

## 生物陶瓷人工椎体以及脊柱前路解剖型钢板重建椎体的生物力学评价☆

娄朝晖, 陈安民, 陈建桥, 匡建, 孙淑珍, 郭风劲, 易成腊

课题背景: 课题为系列研究, 研究成果包括: 应用磁性生物陶瓷制作人工椎体并进行了生物力学试验, 然后又用山羊作为试验动物进行了大动物试验, 同时应用葡聚糖磁性毫微粒进行了磁性生物陶瓷人工椎体结合磁性毫微粒靶向治疗椎骨肿瘤的试验研究。

应用要点: 目前文献所报道的胸腰椎脊柱前路器械多数固定在椎体的外侧, 严格地讲属于椎体前外侧前外侧器械; 对前外侧器械的生物力学研究发现了前外侧固定双侧固定不平衡的特点, 这也就形成了导致松动的原因。最为重要的是这样的设计与人体结构双侧对称, 功能双侧平衡的基本特点相距甚远, 所以许多学者主张椎体正前方器械固定, 克服前外侧固定的缺点。这也是课题设计脊柱前路解剖型固定钢板最基本的出发点。

同行评价: 实验针对当前脊柱外科临床中的关键问题, 立意、设计、方法均较严谨, 结果可靠, 结论具有较好的参考价值。

郑州大学第一附属医院骨科, 河南省郑州市 450000

娄朝晖☆, 男, 1966年生, 河南省洛阳市人, 2002年华中理工大学毕业, 博士, 副主任医师, 副教授, 主要从事脊柱外科专业方面的研究。  
louzhaohui@126.com

### 摘要

目的: 基于胸腰椎解剖学的研究, 设计制作了胸腰椎脊柱前路解剖型固定钢板以及生物陶瓷人工椎体, 并对应用脊柱前路解剖型固定钢板, Kaneda装置以及生物陶瓷人工椎体等技术重建椎体的动物脊柱标本进行了生物力学测试比较。

方法: 实验于2001-10/2002-06在华中科技大学力学系国家重点试验室完成。选取正常成年新鲜牛脊柱标本40具, 由华中科技大学力学系试验室提供, 分为正常组, 生物陶瓷人工椎体组, 脊柱前路解剖型固定钢板加植骨组, Kaneda装置加植骨组, 单纯植骨不加任何外固定组。应用与华中科技大学力学系联合研制的生物力学测试系统, 采用动态加载, 应用传感器动态记录方式, 对各组牛脊柱标本进行三维六度的测试分析。

结果: ①单纯植骨不加任何外固定组在各个方向均最不稳定。②脊柱前路解剖型固定钢板在前屈, 后伸方向明显较Kaneda装置稳定。③在Kaneda装置的对侧即右侧: 脊柱前路解剖型固定钢板在右旋, 右弯方向与Kaneda装置固定效果相当, 甚至稍强。④在Kaneda装置的固定侧即左侧, 脊柱解剖型固定钢板的稳定性稍弱于Kaneda装置。⑤生物陶瓷人工椎体的固定效果各个方向均较为理想, 明显地高于Kaneda装置固定、脊柱前路解剖型钢板的固定, 与正常脊柱相当。

结论: 应用生物陶瓷人工椎体以及脊柱前路解剖型钢板重建椎体具有良好的生物力学稳定性。

关键词: 人工椎体; 椎体重建; 脊柱前路解剖型钢板; 生物陶瓷; 生物力学; 脊柱植入体

娄朝晖, 陈安民, 陈建桥, 匡建, 孙淑珍, 郭风劲, 易成腊. 生物陶瓷人工椎体以及脊柱前路解剖型钢板重建椎体的生物力学评价[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(9):1605-1608

[[www.zglckf.com/zglckf/ejournal/upfiles/08-9/9k-1605\(ps\).pdf](http://www.zglckf.com/zglckf/ejournal/upfiles/08-9/9k-1605(ps).pdf)]

中图分类号: R318

文献标识码: A

收稿日期: 2007-09-24

修回日期: 2007-12-18

(07-50-9-5235/M·A)

Biomechanical assessment of a vertebral body reconstructed using artificial bioceramic vertebral body and anterior anatomical vertebral plate

#### Abstract

AIM: Based on thoracolumbar anatomy, we designed and developed anterior anatomical vertebral plate and bioceramic artificial vertebral body, and performed the biomechanics test in the calf spines reconstructed using anterior anatomical vertebral plate, Kaneda device, and artificial bioceramic vertebral body.

