

重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形术的生物力学比较研究

任龙喜¹, 王 渊¹, 王 伟², 韩正锋¹

(1 北京市垂杨柳医院骨科 100022 北京市; 2 解放军第 252 医院脊柱外科 071000 河北省保定市)

【摘要】目的:比较重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形术后生物力学的差异。**方法:**新鲜山羊颈椎标本 24 具, 随机分成 3 组, 每组 8 具。A 组, 完整标本组, 保留后方项韧带、伸肌等伸颈结构, 切除前方结构; B 组, 在 A 组基础上行重建颈后方韧带复合体单开门椎板成形手术; C 组, 在 A 组基础上行重建颈后方韧带复合体双开门椎板成形术。在电子万能试验机上行生物力学实验, 测试项目包括三点折弯试验、轴向拉伸试验和压缩试验, 分析比较三组间的差异性。**结果:**三点折弯试验中标本变直时的位移、加载力, A、B、C 三组间无显著性差异 ($P>0.05$)。拉伸试验中各拉伸负荷下与变直时的位移, A、B、C 三组间无显著性差异 ($P>0.05$)。压缩试验中, A、B、C 三组间位移无显著性差异 ($P>0.05$)。**结论:**在对抗颈椎变直和前屈的应力方面, 重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形术间无明显差别, 都最大限度保留了颈后方韧带复合体的功能。

【关键词】 颈椎; 椎板成形术; 颈后方韧带复合体; 生物力学; 山羊

中图分类号: R681.5, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-08-0627-05

A biomechanical comparison of single or double-door laminoplasty with reconstruction of the posterior cervical ligamentous complex in goat REN Longxi, WANG Yuan, WANG Wei, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2008, 18(8): 627~631

【Abstract】 Objective: To compare the biomechanical effects of single or double-door laminoplasty with reconstruction of the posterior cervical ligamentous complex in goat. **Method:** 24 fresh cervical spine specimens of goat were randomly divided into three groups (8 specimens in each group). Group A, all anterior elements of the cervical spine were removed, leaving the posterior muscles intact. Group B, based on the group A, single-door laminoplasty with reconstruction of posterior cervical ligamentous complex was performed. Group C, based on the protocol of group A, double-door laminoplasty with reconstruction of posterior cervical ligamentous complex was performed. Lateral bending compression and axial extension were tested respectively in each group under electric multipotential machine. **Result:** With deformation of the specimen and loading stress in flexion experiment, there was no significant difference among group A, B and C ($P>0.05$). When loading stress made the specimen straight in axial extension experiment, there was no significant difference among group A, B and C either ($P>0.05$). In anterior loading experiment, there was also no significant difference among group A, B and C ($P>0.05$). **Conclusion:** Both single and double-door laminoplasty with reconstruction of the posterior cervical ligamentous complex utmostly reserved the function of the posterior cervical ligamentous complex. Compared with the intact specimens, the function of tensile stress of the posterior cervical ligamentous complex was no significant different in both single or double-door laminoplasty with reconstruction of the posterior cervical ligamentous complex.

【Key words】 Cervical spine; Laminoplasty; Posterior cervical ligament complex; Biomechanics; Goat

【Author's address】 Department of Orthopaedic Surgery, Beijing Chuiyangliu Hospital, Beijing, 100022, China

传统颈椎板成形术后, 部分患者易出现生理

曲度变小或鹅颈畸形, 同时伴有颈肩部疼痛等轴性症状^[1-4], 为避免上述并发症的发生, 一些学者在传统术式基础上开展了重建颈后方韧带复合体的单、双开门椎板成形术, 均收到了较满意的临床效果^[5-10]。从临床角度讲, 重建颈后方韧带复合体

第一作者简介: 男 (1953-), 主任医师, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 脊柱外科

电话: (010) 87720225 E-mail: rlxpldd@sina.com

通讯作者: 王渊

单开门椎板成形术式相对简便、经济、安全。本研究旨在通过动物标本生物力学实验,观察单、双开门两种术式的生物力学特性,为临床术式的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 标本制备

新鲜山羊颈椎标本 24 具(长度、重量基本一致),年龄 8~11 个月。随机分为 3 组,每组 8 具标本。保留 C2~T1 节段,将标本前方肌肉全部剔除,完整保留后方所有肌肉、韧带及小关节囊,用双层塑料袋密封标本,放置于-4℃冰箱临时保存。

