

[文章编号] 1000-1182(2009)05-0545-03

## 垂直载荷下分割式可摘局部义齿 与套筒冠义齿的有限元分析

唐颖<sup>1</sup> 王敏<sup>2</sup> 罗云<sup>2</sup> 满毅<sup>2</sup>

(1.上海卢湾区牙病防治所 修复科, 上海 200062;

2.四川大学华西口腔医院 修复科, 四川 成都 610041)

**[摘要]** 目的 研究并比较分割式可摘局部义齿与缓冲圆锥型套筒冠义齿在垂直载荷下的应力情况。方法 选择上颌双侧第二前磨牙、第一磨牙缺失并伴有基牙有 度松动的患者1名,通过螺旋CT扫描,利用Materialise Mimics、Pro/Engineer WF 2.0软件和ANSYS Workbench软件建立精确的上颌三维有限元模型,并在其上进行垂直方向加载,分析比较分割式可摘局部义齿与缓冲圆锥型套筒冠义齿缺牙区黏膜及基牙牙周膜应力情况。结果 垂直载荷下,分割式可摘局部义齿缺牙区黏膜所受von Mises力值大于缓冲圆锥型套筒冠义齿缺牙区黏膜所受力值;分割式可摘局部义齿基牙牙周膜von Mises力值接近或小于缓冲圆锥型套筒冠义齿基牙牙周膜所受力值。结论 在垂直载荷下,通过与缓冲圆锥型套筒冠义齿相比,分割式可摘局部义齿具有减少基牙受力,保护基牙的功能。

**[关键词]** 分割式可摘局部义齿; 缓冲圆锥型套筒冠义齿; 三维有限元分析; von Mises力; 垂直载荷

**[中图分类号]** R 318.01 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1000-1182.2009.05.020

**Three-dimensional finite element analysis of stress distribution about abutments periodontal membranes of separated removable partial denture and conical telescope** TANG Ying<sup>1</sup>, WANG Min<sup>2</sup>, LUO Yun<sup>2</sup>, MAN Yi<sup>2</sup>.

(1. Dept. of Prosthodontics, Stomatological Disease Institution of Luwan District, Shanghai 200062, China; 2. Dept. of Prosthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate and compare the stress of edentulous mucosa and periodontal membranes of the abutments under vertical loads for separated removable partial denture or conical telescope denture. **Methods** One patient who had lost the second premolar and the first molar on the upper jaw and had mobile abutments was chosen in the study. Two precise three dimensional finite element models were constructed by using screw CT image reconstruction technique and Materialise Mimics, Pro/Engineer WF 2.0, ANSYS Workbench software. Vertical forces were loaded on the two models. Then comparing and analyzing the von Mises stress distribution of the edentulous mucosa and the periodontal membranes of abutments between the separate removable partial denture and conical telescope denture in the software of ANSYS Workbench. **Results** The von Mises stress values of the edentulous mucosa of separate removable partial denture were larger than that of the conical telescope denture. The von Mises stress values of abutments periodontal membranes of separate removable partial denture were lower than that of conical telescope denture. **Conclusion** Under vertical loads, compare with conical telescope denture, the separate removable partial denture can protect the abutments.

**[Key words]** separated removable partial denture; conical telescope denture; three-dimensional finite element analysis; von Mises stress; vertical loads

牙周病伴牙列缺损是临床上常见的复杂病症。在这类修复治疗中,套筒冠义齿可起到固定牙周夹板的作用,在咀嚼时可重新分配支持组织所承受的

殆力,从而减少对牙周病患牙的损伤。但套筒冠的制作成本较高、牙体预备量大等缺点大大限制了其临床应用。分割式可摘局部义齿是在传统可摘义齿基础上的改良设计。它将可摘义齿分为上下层,上层基托为各基牙卡环的联合体,人工牙附着在下层基托上,发挥咀嚼功能。义齿通过上下层的机械嵌合,达到既分割又联系的效果,在前期研究中,已

[收稿日期] 2009-03-31; [修回日期] 2009-05-10

[基金项目] 四川省科技厅基础研究基金资助项目(05JY029-023-2)

