

# 游离端半精密附着体义齿的支持骨表面应力分析

王 焱, 米乃元, 覃 峰, 刘付关平, 陈锦安

(中山医科大学口腔医学院, 广东 广州 510060)

**摘 要:**【目的】研究双侧游离缺失活动义齿使用不同类型的半精密附着体时周围支持骨组织的生物力学特征。【方法】采用电阻应变测量法,在人体下颌骨标本上测量基牙联冠数目分别为1,2,3单位的冠内及冠外半精密附着体式双侧游离缺失活动-固定联合修复体的表面应力值,并做统计分析。【结果】基牙数目从1个增至2个,支持骨组织应力分布明显变均匀,但基牙数目从2个增至3个时,应力值的改变无显著差异;冠内附着体在基牙周围牙槽骨上产生的总体应力较大,而冠外附着体在缺牙区牙槽嵴和近缺陷侧基牙远中颈部牙槽嵴上产生的应力较大。【结论】在设计游离端附着体义齿时,基牙联冠不宜跨度过大;附着体类型的选择应根据缺牙区牙槽嵴及远中基牙牙体、牙周条件酌情而定。

关键词:义齿,精密附着式;牙应力分析;义齿设计;义齿,局部,可摘

中图分类号: R 783.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-257X(2000)03-0219-04

## The Surface Stress Analysis of the Supporting Bone Tissue of Distal Extension Denture Retained with Semi-precision Attachment

WANG Yan, MI Nai-yuan, QIN Feng, LIUFU Guan-ping, CHEN Jin-an

(College of Stomatology, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou 510060, China)

**Abstract:**【Objective】To measure the surface stress of the periodontal supporting bone of bilateral distal extension removable partial denture retained by intracoronal or extracoronal attachment and with different number of abutments by strain gauge. 【Method】Strain gauges were bonded in the human mandible to measure the surface stress of bilateral distal extension removable partial denture retained by intracoronal or extracoronal attachments and with different number of abutments. 【Results】Increasing the splinted abutment number from 1 to 2, the stress distribution significantly became more evenly, but increasing the number from 2 to 3, there were no significant changes in stress values. Intracoronal attachment generally produced higher stress in the alveolar bone around the abutments than the extracoronal attachment, but extracoronal attachment produced higher stress in the edentulous alveolar crest and distal cervical alveolar bone of the distal abutment than the intracoronal attachment. 【Conclusion】While designing the attachment-retained distal extension removable partial denture, the splinted-abutment span should not be too long. The selection of intracoronal or extracoronal attachment should be decided by different situations of the periodontal condition of distal abutment and the edentulous alveolar crest.

**Key words:** denture, precision attachment; denture stress analysis; denture design; denture, partial, removable

附着体(attachment)是继卡环、套筒冠之后的第三大类直接固位体。它不仅解决了卡环由于金属钩暴露而产生的美观缺陷问题,而且能在一些特殊情况如基牙倾斜度过大、难以取得共同就位道、余留牙过少且牙周情况不佳、游离缺失等条件时取得

良好的固位、稳定效果,同时应力分布情况可更合理地调节<sup>[1~4]</sup>。但在国内,由于铸造、焊接技术及费用等因素的影响,精密附着体的应用受到很大限制,现在研制、使用的绝大部分都是半精密附着体,主要有栓道式、杆式及根帽等几种类型<sup>[1,5]</sup>。本研

收稿日期:1999-08-05

作者简介:王 焱(1971-),女,福建宁化人,硕士,讲师;陈锦安,中山大学应用力学系(广州,510275)。

©1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

究的目的是利用电阻应变测量法(strain gauge)对双侧游离缺失活动义齿使用冠内栓道式及冠外垂直杆式两种半精密附着体时的表面应力进行测量,分析和比较其在不同数目的基牙设计情况下支持骨组织的表面应力,从而找出其生物力学特征,为临床合理选用附着体和优化附着体义齿设计提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