1.2 分组与实验模型建立

A 组(完整标本组),8 具标本全部剔除颈部皮肤、浅深筋膜、屈肌、气管及食管等颈椎前方结构,保留后方项韧带、伸肌等伸颈结构。利用克氏针将标本两端的 C2 和 T1 椎体、肌肉、项韧带固定于模具内,保证标本的两端分别位于牙托粉固定块的中心,灌注牙托粉固定,保持两端牙托粉凝块平行并成一条直线,侧面标记两端牙托粉固定块的中心(即 C2 和 T1 脊椎的前、后中点)和 C5 脊椎的前、后中点。B 组(重建颈后方韧带复合体单开门椎板成形术组);8 具标本在 A 组标本方

法处理基础上行重建颈后方韧带复合体的单开门椎板成形术。于项韧带旁显露棘突,紧靠棘突的左侧缘逐渐显露左半侧椎板,达椎板关节突交界处,用直角微型骨锯于 C3~C7 棘突基底水平锯断,将锯断的棘突拉向右侧,显露对侧椎板,进行单开门椎板成形术(C3~C7),用钢丝将游离棘突固定于掀起的椎板,将剥离的肌肉与项韧带缝合(图 1~3)。C 组(重建颈后方韧带复合体双开门椎板成形术组):以 B 组入路显露双侧椎板后,行棘突纵切式双开门椎板成形术(C3~C7),用钢丝将棘突的游离固定于镶嵌在两椎板间的牙托粉间隔物上,将剥离的肌肉与项韧带缝合(图 4)。

1.3 测试方法

生物力学测试仪为长春市朝阳试验仪器有限公司生产的 WDW-5 型微机控制电子万能试验机,其控制系统为德国 DOLI 公司生产的 EDC 全数字测控器。在控制器上设置为固定载荷 0.5N/s 速率控制,生物力学试验机加载头以该速率自动匀速运行。施加力矩时采取逐级加载的方法,形成加载和卸载循环,第三次加载时进行运动学测量,以减少韧带和小关节囊等软组织的粘弹性影响,获得比较稳定的生物力学数据。实验过程中标本表面喷洒生理盐水防止干燥。

