

# 全下颌牙种植义齿及支持组织应力的 三维有限元分析

## VI 不同上部结构对覆盖种植义齿应力分布的影响

何佳凝 岑远坤 毛祥彦 宫 苹

**摘要** 采用三维有限元方法,考察了不同的上部结构设计,包括套筒冠、杆卡式附着体、改良杆卡式附着体对全下颌种植覆盖义齿及其支持组织在正中𬌗情况下应力分布的影响。结果发现杆卡式附着体的使用可降低种植体及剩余牙槽嵴表面的应力,但使界面应力增加。改良杆卡式附着体不利于种植体及骨界面的应力分布。

**关键词** 全口覆盖义齿 种植体 有限元分析 应力 杆卡式附着体 套筒冠

种植覆盖义齿修复设计中,常采用不同形式的附着体系统。常用的附着体有套筒冠、杆、栓钉、O-环、磁附着体等。附着体的阳型部分装置在种植基桩上,阴型部分固定在义齿基托组织面,义齿就位时,阴型与阳型彼此嵌合,使义齿获得良好的固位和稳定。套筒冠和杆是临床上最常用的两种附着体系统,杆附着体包括直杆、角度杆、弧形杆等多种形式。关于附着体类型的选择,从生物力学的角度看,还存在着争议,有学者认为杆的使用可提高义齿的固位和稳定<sup>1</sup>,而另有学者却认为种植体以杆相连后容易造成界面的应力集中<sup>2</sup>。本研究旨在比较套筒冠与不同形式的杆附着体对覆盖式种植义齿应力分布的影响,从而为临床上种植义齿的修复设计提供理论依据。

### 1 材料和方法

#### 1.1 有限元模型的建立

在已经建立好的无牙下颌骨各向异性的有限元模型上<sup>3</sup>,通过布尔运算置入4枚柱状种植体,直径3.5mm,长20mm,骨内段长13mm。4枚种植体在颊孔间均匀分布,末端种植体远中面距颊孔6mm,彼此平行。本研究分析了下列三种设计形式。

**套筒冠附着体:**种植体之间相互独立,套筒冠简化为厚0.5mm的帽状冠。

**杆卡式附着体:**4枚均匀分布的种植体之间以直杆相连,杆的截面为长方形,高2.5mm,厚2.0mm,杆上缘距种植基桩顶1mm。

**改良杆卡式附着体:**将中间2枚种植体向远中移位,靠近末端种植体,使中间两枚种植体间距为20mm,种植体之间以弧形杆相连,杆的弧度与牙弓弧度一致。中央与侧方种

植体之间以直杆相连。

#### 1.2 材料的力学参数

见参考文献3。

#### 1.3 加载及边界条件

见参考文献4。本研究仅考察了正中𬌗条件下各结构的应力分布情况。

### 2 结 果

#### 2.1 附着体类型对种植体应力分布的影响

种植体的应力峰值均出现于颈部。使用杆附着体时,侧方种植体的最大张应力、最大压应力均大于中央种植体,且采用杆附着体后,种植体本身的应力峰值较采用套筒冠时减小,采用杆卡式附着体时,种植体的应力峰值小于采用改良杆卡式附着体(表1,图1,2)。

表1 种植体颈部的应力分布(单位:MPa)

附着体类型	𬌗位	最大张应力		最大压应力	
		应力值	位置	应力值	位置
套筒冠	中央种植体	92.5	舌侧远中	-102.0	颊侧近中
	侧方种植体	92.5	近中	-102.0	远中
杆卡式	中央种植体	39.3	舌侧远中	-58.3	颊侧近中
	侧方种植体	48.8	颊侧近中	-96.4	舌侧远中
改良杆卡式	中央种植体	46.3	舌侧远中	-79.4	颊侧近中
	侧方种植体	57.3	颊侧近中	-102.0	舌侧远中

四川省卫生厅资助课题

作者单位:610041 华西医科大学口腔医学院

## 2.2 附着体类型对种植体-骨界面应力分布的影响

种植体颈部周围的骨皮质界面为应力集中区。界面应力峰值无杆时小于有杆,改良杆卡式附着体大于杆卡式附着体。有杆时,侧方种植体-骨界面的最大张应力、最大压应力大于中央种植体(表2)。

