

· 基础研究 ·

椎管重建对腰椎活动度影响的有限元分析[△]陈建民^{1,2}, 徐院生², 郭兴锋², 黄伟谦², 练仲华³, 蔡达威⁴, 赵建宁¹, 刘国印^{2*}

(1. 南京医科大学金陵临床医院骨科, 江苏南京 210002; 2. 东部战区总医院秦淮医疗区骨科, 江苏南京 210002; 3. 厦门医疗器械研发检测中心有限公司, 福建厦门 361027; 4. Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, UK)

摘要: [目的] 比较椎板回植椎管重建内固定术对腰椎活动度范围 (range of motion, ROM) 的影响。[方法] 分别建立腰椎 L₂₋₄ 三维有限元模型, 包括正常模型组、椎板切除组、椎板回植 H 形钛板固定组 (H 形钛板组)、椎板回植 L 形钛板固定组 (L 形钛板组) 和椎板回植两孔钛板固定组 (两孔钛板组)。在 L₂ 椎体上施加 10 N·m 的应力, 测量 6 种自由度下 L_{2/3} 和 L_{3/4} 节段 ROM。[结果] 总体方面, 5 组模型的 6 种自由度比较, L_{2/3} ROM 由大至小均依次为: 左侧弯>前屈>右侧变>后伸>右旋>左旋, L_{3/4} 为: 前屈>左侧弯>右侧变>后伸>右旋>左旋, 总体差异均有统计学意义 (P<0.05)。6 种自由度的五组模型比较, L_{2/3} 和 L_{3/4} 的 ROM 由大至小均依次为: 椎板切除组>两孔钛板组>L 形钛板组>H 形钛板组>正常模型组, 总体差异均有统计学意义 (P<0.05)。左弯、右弯、左旋和右旋状态下, H 形钛板的 ROM 显著小于 L 形钛板组和两孔钛板组 (P<0.05)。[结论] 椎管重建可有效减少椎板切除所致的异常节段的活动度增加, 且 H 形钛板固定重建椎管在抗弯曲和旋转时, 其生物力学稳定性要优于 L 型和两孔钛板。

关键词: 椎板切除, 椎板回植, 椎管重建, 活动度, 有限元分析

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 14-1287-06

Impact of internal fixations for lumbar canal reconstruction on segmental range of motion: a finite element analysis // CHEN Jian-min^{1,2}, XU Yuan-sheng², GUO Xing-feng², HUANG Wei-qian², LIAN Zhong-hua³, CAI Da-wei⁴, ZHAO Jian-ning¹, LIU Guo-yin². 1. Department of Orthopedics, Jinling Clinical Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210002, China; 2. Department of Orthopedics, Qinhuai Medical District, General Hospital, Eastern Theater of CPLA, Nanjing 210002, China; 3. Xiamen Medical Device Development and Test Center Co., LTD, Xiamen 361027, China; 4. Faculty of Engineering and the Environment, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, United Kingdom

Abstract: [Objective] To compare the influence of lamina replantation with different internal fixations for spinal canal reconstruction on segmental range of motion (ROM) of the lumbar spine. **[Methods]** The lumbar L₂₋₄ three-dimensional finite element models were established respectively, including normal model group (NM group), laminectomy group (LE group), laminectomy and H-shaped titanium plate fixation group (H-plate group), laminectomy and L-shaped titanium plate fixation group (L-plate group) and laminectomy and two-hole titanium plate fixation group (TH plate group). A 10 Nm loading was applied to the L₂ vertebral body, the ROMs of L_{2/3} and L_{3/4} segments in six degrees of freedom were measured. **[Results]** In terms of overall comparison among the 6 degrees of freedom, the ROMs of L_{2/3} were ranked in descending order: left bending > forward flexion > right bending > extension > right rotation > left rotation, with statistically significant overall difference in all the 5 model groups (P<0.05). The ROMs of L_{3/4} were ranked in descending order: forward flexion > left bending > right bending > extension > right rotation > left rotation, with statistically significant overall difference in all the 5 model groups (P<0.05). However, in terms of overall comparison among the 5 model groups, the ROM of L_{2/3} and L_{3/4} were arranged in descending order of: LE group > TH plate group > L-plate group > H-plate group > NM group, which all were statistically significant in 6 degrees of freedom (P<0.05). In the left bending, right bending, left and right rotations, the ROM of H-plate group had significantly lower ROMs than that of L-plate group and TH plate group (P<0.05). **[Conclusion]** The lamina replantation with different internal fixations for spinal canal reconstruction does effectively reduce the abnormal increase of segmental ROMs caused by laminectomy. Of them, H-shaped titanium plate fixation achieves better stability than L-shaped plate and two-hole titanium plate in terms of resistance of bending and rotation.