新鲜成年人体下颌骨标本,骨质正常,牙列完整,牙齿排列整齐无松动;冠内栓道式半精密附着体及冠外垂直杆式半精密附着体;45°三向电阻应变花(浙江黄岩测试仪器厂生产,型号 120-2CA,等级 A,栅长 2 mm×1 mm,电阻 119.9 Ω±0.1 Ω,灵敏系数 2.1%±0.1%);YJ-16 型静态电阻应变仪(华东电子仪器厂生产);P20R-17 型预调平衡箱(华东电子仪器厂生产);微型加载架(上海 701 所生产)。

### 1.2 实验方法

1.2.1 制备模型 将新鲜成年人体下颌骨标本牙列上 $\overline{7667}$ 沿颈部截断,封闭髓室,制成 Kennedy I 类缺失模型。缺牙区粘膜以 2 mm 厚硅胶模拟。

1.2.2 制作义齿 在下颌骨标本上备牙、取模、制作冠内栓道式及冠外垂直杆式半精密附着体活动-固定联合修复体各 3 付: $\overline{543|345}$ 为 Ni-Cr 高熔合金全冠, $\overline{7667}$ 缺失以整铸支架活动义齿修复,义齿支架在远中基牙 $\overline{5|5}$ 舌侧均制作宽对抗臂。

1.2.3 定点贴片 在一侧下颌骨上按图 1 所示精确定点、编号并粘贴 45°三向电阻应变花:1 号点位于缺牙区颊侧牙槽嵴基托下缘约 $\overline{76}$ 交界处;2 号点位于 $\overline{5|}$ 远中颊颈部的牙槽嵴;3 号点位于 $\overline{5|}$ 颊侧根尖处;4 号和 5 号点分别位于 $\overline{43|}$ 颊侧牙根的中部区域;6 号点位于 $\overline{5|}$ 舌侧牙根的中部。把颌骨标本固定在加载架上,将应变花的引线通过预调平衡箱与应变仪连接起来。

1.2.4 加载测量 在左右两侧约 $\overline{66}$ 平面中点的位置上分别向垂直、颊向 45°、舌向 45°方向加载,载荷大小分为 14 N、28 N、42 N 三级,用电阻应变测量法测量各点的三向应变值。测量过程中,将各金属单冠逐步焊接形成 1 单位、2 单位、3 单位联冠基牙,得出以下 6 种工况:工况 1 为冠内栓道式半精

密附着体义齿, $\overline{543|345}$ 的固定修复体为 3 个独立的单冠,即 $\overline{5|5}$ 为基牙(简称冠内单基,基牙数目指单侧而言,下同);工况 2 为冠内栓道式半精密附着体义齿,将 $\overline{5445}$ 的金属单冠分别焊接起来形成 2 单位联冠(简称冠内双基);工况 3 为冠内栓道式半精密附着体义齿,将 $\overline{543|345}$ 的金属单冠全部焊接起来形成 3 单位联冠(简称冠内三基);工况 4、5、6 采用冠外垂直杆式半精密附着体,其余处理相同,分别简称为冠外单基、冠外双基、冠外三基。

1.2.5 计算分析 测出 6 种工况下各点三向应变值后,按以下公式<sup>[9]</sup>计算出最大和最小主应力 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ ,选择占主导地位的应力值进行析因分析及 Newman-Keuls 检验。

$$\sigma_{\frac{1}{2}} = \frac{E}{2} \left[ \frac{\epsilon_0 + \epsilon_{90}}{1 - \mu} \pm \frac{1}{1 + \mu} \sqrt{(\epsilon_0 - \epsilon_{90})^2 + (2\epsilon_{45} - \epsilon_0 - \epsilon_{90})^2} \right]$$

E 为弹性模量, $\mu$  为泊松比, $\epsilon_{90}$ 、 $\epsilon_{45}$ 、 $\epsilon_0$  分别为三个方向的应变值。人体下颌皮质骨  $E = 1.37 \times 10^4$  MPa, $\mu = 0.3$ <sup>[7]</sup>。

