床应用 Solis 椎间融合器治疗 Hangman 骨折于术中拆除撑开器、向前提拉 Solis 时,不易脱出,固定牢靠。而本研究所获得数据与以上良好的固定作用有一定距离,这可能是由于虽然采用新鲜冰冻成人尸体标本,并保留椎旁肌肉,但仍难以模拟活体状态下颈部肌肉良好的回缩张力。

临床上 Hangman 骨折尽管存在枢椎椎弓根骨折并 C2/3 脱位,但前后纵韧带、纤维环及髓核等结构部分维持,非完全离断,故术中能够使用撑开器。而离体标本可能在模型制作时离断过多结构造成损伤大于临床实际,使得稳定性差异较大,影响了结果的均一性。

4 参考文献

1. Verheggen R, Jansen J. Hangman's fracture; arguments in favor of surgical therapy for type II and III according to Edwards and Levine[J]. Surg Neurol, 1998, 49(3): 253-262.
2. Levine AM, Edwards CC. The management of traumatic spondylolisthesis of the axis [J]. J Bone Joint Surg Am, 1985, 67(2): 217-226.

3. Heiko K, Anton K. Letter to the editor concerning: a systematic review of the management of hangman's fracture by Xin-Feng Li et al [J]. Eur Spine J, 2006, 15(9): 1415-1418.
4. Profeta G, Falco R, Ianniciello G, et al. Preliminary experience with anterior cervical microdiscectomy and interbody titanium cage fusion (Novus CT-Ti) in patients with cervical disc disease [J]. Surg Neurol, 2000, 53(5): 417-426.
5. 张东辉, 王清, 王松, 等. 颈前路钢板内固定治疗 Hangman 骨折的疗效及并发症分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(6): 475-476.
6. 黄阳亮, 刘少喻, 于滨生, 等. Solis 颈前路椎间融合器在治疗 Hangman 骨折中的应用 [J]. 脊柱外科杂志, 2008, 6(1): 40-42.
7. Smith GW, Robinson RA. The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion [J]. J Bone Joint Surg Am, 1958, 40(3): 607-624.
8. 王东来, 唐天骢, 黄士中, 等. 五种颈椎内固定方法的稳定性生物力学评价 [J]. 中华外科杂志, 1999, 37(5): 301-303.
9. Abumi K, Shono Y, Ito M, et al. Complication of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine [J]. Spine, 2000, 25(8): 961-969.
10. 谭远超, 刘峻, 张恩忠, 等. 前路颈椎自锁钢板加椎间融合器治疗颈椎骨折脱位及失稳 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15(2): 126-126.
11. Mastronardi L. Anterior cervical fusion with polyetheretherketone (PEEK) cages in the treatment of degenerative disc disease, preliminary observations in 36 consecutive cases with a minimum 12-month follow-up [J]. Acta Neurochir (Wien), 2006, 148(3): 307-312.
12. Cho DY, Liao WR, Lee WY, et al. Preliminary experience using a polyetheretherketone (PEEK) cage in the treatment of cervical disc disease [J]. Surg Neurol, 2002, 51(6): 1343-1350.
13. Wang JL, Panjabi MM, Isomi T. The role of bone graft force in stabilizing the multilevel anterior cervical spine plate system [J]. Spine, 2000, 25(13): 1649-1654.
14. Olsewski JM, Garvey TA, Schendel MJ. Biomechanical analysis of facet and graft loading in a Smith-Robinson type cervical spine model [J]. Spine, 1994, 19(22): 2540-2544.
15. Truumees E, Demetropoulos C, Yang K, et al. Effects of disc height and distractive forces on graft compression in an anterior cervical discectomy model [J]. Spine, 2002, 27(22): 2441-2445.
16. 朱震奇, 肖士鹏, 刘海鹰. 颈前路不同术式对颈椎术后即刻稳定性的影响 [J]. 脊柱外科杂志, 2007, 4(5): 235-238.
17. Greene DL, Crawford NR, Chamberlain RH, et al. Biomechanical comparison of cervical interbody cage versus structural bone graft [J]. Spine J, 2003, 3(4): 262-269.

(收稿日期: 2008-07-31 修回日期: 2008-10-21)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 李伟霞)