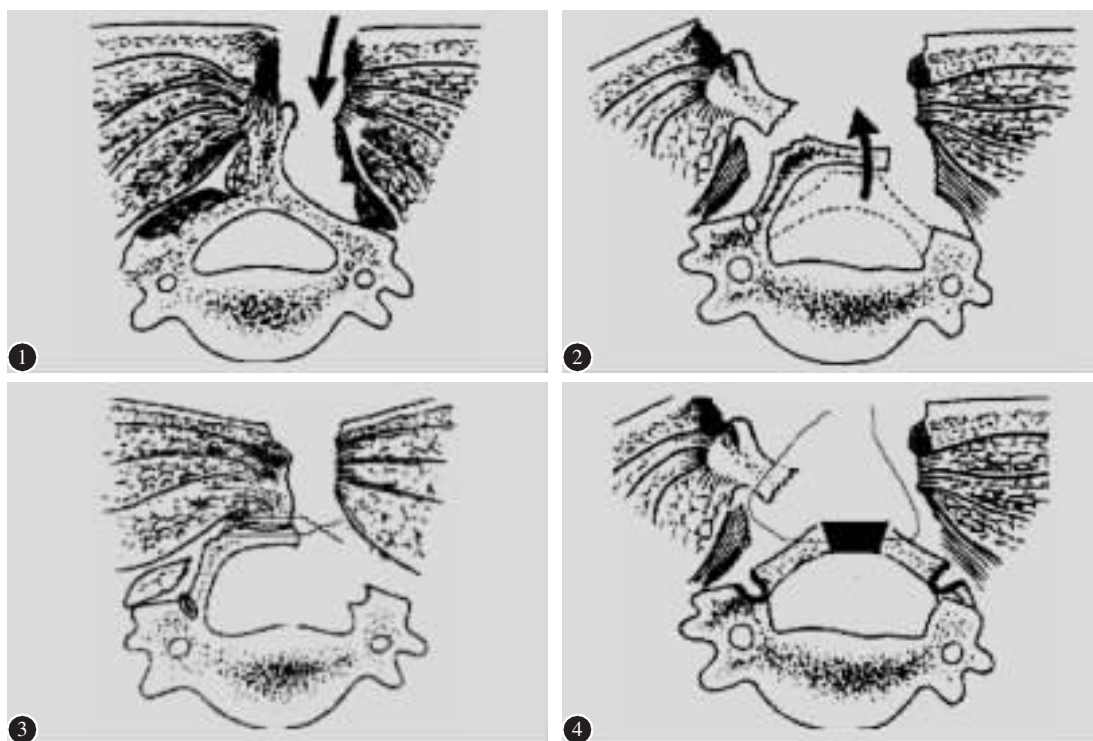


图 1 靠棘突缘显露左半椎板 图 2 棘突于基底部离断,双侧椎板开槽,单侧开门 图 3 用钢丝将棘突固定于开门侧椎板 图 4 双开门手术示意图

1.3.1 三点折弯试验 将包埋好的标本仰卧安装于三点折弯加载平台, 试验机采用线状加载头垂直于标本纵轴加载, 加载头与标本接触为记录零点, 记录开加载至 10N 时标本在加载力方向上的位移, 记录标本侧面标记点(C2、C5 和 T1 脊椎的前后中点) 三点成一条直线时加载力的大小和标本位移及加载到 100N 时标本位移。

1.3.2 轴向拉伸试验 将包埋好的标本安装固定于轴向拉伸夹具, 试验机沿标本纵轴进行拉伸试验, 记录项目同三点折弯试验。

1.3.3 压缩试验 前方顶压使标本接近成直线, 试验机沿标本纵轴前方 4cm 加压, 记录开始加压至加载至 10N、50N、100N 时的标本位移。后方加压缩时试验机沿标本纵轴后方 4cm 垂直加压, 记录开始加压至加载力达到 50N 时的标本位移。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 10.0 软件对实验数据进行统计学处理, 实验数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间相互比较均采用单因素的方差分析, $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

见表 1。三点折弯试验中标本变直时的位移、加载力, A、B、C 三组间无差异($P > 0.05$)。拉伸试验中各拉伸负荷下与变直时的位移, A、B、C 三组间无显著性差异($P > 0.05$)。压缩试验中, A、B、C 三组间位移也无显著性差异($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 颈椎后方韧带复合体的概念及临床意义

颈椎后方韧带复合体又称颈椎后方韧带系统, Miyamoto 等^[11]将棘突、棘上韧带和棘间韧带称作颈椎后方韧带复合体。Yoshida 等^[9]认为还应包括黄韧带。Maeda 等^[12]的研究认为后路手术后颈椎正常序列的维持主要依赖于肌肉、韧带等动力系统的作用, 而非骨性融合或其他刚性结构。White 和 Panjabi^[13]也认为颈椎后方的肌肉和韧带限制了颈椎过度的前屈和后凸形成, 是颈椎的重要动力性稳定因素。当后方韧带复合体被破坏或功能消失时, 颈椎就会出现不稳定。有人认为颈椎后方韧带复合体构成了颈椎后部绳栓样牵伸结构, 颈椎在前屈活动时绝大部分负荷被韧带组织所平衡^[14]。

从生物力学方面研究证实, 颈椎的棘上韧带

表 1 三组羊颈椎标本生物力学实验结果 ($\bar{x} \pm s, n=8$)

	A组	B组	C组
三点弯折试验			
变直加载力(N)	36.06±4.89	32.13±4.12	34.73±3.26
10N 位移(mm)	3.07±0.45	3.58±1.02	3.29±0.88
变直位移(mm)	9.67±1.75	10.51±1.57	9.95±1.80
100N 位移(mm)	17.33±2.28	19.44±3.02	17.18±2.77
拉伸试验			
变直加载力(N)	36.95±2.70	33.98±2.48	35.95±1.81
10N 位移(mm)	0.98±0.24	1.33±0.50	1.18±0.59
变直位移(mm)	3.47±0.79	4.07±0.93	3.63±0.77
100N 位移(mm)	13.73±3.89	17.10±2.36	15.56±2.08
前压试验			
10N 位移(mm)	3.07±0.45	3.58±1.02	3.54±0.92
50N 位移(mm)	5.14±1.66	6.44±1.61	5.49±2.10
100N 位移(mm)	6.10±2.83	9.26±1.89	8.48±2.90
后压试验			
50N 位移(mm)	11.41±4.13	14.75±3.76	12.74±3.69

