

基础研究

单开门椎管扩大成形术后保留颈后韧带复合体
加微型钛板固定的生物力学张成程¹, 林月秋², 陈建明¹, 周吉祥³(1 解放军第 59 中心医院脊柱创伤外科 661600 云南开远市; 2 昆明医学院临床学院解放军昆明总医院骨科医院
650032 云南昆明市; 3 第三军医大学解剖教研室 400037 重庆市)

【摘要】目的:探讨保留颈后韧带复合体单开门椎管扩大成形术联合微型钛板固定的生物力学特性。**方法:**制备新鲜羊颈椎标本 10 具, 分成两组, 每组 5 具。A 组, 保留颈后方韧带复合体单开门椎管扩大成形术组; B 组, 保留颈后韧带复合体联合微型钛板固定单开门椎管扩大成形术组。两组先分别测完整标本状况下弯曲、左右侧屈及轴性旋转的生物力学数据。A 组、B 组制成手术模型标本后再分别测上述生物力学数据, 与完整标本对比。**结果:**A 组术后在抵抗前屈载荷时与完整标本时无明显差异 ($P>0.05$), 但在抵抗左右侧屈 ($P<0.05$) 及对抗轴向旋转载荷时稳定性较完整标本下降 ($P<0.05$)。B 组术后在抵抗前屈载荷及左右侧屈载荷时与完整标本比较无明显差异 ($P>0.05$), 在对抗轴向旋转载荷时稳定性较完整标本下降 ($P<0.05$), 但较 A 组差异小 ($P<0.05$)。**结论:**保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定的单开门椎管成形术, 其颈椎标本在对抗侧屈及轴性旋转载荷方面的生物力学稳定性优于单纯保留颈后方韧带复合体的单开门椎管成形术。

【关键词】 颈后方韧带复合体; 微型钛板; 单开门; 椎管成形术; 生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.01.15

中图分类号: R687.3, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-01-0059-04

A biomechanical study on cervical laminoplasty retaining the posterior ligaments complex and fixation with titanium miniplate on sheep cervical spine/ZHANG Chengcheng, LIN Yueqiu, CHEN Jianming, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(1): 59~62

【Abstract】 Objective: To investigate the biomechanical characteristics of cervical laminoplasty retaining the posterior ligaments complex and fixation with titanium miniplate. **Method:** 10 specimens of fresh sheep cervical spine were randomly divided into two groups (5 specimens in each group). Group A were subjected to open-door laminoplasty retaining the posterior ligaments complex, while group B underwent the group A's approach plus miniplate fixation. Flexion-extension, lateral bending and axial rotation movements were applied on each group pre and postexperiment. All data were analyzed statistically. **Result:** In group A, there was no difference noted in flexion-extension between pre and postexperiment ($P>0.05$), but as for lateral bending and axial rotation, there was significant difference noted ($P<0.05$ respectively). In group B, there was no difference noted in flexion-extension and lateral bending between pre and postexperiment ($P>0.05$), but as for axial rotation, there was significant difference noted ($P<0.05$). **Conclusion:** Cervical laminoplasty retaining the posterior ligaments complex and fixation with titanium miniplate is superior than conventional laminectomy in flexion-extension and axial rotation.

【Key words】 Cervical posterior ligament complex; Titanium miniplate; Open-door; Laminoplasty; Biomechanics

【Author's address】 Department of Spine and Trauma of the 59th Hospital of PLA, Kaiyuan, Yunnan, 661600, China

颈后方韧带复合体在对抗后方牵张应力方面发挥重要的生理作用, 对维持颈椎的生理弯曲及

颈椎的稳定性具有重要作用。保留颈后方韧带复合体的颈椎单开门椎管成形术已在临床广泛应用, 另外, 在防治单开门术后椎板再关门及预防术后轴性症状等方面, 近年有学者^[1]采用微型钛板作为支撑结构固定掀开的椎板及侧块, 行椎管扩

第一作者简介: 男 (1979-), 主治医师; 研究方向: 脊柱外科、创伤骨科

电话: (0873) 7193117 E-mail: charleszcc@sina.com

大成形术, 可达到即刻重建椎管, 恢复椎管的完整性, 对门轴侧骨折处及骨缺损的生长也起到了促进作用。本研究探讨保留后方韧带复合体的同时运用微型钛板重建椎管的完整及固定保留棘突的生物力学特点, 为临床提供理论参考, 报告如下。