METHODS: The experiment was performed at the State Key Laboratory, Department of Mechanics, Huazhong University of Science and Technology from October 2001 to June 2002. Forty fresh calf spines (L1-L5), provided by the laboratory of Huazhong University of Science and Technology, were divided into normal group, artificial bioceramic vertebral body group, anterior anatomical vertebral plate fixation and bone graft group, Kaneda device fixation plus bone graft group, and bone graft alone group. The vertebral specimens were subjected to nondestructive biomechanical tests performed using a three-dimensional biomechanics measurement system (designed with Huazhong University of Science and Technology).

RESULTS: ①The bone graft group was unstable at each direction. ②The anterior anatomical vertebral plate was better than Kaneda device when the spine was forward bended or backward extended. ③The anterior anatomical vertebral plate was slightly better than Kaneda device when the spine was right rotated or bended. ④The stability of Kaneda device was better than the anterior anatomical vertebral plate in the left side of Kaneda device. ⑤The stability of artificial bioceramic vertebral body was the best at each direction, and significantly better than Kaneda device and anterior anatomical vertebral plate lateral, but similar to normal spine.

CONCLUSION: The artificial bioceramic vertebral body and anterior anatomical vertebral plate can construct the stability of spine.

Lou ZH, Chen AM, Chen JQ, Kuang J, Sun SZ, Guo FJ, Yi CL. Biomechanical assessment of a vertebral body reconstructed using artificial bioceramic vertebral body and anterior anatomical vertebral plate. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu* 2008;12(9):1605-1608 (China) [[www.zglckf.com/zglckf/ejournal/upfiles/08-9/9k-1605\(ps\).pdf](http://www.zglckf.com/zglckf/ejournal/upfiles/08-9/9k-1605(ps).pdf)]

## 0 引言

如何修复胸腰椎椎体切除后巨大的骨缺损,重建脊柱长期、牢固的稳定性一直是国际研究的热点。对此我们设计制作了胸腰椎脊柱前路解剖型固定钢板[1]以及生物陶瓷人工椎体系统[2-4],并对应用脊柱前路解剖型固定钢板, Kaneda装置以及生物陶瓷人工椎体等技术重建椎体的动物脊柱标本进行了生物力学测试比较。

## 1 材料和方法

设计: 对比观察。

单位: 课题研究单位华中科技大学附属同济医院骨科, 合作单位华中科技大学力学系。

材料: 实验于2001-10/2002-06在华中科技大学力学系国家重点试验室完成。

选取正常成年新鲜牛脊柱标本40具(华中科技大学力学系试验室提供),死亡至取材时间平均2 h,取材范围L1~5,用双层厚塑料袋密闭包扎,置于-30℃低温冰箱备用,保存期平均40 d。试验前将脊柱标本置于室温自然解冻,仔细剔出椎旁肌肉,保留全部韧带以及关节突,关节囊的完整;将标本摄X射线正、侧位片,所有标本进行骨密度测定,排除结构性病变对脊柱稳定性的较大影响。实验过程中对动物处置符合动物伦理学要求。

脊柱三维生物力学测试系统（见图1）：与华中科技大学力学系联合研制。标本上，下端由“三爪夹具”固定，每个爪上分别设有2枚纵向固定螺钉，上，下夹具分别设有6枚螺钉固定标本；上端夹具的“自重”由通过滑轮引向一侧的砝码消除；夹具的上端设有3个滑轮，滑轮连接到日本岛津DCS-25T电子万能实验机；调节滑轮以及滑轮上钢丝的方向就可以产生6种纯力矩：前屈，后伸，左侧弯，右侧弯，左侧旋转，右侧旋转；使脊柱相应地作前屈/后伸，左/右侧弯，左/右侧旋转运动；手术节段椎体的上、下相邻椎体分别钻孔，插入刚针，刚针固定后的两侧分别接YZU-5050电子引伸计，引伸计通过YE1940应变仪，联入微机，数据采集分析软件CRAS V5.1；整个装置可以实现动态连续加载，动态连续采样分析。

