

“V”型寰枢椎复位内固定器的有限元力学模型分析

吴广森 陈 兴 马远征 靳安民 张 杰 李 鹏

摘 要 **目的** 建立新型寰枢椎复位内固定器的三维有限元模型,并对其进行生物力学分析。**方法** 运用 Pro/E 2001 和 MSC. Patran 2005 软件,根据 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器和 π 型固定钉的设计参数,建立复位器有限元模型,部位约束后给以 100N 力学加载后计算区域受力的节点范围。**结果** 所建模型外观逼真、几何相似性好,形变应力场主要集中在复位器 V 型尖端与稳定臂折弯处,其最大应力强度为 4.78MPa,有 2794 个节点范围;V 型翼的锐角交汇点处所承受的应力强度次之,达 0.31MPa,有 1953 个节点范围;V 型翼的末端受力最小,为 1.22×10^{-3} MPa,有 1730 个节点范围。 π 形固定钉的应力集中在钉齿中央部位和钉齿尖端两侧,最大应力强度为 1.68×10^{-2} MPa,有 1146 个节点范围。**结论** 复位固定器加载后恢复形变时的受力和力学特征完全与 Ni-Ti 合金材料的形状记忆功能和超弹性特征相适应,能够满足临床需要。

关键词 寰枢椎脱位 镍钛记忆合金 计算机辅助设计 有限元模型 生物力学

The Finite Element Modeling and Mechanical Analysis of “V”-type Atlantoaxial Reduction and Internal Fixation. Wu Guangsen, Chen Xing, Ma Yuanzheng, et al. Department of Orthopedics, The 309th Hospital of People's Liberation Army, Beijing 100091, China

Abstract Objective To establish a three-dimensional finite element model and make mechanical analysis of “V”-type atlantoaxial reduction and internal fixation. **Methods** According to “V”-type atlantoaxial and internal fixation, based on screw-type II design parameters, and using Pro/E 2001 and MSC. Patran 2005 software, we set up a finite element model and calculated the region containing the node scope of the force as the sites binding and 100N mechanics adding. **Results** The model looked realistic, geometric similarity. The deformation stress field mainly concentrated in the reset device V-tip arm bending and stability. The strength of its maximum stress was 4.78MPa, and the scope had 2794 nodes. V-type wing of the acute angle point of convergence of the premises to bear the stress intensity followed. It was 0.31MPa, and the scope had 1953 nodes. V-type wing by the end of edge was the smallest for the 1.22×10^{-3} MPa, and there was the scope of 1730 nodes. II-shaped fixed nail stress concentrated at the central parts of tooth and the art on both sides of teeth, with maximum stress intensity of 1.68×10^{-2} MPa, and there was the scope of 1146 nodes. **Conclusion** The reduction and fixation devices to load at the time of recovery deformation forces and mechanical characteristics adapted to Ni-Ti shape memory alloy material functions and super-elasticity completely, which meets the clinical needs.

Key words Atlantoaxial dislocation; Ni-Ti shape memory alloy; Computer aided design; Finite elemental analysis; Biomechanics

有限元分析法是目前应用于医学生物力学领域一种先进而有效的方法,而进行有限元分析研究的关键是有限元模型的准确建立。本文在 Ni-Ti 合金“V”型记忆寰枢椎复位内固定器二维平面设计的基础上^[1],利用计算机软件进行三维建模,并对其进行有限元力学分析,进而评价机械设计的合理性。

材料与方法

1. 有限元模型的建立:在拥有 Intel Xeon TM3 60GHz 双处理器、1GB 内存、PCI Express 显卡的 Dell Precision TM670 工作台上,运用 Pro/E 2001 软件建立 Datum curve,输入设计中 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器和 π 型固定钉的主体尺寸参数

数据,用 From Equation 生成线性网格,选择 Sweep 功能生成有限元几何模型(图 1、图 2),并将 STL 格式文件的几何模型导入 MSC. Patran 2005 进行修复,生成 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器和 π 型固定钉的实体单元。

2. 定义边界条件:约束生成 Ni-Ti 合金“V”型复位内固定器的尖端稳定臂,定义复位内器“V”型两翼在 x 和 y 方向均为 0, z 方向的位移由复位器的稳定臂和“V”面板间的夹角决定,此角度从 90°收缩至 45°,使复位器“V”型两翼的位移增加到最大为 23.48mm [$C = 2\pi(\alpha/360^\circ)$] 的位移,选取所有节点,定义它们 x 和 y 方向的位移为 0,即保证复位器模型的“V”型双翼只在 z 平面内运动。

3. 定义初始条件:在 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器的“V”型双翼和 π 形钉恢复形变过程中,逆其形变过程在其 V 型翼的远端和 π 形钉齿的尖端分别加载 100N 的负荷(图 3、图 4),当模拟复位器在加载压应力后恢复形变时其本身结构中各点的受力情况,则通过图形数据的输出而清晰地反映出来。