1 材料与方法

1.1 标本制备

新鲜羊颈椎标本 10 具 (全羊体重 35~40kg, 高度一致), 保留 C2~T1 节段, 剔除全部肌肉, 保留后方韧带、关节囊、椎间盘及所有骨性结构。制作模具, 分别将标本的 C2、T1 置于模具内, 灌注自凝型牙托粉固定, 保证标本的两端分别位于牙托粉固定块的中心。在 -20℃ 低温冰箱临时保存, 实验前逐级解冻。

1.2 分组与实验模型建立

A 组: 保留颈后方韧带复合体单开门椎管成形术组。随机抽取 5 具标本, 编号为 A1~A5, 解冻后先测试完整标本的实验数据, 之后将标本制作成保留颈后方韧带复合体单开门椎管成形术的术式模型, 即使用骨刀或骨锯在棘突根部横行切断 C3~C6 棘突, 左侧小关节突内侧咬断 C3~C6 椎板, 右侧相同位置单皮质开槽, 制作门轴, 将左侧椎板掀起形成单开门椎管成形, 再于掀起侧椎板及对应棘突根部打孔, 以钢丝捆扎牢固将游离的棘突固定于掀起的椎板, 最后丝线穿过钢丝缝合于右侧对应的小关节囊完成模型制作 (图 1)。模

型制作好后再分别测试相同条件下的实验数据。

B 组: 保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定单开门椎管成形术组。取另外 5 具标本, 编号为 B1~B5, 解冻后先测试完整标本的实验数据, 之后将标本制作成保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定单开门椎管成形术的术式模型, 其单开门椎管成形方法同 A 组, 再根据开门距离及椎板高度修剪合适大小的微型钛板, 一端以两枚螺钉固定于左侧侧块, 另一端分别各以两枚螺钉固定于掀起的椎板及棘突 (棘突根部贴附于椎板), 重建椎管及后方结构, 完成术式模型制作 (图 2)。再分别测试相同条件下的实验数据。

1.3 实验设备及测试方法

生物力学测试仪器为深圳市瑞格尔仪器有限公司生产的 RGT-5A 微机控制电子万能试验机, 按 GB (国家标准) 进行测试, 生物力学试验机自动均速运行。

1.3.1 弯曲试验 将标本置于生物力学试验机上, 连接电脑, 从标本前方加压, 使颈椎标本前屈。设定试验速度为 10mm/min, 设定挠度为 20mm。当标本处于伸直位时停止加载, 试验机自动收集数据生成曲线, 并计算出标本的弯曲强度。

1.3.2 左、右侧屈试验 放置好标本后, 先从标本左侧加压行左侧屈试验并测数据, 设定试验速度: 10mm/min, 设定挠度为 20mm。当标本的 C2 和 C7 椎体中线成 45° 角时停止加载; 再从标本右侧加压测右侧屈数据, 试验条件同左侧。