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.14.08

△基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:82102547);江苏省自然科学基金面上项目(编号:BK20181113)

作者简介:陈建民,主任医师,研究方向:脊柱外科,(电话)13951736988,(电子信箱)cjmly@163.com

***通信作者:**刘国印,(电话)18260087917,(电子信箱)liuguoyin0425@163.com

Key words: laminectomy, lamina reimplantation, spinal canal reconstruction, range of motion, finite element analysis

椎管内占位唯一有效治疗措施是手术切除，椎板切除是椎管内占位的标准手术方式^[1-6]。传统全椎板切除能充分显露椎管内结构，但随着随访时间增长，其不足之处逐渐显露^[7, 8]。该术式严重破坏脊柱后柱结构，易引起术后脊柱不稳、神经根粘连、脊柱畸形、椎管狭窄等并发症，增大手术风险和翻修概率。为降低椎板切除对脊柱生物力学的影响，临床研究人员对此进行了积极的探索^[9-16]。由于对椎管占位术中脊柱稳定性的保护及重建存在不同认知，手术方法的选择及如何保持脊柱生物力学的稳定性成为该领域研究热点^[17-22]。充分显露椎管、完整清除病变并解除脊髓压迫，同时又能维持脊柱的稳定性并保持其椎管的完整性，达到解剖重建和功能恢复，业已成为椎管占位手术治疗的基本原则。椎管重建应运而生，既能充分显露减压，又可预防术后脊柱失稳，符合减压和稳定两者兼顾的治疗原则。然而，目前临床尚未有与椎管重建技术相匹配的内固定系统，既往文献报道多应用两孔或 L 形钛板折弯塑形后回植固定，但尚未有足够证据确定其远期的有效性和安全性^[13-22]。为此本院骨科设计了一款符合椎板解剖结构并具有即刻稳定性的 H 形椎板钢板（专利号 ZL 2014 2 0491485.4），专门应用于脊柱后柱功能重建。本实验通过三维有限元分析的方法对不同内固定重建椎管的节段活动度（range of motion, ROM）进行测试和比较。

1 资料与方法

1.1 腰椎三维模型建立

健康成年男性志愿者 1 名，30 岁，身高 172 cm，体重 75 kg，CT 对腰椎行薄层扫描，数据导入 Mimics 17.0 软件中除噪，通过区域增长，光顺腰椎各部分，填补小空隙，使椎体外的轮廓线光滑且连续，建立人体腰椎的三维几何模型（图 1a~1c）。将构建椎体信息通过 Geomagic Studio 逆向工程软件行修补及优化，首先去除表面非特征性肿块和压痕并平滑松弛表面，然后采取光顺平滑的曲面来拟合模型表面三角面片，生成连续的曲面模型（实体模型），最后重建 L₂₋₄ 节段骨性结构的三维几何模型（图 1d）。根据解剖在几何模型上增加 L₂₋₄ 椎间盘、前纵和后纵韧带、黄韧带、棘上和棘间韧带以及横突间韧带等结构，形成完整的 L₂₋₄ 三维几何实体模型（图 1e）。

对 L₂₋₄ 三维几何实体模型进行赋值，将各部位材料的弹性模量、泊松比等材料系数以及特征值输入该模型。按网格划分原则，精确建立外形逼真、力学特性全面的 L₂₋₄ 三维有限元模型（表 1）。

表 1 有限元模型的单元类型和材料参数属性

材料	弹性模量 (MPa)	泊松比 (%)
腰椎皮质骨	12 000	0.3
腰椎松质骨	100	0.2
腰椎后部结构	3 500	0.25
软骨终板	25	0.25
纤维环基质	4.2	0.45
纤维环纤维 (外层)	550	0.3
纤维环纤维 (中间层)	454	0.3
纤维环纤维 (内层)	357	0.3
髓核	1.0	0.49
前纵韧带	20	0.3
后纵韧带	70	0.3
黄韧带	50	0.3
棘间韧带	28	0.3
棘上韧带	28	0.3
横突间韧带	50	0.3
关节囊韧带	20	0.3
内固定	104 800	0.31