脊柱内固定器械：①胸腰椎脊柱前路解剖型固定钢板：系统测量18具牛腰椎椎体前缘轮廓曲线的曲率，取其均值作为脊柱前路解剖型固定钢板的曲率并据此制作脊柱前路解剖型固定钢板，合作单位：北京航空材料设计院，京航医学工程公司。②Kaneda器械：由张家港医疗器械厂生产。③生物陶瓷人工椎体：武汉理工大学陶瓷系特种陶瓷研究室协助制作与研究；磁性生物陶瓷成分：采用烧结法制备含有ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>的磁性材料，多孔磷酸三钙，含有Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>的复合型高强度多孔生物陶瓷人工骨材料。采用磁性生物陶瓷粉，将配好的粉料混匀，造粒后，用钢模压铸成型，然后置硅碳棒炉中煅烧，于200~600℃慢升温并进行适当保温，让有机物挥发，形成一定孔隙并使材料具有一定的强度，730℃和990℃处各保温1h，以使生物玻璃成核及晶化形成微晶玻璃，既可作为高温液相促进烧结，又可以提高材料的强度，1150℃时保温0.5h，空气中冷却。

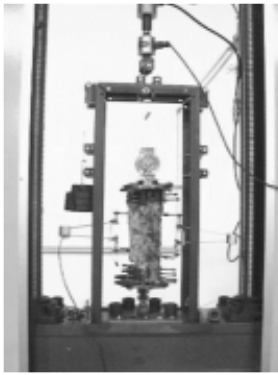


Figure 1 Three-dimensional biomechanics measurement system  
图1 与华中科技大学力学系联合研制的脊柱三维生物力学测试系统

设计、实施、评估者：为本文作者。

方法：

试验分组：40具标本随机分成5组：①正常组。②生物陶瓷人工椎体组。③脊柱前路解剖型固定钢板加植骨组。④Kaneda装置加植骨组。⑤单纯植骨不加任何外固定组。每组8具。需切除椎体的②，③，④，⑤组均完整大块切除L3椎体，植骨组均原位植入，附加外固定组另外附加外固定。

测试过程：“脊柱三维生物力学测试系统”的“三爪夹具”固定标本后，对标本连续施加前屈，后伸，左右侧弯，左右旋转6种8.0 N·m纯力矩，模拟脊柱生理活动；加载，卸载循环共3次，第3次加载后进行运动测量，以消除韧带，关节囊等软组织粘弹性和脊柱蠕变运动的影响。引伸计测定的位移转换为角度位移进行统计分析。

主要观察指标：测量指标：中性区：指标本卸载至零载荷后相对于中立位的位移；弹性区：指标本由零载荷到最大载荷的位移；运动范围指中性区和弹性区之和。将每对力矩零载荷位置的平均位置定义为该运动的中立位。L2与L4椎体相对旋转角度的改变通过位移传感器测量计算。

统计学方法：华中科技大学同济医学院卫生系采用SAS8e统计分析软件进行数据统计分析。由于采集的数据为随机信号，且不服从正态分布，故应用多个样本均数的秩和检验方法，即kruskal-wallis法，另外进行秩变换之后，用方差分析进行检验。

## 2 结果

5种测试样本的运动范围，见表1。

表1 5种测试样本在力矩8 N·m下的运动范围  
Table 1 Motion range of five testing samples under the torque of 8 N·m ( $\bar{x} \pm s, ^\circ$ )

Group	Backward extension	Forward flexion	Right bending
Normal	1.94 ± 0.71	5.61 ± 0.28	3.51 ± 0.64
Anterior anatomical vertebral plate fixation and bone graft	2.47 ± 0.42	7.53 ± 0.82	4.34 ± 0.26
Artificial bioceramic vertebral body	1.86 ± 0.53	4.23 ± 0.36	2.81 ± 0.52
Kaneda device fixation bone graft	3.01 ± 0.76	9.41 ± 0.51	5.54 ± 0.38
Bone graft alone	4.06 ± 0.87	9.61 ± 0.73	7.65 ± 0.56

Group	Left bending	Right-handed rotation	Left-handed rotation
Normal	3.61 ± 0.27	2.37 ± 0.91	2.26 ± 0.74
Anterior anatomical vertebral plate fixation and bone graft	6.17 ± 0.42	3.61 ± 0.47	4.71 ± 0.36
Artificial bioceramic vertebral body	3.51 ± 0.46	1.97 ± 0.84	2.84 ± 0.47
Kaneda device fixation bone graft	5.1 ± 0.57	4.42 ± 0.79	3.61 ± 0.52
Bone graft alone	8.26 ± 0.57	5.95 ± 1.35	6.45 ± 0.53