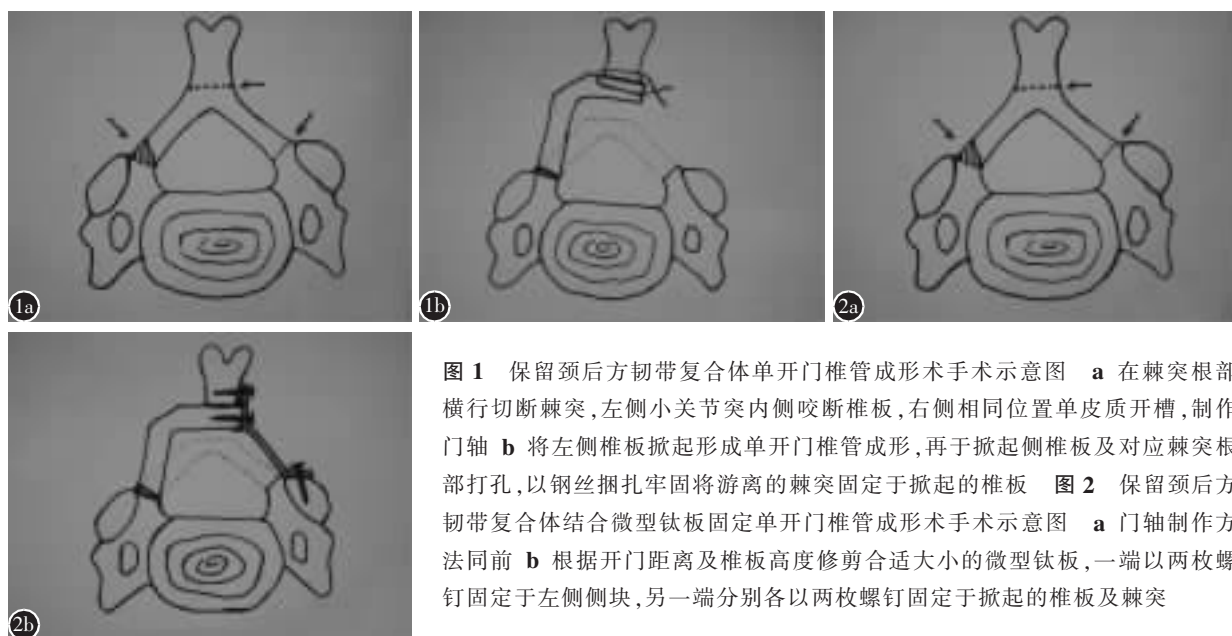


图 1 保留颈后方韧带复合体单开门椎管成形术手术示意图 a 在棘突根部横行切断棘突, 左侧小关节突内侧咬断椎板, 右侧相同位置单皮质开槽, 制作门轴 b 将左侧椎板掀起形成单开门椎管成形, 再于掀起侧椎板及对应棘突根部打孔, 以钢丝捆扎牢固将游离的棘突固定于掀起的椎板 图 2 保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定单开门椎管成形术手术示意图 a 门轴制作方法同前 b 根据开门距离及椎板高度修剪合适大小的微型钛板, 一端以两枚螺钉固定于左侧侧块, 另一端分别各以两枚螺钉固定于掀起的椎板及棘突

1.3.3 扭转试验 将标本安置于扭转试验槽内, 固定牢固, 设定试验速度为 $50^{\circ}/\text{min}$, 扭转角度达 30° 时停止加载, 测量扭距值, 试验机自动收集数据生成曲线, 并计算出标本的扭转强度、屈服剪应力。

试验过程中标本表面喷洒生理盐水防止干燥变性, 实验数据采用 SPSS 11.5 软件进行统计学分析, A、B 两组完整标本间及组内两个时相间数据比较采用 t 检验, A、B 两组成形术后数据比较采用配对 t 检验, 设 $P < 0.05$ 为有显著性差异。

2 结果

A、B 两组完整标本的前屈时弯曲强度、左右侧屈时弯曲强度及扭转时的屈服剪应力统计无显著性差异(表 1)。A 组术后弯曲试验弯曲强度较术前无显著差异, 左、右侧屈时弯曲强度较术前明显减小($P < 0.05$), 扭转试验的屈服剪应力较术前显著减小($P < 0.01$, 表 2)。

B 组术后弯曲试验弯曲强度及左、右侧屈时弯曲强度较术前无显著性差异($P > 0.05$), 扭转试验的屈服剪应力较术前明显减小($P < 0.05$), 但差异较 A 组小(表 2)。完成生物力学测试后, 钛板固定牢固无松动。

3 讨论

3.1 颈后韧带复合体的组成及生物力学作用

Nolan 和 Sherk^[2]指出, 由棘突、棘间韧带和棘上韧带所组成的后方韧带复合体及其上的肌肉是

表 1 两组完整标本生物力学试验结果 ($\bar{x} \pm s$) ($n=5$)

组别	A组	B组
弯曲试验时弯曲强度(MPa)	0.896 ± 0.266^{①}	0.880 ± 0.280
左侧屈时弯曲强度(MPa)	0.314 ± 0.065^{①}	0.310 ± 0.070
右侧屈时弯曲强度(MPa)	0.274 ± 0.067^{①}	0.292 ± 0.086
扭转屈服剪应力(GPa)	0.070 ± 0.020^{①}	0.056 ± 0.024