1.2 腰椎手术有限元模型建立

切断 L₂₋₄ 之间的棘间和棘上韧带及椎板间黄韧带，在两侧关节突的内侧锯开椎板，建立全椎板切除的三维有限元模型（图 1f）。完成椎管内手术模拟操作之后，将棘突椎板复合体原位回植并应用内固定重建椎管，修复棘突和椎板间韧带，保留回植棘突椎板复合体韧带的完整性。根据椎板回植椎管重建方式的不同分成单纯椎板切除组（图 1f）、H 形钛板组（图 1g）、L 形钛板组（图 1h）和两孔钛板组（图 1i）。

1.3 有限元模型应力施加

对完整 L₂₋₄ 三维几何有限元实体模型和四种手术模型施加相同的边界固定条件和生理载荷。约束 L₄ 椎体节点三个方向运动的自由度，在 L₂ 椎体上施加 10 N·m 的纯力矩，模拟腰椎前屈、后伸、左弯、右弯、左旋、右旋共 6 种自由度。施加载荷已证实为足以产生生理范围 ROM，但又不会造成脊柱不稳^[10, 11]。通过计算 L_{2/3} 和 L_{3/4} 各节段 ROM 比较各内固定对腰椎稳定性的影响。

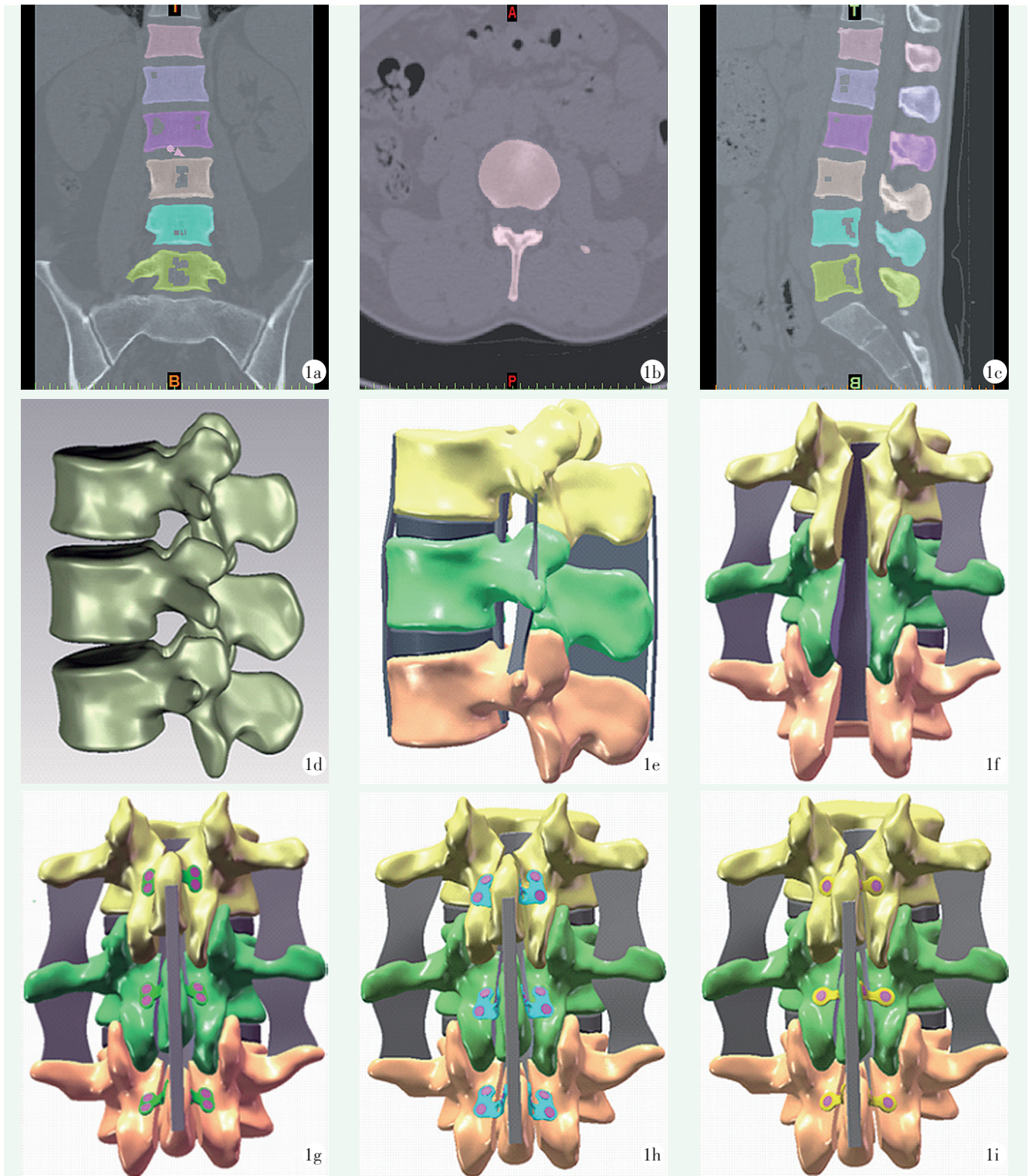


图 1 有限元模型建立 1a~1c: 采用 Mimics 17.0 软件进行图像除噪、区域增长和光滑等处理 1d: 采用 Geomagic Studio 建立 L₂₋₄ 节段骨性结构的三维几何模型 1e: 建立完整的 L₂₋₄ 三维模型 1f: 建立全椎板切除的三维模型 1g: L₂₋₄ 椎板回植 H 形钛板固定重建椎管的三维模型 1h: L₂₋₄ 椎板回植 L 形钛板固定重建椎管的三维模型 1i: L₂₋₄ 椎板回植两孔钛板固定重建椎管的三维模型

1.4 测量指标

将上述正常腰椎材质参数的有限元模型与 Panjabi 等^[12] 的腰椎生物力学研究施加相同的约束条件及载荷, 并行 6 种自由度下的 ROM 比较, 经过反复修

正相关组织结构, 以验证其有效性。

在完整 L₂₋₄ 有限元模型和 4 种手术模型中施加相同的边界固定条件和生理载荷, 模拟腰椎 6 种自由度, 采用 Panjabi 等^[12] 所创立的双平面立体测量方法

