

# 嵌体修复下颌第一磨牙残冠的三维有限元模型的建立

连克乾<sup>1</sup>, 林尔坚<sup>2</sup>, 胡玲玲<sup>3</sup>, 陈应明<sup>2</sup>, 许鸿生<sup>1</sup>

(中山大学附属第一医院 1.口腔科 2.放射科 广东 广州 510080; 3.华南理工大学交通学院 广东 广州 510641)

**摘要:**【目的】建立带桩嵌体修复下颌第一磨牙残冠的三维有限元模型。【方法】制成第一磨牙残冠的制锁式带桩嵌体修复体的模型,将该模型置于水杯中,利用螺旋CT扫描,通过图像合成软件建立三维数字模型,结合大型有限元软件 ANSYS 进行建模。【结果】建成后三维有限元模型与实体组织具有良好的几何相似性。【结论】将牙体修复模型置于水中,经螺旋CT扫描并与有限元方法结合起来,可以建立复杂的牙模型,且能真实地模拟实际情况,使用性好。

**关键词:** 三维有限元模型; 牙修复; 永久; 磨牙; 残冠

**中图分类号:** R783.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3554(2005)06-0718-03

## Establishment of Three-dimensional Finite Element Model of Post-inlay Restoration for Residual Crown of Lower First Molar

LIAN Ke-qian<sup>1</sup>, LIN Er-jian<sup>2</sup>, HU Ling-ling<sup>3</sup>, CHEN Ying-ming<sup>2</sup>, XU Hong-sheng<sup>3</sup>

(1. Department of Stomatology, 2. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510080, China. 3. Solid Mechanics, College of Traffic and Communications, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China.)

**Abstract:** 【Objective】 To establish the three-dimensional (3-D) finite element (FE) model of post-inlay restoration for residual crown of lower first molar. 【Methods】 The 3-D FE model was constructed by preparing the model of braking-lock post-inlay restoration for residual crown of the lower first molar, then the model was put into water in the cup. Spiral CT scanning was performed and the 3-D digital model was constructed by image synthesis software, then the large scale FE software ANSYS was used to model. 【Results】 The constructed model has a good geometric similarity to the morphology of the three-dimensional images. 【Conclusion】 The 3-D FE model combining the CT technology with FE model can be used to construct complex dental models, simulate the oral prosthetics and structure actually, and provide a method for research.

**Key words:** three-dimension finite element model; dental restoration, permanent; molar; residual crown

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2005, 26(6): 718-720]

从上世纪70年代开始医学初步应用有限元法进行受力分析<sup>[1]</sup>,但由于牙齿体积小,几何形状复杂,早期受力分析的模型多进行了很大简化,如简化为圆锥形等,这势必影响计算的精度。随着有限元软件 ANSYS 的升级,有限元法越来越广泛地应用到义齿的应力分析和研究中,但以往对桩核的研究多采用建立单个牙的单根管的局部模型<sup>[2]</sup>,模型设计过于简化,用三维有限元分析诸如磨牙残冠不对称且多根管的研究尚未见报道。磨牙残冠由于修复时通常残留的牙体组织较少,而且修复后在各种受力情况下牙齿的应力分布直接影响了修复后效果,有必要对修复后的牙齿进行应力分析。本研究建立带桩嵌体修复下颌第一磨牙残冠的三维有限元模型,

旨在提高复杂牙齿建模的研究水平,并为进一步研究这一义齿修复方式的应力分布特点奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 标本模型的制作

选用形态正常的人离体右下颌第一磨牙,行根管治疗,模拟临床制作残冠,即牙冠大部分缺损但缺损至龈上2 mm,制成制锁式的带桩嵌体修复体<sup>[3]</sup>,将该修复体戴入残冠并将模型固定在一个圆柱型的蜡型中。

收稿日期: 2005-03-08

基金项目: 广东省卫生厅科研基金资助项目 (A2002153)

作者简介: 连克乾(1964-),男,广东汕头人,主治医师。E-mail: liankeqian888@163.com

### 1.2 CT 断面扫描

使用东芝的 XPRESS/SX 螺旋 CT 扫描,扫描条件:电压 120 kV,电流 220 mA,扫描速度(1 mm/s),pitch=1。扫描的层厚为 1 mm;层间距 0.5 mm。分别对修复前牙体、修复后戴入主根管的带桩嵌体的残冠和戴入二带桩制锁式嵌体的残冠进行断层扫描,扫描时将整个标本模型置于水中,断层与牙长轴垂直,部分扫描图片如图 1 所示。

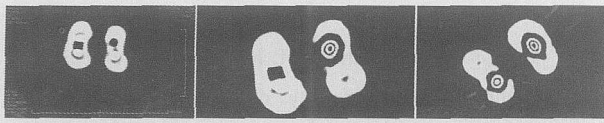


图 1 牙体的断面扫描图片

Fig. 1 Some scanned pictures of the teeth

Left: Pre-restoration; Middle: Post-restoration (one post-inlay restoration); Right: Post-restoration (two post-inlay restorations)