前屈、后伸、右旋：这5个组之间的前屈、后伸、右旋方向的角度Kruskal-Wallis Test统计量的Chi-Square为1 097.209 2, 564.312 3, 874.446 9, 概率 $Pr > Chi-Square < 0.000 1$ , 故差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。对数据进行变换之后再行方差分析,  $F = 393.88, 175.02, 473.36, P < 0.000 1$ , 差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。所得结果与前结果一致。从两两比较的结果中可以看出生物陶瓷人工椎体组与正常组之间差异无显著性意义, 可认为其前屈、后伸、右旋角度没有差别。其他的两两之间比较, 差异均有显著性意义。结合ROM与加载变形曲线分析: 单纯植骨组最不稳定; 其次为Kaneda装置加植骨组, 解剖型固定钢板加植骨组, 生物陶瓷人工椎体组与正常组。

左旋、左弯: 这5个组之间的左旋、左弯方向的角度Kruskal-Wallis Test统计量的Chi-Square为1 220.075 7, 883.2504, 概率 $Pr > Chi-Square < 0.000 1$ , 故差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。对数据进行变换之后再行方差分析,  $F = 403.57, 291.86, P < 0.000 1$ , 差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。所得结果与前结果一致。从两两比较的结果中可以看出生物陶瓷人工椎体组与正常组之间差异无显著性意义, 可认为其左旋、左弯角度没有差别。其他的两两之间比较, 差异均有显著性意义。结合ROM与加载变形曲线分析, 单纯植骨组最不稳定; 其次为解剖型固定钢板加植骨组, Kaneda装置加植骨组, 生物陶瓷人工椎体组与正常组。

右弯: 这5个组之间的右弯方向的角度Kruskal-Wallis Test统计量的Chi-Square为683.460 1, 概率 $Pr > Chi-Square < 0.000 1$ , 故差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。对数据进行变换之后再行方差分析,  $F = 210.64, P < 0.000 1$ , 差异有显著性意义, 可认为这5组之间有差别。所得结果与前结果一致。从两两比较的结果中可以看出生物陶瓷人工椎体组与Kaneda装置加植骨组之间, Kaneda装置加植骨组与钢板加植骨组之间差异无显著性意义, 可认为这两组的右弯角度没有差别。其他的两两之间比较, 差异均有显著性意义。结合ROM与加载变形曲线分析, 单纯植骨组最不稳定; 其次为Kaneda装置加植骨组, 解剖型固定钢板加植骨组, 生物陶瓷人工椎体组与正常组。

### 3 讨论

近年来, 胸腰椎固定器械发展较快, 以前路器械为著; 由于Kanada装置较为复杂, 而且固定平面较高, 对周围组织干扰较大, 已逐渐被低平面, 低角度的前外侧钢板所取代; 其中代表产品有: the Synthes Anterior Thoracolumbar Locking Plate, a Texas Scottish Rite Hospital anterior construct, the Z-Plate 等, 这些器械的生物力学测试表明均具有良好的稳定性[5]; 另外还有A0胸腰椎前路钢板[6]; 脊柱器械的进步同样引起了椎体重建技术的发展, 目前临床应用的椎体修复重建技术大致可以分为以下4种: ①骨移植: 传统上, 修复椎体切除后的骨缺损采用大块自体骨或异体骨植入; 近年来多附加前路, 或后路器械增强脊柱的稳定性[7-8]; 骨移植的最大缺点是: 对于骨肿瘤的病灶, 植入的自体骨或异体骨易被局部复发的肿瘤细胞吞噬。②引人注意的是, 许多专家喜欢应用Implant body cage等植入骨缺损处重建椎体, 但是cage设计的目的原是应用于椎体间植入的, 所以本身缺乏有效的固定装置, 另外生物力学试验研究表明, 应用cage重建椎体必须同时使用前路或后路固定器械增强稳定性[9-11]; 再者应用cage的同时也通常需要植骨, 这同样对椎骨肿瘤的患者禁忌。③应用骨水泥: 目前许多学者喜欢并主张应用骨水泥时结合前路钢板固定; 但是应用骨水泥, 聚合反应过程中产生的高热, 可以直接引起脊髓的烧灼伤, 骨水泥可能直接流入椎管, 引起脊髓坏死; 另外长期固定易引起松动[12-13]。④金属人工椎体: 国内应用较多[14]; 金属“人工椎体”, 在作X射线, CT, MRI检查时易形成伪影, 从而影响术后复查; 由于金属对射线有“屏蔽作用”, 金属人工椎体影响到放疗的效果; 另外对于某些“金属人工椎体”来说, 缺乏足够的生物力学稳定性, 常常需要附加前路, 或后路固定器械, 或术后长期佩戴应用支具。⑤生物陶瓷人工椎体: 日本及欧洲都有应用的; 报道过去使用生物惰性陶瓷较多; 近年来, 随着生物材料的发展, 倾向于应用具有生物活性的生物陶瓷材料, 希望通过生物愈合, 克服“松动”[15-18]。应当明确的是: 事实上目前文献所报道的胸腰椎“脊柱前路器械”多数固定在椎体