计算计算 L_{2/3} 和 L_{3/4} 节段在该 6 种自由度下的 ROM。相同自由度下，每种模型重复测量 3 次。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计学处理，计量资料符合正态分布，以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间比较采用单因素方差分析，组间差异有统计学意义时，两两比较采用 LSD 法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 模型有效性验证

本实验所建立的腰椎 L₂₋₄ 三维几何有限元实体模

型的 6 种自由度下的活动度与 Panjabi 等^[12] 研究结果一致，表明此研究模型有效。

2.2 不同自由度下 L_{2/3} 活动度测量结果

五组模型 6 种自由度下 L_{2/3} 的 ROM 测量结果见表 2。总体比较方面，5 组模型的 6 种自由度比较，其 ROM 由大至小均依次为：左侧弯>前屈>右侧变>后伸>右旋>左旋，总体差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。6 种自由度的 5 组模型比较，其 ROM 由大至小均依次为：椎板切除组>两孔钛板组>L 形钛板组>H 形钛板组>正常模型组，总体差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 2 6 种自由度下 L_{2/3} 的 ROM 测量结果 (°, $\bar{x} \pm s$, n=3) 与比较

自由度	正常模型组	椎板切除组	H 形钛板组	L 形钛板组	两孔钛板组	P 值
前屈	6.98±0.15	8.55±0.26	7.56±0.09	7.69±0.13	7.70±0.11	<0.001
后伸	4.29±0.31	5.24±0.14	4.60±0.23	4.64±0.28	4.66±0.25	0.011
左弯	7.02±0.19	8.86±0.37	7.23±0.12	7.77±0.12	8.20±0.14	<0.001
右弯	6.91±0.57	8.62±0.25	7.09±0.13	7.59±0.17	7.70±0.37	<0.001
左旋	2.12±0.21	3.89±0.12	2.38±0.14	2.74±0.15	3.20±0.15	<0.001
右旋	2.57±0.13	4.23±0.19	2.83±0.10	3.21±0.12	3.57±0.11	<0.001