注: ①与 B 组比较 $P > 0.05$

维持颈椎静态稳定的主要因素。Miyamoto 等^[3]也将棘突、棘间韧带和棘上韧带称作颈后方韧带复合体, 认为其主要功能是对抗后方牵张应力, 在维持颈椎生理曲度及颈椎稳定性方面具有重要作用。Moroneg 等^[4]进行的电生理实验发现, 正常人在完成颈椎极度前屈、后伸等各种运动时颈部肌电图无明显变化, 说明颈部肌肉负荷无明显变化, 韧带组织承担了增加的大部分负荷, 故韧带切除后加重了颈部肌肉维持颈椎稳定性的负担, 容易使颈部肌肉疲劳。国内外的学者^[5-8]研究证实, 保留颈后方韧带复合体的颈椎单开门椎管扩大成形术, 不仅在脊髓神经功能恢复方面与传统椎板成形术有同样的临床效果, 而且在维持颈椎生理弯曲方面具有明显优势, 其生物力学稳定性特别是颈椎前屈时的稳定性明显优于传统单开门椎管扩大成形术, 术后轴性症状的发生率也明显低于传统术式。

3.2 微型钛板固定在颈椎单开门手术中的应用

早期的单开门椎管扩大椎板成形术, 运用丝线穿过棘突缝合悬吊于门轴侧的小关节囊, 这属于“软性”门轴固定, 容易导致不稳定, 术后出现“再关门”。O'Brien 等^[9]在 1996 年采用微型钛板作为支撑结构, 固定于开门一侧, 目前这一技术逐渐成熟并在国外得到广泛应用。“刚性”固定的方法避免了缝扎小关节囊。孙宇等^[10]认为这在避免轴性症状发生方面有一定意义。可能因为缝扎悬吊过程中会对小关节囊及周围组织中存在的颈后神经及其分支造成刺激或损伤, 导致肌肉痉挛和疼痛, 同时小关节囊受到创伤而产生炎症反应; 再者, 小关节囊由于缝扎损伤导致的瘢痕挛缩是造成颈椎活动度(ROM)降低的重要原因, 而术后颈椎活动度减少与轴性症状的加重具有明显的相关性。O'Brien 等^[9]的研究表明, 微型钛板的强度可提供有力支撑并能有效地保护其下方的硬膜。与锚定法相比, 微型钛板固定法在固定椎板上具有更

表 2 两组完整标本与术后标本生物力学试验对比结果

($\bar{x} \pm s$)

	A组		B组	
	完整标本	术后标本	完整标本	术后标本
弯曲试验时弯曲强度(MPa)	0.8960 ± 0.2662	0.8760 ± 0.3580^{①}	0.8800 ± 0.2799	0.8920 ± 0.4401^{①}
左侧屈时弯曲强度(MPa)	0.3140 ± 0.0650	0.2280 ± 0.0887^{②}	0.3100 ± 0.0696	0.3840 ± 0.1563^{①}
右侧屈时弯曲强度(MPa)	0.2740 ± 0.0673	0.2040 ± 0.0817^{②}	0.2720 ± 0.0976	0.3560 ± 0.2413^{①}
扭转屈服剪应力(GPa)	0.0700 ± 0.0200	0.0180 ± 0.0045^{③}	0.0560 ± 0.0241	0.0160 ± 0.0055^{②}

注: 与同组完整标本比较① $P > 0.05$, ② $P < 0.05$, ③ $P < 0.01$; A、B 两组扭转屈服剪应力手术前后差值间比较 $P < 0.05$

高的稳定性,同时达到了椎管的修复与完整,减少术后瘢痕粘连,也避免了小关节囊的损伤,理论上可以明显降低轴性症状。我国学者的临床应用也取得了较好的效果^[1]。

3.3 本研究的特点及意义

我们设计将上述两种手术方式结合,在保留后方韧带复合体的同时,通过微型钛板固定重建椎管、固定棘突,重建相对完整的颈椎后方结构,对该手术方式行生物力学比较。以往的研究^[12,13]着重观察了颈后方韧带复合体在维持颈椎生理前屈及稳定性方面的作用,本试验除了分析上述作用之外,同时对开门术后颈椎在左、右侧屈及轴向旋转运动方面的生物力学性能进行比较研究,以期全面的分析手术对颈椎运动及稳定性的影响。