作者单位:100091 北京,解放军第 309 医院骨科(吴广森、陈兴、马远征);510282 广州,南方医科大学附属珠江医院骨科(靳安民);100081 北京理工大学材料科学与工程学院(张杰、李鹏)

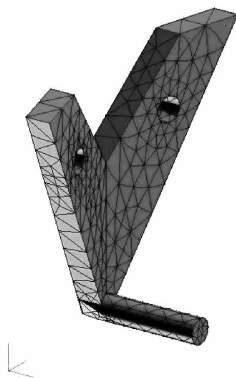


图1 Ni-Ti合金“V”型寰枢椎复位内固定器有限元模型

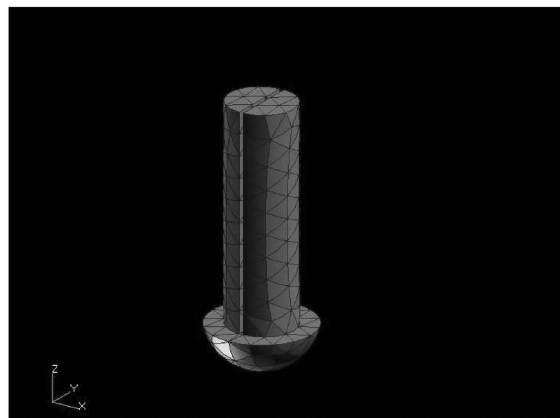
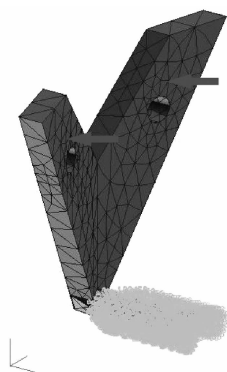
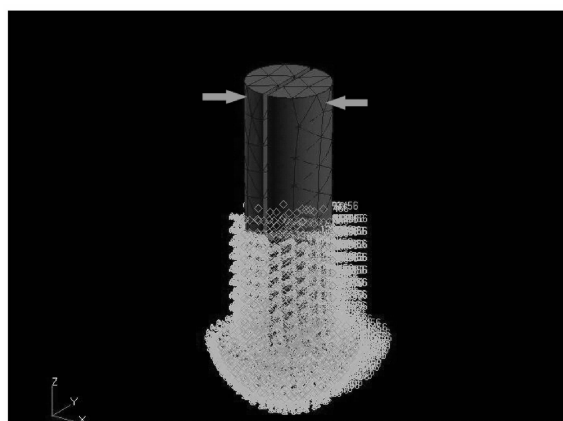
图2 Ni-Ti合金 π 型固定钉有限元模型

图3 Ni-Ti合金“V”型寰枢椎复位内固定器有限元模型约束与加载

图4 Ni-Ti合金 π 型固定钉有限元模型约束与加载

结 果

从图5中可以看出,Ni-Ti合金寰枢椎复位内固定器在加载后形变恢复过程中的应力场主要集中在复位器V型尖端与稳定臂折弯处,该处所要承受的最大应力强度为4.78MPa,有2794个节点范围;V型翼的锐角交汇点处所承受的应力强度次之,达0.31MPa,有1953个节点范围;而V型两翼的末端则受力最小,为 1.22×10^{-3} MPa,有1730个节点范围。另外,从图6中也可以看出, π 形固定钉双齿在加载后形变恢复过程中的应力集中在钉齿中央部位和钉齿尖端两侧,最大应力强度为 1.68×10^{-2} MPa,有1146个节点范围。

讨 论

1. 计算机辅助设计:计算机辅助设计是工程技术人员以计算机为工具,对产品和工程进行设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称,人们根据系统功能的要求,用有限的特征来描述设计问题,通过形式化用计算机的数据结构来表达特征,它的最大益

处在于能够提高设计精度,缩短设计周期,节约设计成本,提高设计效率,这在土木工程、工业机械、航空电子等诸多领域都取得了卓越的成就。在临床医学领域,现代口腔外科引领着该技术的应用与发展^[2],在矫形外科方面,Haapala SA等^[3]为模拟头颅的水平旋转运动,率先用Pro/E软件建立头颈系统3-D参数模型,他们将头颅的一些参数特征,诸如密度、表面积、和转动惯量等输入计算机,在胸1椎体中心部位设立坐标系中心,锁定胸锁乳突肌和头夹肌的起止点,建立起3-D拓扑透视的头颅运动系统。

