

颈椎动态稳定器置入非融合颈椎的生物力学分析*

侯振扬, 徐耀增, 顾叶, 周峰, 钱忠来, 姜为民, 杨惠林

Biomechanical study on anterior decompression and non-fusion with dynamic cervical implant

Hou Zhen-yang, Xu Yao-zeng, Gu Ye, Zhou Feng, Qian Zhong-lai, Jiang Wei-min, Yang Hui-lin

Abstract

BACKGROUND: The anatomical design of the dynamic cervical implant (DCI) has similar biomechanical characteristics to the normal disc. The dynamic design has axial compliance and shock absorption. And the front teeth down fitting into the upper and lower vertebral bodies can get sufficient axial stability.

OBJECTIVE: To compare the change of related cervical biomechanical properties between DCI non-fusion and anterior decompression and fusion.

METHODS: A total of 6 adult human fresh cervical spinal specimens (C₂₋₇) were randomly divided into A, B, C groups. Following intact specimens analysis, specimens in groups A, B, C were sequentially reconstructed at C₅₋₆ segment with DCI, Cage and integrated anterior cervical plate cage benezech (PCB) implant. The range of movement (ROM) of the upper and lower cervical segments of C₅₋₆ in 3 groups before and after surgery in biomechanical testing machine for 4 different physiological conditions and impose 2.0 N·m pure moment of couple was measured.

RESULTS AND CONCLUSION: After 3 kinds of fixation, the ROM of the upper and lower cervical segments of C₅₋₆ increased more or less than the ROM of the intact specimens and showed better stability. And the ROM of cervical spine after fixation of DCI was similar to that of intact condition. There were no statistical significance between the ROM of the upper and lower cervical segments of C₅₋₆ after 3 kinds of fixation ($P > 0.05$). There was no significant influence for the ROM of the upper and lower cervical segments. To some extent, the DCI diminished the axial stress and maintained the ROM of the cervical spine effectively.

Hou ZY, Xu YZ, Gu Y, Zhou F, Qian ZL, Jiang WM, Yang HL. Biomechanical study on anterior decompression and non-fusion with dynamic cervical implant. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(26): 4821-4824. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

Department of Orthopedic Surgery, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China

Hou Zhen-yang*, Studying for master's degree, Department of Orthopedic Surgery, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China
houzhenyang198@126.com

Correspondence to: Xu Yao-zeng, Doctor, Chief physician, Master's supervisor, Department of Orthopedic Surgery, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China
xuyaozeng@163.com

Received: 2011-03-23
Accepted: 2011-05-01

摘要

背景: 颈椎动态稳定器的解剖型设计与正常椎间盘应具有相似的生物力学特点, 其动态性设计具有轴向顺应性以及震荡吸收功能, 而前缘倒齿嵌入上下椎体可获得足够的轴向稳定性。

目的: 比较颈椎前路融合内固定和颈椎动态稳定器置入非融合后颈椎相关生物力学指标变化。

方法: 将6具新鲜人C₂~C₇颈段脊柱标本随机分为3组, 在完整颈椎测试后分别行C₅₋₆前路减压颈椎动态稳定器DCI置入, C₅₋₆前路减压单纯Cage融合内固定, C₅₋₆前路减压颈椎前路一体化钢板椎间融合器融合内固定。检测各组标本前屈、后伸、左右侧屈不同生理运动工况并施加2.0 N·m纯力偶矩, 颈椎标本C₅₋₆上下邻近节段手术前后活动度大小。

结果与结论: 3种内固定后C₅₋₆上下邻近节段较正常颈椎标本前屈、后伸和左右侧屈关节活动度值均有所增加, 且表现出良好的即时稳定性, 但颈椎动态稳定器置入组最接近正常值; 3组间C₅₋₆上下邻近节段关节活动度差异无显著性意义。表明颈椎动态稳定器置入后对邻近节段椎体活动度无明显影响或影响甚小, 在一定程度上减小假体与其邻近椎体轴向应力, 有效地维持颈椎活动。

关键词: 颈椎动态稳定器; 颈椎; 非融合; 活动度; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.26.018