注: 相同指标 A、B、C 三组间比较均 $P > 0.05$

和棘间韧带对维持颈椎的强度、刚度和颈椎前屈的稳定性具有重要作用^[15]。Katsushi 等^[16]在 12 具人尸体新鲜颈椎标本上的生物力学研究中发现, 切除棘上韧带、棘间韧带和黄韧带后, 颈椎活动范围增加 52%。Nolan 等^[17]在研究中发现, 颈后方的棘突是伸肌的杆臂(leverarms), 当棘突被切断时, 颈椎的生理活动丧失, 进一步并发后凸或其他畸形。在人体进行的电生理实验表明^[14], 正常人体在完成极度前屈、后伸等各种功能时颈部肌电图无明显变化, 说明颈部肌肉负荷无明显变化, 绝大部分增加的负荷被韧带组织所平衡; 韧带切除后, 加重了颈部肌肉作为维持颈椎稳定的外源性因素的负担而使颈部肌肉极易疲劳。另外, 研究还证实, 颈椎后方项韧带、棘间韧带富含传入神经纤维, 颈椎后方韧带可以通过神经反射来影响项背部肌肉的收缩, 维持颈椎精细活动和姿势, 并协调二者之间的负荷分配, 不致引起过度疲劳, 有利于颈椎的稳定^[18]。

3.2 本实验研究的特点

本课题组曾分别采用动物标本和人体标本, 将重建颈后方韧带复合体单开门颈椎板成形手术前、后的标本, 与传统的没有重建颈后方韧带复合体的单开门椎板成形术后的标本两两比较, 结果显示重建颈后方韧带复合体单开门颈椎板成形手术前后颈椎标本的稳定性无明显改变, 但较传统

术式具有明显的生物力学稳定性^[9]。许卫兵等^[8]比较了重建颈后方韧带复合体双开门颈椎板成形手术前、后与没有重建颈后方韧带复合体的双开门颈椎板成形术后的变化,也得到了相同的结论,即重建颈后方韧带复合体椎板成形术后的颈椎比非重建颈后方韧带复合体的更稳定。故本次实验没有再设非重建韧带复合体的椎板成形术对照组,而是把术前的完整标本组作为对照组,将重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形术组与其比较。

以往的实验在标本的制作过程中常常剔除颈椎标本全部肌肉,仅保留韧带及关节囊。本实验为了更接近于临床,制作标本时保留了颈椎后方的肌肉。离体肌肉尽管失去了神经的支配,但由于我们采用的是新鲜标本,而且标本两端的椎体和肌肉同时牢固固定,因此保留的肌肉组织仍具有一定的张力。

另外,以往实验测量标本的整体活动性能(包括活动范围、位移和倾角等)和整体稳定性能(包括轴向刚度、弯曲刚度和扭转刚度等)^[8,16]。本实验以三点折弯、轴向拉伸、前压试验时颈椎变直的位移和相应加载力为主要指标,观察颈后方韧带复合体的功能及颈椎的稳定性。三点折弯、轴向拉伸过程中,使标本由前弓状态逐渐变直前的位移代表标本的前弓曲度,导致三点折弯和轴向拉伸标本变直的加载力代表后方韧带复合体的抵抗力。前压试验中最初的抵抗力也主要由颈椎后方结构提供,而标本变直后的位移和力则主要代表椎间盘、前后纵韧带等前方结构产生的活动范围和抵抗力。

3.3 本实验的结果分析及临床意义

本研究通过颈后伸肌群完整、重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形三组标本生物力学方面的分析发现,无论是前压、后压试验,还是轴向拉伸、三点折弯状态下的位移和负荷,后两组标本的稳定性虽然低于前者,但无统计学意义。这说明重建颈后方韧带复合体的单、双开门颈椎板成形术都最大限度地保留了术前颈椎的稳定性,即两种术式对颈椎的稳定性影响很小,与上述两位学者^[8,16]的研究结果相同。研究结果同时表明,重建颈后方韧带复合体单、双开门椎板成形两组标本的生物力学方面无明显差异。这是因为,术中破坏了部分颈后伸肌及韧带、关节囊,使术后标本的稳定性略低于术前颈后伸肌完整的标本,但都重