两两比较方面，前屈状态下，3 个内固定组均显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)，均显著大于正常模型组 ($P < 0.05$)。后伸状态下，3 个内固定组和正常组间 ROM 的差异无统计意义 ($P > 0.05$)，但均显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)。左弯、右弯、左旋和右旋状态下，H 形钛板的 ROM 显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)，与正常模型组的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)；而 L 形钛板组和两孔钛板组的 ROM 显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)，但显著大于正常模型组和 H 形钛板组 ($P < 0.05$)。

2.3 不同自由度下 L_{3/4} 活动度测量结果

5 组模型 6 种自由度下 L_{3/4} 的 ROM 测量结果见表 3。总体比较方面，5 组模型的 6 种自由度比较，其 ROM 由大至小均依次为：前屈>左侧弯>右侧变>后伸>右旋>左旋，总体差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。6 种自由度的五组模型比较，其 ROM 由大至小依次为：椎板切除组>两孔钛板组>L 形钛板组>H 形钛板组>正常模型组，总体差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 3 6 种自由度下 L_{3/4} 的 ROM 测量结果 (°, $\bar{x} \pm s$, n=3) 与比较

自由度	正常模型组	椎板切除组	H 形钛板组	L 形钛板组	两孔钛板组	P 值
前屈	6.96±0.43	8.04±0.28	7.28±0.17	7.24±0.15	7.31±0.16	<0.001
后伸	3.36±0.14	4.15±0.25	3.30±0.24	3.36±0.18	3.43±0.22	<0.001
左弯	6.15±0.18	8.08±0.16	6.44±0.17	6.82±0.12	7.51±0.16	<0.001
右弯	6.07±0.28	7.93±0.33	6.50±0.18	6.78±0.14	7.54±0.08	<0.001
左旋	2.71±0.32	4.08±0.15	3.10±0.17	3.53±0.20	3.75±0.44	<0.001
右旋	2.52±0.15	3.86±0.27	2.89±0.21	3.30±0.11	3.53±0.31	<0.001

两两比较方面，前屈状态下，3 个内固定组均显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)。后伸状态下，3 个内固定组间 ROM 均显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)，

但只有 H 形钛板组与和正常组间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。左弯、左旋和右旋状态下，H 形钛板的 ROM 显著小于椎板切除组 ($P < 0.05$)，与正常模

型组的差异无统计学意义 ($P>0.05$); 而 L 形钛板组和两孔钛板组的 ROM 显著小于椎板切除组 ($P<0.05$), 但显著大于正常模型组和 H 形钛板组 ($P<0.05$)。右弯状态下, 3 个内固定组均显著小于椎板切除组 ($P<0.05$); H 形钛板的 ROM 与正常模型组和 L 形钛板组的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但显著小于两孔钛板组 ($P<0.05$)。

3 讨论

椎管重建作为椎板切除的替代方式得以发展和改良, 能够满足不同长度椎管内占位的切除, 椎板重建的节段范围也无明显限制^[23]。既往研究报道多使用 L 形或两孔的颅骨或指骨钛板经塑形后行椎板回植固定, 但尚未有足够证据说明其远期的安全性和稳定性^[13-22]。由于椎板的宽度、大小和弧度因人而异, 解剖结构变异较明显, 所需要的内固定规格也会有所差别。同时, L 形或两孔钛板在手术使用过程中需要大范围的反复塑形和折弯, 塑形处容易发生过度疲劳甚至断裂。研究表明, 腰椎椎板倾斜角为 $111.7^\circ \sim 120.0^\circ$ ^[23], 本研究的 H 形钛板采用 115° 和 125° 的弧形设计, 可以直接适用于多数的患者, 一般不需人工折弯即可直接固定在椎板上, 碰到个体差异过大的患者, 可应用专用的钢板折弯器对其行小度数的折弯。本研究前期对椎管重建内固定的生物力学研究发现^[15], 本研究所采用的 H 形钛板的极限载荷和疲劳稳定性及其在腰椎的轴向稳定和压缩刚度及维持椎管扩大方面均要明显优于 L 形和两孔钛板。