侯振扬, 徐耀增, 顾叶, 周峰, 钱忠来, 姜为民, 杨惠林. 颈椎动态稳定器置入非融合颈椎的生物力学分析[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(26):4821-4824. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

颈椎前路椎间盘切除减压融合是当前治疗颈椎病的最经典术式, 该手术在解除症状和改善神经功能方面卓有成效。随着脊柱功能重建外科学的发展, 非融合手术的理念深入人心。颈椎动态稳定器DCI作为新型颈椎前路减压非融合植入物, 在临床中已取得良好的短期临床疗效, 其主要特点包括: ①DCI的解剖型设计与终板贴合极佳, 术后能获得即刻稳定; 无创放置能够避免异位骨化; 前缘倒齿能确保不会发生

移位。②DCI选用钛合金(Ti6Al4V), 具有优良生物相容性以及抗疲劳特性, 植入物一体化, 一千万次疲劳试验不产生磨屑。③DCI动态性设计具有轴向顺应性以及震荡吸收功能, 能有效避免上下相邻节段的加速退变。④“U”型顶点位于颈椎生理旋转中心, 完善颈椎屈伸活动, 加强了旋转稳定性。⑤DCI具有3种高度及4种型号可供选择, 恢复和维持椎间隙高度并适应所有终板大小。但两种治疗对颈椎生物力学的影响仍不十分明确, 相关文献报道较少。本实验通过测量手术椎体上下邻近节段活动范围的变化, 探讨两种术式对颈椎生理功能的影响。

苏州大学附属第一医院骨科, 江苏省苏州市 215006

侯振扬★, 男, 1983年生, 山东省泰安市人, 汉族, 苏州大学在读硕士, 主要从事脊柱外科和创伤骨科方面的研究。houzhenyang198@126.com

通讯作者: 徐耀增, 博士, 主任医师, 硕士生导师, 苏州大学附属第一医院骨科, 江苏省苏州市 215006 xuyaozeng@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2011)26-04821-04

收稿日期: 2011-03-23
修回日期: 2011-05-01
(20110323026/GW·W)

1 材料和方法

设计: 随机分组设计, 对比研究。

时间及地点: 于2010-09/12在上海大学生物力学研究所完成。

材料: 新鲜人尸体颈椎C₂~C₇标本6具, 由苏州大学解剖教研室提供, 其中男4例, 女2例, 平均年龄46.5(42~50)岁; 经过大体观察及X射线摄片和CT检查, 排除颈椎外伤、畸形、肿瘤、结核及代谢性疾病。供者家属对实验知情同意。

内固定材料: 颈椎动态稳定器DCI(图1)、单纯Cage及颈椎前路一体化钢板椎间融合器PCB均由上海通用(国际)医疗器材公司提供。测试仪器为上海大学生物力学工程研究所三维空间坐标系统仪。



Figure 1 Real object picture of dynamic cervical implant (DCI)
图1 颈椎动态稳定器 DCI 实物

实验方法:

标本制备: 标本用多层保鲜膜包裹后置于-20℃冰柜中冷冻保存, 实验前将标本置于室温下自然解冻10~12 h, 完全解冻后剔除椎体周围肌肉组织、筋膜和脂肪等组织, 保留附件各韧带、小关节囊及椎间组织。用自凝牙托粉(丙烯酸树脂)将C₂和C₇分别包埋到包埋盒中, 注意保持上下包埋盒平行以便颈椎处于脊柱中立位方向以利于对标本进行加载测试。而后将C_{5、6}椎间盘切除, 去除上下终板软骨, 随机分为3组, 严格按照手术操作步骤依次行DCI置入、单纯Cage内固定、PCB融合内固定^[1], 制成相应内固定模型。

测试顺序: ①术前3组完整模型。②DCI置入模型。③单纯Cage融合模型。④PCB融合固定模型。

力学模型及生物力学测试: 颈椎的力学测试模型主要是正确模拟人体颈椎运动的规律性能及颈椎力学性质的变化, 载荷及力学重心的确定。针对颈椎标本的受力状态施加载荷为2.0 N·m纯力偶矩为宜, 以保证处于生理状态下标本可