本试验准备 10 具新鲜羊颈椎标本,随机分为 A、B 两组。先收集完整标本时前屈、左右侧屈及轴向旋转的生物力学数据,行统计分析两组之间无差异。为了在试验过程中不损伤标本,特设定行前屈及左右侧屈试验时挠度为 20mm。之后两组标本分别用两种手术方式处理后再测量生物力学数据,与完整标本对比。试验结果表明,A 组(保留颈后方韧带复合体单开门椎管成形术组)术后在抵抗前屈载荷时与完整标本时无明显差别,但在抵抗左右侧屈($P<0.05$)及对抗轴向旋转($P<0.01$)载荷时稳定性较完整标本下降。B 组(保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定单开门椎管成形术组)术后在抵抗前屈载荷及左右侧屈载荷时无明显差异,在对抗轴向旋转载荷时稳定性较完整标本下降($P<0.05$),但较 A 组差异小。这说明保留颈后方韧带复合体结合微型钛板固定能更加完整的重建术后颈椎的后方结构,包括椎管的完整性及韧带结构的完整性两方面,在具有保留颈后方韧带复合体手术方式的优点的同时,该手术方式术后颈椎在侧屈及轴性旋转方面具有更好的生物力学稳定性。相对稳定的力学环境利于门轴侧骨槽的骨性愈合,也利于术后颈部左、右两侧的肌力平衡,在完成颈椎三维运动时协调左右两侧的负荷分配,不致引起一侧肌肉的过度疲劳。同时该手术方式采用钛板固定建立了相对完整的椎管及比

较稳定的门轴侧,术后不必长期制动,可采取短期颈椎围领固定并早期进行主动颈椎功能锻炼。这些在预防术后颈部僵硬、颈椎活动度 (ROM) 减少、轴性症状等并发症方面均具有积极的意义。

4 参考文献

1. 李平元,苏小桃,欧军,等.改良单开门微型钛钉-钛板内固定在颈椎管扩大成形术中的应用 [J]. 中国现代医学杂志,2008,18(14):2059-2061.
2. Nolan JP Jr, Sherk HH. Biomechanical evaluation of the extensor musculature of the cervical spine[J]. Spine, 1988, 13(1): 9-11.
3. Miyamoto S, Yorenobu K, Ono K. Exoerimental cervical spondylosis in the mouse[J]. Spine, 1991, 16(10):495-500.
4. Moroneg SP, Sohultz AB, Miller JA. Analysis and measurement of neck loads [J]. J Orthop Res, 1998, 6(5):713.
5. Yoshida M, Tamaki T, Kawakami M, et al. Does reconstruction of posterior ligamentous complex with extensor musculature decrease axial symptoms after cervical laminoplasty[J]? Spine, 2002, 27(13):1414-1418.
6. Tani S, Isoshima A, Nagashima Y, et al. Laminoplasty with preservation of posterior cervical elements surgical technique [J]. Neurosurg, 2002, 50(1):97-102.
7. 大岛义彦,佐藤浩,林雅弘,等.脊柱管扩大术-片侧侵入、有茎棘突起形成片開き法[J]. 脊椎脊髓, 1991, 4(7):577-583.
8. 任喜龙,王相立,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.
9. O'Brien MF, Peterson D, Casey ATH, et al. A novel technique for laminoplasty augmentation of spinal canal area using titanium miniplate stabilization: a computerized morphometric analysis[J]. Spine, 1996, 21(4):474-483.
10. 孙宇. 关于轴性症状[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(4):289.
11. 菅凤增,陈赞,凌锋. 微型钛钉-钛板固定行颈椎管扩大成形术的初步临床报告 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(2):129-131.
12. 许卫兵,姜长明,王以进,等.保留颈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.
13. 王伟,任龙喜,张彤童,等.单开门椎板成形术保留后方韧带复合体对尸体颈椎的生物力学影响 [J]. 脊柱外科杂志, 2008, 6(5):297-301.

(收稿日期:2010-08-17 修回日期:2010-11-30)

(英文编审 蒋欣/刘思麒/郭万首)

(本文编辑 彭向峰)