### 1.3 残缺牙体有限元模型生成

将各断层扫描图片用 accullite 读片器滤去部分伪影的影响,并用 bmp 格式进行保存。在 photoshop 下读出各断层图片轮廓上若干点的坐标值,并将其转化成以 mm 为单位的坐标(x,y)。各点的 z 坐标值由其所在断层决定,牙根尖所在断层设为 z=0。把残冠各断层扫描图片轮廓上的点的坐标值输入 Ansys8.1 有限元软件中生成点,由这些点生成各断层轮廓线,然后通过这些轮廓线 skin(是英文版有限元软件菜单的一种工具,它把各断层连成一个面)生成残缺牙体的表面,最后由面生成体。由于残缺牙体形状的不规则性,建立该模型时,将其分成了三部分,即两个牙根、残缺牙冠部分,最后将这三部分相加起来,便生成了整个残缺牙体的模型,如图 2 所示。

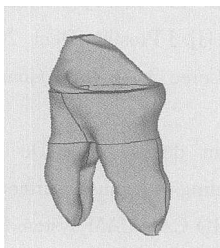


图 2 残冠模型

Fig.2 Model of residual crown

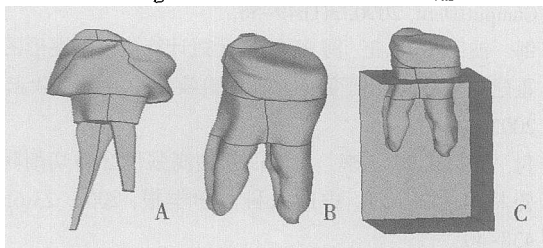


图 3 金属有限元模型

Fig.3 Finite element model

A: post-inlay; B: whole dentin after restoration; C: alveolus and the tooth

### 1.4 金属部分有限元模型生成

与残缺牙体部分相似,金属部分同样分成两个桩、完整牙冠空腔内部分、残冠的修复部分分别进行建模(图 3A)。将残缺牙冠和带桩嵌体粘结到一起便形成了修复后的整个牙体模型(图 3B)。为了更好的模拟天然牙在实际中的边界条件,本研究将牙槽骨考虑在内。牙槽骨与牙体的相对位置见图 3C。

## 2 结果

计算机上建立了如图 4 所示的修复前剩余牙体、修复后金属部分以及包括牙槽骨的整体模型的划分网格,共有 117720 个单元,20988 个节点。

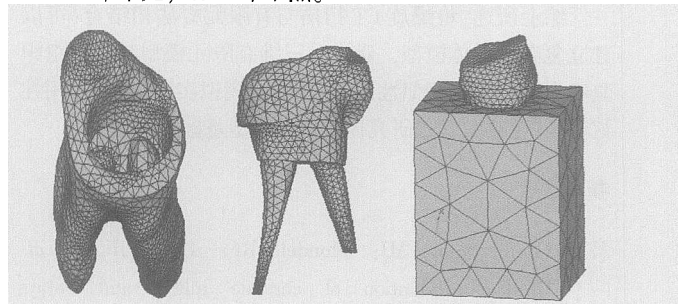


图 4 模型网格划分

Fig.4 Model divided into meshes

A:Residual crown; B: Post-inlay; C:The restorative alveolus and tooth

## 3 讨论

### 3.1 本研究建模的特点

有限元法较其它传统的实验应力分析法如光弹法有明显的优越性,它可以给出任意部位的应力状态;不仅能给出数据结果,还能从应力云图直观的看出应力分布特点<sup>[4-6]</sup>,对牙齿的受力研究和临床有实际意义。本研究的单元类型选定为三维结构实体单元 SOLID45,该单元具有塑性、蠕变、膨胀、应力刚化、大变形、大应变等功能,且具有沙漏控制的凝聚积分选项,比较其它的单元类型有很大的进步。在建立结构复杂不规则且多空腔三维有限元模型的过程中,采用“结构化”的方法,即将复杂模型分为若干个简单的部分,分别对其进行建模,最后再把各部分相加或粘贴起来得到完整模型。同时保证各部分衔接处模型的连续性,既要使边界重合部分共用曲线,又要使各条曲线光滑没有尖角。类似的建模方法未见报道,这不仅有助于简化建模过程,也便于后处理中对不同部分的结果提取,可对任何结构进行研究。

### 3.2 螺旋 CT 扫描在建模中的应用

与其它建模方法如切片法、磨切法、定点测量法相比,CT 断面扫描获得的信息准确,可以反映复杂的实体结构;无创伤保存了结构的完整性;便于三维重建<sup>[6]</sup>;便于图像的分