重复加载, 不会导致颈椎标本破坏或失稳。对颈椎的加载方式采用滚珠对准力学重心点以准静态速度11.4 mm/min液压平稳分级加载。测试过程中先行预载以去除颈椎骨的蠕变、松弛等时间效应的影响, 然后模拟人体颈椎三维运动, 见图2, 产生前屈、后伸、左右侧屈运动, 通过高精度数显光栅测微仪(KG-101型, 精度0.01%)测量颈椎C_{5、6}椎体上下邻近节段的位移; 旋转试验则将测试相应节段左、右旋转至6°, 通过YJ-14连续数字式应变仪测量施于颈椎的扭矩。测量数据经计算机处理换算成角位移的变化。测量过程中对标本予以生理盐水喷雾以保持标本湿润新鲜状态。

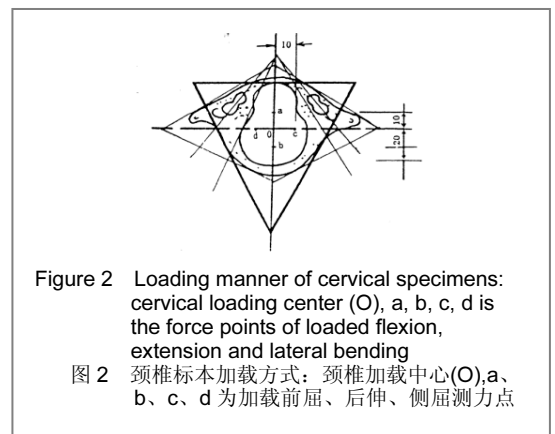


Figure 2 Loading manner of cervical specimens: cervical loading center (O), a, b, c, d is the force points of loaded flexion, extension and lateral bending
图2 颈椎标本加载方式: 颈椎加载中心(O), a、b、c、d为加载前屈、后伸、侧屈测力点

统计学分析: 实验对标本各种运动状态的三维稳定性进行测量, 所有数据处理用SPSS 11.5处理, 计算颈椎不同运动状态时不同内固定下的运动范围。采用重复测量方差分析LSD法进行统计学比较, 比较不同内固定方法下的ROM的差异。比较时显著性差异设定在P < 0.05。

2 结果

颈椎标本C_{5、6}上下邻近节段术前及术后活动度测定结果, 见表1, 2。

Group		Flex	Ext	LLB	RLB
DCI	Upper	8.34±0.48	8.04±0.50	6.64±0.44	6.70±0.46
	Lower	7.86±0.42	7.43±0.46	6.34±0.40	6.48±0.43
Cage C	Upper	8.30±0.46	8.01±0.48	6.58±0.45	6.62±0.48
	Lower	7.78±0.44	7.37±0.43	6.24±0.42	6.38±0.40
PCB	Upper	8.12±0.52	7.84±0.56	6.43±0.48	6.60±0.50
	Lower	7.54±0.46	7.20±0.53	6.04±0.40	6.34±0.44

DCI: dynamic cervical implant; PCB: plate cage benezech

由表1可见, 术前 $C_{5,6}$ 椎体上下邻近节段活动度差异无显著性意义($P > 0.05$)。

表2 不同置入物固定后 $C_{5,6}$ 椎体上下邻近节段活动度
Table 2 The range of movement of upper and lower adjacent segments of $C_{5,6}$ postoperatively ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

Group		Flex	Ext	LLB	RLB
DCI	Upper	9.04±0.52	8.72±0.54	7.24±0.46	7.28±0.48
	Lower	8.56±0.48	8.08±0.49	6.86±0.44	7.02±0.46
Cage	Upper	8.21±0.54	8.78±0.50	7.24±0.48	7.35±0.52
	Lower	8.64±0.46	8.78±0.50	7.20±0.44	7.12±0.50
PCB	Upper	9.10±0.61	8.78±0.54	7.30±0.54	7.50±0.52
	Lower	8.54±0.58	8.06±0.48	7.02±0.50	7.42±0.50