[作者简介] 唐颖(1980—),女,辽宁人,住院医师,硕士

[通讯作者] 王敏, Tel: 028-81808696

经从理论角度证明分割式可摘局部义齿有减少基牙受力的功能<sup>[1-3]</sup>。本研究从生物力学角度出发,应用三维有限元法,选择上颌双侧第二前磨牙和第一磨牙缺失伴基牙有 度松动的患者,分别建立分割式可摘局部义齿和缓冲圆锥型套筒冠义齿三维有限元模型,分析在垂直载荷条件下2种义齿缺牙区牙槽嵴黏膜、基牙牙周膜的受力情况及分布特点,为分割式可摘局部义齿的临床应用提供一定的理论依据。

### 1 材料和方法

#### 1.1 材料

Siemens Sensation 16型螺旋CT扫描仪(120 kV, 100 mA),计算机兼容机(AMD2500处理器,512 MB内存,120 G硬盘,Windows XP操作系统),Materialise Mimics 9.1CT扫描数据模拟重建软件(Materialise公司,比利时),Pro/Engineer WF 2.0软件(PTC公司,美国),ANSYS Workbench 9.0协同仿真环境软件(ANSYS公司,美国)。

#### 1.2 方法

选择上颌双侧第二前磨牙、第一磨牙缺失伴基牙有 度松动的患者1名。患者为全身无其他疾患的中年男性。采用Siemens Sensation 16型螺旋CT扫描仪进行口腔颌面部扫描。患者取仰卧位,颈部抬高,对口腔颌面部进行横断超薄扫描,球管电流与电压分别为100 mA、120 kV。采用Materialise Mimics 9.1CT扫描数据模拟重建软件处理获得上颌二维断层图像,Pro/Engineer WF 2.0软件建模。模

型材料与各组织均假设为连续的、均质的、各向同性的线弹性材料。黏膜弹性模量为3.0 MPa,牙周膜弹性模量为68.9 MPa,泊松比0.45。

在模型义齿人工牙殆面进行垂直加载,2种义齿人工牙中的上颌第二前磨牙加载180 N,上颌第一磨牙加载240 N<sup>[4]</sup>,加载方向均为垂直方向,与牙体长轴平行。边缘节点的所有自由度均给予刚性约束。本实验中用von Mises力描述分割式可摘局部义齿与缓冲圆锥型套筒冠义齿缺牙区黏膜、基牙牙周膜应力的数值范围和分布情况。

#### 1.3 统计学分析

采用SPSS 11.3统计软件对数据进行分析,采用两样本配对t检验方法。

### 2 结果

#### 2.1 垂直载荷下2种义齿缺牙区黏膜应力分析

2种义齿缺牙区黏膜von Mises力分布情况见表1。在垂直载荷下,分割式可摘局部义齿缺牙区黏膜所受von Mises力值大于缓冲圆锥型套筒冠义齿缺牙区黏膜所受力值,二者间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。其中分割式可摘局部义齿von Mises力的最大数值范围分布在缺牙区第二前磨牙牙槽嵴颊侧黏膜及第一磨牙牙槽嵴顶黏膜,呈狭长条带状分布;而缓冲圆锥型套筒冠义齿von Mises力的最大数值范围分布在缺牙区第二前磨牙及第一磨牙牙槽嵴之间的颊侧黏膜,呈条带状分布。

表 1 垂直载荷下2种义齿缺牙区黏膜von Mises力值分布

Tab 1 The von Mises stress values of the edentulous mucosa of the two dentures

义齿种类		第二前磨牙		远中	缺失牙间 颊侧黏膜	第一磨牙		
		近中	颊侧			近中	颊侧	远中
分割式可摘局部义齿	左	0.345 01	0.353 17	0.423 04	0.503 21	0.456 69	0.475 76	0.350 62
	右	0.333 73	0.349 23	0.440 73	0.498 27	0.448 35	0.479 07	0.350 93
缓冲圆锥型套筒冠义齿	左	0.083 98	0.103 48	0.104 17	0.138 76	0.111 62	0.118 56	0.075 84
	右	0.067 57	0.110 61	0.096 41	0.139 09	0.106 07	0.096 08	0.077 43