割和任意取出;分辨率高,对重点区域可采用小间距扫描等优点。为了得到优质的图像,本研究扫描时将整个标本模型置于水中,可以减少模型与周围介质的密度差异<sup>[7]</sup>(因水的密度远大于空气的密度),与之前未置于水中的同一标本模型相比,伪影明显减少;并使用骨算法重建图像,使本研究生成的三维重建具有更好的准确性。螺旋 CT 断面扫描技术可有效的运用到牙体三维重构模型的建立,但金属桩核的存在会使扫描图片产生伪影,这些伪影影响比较大,直接用这些图片进行建模将存在很大的误差。由于制作该带桩金属嵌体的技术很精细,我们除了滤去部分伪影,还假设在牙体空腔内的金属部分与牙体内表面完全紧密接触,这样就可以将牙体空腔的内表面运用到金属模型中,最大限度地减少伪影的影响。

综上所述,将螺旋 CT 扫描与有限元方法相结合,可以建立复杂的牙体模型,建成后三维有限元模型与实体组织具有良好的几何相似性,且能真实地模拟实际情况,使用性好,为其生物力学的研究提供数学模型基础。

#### 参考文献:

- [1] Coelho Santos MJ, Mondelli RF, Lauris JR, *et al.* Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays fabricated with two systems:two-year clinical follow up [J]. *Oper Dent*, 2004,29(2):123-30.
- [2] 张新春,米乃元,王焱,等. 桩冠修复中不同形式箍效应的三维有限元分析[J]. *中山医科大学学报*,2000,21(4):263-5.
- [3] 连克乾,钟小龙,张春元,等. 分体制锁式合金带桩嵌体修复磨牙残冠的临床研究[J]. *中山大学学报(医学科学版)*,2003,4(24):398-400.
- [4] 牟月照,吴峻岭. 天然牙与桩核修复体三维有限元模型的 CT 扫描建模[J]. *医学影像杂志*, 2003,11(13):817-9.
- [5] Verdonshot N, Fennis WM, Kujs RH, *et al.* Generation of three dimensional finite element models of restored human teeth using micro-CT techniques [J]. *Int J Prosthodont*, 2001, 14(4):310-5.
- [6] Toparli M, Aykul H, Aksoy T. Stress distribution associated with loaded acrylic-metal-cement crowns by using finite element method [J]. *J Oral Rehabil*, 2002, 29(11):1108-14.
- [7] Toparli M, Aykul H, Sasaki S. Temperature and thermal stress analysis of a crowned maxillary second premolar tooth using three-dimensional finite element method [J]. *J Oral Rehabil*, 2003, 30(1):99-105.

(编辑 刘清海)

(上接第 713 页 from page 713)

#### 参考文献:

- [1] 吕培军. 数学与计算机技术在口腔医学中的应用[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001.3-67.
- [2] Leonardo C, Roberto S. CAD-CAM generated ear cast by means of a laser scanner and rapid prototyping machine [J]. *J Prosthet Dent*, 2004, 92(6): 591-5.
- [3] 邹波,吕培军,王勇.标准牙数据的获取[J].*实用口腔医学杂志*,2002,18(6):550-2.
- [4] Rekow D. CAD/CAM in dentistry: a historical perspective and view of the future [J]. *J Can Dent Assoc*, 1992, 58(4): 283, 287-8.
- [5] 邹波,吕培军,王勇.一种新型三维牙颌模型激光扫描仪可靠性对比实验 [J]. *实用口腔医学杂志*,2002,18(6):546-9.
- [6] 高勃,王忠义,施长溪,等.下颌磨牙全冠计算机辅助设计初步[J]. *实用口腔医学杂志*, 1999, 15(4): 304-5.
- [7] 张修银,杨宠莹,高建新,等.计算机辅助后牙全冠修复的设计[J]. *口腔材料器械杂志*, 2001, 10(3): 140-3.
- [8] Van der Zel JM, Vlaar S, De Ruiter WJ, *et al.* The CICERO system for CAD/CAM fabrication of full-ceramic crowns [J]. *J Prosthet Dent*, 2001, 85(3): 261-7.
- [9] Schneider W. Cerec 3 [J]. *Int J Comput Dent*, 2000, 3(1):33-40.
- [10] Olthoff LW, Van der Zel JM, De Ruiter WJ, *et al.* Computer modeling of occlusal surfaces of posterior teeth with the CICERO CAD/CAM system [J]. *J Prosthet Dent*, 2000, 84(2): 154-62.
- [11] Muller H. Correlation and function in Cerec 3 [J]. *Int J Comput Dent*, 2000, 3(1):49-56.
- [12] 邹波,吕培军,王勇,等.标准牙冠计算机三维图形的重建及其空间几何变换的研究[J].*实用口腔医学杂志*, 2002,18(6):553-6.
- [13] 付强,赵云凤,李彦,等.新型高强度牙科切削陶瓷材料的研制[J]. *中山医科大学学报*, 2002, 23(6): 438-40.

(编辑 刘清海)