的外侧, 严格地讲属于椎体前外侧前外侧“器械”; 对前外侧器械的生物力学研究发现了前外侧固定“双侧固定不平衡[5, 18]”的特点: 器械置入侧的固定效果明显优于无器械固定的对侧, 这也就形成了导致“松动”的原因; 最为重要的是这样的设计与人体“结构双侧对称, 功能双侧平衡”的基本特点相距甚远, 所以许多学者主张椎体正前方器械固定, 克服前外侧固定的缺点; 这也是我们设计脊柱前路解剖型固定钢板的最基本出发点。

虽然Kaneda device 在临床使用逐渐减少, 但是由于固定较为稳定, 通常作为生物力学研究的标准对照组[19]; Kaneda device与the Synthes Anterior Thoracolumbar Locking Plate, Texas Scottish Rite Hospital anterior construct, and the Z-Plate 等前路器械的生物力学比较研究表明: 各类器械的生物力学稳定性没有显著性差异; 由于设计不同, 疲劳试验差异较大[5]; Perrin等[19]与Tsuji等[20-21]虽然分别都报道并描述了脊柱正前方的钢板固定装置与应用, 但是由于对前路器械的解剖学, 生物力学等缺乏明确而又深入的研究, 相应的缺点较为明显, 应用的范围也因此受到了限制; 我们基于胸腰椎解剖学的研究, 设计制作了胸腰椎脊柱前路解剖型固定钢板以及生物陶瓷人工椎体; 特别是胸腰椎前路解剖型固定钢板的曲率与椎体前缘的曲率相一致, 可以提高固定强度, 降低固定平面, 减少手术并发症。本试验对正常组及椎体切除后脊柱前路解剖型固定钢板加植骨, Kaneda装置加植骨, 单纯植骨不加任何外固定以及生物陶瓷人工椎体等5组样本的生物力学的测试结果表明: 单纯植骨不加任何外固定组最为不稳定; 脊柱前路解剖型固定钢板在前屈, 后伸方向明显较Kaneda装置稳定; 在Kaneda装置的对侧, 即右侧: 右旋, 右弯方向; 脊柱前路解剖型固定钢板与Kaneda装置固定效果相当, 甚至稍强; 但在Kaneda装置的固定侧即左侧, 脊柱解剖型固定钢板的稳定性稍弱于Kaneda装置; 生物陶瓷人工椎体的固定效果各个方向均较为理想, 明显地高于Kaneda装置固定, 脊柱前路解剖型钢板的固定, 与正常脊柱相当; 说明人工椎体中骨水泥的使用, 以及钢板中段固定螺钉的应用使“生物陶瓷, 骨水泥, 脊柱解剖型固定钢板”组成一个“制约性”, 稳定结构, 类似“钢筋骨水泥”, 可以明显地提高固定强度与稳定性。只是在试验中同时发现设计使用的螺钉过细, 仅仅3.5 mm; 同时螺钉不配套, 有些螺钉过短, 不能够充分固定至椎体的后外侧, 这些情况也影响到试验结果, 这也是今后需要努力改进的方面。