建了颈后韧带复合体,且最大程度地保留或恢复了伸肌的附着点。当然,该韧带复合体于矢状面上有一定的后移,不过,术后的结构及位置较术前无较大的改变,原有对抗颈椎前屈的功能没有明显改变,所以对于维持颈椎前屈、后伸结构的功能无明显影响。再者,术中发现,两者不同点只是前者呈三角形偏开门,椎管开门处呈开放状态,后者呈两侧对称的方形开门,棘突间隔物的嵌入使椎管扩大后恢复了管形结构,而相同之处颇多:手术入路相同;两侧椎板都向后方开门成形,并重建了颈后方韧带复合体及颈后伸肌群。这样一来,两者对于颈椎屈伸结构的影响应该相似,实验结果也证明了这一点,两者对于颈椎的稳定性影响无明显差别。

本实验不足之处在于,应用离体标本仅观察颈椎标本屈伸及拉伸方向上的变化,缺少其扭曲、旋转及侧弯的研究,故全面评价两种术式的生物力学性能,有待于进一步研究。

4 参考文献

1. Herkowitz HN. A comparison of anterior cervical fusion, cervical laminectomy and cervical laminoplasty for the surgical management of multiple level spondylotic myelopathy[J]. Spine, 1988, 13(7):774-780.
2. Hosono N, Yonenobu K, Ono K. Neck pain and shoulder pain after laminoplasty: a noticeable complication[J]. Spine, 1996, 21(17):1969-1973.
3. 胡有谷, 党耕町, 唐天驷 主译. 脊柱外科学[M]. 第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2000. 1342-1346.
4. Heller JG, Edwards CC, Murakami H, et al. Laminoplasty versus laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy: an independent matched cohort analysis [J]. Spine, 2001, 26(12): 1330-1336.
5. 大岛义彦, 林雅弘, 横田实, 他. 颈部脊椎板扩大术を施行した70例の検討[J]. 日整会志, 1987, 61: 639-641.
6. Yoshida M, Otani K, Shibasaki K, et al. Expansive laminoplasty with reattachment of spinous process and extensor musculature for cervical myelopathy[J]. Spine, 1992, 17(5): 491-497.
7. 任龙喜, 王相利, 王少波, 等. 单开门棘突重建颈椎管扩大成形术治疗脊髓型颈椎病[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2001, 11(3): 136-138.
8. 许卫兵, 姜长明, 王以进, 等. 保留颈椎后方韧带复合体颈椎管扩大成形术的生物力学研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2000, 10(4): 224-226.
9. 任龙喜, 王伟, 韩正锋, 等. 单开门颈椎板成形术中重建颈后方韧带复合体的生物力学研究[J]. 中华外科杂志, 2007, 45(20): 1433-1434.

腰椎棘突间分离装置研究进展

王洪立, 姜建元

(复旦大学附属华山医院骨科 复旦大学脊柱外科中心 200040 上海市)

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2008)-08-0631-04

近年来随着生物医学技术的不断发展, 传统的脊柱融合技术可达到 90% 以上的融合率, 但是一些研究^[1]表明, 高融合率并没有带来期望中临床疗效的提高; 而且坚强内固定和脊柱融合术存在一定潜在并发症, 如增加邻近节段的退变、螺钉断裂等。另外某些腰椎疾患的治疗, 如腰椎管狭窄症高龄患者的治疗、椎间盘源性腰痛的治疗、腰椎间盘突出症单纯髓核摘除术后复发等问题对目前的腰椎疾患治疗方法提出了一系列挑战。新问题、新挑战的存在催生了一系列新的治疗理念, 其中欧洲和美国近年来研究开发的腰椎棘突间分离装置(interspinous process distractor, IPD)在临床初步应用中取得了较好的效果^[1-2]。现就国外目前腰椎棘突间分离装置的研究情况综述如下。