#### 2.2 垂直载荷下2种义齿第一前磨牙和第二磨牙牙周膜应力分析

2种义齿第一前磨牙和第二磨牙牙周膜von Mises力分布情况见表2。垂直载荷下,分割式可摘局部义齿第一前磨牙牙周膜von Mises力值接近缓冲圆锥型套筒冠义齿第一前磨牙牙周膜所受力值,二者间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。其中分割式可摘局部义齿von Mises力的最大数值范围分布在牙颈部及颊侧根上1/2至根中部有限区域;而缓冲圆锥型套筒冠

义齿von Mises力的最大数值范围分布在颊侧根上1/2至根中部有限区域。

垂直载荷下,分割式可摘局部义齿第二磨牙牙周膜von Mises力值小于缓冲圆锥型套筒冠义齿基牙牙周膜的所受力值,二者间差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。其中分割式可摘局部义齿von Mises力的最大数值范围分布在近中及舌根上1/2至根中有限区域;而缓冲圆锥型套筒冠义齿von Mises力的最大数值范围分布在牙根颊侧根中1/3有限区域。

表 2 垂直载荷下2种义齿第一前磨牙和第二磨牙牙周膜von Mises力值分布

Tab 2 The von Mises stress values of the periodontal membranes of the first premolar and second molar of the two dentures

义齿种类	位置	第一前磨牙von Mises( $\times 10^{-2}$ )				第二磨牙von Mises( $\times 10^{-2}$ )					
		近中	远中	颊侧	舌侧	近中	远中	颊侧	舌侧		
分割式可摘局部义齿	根颈	左	2.540 8	2.887 8	4.162 0	1.504 9	0.915 0	0.523 0	0.466 5	0.455 3	
		右	2.626 2	3.068 7	3.204 6	1.650 7	0.835 5	0.441 4	0.447 0	0.532 1	
	上1/2	左	1.563 6	2.766 8	3.654 7	1.354 9	0.548 1	0.423 3	0.413 7	0.422 1	
		右	1.659 9	2.253 9	2.525 9	1.450 7	0.514 1	0.364 8	0.376 2	0.4371	
	根中	左	1.134 6	3.034 7	5.082 4	1.303 1	0.595 9	0.306 5	0.411 1	0.403 8	
		右	1.087 6	2.487 5	3.870 3	1.329 1	0.589 7	0.307 7	0.401 7	0.509 2	
	下1/2	左	0.900 4	1.417 3	1.423 9	1.216 9	0.385 0	0.260 2	0.366 4	0.333 8	
		右	1.017 6	1.286 4	1.395 9	1.219 4	0.363 5	0.295 6	0.389 6	0.320 1	
	根尖	左	0.834 8	1.235 5	1.282 8	1.195 2	0.243 8	0.262 7	0.260 4	0.351 2	
		右	0.870 8	1.113 9	1.388 5	1.151 1	0.351 2	0.269 5	0.347 3	0.382 6	
	缓冲圆锥型套筒冠义齿	根颈	左	1.952 5	1.960 4	3.220 0	1.683 6	1.509 7	1.357 3	2.009 2	1.099 1
			右	1.886 1	1.942 5	2.740 7	1.785 0	1.835 5	1.648 4	2.067 8	1.106 7
上1/2		左	1.194 0	1.448 9	3.492 5	1.354 9	1.005 8	1.295 4	2.398 1	0.912 7	
		右	1.122 3	1.447 3	3.243 7	1.242 0	1.087 5	1.149 5	2.443 7	0.952 5	
根中		左	1.032 6	1.293 3	5.215 2	1.230 8	0.918 6	1.037 4	2.048 0	0.952 6	
		右	1.068 3	1.293 8	4.882 5	1.242 1	1.068 5	1.096 2	1.626 6	1.012 9	
下1/2		左	0.980 6	1.087 3	1.488 1	0.971 2	0.809 6	0.896 1	1.015 2	0.736 9	
		右	0.988 8	1.131 9	1.577 7	1.014 1	0.832 2	0.885 6	1.039 5	0.754 5	
根尖		左	1.216 0	1.308 2	3.195 7	1.151 1	0.742 6	0.803 2	1.021 9	0.638 9	
		右	1.100 0	1.206 9	3.264 9	1.144 3	0.718 9	0.854 5	1.066 1	0.764 8	