本研究在既往研究基础上展开了有限元分析研究, 结果发现, 单纯椎板切除会破坏脊柱后柱结构, 严重影响脊柱生物力学稳定性, 而应用椎管重建内固定的方式可有效减少手术对脊柱后柱解剖结构的破坏并维持脊柱的完整性和生物力学稳定性, 其中 H 形钛板与正常模型 ROM 最接近。此外, 作者还发现, L 形钛板组和两孔钛板组在左弯、右弯、左旋和右旋时, $L_{2/3}$ 的 ROM 位移范围明显高于 H 形钛板组, 在左弯、左旋和右旋时 $L_{3/4}$ 的 ROM 明显高于 H 形钛板组; 两孔钛板组在右弯时 $L_{3/4}$ 的 ROM 位移范围明显高于 H 形钛板组, 提示椎板回植 H 形钛板固定重建椎管在弯曲和旋转时, 其生物力学稳定性要明显优于 L 形钛板和两孔钛板。

通过建立正常人体腰椎 L_{2-4} 三维有限元模型, 分析比较了椎板回植不同内固定方式重建椎管后对脊柱生物力学的影响变化。与完整状态腰椎模型相比较,

单纯椎板切除会破坏脊柱的后柱解剖结构, 各节段的 ROM 位移范围明显增加; 而椎管重建可有效减少病变节段的 ROM 并维持其生物力学稳定性, 且 H 形钛板固定重建椎管在弯曲和旋转时, 生物力学稳定性要优于 L 形和两孔钛板。有限元分析最终是为临床研究提供基础和理论依据。因此, 有限元分析的结果需与体内或体外研究进行比较, 必要时还需结合动物实验和临床应用进行对比分析和综合核实, 从而达到相辅相成的作用。

参考文献

- [1] Shamie AN, Yazdanzhenas H. Effectiveness of titanium plate usage in laminoplasty [J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2019, 10 (1): 14-18.
- [2] 李冬月, 海涌, 孟祥龙, 等. 微型钛板与锚钉椎管扩大成形术比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (3): 204-208.
- [3] 张程, 彭长亮, 高春正, 等. 椎板截骨原位回植小钛板固定手术治疗腰椎管狭窄症 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (13): 1160-1164.
- [4] 王奇, 王珏, 原涟靖, 等. 内镜下腰椎管成形术治疗腰椎退行性疾病的疗效分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (3): 214-219.
- [5] Kobayashi K, Imagama S, Ando K, et al. Efficacy of conical laminoplasty after thoracic laminectomy [J]. Clin Spine Surg, 2018, 31 (4): 156-161.
- [6] Hirano Y, Ohara Y, Mizuno J, et al. History and evolution of laminoplasty [J]. Neurosurg Clin North Am, 2018, 29 (1): 107-113.
- [7] Skoro I, Stancic M, Kovacevic M, et al. Long-term results and efficacy of laminectomy with fusion versus young laminoplasty for the treatment of degenerative spinal stenosis [J]. World Neurosurg, 2016, 89: 387-392.
- [8] Kotil K. Replacement of vertebral lamina (Laminoplasty) in surgery for lumbar isthmic spondylolisthesis: 5-year follow-up results [J]. Asian Spine J, 2016, 10 (3): 443-449.
- [9] Lin YP, Li YJ, Chen BL, et al. Lumbar laminotomy and reimplantation for the treatment of adult spinal epidermoid cyst: a case report [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97 (1): e9334.
- [10] Zhou D, Nong LM, Gao GM, et al. Application of lamina reimplantation with arch plate fixation in thoracic and lumbar intraspinal tumors [J]. Exp Therapeutic Med, 2013, 6 (2): 596-600.
- [11] Yang SH, Kim CH, Chung CK, et al. Bone fusion rate in the thoracic and lumbar spine after laminoplasty with laminar screws [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39 (22): 1325-1330.
- [12] Panjabi MM, Oxland TR, Yamamoto I, et al. Mechanical behavior of the human lumbar and lumbosacral spine as shown by three-dimensional load-displacement curves [J]. J Bone Joint Surg Am, 1994, 76 (3): 413-424.
- [13] 张显峰, 许侃, 于金录, 等. 椎管内肿瘤术中应用钛板行椎管重建 [J]. 中华神经外科杂志, 2007, 23 (10): 768-771.