1 IPD 的作用机制

早在 20 世纪 50 年代, Dr Fred L. Knowles 就曾在腰椎棘突间置入一特制的金属栓来治疗腰椎管狭窄症, 但因该装置经常发生脱位不得不二次取出而失败^[3]。随着脊柱外科相关技术的不断发展, 目前国外已研发出多种 IPD。其总体设计理念基本为撑开病变节段棘突间隙和限制该节段的后伸活动, 从而增加相应水平椎管横截面积和椎间

孔高度, 降低椎间盘内负荷和关节突关节负荷。

1.1 限制腰椎的屈伸活动

典型的腰椎管狭窄症患者的症状在身体前屈或坐位时会有明显的缓解, 基于此通过在狭窄节段置入棘突间分离装置, 一定程度上限制病变节段的背伸, 从而达到缓解症状, 恢复直立行走的目的, 即通过改变病变节段局部的生物力学, 从而较好地恢复脊柱整体的生理曲度及生物力学。有学者在人新鲜尸体上进行了有关生物力学研究, 在腰椎某一节段置入 IPD(X-STOP)前后分别测量其各个方向活动度, 结果显示轴向旋转度在 IPD 置入前后分别为 1.7° 和 1.6°, 侧屈活动度分别为 8.2° 和 8.8°, 屈伸活动度分别为 7.6° 和 3.1°。由此可见置入棘突间分离装置后该节段屈伸活动明显受限, 而对轴向旋转度及侧屈活动度没有明显的影响^[4-6]。

1.2 增加椎管横截面积和椎间孔高度

通过在病变节段置入 IPD 一定程度上撑开该节段棘突间隙, 增加相应水平椎管横截面积和椎间孔的高度, 从而解除神经压迫, 缓解临床症状。Richards 等^[7]研究发现在置入 X-STOP 后腰椎处于后伸位时相应节段椎管横截面积增加了 18%, 神经根管面积增加了 25%, 椎间孔高度增加了 41%。Manal 等^[8]的报道结果与 Richards 的结果相似。Siddiqui 等^[9]通过对 12 例行 X-STOP 置入手术的患者行动力位 MRI 检查发现, 直立位硬膜囊的横截面积由术前的 78mm² 术后增加到 93mm², 坐位伸展位由术前的 85mm² 术

第一作者简介: 男(1982-), 医学硕士, 研究方向: 脊柱外科
电话: (021)62489999-1200 E-mail: wanghongli0212@163.com
通讯作者: 姜建元

10. 任龙喜. 单开门棘突重建椎管扩大成形术治疗无骨折脱位型颈脊髓损伤[J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6(5): 596-598.
11. Miyamoto S, Yorenobu K, Ono K. Exoerimental cervical spondylosis in the mouse[J]. Spine, 1991, 16(Suppl 10): 495-500.
12. Maeda T, Arizono T, Saito T, et al. Cervical alignment, range of motion, and instability after cervical laminoplasty [J]. Clin Orthop Relat Res, 2002, 401: 132-138.
13. White AA, Panjabi MM. Clinical Biomechanics of the Spine [M]. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott, 1990. 311-331.
14. Moroney SP, Schultz AB, Miller JA. Analysis and measurement of neck loads [J]. J Orthop Res, 1988, 6 (5): 713-720.
15. White HR, Moran DJ, Fechner RE. Cervical ligaments instability in a canine in vivo model [J]. Spine, 1987, 12 (10): 959-

963.

16. Katsushi T, Erik P, Donita BA, et al. The nuchal ligament restrains cervical spine flexion[J]. Spine, 2004, 29(18): 388-393.
17. Nolan JP, Sherk HH. Biomechanical evaluation of the extensor musculature of the cervical spine[J]. Spine, 1988, 13(1): 9-11.
18. Jiang H, Rusel IG, Rssso VJ. The nature and distribution of the intervation of human supraspinal and interspinal ligaments[J]. Spine, 1995, 20(8): 869-876.
19. 王伟, 任龙喜, 张彤童, 等. 保留颈后方韧带复合体对单开门颈椎板成形术生物力学特性的影响 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(2): 122-125.

(收稿日期: 2008-03-03 修回日期: 2008-06-03)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 彭向峰)