### 3 讨论

在垂直载荷下,分割式可摘局部义齿缺牙区黏膜所受von Mises力值大于缓冲圆锥型套筒冠义齿缺牙区黏膜所受von Mises力值,前者最大值约为后者最大值的3.6倍。由于分割式可摘局部义齿由上、下层基托靠凹槽连接,在受到垂直向力时,下层基托因受殆力的作用轻度下沉,上层基托应力传导中断,载荷的绝大部分由缺牙区牙槽嵴承担。而缓冲圆锥型套筒冠义齿由于在内外冠之间有一定的间隙,具有应力中断的作用,当义齿受力后,外冠受力而基托下支持组织首先负荷,义齿下沉同时内外冠之间的缓冲间隙渐小至消失,基牙开始负荷<sup>[5]</sup>。所以随着义齿基托的下沉,分割式可摘局部义齿承力主要为牙槽嵴黏膜,而缓冲圆锥型套筒冠义齿的主要承力区由最初的牙槽嵴黏膜过渡为后期的基牙和缺牙区牙槽嵴共同承担,所以分割式可摘局部义齿缺牙区黏膜所受von Mises力值大于缓冲圆锥型套

筒冠义齿的缺牙区黏膜所受力值。

垂直载荷下,2种义齿第一前磨牙牙周膜相应的von Mises力值比较无统计学意义,最大值范围相似,但分布范围略有不同。垂直载荷下,2种义齿第二磨牙牙周膜von Mises力值间差异有统计学意义,分割式可摘局部义齿力值小于缓冲圆锥型套筒冠义齿力值。2种义齿von Mises力分布范围各自不同。缓冲圆锥型套筒冠义齿通过其内外冠之间的间隙达到减少基牙受力的目的,使得应力传导中断和义齿承受殆力后基托下黏膜首先受力<sup>[5]</sup>。而分割式可摘局部义齿受到殆力后,在很大程度上减小了由上层义齿传递到基牙的载荷,有效地减轻了基牙的负担,起到保护基牙的作用。

垂直载荷下,通过对2种义齿缺牙区黏膜和基牙牙周膜的应力分析可见,分割式可摘局部义齿的设计有效减少了基牙的受力,有效地起到了保护基牙的作用,但同时也增加了缺牙区黏膜的受力,因

应力引起的胶原合成活性的变化是机械信号转化为生物学信号，进而发生细胞功能活动改变的直接体现，二者间存在因果关系。机械信号的转导机制一直都是学者们研究的热点，由于各种调控机制和信号通路间存在交叉和对话，共同形成复杂的网络，对于这个网络的认识还有待深入。

[参考文献]

[1] 王树党. 图像分析系统中光度学参数——灰度与光密度的应用[J]. 山西医科大学学报, 2003, 34(5) :462.  
WANG Shu-dang. The utility of optical parameters in image analysis-gray level and optical density[J]. J Shanxi Medical University, 2003, 34(5) :462.

[2] 吕翔. 病理图像定量分析及其测量误差的控制[J]. 中国体视学与图像分析, 2002, 7(1) 58-62.  
LÜ Xiang. Quantitative pathologic image analysis and the control of its measuring errors[J]. Chinese J Stereology Image Analysis, 2002, 7(1) 58-62.

[3] Visnapuu V, Peltomaki T, Saamanen AM, et al. Collagen and mRNA distribution in the rat temporomandibular joint region during growth[J]. J Craniofac Genet Dev Biol, 2000, 20(3) :144-149.

[4] 段小红, 毛勇, 王惠芸, 等. 髁突骨上组织改建中 I、II 型胶原的免疫组织化学研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2000, 18(2) 81-84.  
DUAN Xiao-hong, MAO Yong, WANG Hui-yun, et al. Immunohistochemical study of type I and type II collagen in the remodelling of the supraosseous tissue of mandibular condyle[J]. West China J Stomatol, 2000, 18(2) 81-84.

[5] 成军. 细胞外基质的分子生物学与临床疾病[M]. 北京: 北京医科大学出版社, 1999 36-47.  
CHENG Jun. Molecular biology and clinical diseases of extracel-

(上接第 547 页)

而在临床应用时，分割式可摘局部义齿的设计应严格选择黏膜坚韧、弹性好的患者，制作时应考虑增大基托下黏膜的承受力、尽可能增大基托面积、选择牙尖斜度低的人工牙等措施。

[参考文献]

[1] 罗云, 王敏, 楼北雁, 等. 分割式可摘局部义齿的制作与临床应用[J]. 华西口腔医学杂志, 2006, 24(2) :125-127.  
LUO Yun, WANG Min, LOU Bei-yan, et al. Clinical application and processing of separate movable partial denture[J]. West China J Stomatol, 2006, 24(2) :125-127.