DCI: dynamic cervical implant; PCB: plate cage benezech

由表2可见, 术后 $C_{5,6}$ 椎体上下邻近节段活动度差异无显著性意义($P > 0.05$)。

颈椎动态稳定器组: 前路减压颈椎动态稳定器DCI置入前 $C_{5,6}$ 上节段和下节段前屈后伸的关节活动度平均值分别为 8.10° 和 7.74° , 左侧屈和右侧屈的关节活动度平均值分别为 6.49° 和 6.59° ; 置入后相应前屈、后伸的关节活动度平均值分别为 8.80° 和 8.40° , 左右侧屈的关节活动度平均值分别为 7.05° 和 7.15° 。术后上下邻近节段前屈后伸时关节活动度平均值较术前增加 $8.5\% \sim 8.6\%$, 左右侧屈相应增加 $8.5\% \sim 8.6\%$, 差异无显著性意义($P > 0.05$)。见图3。

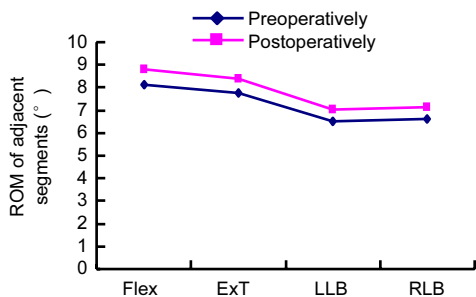


Figure 3 Comparison between the range of movement (ROM) of upper and lower adjacent segments before and after dynamic cervical implant fixation

图3 颈椎动态稳定器置入前后对邻近节段关节活动度的影响

Cage融合器组: 单纯Cage融合内固定前 $C_{5,6}$ 上节段和下节段前屈后伸关节活动度平均值分别为 8.04° 和 7.69° , 左侧屈和右侧屈关节活动度平均值分别为 6.41° 和 6.50° ; 置入后相应前屈、后伸关节活动度平均值分别为 8.93° 和 8.41° , 左右侧屈关节活动度平均值分别为 7.22° 和 7.24° 。上下邻近节段前屈后伸时关节活动度平均值相差 $9.3\% \sim 11.1\%$, 左右侧屈相差 $11.0\% \sim 11.3\%$, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。见图4。

颈椎前路一体化钢板椎间融合器组: 融合内固定前 $C_{5,6}$ 上节段和下节段前屈后伸关节活动度平均值分别为 7.83° 和 7.52° , 左侧屈和右侧屈关节活动度平均值分别为 6.24° 和 6.47° ; 内固定后相应前屈、后伸关节活动度

平均值分别为 8.82° 和 8.42° , 左右侧屈关节活动度平均值分别为 7.16° 和 7.46° 。上下邻近节段前屈后伸时关节活动度平均值相差 $12.0\% \sim 12.6\%$, 左右侧屈相差 $14.8\% \sim 15.3\%$, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。见图5。

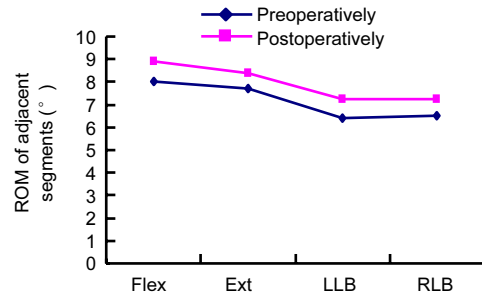


Figure 4 Comparison between the range of movement (ROM) of upper and lower adjacent segments before and after Cage fixation

图4 Cage融合器固定前后对邻近节段关节活动度的影响

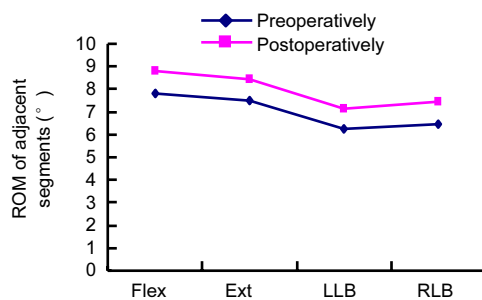


Figure 5 Comparison between the range of movement (ROM) of upper and lower adjacent segments before and after plate cage benezech fixation