- [14] 王欢, 崔少千, 王海义, 等. 重建椎管后部结构治疗腰椎管狭窄症[J]. 中国修复重建外科杂志, 2005, 19(12): 982-985.
- [15] 陈建民, 刘国印, 贾小宝, 等. 椎板回植椎管重建内固定术的生物力学研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(24): 2262-2268.
- [16] 刘洪泉, 王立忠, 殷尚炯, 等. 椎管重建在脊髓肿瘤显微切除术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2009, 25(6): 535-536.
- [17] 陈永杰, 陈赞, 吴浩, 等. 椎管内外沟通肿瘤手术中脊柱稳定性的重建[J]. 中华神经外科杂志, 2013, 29(9): 880-883.
- [18] 王志强. 椎板-棘突复位椎管重建术在椎管内肿瘤切除中的应用[J]. 中华医学杂志, 2014, 25: 1960-1962.
- [19] 孙军战, 吴成如, 高升. 爆裂性胸腰段骨折中钛板重建在椎管成形术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2015, 31(7): 707-711.
- [20] 苗军, 刘艳成, 兰杰, 等. 改良微型钛板重建伸肌附着点在颈后路单开门椎管扩大成形术中的应用[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(17): 1312-1316.
- [21] 陈广辉, 周子斐, 郭松, 等. 纳米羟基磷灰石/聚酰胺 66 管状骨在一期后路胸腰椎转移瘤切除重建中的应用[J]. 中华转移性肿瘤杂志, 2018, 1(2): 18-23.
- [22] 李涛, 裴航, 吕强, 等. 全椎板切开加钛板内固定在儿童椎管内占位性病变术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(12): 1220-1223.
- [23] Xu R, Burgar A, Ebraheim NA, et al. The quantitative anatomy of the laminae of the spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24(2): 107-113.

(收稿:2021-08-01 修回:2022-02-21)

(本文编辑:李颖 干旻峰)

(本文编辑:宁桦)

读者·作者·编者

本刊关于投稿时附加相关文件的通知

为了保证学术期刊的严肃性和科学性,维护学术诚信,杜绝学术不端,落实合理医疗及相关医疗规章制度;同时,也为了提高本刊来稿审评效率,缩短审稿周期,使优质稿件尽快发表。自即日起,凡向本刊投稿者,除上传稿件、图片文件外,所有来稿必须在本刊投稿系统中上传以下2个基本附加文件:

(1) 单位介绍信:证明稿件内容是真实的,为本单位人员撰写,作者署名无争议,无一稿两投,单位介绍信需加盖单位公章。

(2) 学术诚信承诺书:由第一作者或通讯作者撰写,承诺稿件内容为自己的工作,并由本人撰写,不存在由第三方代写、代投行为;无剽窃、抄袭他人学术成果;无伪造、篡改实验数据;无编造数据资料等其他学术不端行为,无不当署名等情况;承诺研究数据及结果真实、可靠,为作者原创。

此外,以下情况还需补充相关文件。

(1) 导师推荐信:研究生工作期间撰写的稿件必需附导师推荐信,并由导师任通讯作者。简要介绍学生和稿件撰写情况,以及推荐理由。推荐人亲笔签名,并注明单位、职称、联系方式。

(2) 上级医师推荐信:医师、主治医师撰写涉及上一级资质的手术或其他诊疗内容,必须附上上级医生推荐信,并由上级医生任通讯作者。推荐信说明资料的真实性和推荐理由。推荐人亲笔签名,并注明单位、职称、联系方式。

(3) 基金证明:凡文稿内容有基金资助的,包括国际、国家、省、市、县,以及系统、企业、本单位的各类科研基金,除在文稿首页下脚注明基金项目名称和编号外,请务必上传能够证明基金的批准证书或文件复印件。

(4) 同行专家推荐信:如文稿附加2名同行专家推荐信,可显著加快稿件处理进程。专家需具备副高以上职称,推荐信对文稿内容的科学性、创新性、实用性、可读性做出评价。推荐人亲笔签名,并注明单位、职称、联系方式。

以上文件的参考样式请前往本刊远程投稿系统(<http://jxwk.ijournal.cn>)首页下载专区下载。需制成JPG或PDF文件,上传至本刊投稿系统,或将原件快递至本刊编辑部。必备文件齐全后,本刊方对稿件进行处理。

中国矫形外科杂志编辑部

2021年5月11日