2. 有限元分析法:有限元分析是数值计算中的一种离散方法,是矩阵在结构力学和弹性力学中的应用和发展,其实质是将由无数个质点构成的物体划分成有限个结构形态简单且力学特性已知的单元,作为进行力学分析的一种数学模型计算方法,它准确、有效且无创,可对结构、形状、荷载和材料力学性能复杂的结构进行应力分析^[4],具有其他实验应力分析法无可比拟的优点,避免了动物实验的不足,节约时间,结果

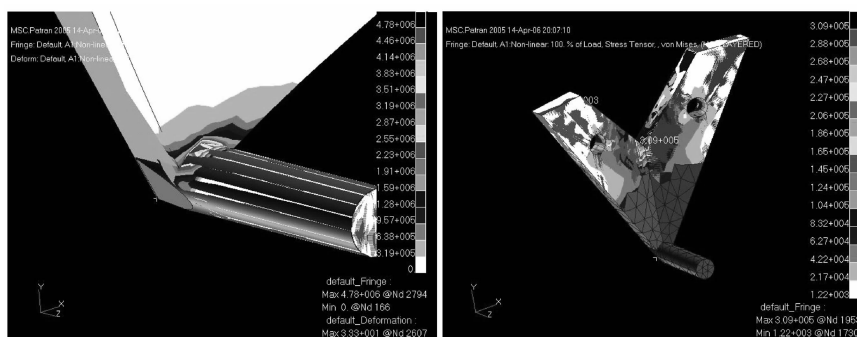


图 5 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器之 V 型尖端应力分析

图 6 Ni-Ti 合金 π 型钉钉齿之应力分析

可靠,被广泛用于生物力学分析、模拟机体生理功能状况和病态下的功能改变、预测手术效果等多方面^[5]。随着有限元技术的发展,其在医学研究中的应用也越来越深入,在牙齿、头骨、面颌骨、椎骨、四肢骨、人体各大关节、肌肉及血管方面,有限法在国内取得了广泛的应用与巨大的成功^[6],许多临床医疗器械的设计也依靠有限元软件的辅助而获得良好的临床应用性能^[7-9]。

3. Ni-Ti 合金材料的有限元研究:自从美国 Read 等于 1951 年在金镉合金(Au Cd)中首次发现形状记忆效应以来,具有记忆效应的合金已有 20 多种,但最具有医学应用前景的仅有镍钛合金。镍钛合金以其奇特的记忆效应、超弹性、优良的耐磨和耐腐蚀性,在临床医学领域得到广泛应用。最初对 Ni-Ti 合金的有限元研究仅限于二维平面,进入 21 世纪后,有学者逐渐开始建立镍钛合金的三维有限元分析模型,例如 Puertolas 等^[10]利用镍钛合金材料的超弹性设计了骨骼固定系统,建立有限元模型并结合张力实验对其进行分析评估,表明该装置具有对骨损伤小,易于种植等优点。Petrini L 等^[11]通过对血管内冠状支架的医学实验和数字模拟比较证明了其与 Ni-Ti 合金材料实体的超弹性相适应,继而数字化研究了四种不同几何形状和材料性能的椎体间支撑器,印证其

形状记忆效应,并得出结论:计算机数字模拟研究是优化设计新的医学器件的重要手段。

本研究应在借鉴前人研究成果的基础上,用计算机辅助建立了 Ni-Ti 合金寰枢椎复位内固定器和 π 型固定钉的三维实体模型,并借助 Pro/E 与 MSC. Patran 之间的无缝链接,直接实现实体模型与有限元模型之间的转换,并通过软件对其进行有限元力学分析,我们从研究结果可以看出,复位固定器加载后恢复形变时的受力情况和力学特征完全与 Ni-Ti 合金材料的形状记忆功能和超弹性特征相适应,完全能够满足临床需要。

参考文献

- 1 吴广森,靳安民,马远征,等. 一种新型寰枢椎复位内固定器的设计及解剖学依据[J]. 中国临床解剖学杂志,2008,26(6):629-632
- 2 Crawford R. Computers in dentistry Part one CAD/CAM: the computer moves chair side[J]. J Can Dent Assoc,1988,54(9):661-663
- 3 Haapala SA, Enderle JD. Dynamic modeling of the neck muscles during horizontal head movement. Part II: Model construction in Pro/Engineer[J]. Biomed Sci Instrum,2003,39(2):71-76
- 4 Vollmer D, Meyer U, Joos U, et al. Experimental and finite element study of a human mandible[J]. J Crano Maxillofac Surg,2000,28(2):91-96
- 5 Katada H, Katada H, Isshiki Y. Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional

- mensional finite element analysis. Bull Tokyo Dent Coll[J], 2005, 46 (3): 59 - 65
- 6 原林, 黄文华, 唐雷, 等. 数字化虚拟中国人女性一号数据图像处理[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 2(3): 193 - 196
 - 7 周初松, 肖文德, 万磊, 等. 腰椎峡部裂翼状记忆合金节段内固定器的有限元分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2006, 14(19): 1485 - 1487
 - 8 张美超, 周海涛, 王超, 等. 对寰枢椎侧块螺钉钛板固定装置的力学性能评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(9): 685 - 687
 - 9 刘峰, 林月秋, 阮默, 等. 镍钛记忆合金无柄股骨假体的生物力学研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(2): 128 - 131
 - 10 Puertolas JA, PerezGarcia JM, Juan E, *et al.* Design of a suture anchor-based on the super elasticity of the Ni - Ti alloy[J]. Biomed Mater Eng, 2002, 12(3): 283 - 289
 - 11 Petrin L, Migliaiavacca F, Massarotti P, *et al.* Computational studies of shape memory alloy behavior in biomedical applications[J]. J Biomech Eng, 2005, 127(4): 716 - 725

(收稿: 2009 - 12 - 24)

极高血浆脑钠素水平的临床意义

张春红 黄党生 沈 东 张许文 张丽伟 孙红岩 白 静

摘 要 目的 本研究主要探讨血浆极高值 BNP 水平时患者的临床情况, 及 BNP 对患者的预后意义。**方法** 对我院 2003 年 9 月 ~ 2005 年 12 月期间住院患者, 行 BNP 检测, 其中 $>5000\text{ng/L}$ 的患者共 13 例, 男性 8 例, 女性 5 例, 平均年龄 72 ± 8.7 岁, 分析这些患者的临床情况, 观察 2 年内的病死率。**结果** 13 例患者均有多器官功能障碍, 多为疾病的终末期, 3 个月内病死率 53.8%, 2 年内共死亡 9 例, 2 年病死率为 69.2%。**结论** BNP 水平是心力衰竭患者死亡危险增加的一个生化指标, 是影响患者预后的一个重要危险因素。

关键词 脑钠素 心功能不全 病死率 多器官衰竭

The Significance of Very High Level of Plasma Brain Natriuretic Peptide in Patients with Congestive Heart Failure. Zhang Chunhong, Huang Dangsheng, Shen Dong, Zhang Xuwen, Zhang Liwei, Sun Hongyan, Bai Jing. First Affiliated Hospital to PLA General Hospital, Beijing 100037, China

Abstract Objective To evaluate the clinical status and prognostic value of very high B - type natriuretic peptide level. **Methods** Plasma level of BNP in patients with heart failure was measured between 2003 and 2005. BNP $>5000\mu\text{g/L}$ was found in 13 patients. All cause mortality was examined during follow up. **Results** All the 13 patients had multiple organ dysfunction at the end stage of the disease. During follow up, 7 (53.8%) patients died in the 3 months, and 9 (62.9%) patients died in two years. **Conclusion** The plasma BNP concentration appears to be a biochemical marker of an increased risk of all - cause mortality in patients with heart failure, especially multiple organ dysfunction.

Key words Brain natriuretic peptide; Heart failure; Mortality; Multiple organ dysfunction

脑钠素 (BNP) 是心室容积扩张或压力负荷增加时, 由心室释放的一种心脏的神经激素, 目前已作为左心室收缩功能不全的一个重要诊断指标。已有临床研究证实血浆高浓度脑钠素是影响老年人病死率和预后的独立危险因素。目前对 BNP 在极高值 (BNP $>5000\text{ng/L}$) 情况的报道较少, 本研究探讨在血浆脑钠素极高水平时患者的基本情况及其对患者预后的意义, 以及其对病死率的影响。

资料与方法

1. 临床资料: 本研究入选了 2005 年 9 月 ~ 2007 年 12 月在我院的住院患者, 住院期间行 BNP 检测, 分析其中 BNP $>5000\text{ng/L}$ 的患者。

2. 研究方法: 患者入院后均行超声心动图检查, 检验血常规、肝肾功等指标。患者均于清晨或呼吸困难发作时抽取静脉血, 标本立即送检。BNP 检测: 应用 BIOSITE 干氏快速心力衰竭/心肌梗死诊断仪进行 BNP 测量, 采用免疫荧光测定法, 于半小时内完成, 其检测范围为 $5 \sim 5000\text{ng/L}$ 。

3. 对 BNP $>5000\text{ng/L}$ 的患者进行生存随访, 随访 24 个月, 并对其基础疾病、生存率进行分析, 了解其预后意义。

结 果

自 2004 年 1 月 ~ 2005 年 12 月, 我院共进行 BNP 检测 275 例, 其中 BNP $>5000\text{ng/L}$ 的患者 13 例 (约 4.7%), BIOSITE 干氏快速心力衰竭/心肌梗死诊断仪进行 BNP 测量的范围为 $5 \sim 5000\text{ng/L}$, 超过检测范围病例很少, 为极高值。以下对这 13 例患者进行总结。

1. 患者情况: 13 例患者中男性 5 例, 女性 8 例,