图5 颈椎前路一体化钢板椎间融合器固定前后对邻近节段关节活动度的影响

术前3组活动度差异无显著性意义($P > 0.05$); 术后3组间活动度差异无显著性意义($P > 0.05$)。

3 讨论

自从20世纪50年代Smith 和Robinson首先报道颈椎前路减压融合以来, 该术式已成为颈椎病手术治疗的经典^[2]。颈椎前路椎间盘切除减压融合在解除症状和改善神经功能方面具有良好的疗效, 有学者报道颈椎前路融合内固定组与单纯Cage组单节段融合后在术后神经功能的改善方面并无差别, 但颈椎前路椎间盘切除减压融合在长期的临床实践中也出现了很多问题^[3], 如生物力学改变, 活动度丧失, 假关节形成, 邻近节段退变等, 尤其是引起融合椎体邻近节段生物力学改变, 加速邻近节段退变需要再次手术, 有关文献称之为“Transition Syndrome”^[4]。有研究证实, 约60%颈椎前路融合病例术后出现融合节段上、下端颈椎间盘退变^[5-9]。在彻底减

压以后, 尽可能完成手术节段的功能性重建将会有效避免融合的缺陷^[10-11]。随着脊柱功能重建外科学的发展, 人工颈椎间盘置换开始应用于临床治疗, 通过重建颈椎的生理功能, 在彻底减压的基础上维持了颈椎正常的活动度, 避免了相邻节段退变的加速, 获得了理想手术效果。但是目前大多数人工椎间盘较正常椎间盘而言, 轴向强度高, 不能弹性伸缩, 缺少震荡吸收功能, 容易导致人工椎间盘与其邻近椎体轴向应力较大, 加速假体下沉、松动与脱出。

DCI最初由Guy Matgé 在2002年设计并用于12例颈椎病患者。2005年Paradigm Spine拥有其所有权, 并推出设计更为合理的第2代DCI产品。Matgé等^[12]进行了一项临床多中心前瞻性研究, 他们在3个不同地区将第2代DCI用于共计102例(120个节段)颈椎病患者, 平均随访12个月, 并取得满意疗效, 没有置入物移位、断裂病例。

对于C₃~C₇ 1~3个节段的颈椎间盘突出症, 退行性颈椎间盘突出, 颈椎椎管狭窄症都可以选择颈前路减压DCI置入非融合手术。对于以下情况不适合使用DCI: 严重的骨质疏松患者, 颈椎重度不稳定者, 椎体骨折和或椎体肿瘤者, 具有已自主融合节段者。

颈椎动态稳定器DCI作为一种新型颈椎间盘置入物已在临床初步应用中取得了良好效果, 作者认为此置入物生物力学动态稳定性良好^[12-13]。理论上DCI的解剖型设计与正常椎间盘应具有相似的生物力学特点。其动态性设计具有轴向顺应性以及震荡吸收功能, 而前缘倒齿嵌入上下椎体可获得足够的轴向稳定性, 尤其在颈屈曲和后伸时也具有较强的抗张力和抗压力, 同时也在一定程度上提供了抗旋转和平移的能力。

实验证实了此点, 通过对DCI置入组、单纯Cage内固定组、PCB内固定组手术前后C₅、₆上下椎体活动度进行比较, 从试验结果看, 3种内固定后较正常颈椎的前屈、后伸和侧屈关节活动度值均有所增加, 且表现出良好的即时稳定性。DCI置入后与正常颈椎相比在前屈、后伸以及左右侧屈运动中, C₅、₆上下椎体活动度差异无显著性意义($P > 0.05$), 表明DCI置入后对邻近节段椎体活动度无明显影响或影响甚小, 在一定程度上减小假体与其邻近椎体轴向应力, 从而有效避免假体下沉、松动与脱出。而单纯Cage内固定组以及PCB内固定组其手术前后C₅、₆上下椎体活动度差异均有显著性意义($P < 0.05$), 表明单纯Cage内固定或PCB内固定后对邻近节段椎体活动度均有明显影响, 该生物力学改变可能会导致甚至加速相邻节段退变。不同于前路融合内固定系统, DCI具有弹性动态稳定的特点, 具有理想的轴向顺应性以及震荡吸收功能, 可以有效保护和维持邻近椎体