表2 种植体颈部-骨界面的应力分布(单位:MPa)

附着体类型	最大张应力		最大压应力		
	应力值	位置	应力值	位置	
套筒冠	中央种植体	7.3	舌侧	-18.1	颊侧
	侧方种植体	7.3	颊侧近中	-18.1	舌侧远中
杆卡式	中央种植体	11.1	舌侧远中	-26.3	颊侧近中
	侧方种植体	16.2	近中	-46.6	远中
改良杆卡式	中央种植体	16.2	舌侧远中	-26.5	颊侧近中
	侧方种植体	21.4	近中	-47.1	远中

## 2.3 牙槽嵴表面骨皮质的应力分布情况

牙槽嵴表面骨皮质在正中𦍃加载条件下,主要表现为压应力,颌弓前段种植体支持区的应力小于后段粘膜支持区。后段牙槽嵴表面的应力在牙槽顶及其颊、舌侧分布均匀,应力峰值无杆大于有杆。两种形式的杆之间的应力峰值无显著差异(表3)。

表3 牙槽嵴表面骨皮质的应力分布(单位:MPa)

附着体类型	最大压应力
套筒冠	-57.6
杆卡式	-55.8
改良杆卡式	-55.6

## 2.4 义齿的应力分布情况

表4 义齿的应力分布(单位:MPa)

附着体类型	最大张应力		最大压应力	
	应力值	位置	应力值	位置
套筒冠	14.5	双尖牙区基托下缘	-16.1	双尖牙区𦍃面
杆卡式	11.7	双尖牙区基托下缘	-12.9	双尖牙区𦍃面
改良杆卡式	7.1	双尖牙区基托下缘	-13.9	双尖牙区𦍃面

覆盖式种植义齿上部结构三种设计在正中𦍃加载时,义齿的双尖牙区均表现为应力集中区,即义齿前段种植体支持区与后段粘膜支持区交界处。杆的使用可使义齿应力峰值下降,使用改良杆卡式附着体时虽最大压应力值略有增加但应力分布

非常均匀,应力集中现象不明显(表4,图3)。

## 3 讨论

### 3.1 附着体类型对种植体应力分布的影响

本研究结果可见,种植体以杆相连后,种植体本身的应力峰值下降。由于杆的使用将各个种植体连接成为一个刚性整体,使其在受载时,载荷可以均匀地分散到各个种植体上,从而降低了单个种植体的负荷。Branemark P-I系统的临床经验已经证实这一结论<sup>5</sup>。

当正中𦍃加载时,中央种植体的最大张应力,最大压应力均小于侧方种植体,是由于中央种植体距加载点远,所受的力矩较小,故应力也较小。

比较改良杆卡式附着体与杆卡式附着体,前者种植体的应力峰值大于后者。这是由于改良杆卡式附着体种植义齿中种植体的分布不均匀,种植体集中于牙弓中段,距加载点较近的缘故。

### 3.2 附着体类型对种植体-骨界面应力分布的影响

种植体-骨界面应力主要集中于其颈部周围的骨皮质区。当种植体无杆相连时,种植体可在下颌骨受载变形时随之自由变形,而当种植体被杆连接成一个刚性整体桥时,下颌骨在咀嚼运动中受力变形,而种植体被杆限制在原处变形量相对较小,即导致了种植体-骨界面之间产生较高的应力。这一结果与Meijer等<sup>2</sup>在1992年采用三维有限元法分析得出的结果一致。因此,从生物力学的角度来看,杆的使用不利于骨界面的应力分布。另外,临床上,患者口内由于有杆附着体给口腔清洁带来不便,容易造成其下的粘膜组织增生,而且由于取下义齿后患者口感不佳等原因,很多口腔医生认为套筒冠的固位力已足够,故不推荐杆附着体的使用<sup>6</sup>。