#### 4 参考文献

1 Chen AM, Lou ZH. China, CN2477152. 2002-02-20

陈安民, 娄朝晖. 胸腰椎脊柱前路解剖型固定钢板: 中国, CN2477152[P]. 2002-02-20

2 Chen AM, Sun SZ, Lou ZH. China, CN2495278. 2002-06-19

陈安民, 孙淑珍, 娄朝晖. 生物陶瓷人工椎体: 中国, CN2495278[P]. 2002-06-19

3 Lou ZH, Chen AM, Li JJ, et al. Zhonghua Shiyuan Waike Zazhi 2005;22(11):1393-1394

娄朝晖, 陈安民, 李建军, 等. 生物陶瓷人工椎体系统重建椎体缺损的实验研究[J]. 中华实验外科杂志, 2005, 22(11): 1393-1394

4 Lou ZH, Chen AM, Wu H, et al. Zhonghua Wuli Yixue yu Kangfu Zazhi 2004;26(6):328-332

娄朝晖, 陈安民, 吴华, 等. 磁性生物陶瓷人工椎体靶向治疗椎骨肿瘤的可行性研究与大动物试验[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26(6):328-332

5 Dick JC, Brodke DS, Zdeblick TA, et al. Anterior instrumentation of the thoracolumbar spine. A biomechanical comparison. Spine 1997;22(7):744-750

6 Hall DJ, Webb JK. Anterior plate fixation in spine tumor surgery. Indications, technique, and results. Spine 1991;16(3 Suppl):S80-S83

7 Ernstberger T, K?gel M, K?nig F, et al. Expandable vertebral body replacement in patients with thoracolumbar spine tumors. Arch Orthop Trauma Surg 2005;125(10):660-669

8 Hitchon PW, Goel VK, Rogge TN, et al. In vitro biomechanical analysis of three anterior thoracolumbar implants. J Neurosurg 2000;93(2 Suppl):252-258

9 Rohlmann A, Zander T, Bergmann G. Comparison of the biomechanical effects of posterior and anterior spine-stabilizing implants. Eur Spine J 2005;14(5):445-453

10 Lange U, Edeling S, Knop C, et al. Titanium vertebral body replacement of adjustable size. A prospective clinical trial Unfallchirurg 2006;109(9):733-742

11 Heller JG, Zdeblick TA, Kunz DA, et al. Spinal instrumentation for metastatic disease: in vitro biomechanical analysis. J Spinal Disord 1993;6(1):17-22

12 Ernstberger T, Br?uning T, K?nig F. Vertebrectomy and anterior reconstruction for the treatment of spinal metastases. Acta Orthop Belg 2005;71(4):459-466

13 Riaz S, Fox R, Lavoie MV, et al. Vertebral body reconstruction for thoracolumbar spinal metastasis—a review of techniques. J Ayub Med Coll Abbottabad 2006;18(1):70-77

14 Desroches G, Aubin CE, Sucato DJ, et al. Simulation of an anterior spine instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis using a flexible multi-body model. Med Biol Eng Comput 2007;45(8):759-768

15 Kim K, Isu T, Sugawara A, et al. Anterior decompression via a wide transvertebral approach and a ceramic insert in a

patient with cervical degenerative disease. Surg Neurol 2007;67(2):127-133

16 Schulte M, Schultheiss M, Hartwig E, et al. Vertebral body replacement with a bioglass-polyurethane composite in spine metastases--clinical, radiological and biomechanical results. Eur Spine J 2000;9(5):437-444

17 Ou Y, Jiang D, Quan Z, et al. Application of artificial vertebral body of biomimetic nano-hydroxyapatite/polyamide 66 composite in anterior surgical treatment of thoracolumbar fractures. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi 2007;21(10):1084-1088

18 Liu CL, Chen HH, Cheng CK, et al. Biomechanical evaluation of a new anterior spinal implant. Clin Biomech (Bristol, Avon) 1998;13(1 Suppl 1):S40-S45

19 Perrin RG, McBroom RJ. Spinal fixation after anterior decompression for symptomatic spinal metastasis. Neurosurgery 1988;22(2):324-327

20 Tsuji H. Comprehensive atlas of lumbar spine surgery. AXON: Librosy revistas de medicina 1991

21 Pascual-Garvi JM, García-Navarrete E, Ruiz-Grande F, et al. Reconstruction of thoracolumbar spine instability: clinical and neuroradiological results of a surgical challenge. Rev Neurol 2005;40(1):3-18

《中国组织工程研究与临床康复》杂志社

地址：沈阳1200邮政信箱 邮编：110004 传真：+86 24 23394178