的生物力学特点。结果提示颈椎动态稳定器DCI可以达到颈椎生物力学性能重建的要求, 具有较大的应用前景。

4 参考文献

- [1] Xu YZ, Lu SJ, Wang SJ, et al. Zhonghua Chuangshang Zazhi. 2004; 20(10):581-584. 徐耀增, 吕书军, 王树金, 等. 一体化颈椎钢板融合器的临床应用[J]. 中华创伤杂志, 2004, 20(10):581-584.
- [2] Smith GW, Robinson RA. The treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. J Bone Joint Surg Am. 1958; 40:607-624.
- [3] Wilke HJ, Kettler A, Goetz C, et al. Subsidence resulting from simulated postoperative neck movements: an in vitro investigation with a new cervical fusion cage. Spine (Phila Pa 1976). 2000; 25(21): 2762-2770.
- [4] David T. Long-term results of one-level lumbar arthroplasty: inimum 10-year follow-up of the CHARITE artificial disc in 106 patients. Spine (Phila Pa 1976). 2007; 32(6):661-666.
- [5] Yang JY, Song HS, Lee M, et al. Adjacent level ossification development after anterior cervical fusion without plate fixation. Spine (Phila Pa 1976). 2009; 34(15):30-33.
- [6] Sugawara T, Itoh Y, Hirano Y, et al. Long term outcome and adjacent disc degeneration after anterior cervical discectomy and fusion with titanium cylindrical cages. Acta Neurochir(Wien). 2009; 151(4): 303-309.
- [7] Kasimatis GB, Michopoulou S, Boniatis I, et al. The impact of fusion on adjacent levels in cervical spine injuries: Is it really important? Clin Neurol Neurosurg. 2009; 111(10):816-824.
- [8] Rihn JA, Lawrence J, Gates C, et al. Adjacent segment disease after cervical spine fusion. Instr Course Lect. 2009; 58:747-56.
- [9] Goffin J, Geusens E, Vantomme N, et al. Long-term follow-up after interbody fusion of the cervical spine. J Spinal Disord Tech. 2004; 17(2):79-85.
- [10] Dmitriev AE, Cunningham BW, Hu N, et al. Adjacent level intradiscal pressure and segmental kinematics following a cervical total disc arthroplasty: an in vitro human cadaveric model. Spine (Phila Pa 1976). 2005; 30(10):1165-1172.
- [11] Sun Y. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2008; 18(1):11-12. 孙宇. 颈椎人工椎间盘置换术——我们的未来? [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(1):11-12.
- [12] Matgé G, Eif M, Herdmann J, et al. Dynamic cervical implant (DCITM): clinical results from an international multicenter prospective study. Paradigm Spine. 2009; 1:1-3.
- [13] Hou ZY, Xu YZ, Qian ZL, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010; 14(30):5678-5681. 侯振扬, 徐耀增, 钱忠来, 等. 颈椎动态稳定器置入治疗颈椎病5例: 非融合术后弹性动态固定效果随访[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(30):5678-5681.

来自本文课题的更多信息——

作者贡献: 侯振扬进行实验设计、实施与成文, 实验评估为徐耀增, 资料收集为侯振扬、顾叶、周峰、姜为民, 徐耀增、杨惠林审核, 侯振扬对文章负责。

致谢: 衷心感谢苏州大学解剖教研室提供实验所需标本, 衷心感谢上海通用(国际)医疗器材公司提供实验研究所需器械, 衷心感谢上海大学生物力学研究所王以进教授及各位老师的热情指导和巨大支持。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的冲突。

本文创新性: 以“颈椎, 生物力学, 活动度, 非融合”为关键词检索中国期刊全文数据库 1999/2010 文章, 共检索到 22 篇相关文章, 未见有关颈椎动态稳定器的生物力学研究报道。实验从生物力学角度深入研究颈椎动态稳定器 DCI 的生物力学特性。