改良杆卡式附着体设计的提出,是认为将种植体集中于牙弓中段(尖牙及第一双尖牙区),更靠近承受𦍃力最大的部位,有利于承受𦍃力。但从本研究结果看,改良杆卡式附着体的覆盖义齿种植体-骨界面的最大应力值大于杆卡式附着体覆盖义齿,不利于界面应力分布。这是由于改良杆卡式附着体种植覆盖义齿的种植体分布不均匀,中央种植体之间间距较大,并以弧形杆相连,增加了额外的力矩,使种植体受到扭力故界面应力值增加。因此认为,

均匀分布的种植体之间以直杆相连更有利于界面应力的分布。

### 3.3 附着体类型对义齿应力分布的影响

在正中𬌗加载条件下,三种上部设计的义齿双尖牙区均为应力集中区,这是由于前段种植体支持区变形量较小,而后段粘膜支持区变形较大,故在二者交界处产生了应力集中。改良杆卡式种植覆盖义齿的应力分布比较均匀,无明显的应力集中区,说明这种不规则分布的种植体支持形式有利于义齿的应力分布。

### 3.4 附着体类型对牙槽嵴应力分布的影响

杆的使用可在一定程度上增加义齿的支持力,从而减小后段牙槽嵴的负荷,使其骨皮质表面的应力水平下降,有利于保护剩余牙槽嵴,减少其吸收。改良杆卡式与杆卡式附着体对牙槽嵴的应力分布无显著影响。

(本文图见中心插页3)

## 4 参考文献

- 1 Bidez MW, Yi Fangchen, Mcbonghlin SW, et al Finite element analysis (FEA) Studies in 2.5mm round bar design: The effect of bar length and material composition on bar failure J Oral Implantol, 1992, 18: 123
- 2 Meijer HJA, Stamans FJ, Steen WH, et al Location of implants in the interforaminal region of the mandible and the consequences for the design of the superstructure J Oral Rehabil, 1994, 21: 47
- 3 毛祥彦,岑远坤,王政严,等.全下颌牙种植义齿及其支持组织应力的三维有限元分析 I.三维有限元模型的建立 华西口腔医学杂志,1996,14(4): 299
- 4 岑远坤,何佳凝,毛祥彦,等.全下颌牙种植义齿及其支持组织应力的三维有限元分析 IV.种植体数目对覆盖式义齿应力分布的影响 华西口腔医学杂志,1996,14(4): 311
- 5 Skalak R. Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses J Prosthet Dent, 1983, 49: 843
- 6 Wostmann B, Rasch KR, Van-Benthen H. The attachments of MZ system in full denture prosthodontics Dentsch Zahnarzt Z, 1991, 46: 682

(1996-11-20 收稿)

## A Three-Dimensional Finite Element Stress Analysis of Implant-Supported Prosthesis and Its Supporting Tissue in the Edentulous Mandible Part 6 The Influence of Superstructure in Mandibular Complete Implant Overdenture and Its Supporting Tissue

He Jianing, Cen Yuankun, Mao Xiangyan, et al

College of Stomatology, West China University of Medical Sciences

### Abstract

The effect of superstructure, including telescope, conventional-bar and modified-bar, on the stress distribution of mandibular complete implant overdenture and its supporting tissue was investigated in this study. The results demonstrated that bar could lower the extreme principle stress of the implant, but the stress distribution of implant-bone interface was better when the implants were not linked with each other. Modified-bar is not preferred because it increases the stress of implant and its interface.

**Key words** complete overdenture implant superstructure finite element analysis stress

## 第二届全国口腔颌面外科及整形美容外科学术研讨会会议通知

为口腔颌面外科、整形美容外科事业的发展,促进学术交流,经验切磋,人才培养,经研究协商,《口腔颌面外科杂志》编辑部将于1997年12月上旬在云南省昆明市举办第二届全国口腔颌面外科及整形美容外科学术研讨会,届时将聘请全国著名专家作专题演讲。

欢迎全国各地同行踊跃参加。稿件要求附800字内的中文摘要。截稿日期为1997年6月底。来稿请寄:上海市新村路399号《口腔颌面外科杂志》编辑部,邮编:200065。信封上请标明“征文”字样。

(《口腔颌面外科杂志》编辑部)