[2] 王敏, 范长斌, 罗云, 等. 分割式及普通可摘局部义齿基牙牙周膜的三维有限元分析[J]. 四川医学, 2007, 28(6) 578-579.  
WANG Min, FAN Chang-bin, LUO Yun, et al. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution about abutments periodontal membranes of separated removable partial denture and traditional removable partial denture[J]. Sichuan Medical J, 2007, 28(6) 578-579.

ular matrix[M]. Beijing : Beijing Medical University Press, 1999 : 36-47.

[6] Fujimura K, Kobayashi S, Suzuki T, et al. Histologic evaluation of temporomandibular arthritis induced by mild mechanical loading in rabbits[J]. J Oral Pathol Med, 2005, 34(3) :157-163.

[7] 李煌, 徐芸, 李松, 等. 下颌功能性后退青春恒河猴颞下颌关节间隙的研究[J]. 现代口腔医学杂志, 2004, 18(3) 211-213.  
LI Huang, XU Yun, LI Song, et al. The study of the change of the pubescent Rhesus monkeys' temporomandibular joint space after functional mandibular retraction[J]. J Modern Stomatol, 2004, 18(3) 211-213.

[8] Upton ML, Chen J, Guilak F, et al. Differential effects of static and dynamic compression on meniscal cell gene expression[J]. J Orthop Res, 2003, 21(6) 963-969.

[9] Gu Z, Jin X, Feng J, et al. Type I collagen and aggrecan mRNA expressions in rabbit condyle following disc displacement[J]. J Oral Rehabil, 2005, 32(4) 254-259.

[10] 马军利, 王美青, 张曼, 等. 静压力对髁突软骨超微结构的影响[J]. 口腔医学研究, 2006, 22(6) 588-590.  
MA Jun-li, WANG Mei-qing, ZHANG Man, et al. Effect of static stress on the ultrastructure of condylar cartilage[J]. J Oral Sci Res, 2006, 22(6) 588-590.

[11] 陈发明, 李宁毅, 孙海花, 等. 偏侧咀嚼对大鼠咀嚼肌组织结构的影响[J]. 现代口腔医学杂志, 2003, 17(4) 296-298.  
CHEN Fa-ming, LI Ning-yi, SUN Hai-hua, et al. The histopathologic influence of deflective mastication on mastication muscles of white rats[J]. J Modern Stomatol, 2003, 17(4) 296-298.

[12] 宋锦璘, 罗颂椒, 樊瑜波, 等. 静张应力对大鼠髁突软骨细胞增殖效应调节研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2003, 21(1) 57-60.  
SONG Jin-lin, LUO Song-jiao, FAN Yu-bo, et al. Static tension-stress effects on proliferation of mandibular condylar chondrocytes *in vitro*[J]. West China J Stomatol, 2003, 21(1) 57-60.

(本文编辑 汤亚玲)

[3] 范长斌, 王敏, 罗云, 等. 分割式及普通可摘局部义齿缺牙区黏膜的三维有限元分析[J]. 中华老年口腔医学杂志, 2007, 5(3) : 162-164.  
FAN Chang-bin, WANG Min, LUO Yun, et al. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution on the edentulous mucosa of separate removable partial denture and traditional removable partial denture[J]. Chin J Geriatric Dent, 2007, 5(3) :162-164.

[4] 皮昕. 口腔解剖生理学[M]. 4版. 北京: 人民卫生出版社, 2000 : 209.  
PI Xin. Oral anatomy and physiology[M]. 4th ed. Beijing : People's Medical Publishing House, 2000 209.

[5] 陈小晖, 程祥荣, 钱勤华. 套筒冠义齿用于牙周病患牙的生物力学研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(12) : 96-98.  
CHEN Xiao-hui, CHENG Xiang-rong, QIAN Qin-hua. The biomechanical study of the telescopic denture used in teeth with periodontal diseases[J]. J Huazhong University Science Technology : Nature Science Edition, 2003, 31(12) 96-98.

(本文编辑 王晴)