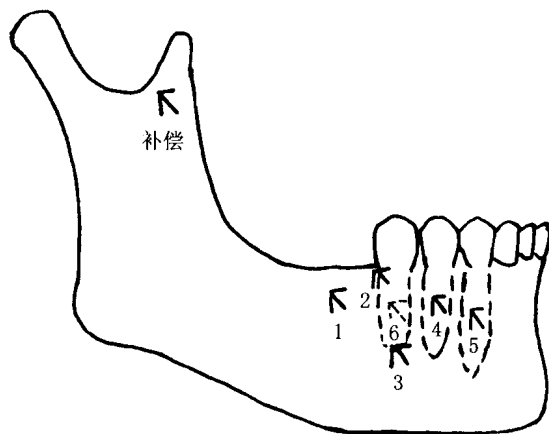


图 1 应变片分布示意图

Fig. 1 Diagram of the distribution of the strain gauges

The sixth strain gauge marked with dashed line means lying in the lingual side

## 2 结 果

### 2.1 不同附着体类型的应力比较

垂直加载时,1、2、3、4、6 点的应力值有显著性差异( $P < 0.05$ ,第 1、2 点 $\sigma_{冠内} < \sigma_{冠外}$ ,3、4、6 点 $\sigma_{冠内} > \sigma_{冠外}$ )。颊向加载时,1、2、3、4、5 点应力值有显著性差异( $P < 0.05$ ,第 1、2 点 $\sigma_{冠内} < \sigma_{冠外}$ ,3、4、5 点 $\sigma_{冠内} > \sigma_{冠外}$ )。舌向加载时,2、3、4、6 点的应力值有显著性差异( $P < 0.05$ , $\sigma_{冠内} < \sigma_{冠外}$ )。第 1 点应力值的比较情况详见表 1,其中正值表示拉应力,

负值表示压应力。第 2~6 点的资料略(详细情况请与作者联系)。

2.2 不同基牙数目的应力比较

垂直和颊向加载时,第 1、2、3、6 点应力值随着基牙数目增加而减少,4、5 点应力值随着基牙数目增加而增加,各点应力值的变化除少数情况外,绝大部分均表现为单基和双基的应力值有显著性差异( $P < 0.05$ ),而双基和三基之间则无显著性差异。

舌向加载时,1~6 点应力值均随着基牙数增

加而增加,大部分工况单基与双基间有显著性差异,双基与三基间无显著性差异。

2.3 不同载荷的应力值比较

随着载荷的增大,各点的应力值均增大,不同载荷的应力值间有显著性差异( $P < 0.05$ )。

2.4 附着体类型、基牙数目及载荷级数之间的关系

附着体类型、基牙数目及载荷级数之间无相互作用。

表 1 第 1 点不同工况的应力值比较

Table 1 The stress values of different conditions recorded from point 1

( $\bar{x} \pm s$ , MPa)

Direction	Number of abutment	Intracoronaral			Extracoronaral			K	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
		14 N	28 N	42 N	14 N	28 N	42 N				
Vertical	1	0.195±0.019	0.342±0.024	0.458±0.049	0.224±0.032	0.355±0.020	0.496±0.004	A	11.243 <sup>1)</sup>	53.004 <sup>2)</sup>	231.075 <sup>3)</sup>
	2	0.171±0.002	0.267±0.010	0.413±0.004	0.181±0.019	0.297±0.015	0.471±0.039	B			
	3	0.117±0.007	0.200±0.012	0.306±0.005	0.137±0.006	0.218±0.003	0.379±0.014	C			
Buccal	1	0.091±0.002	0.181±0.002	0.249±0.011	0.111±0.006	0.206±0.000	0.290±0.034	A	70.719 <sup>1)</sup>	219.63 <sup>2)</sup>	253.968 <sup>3)</sup>
	2	0.080±0.003	0.162±0.002	0.215±0.028	0.102±0.004	0.206±0.000	0.288±0.019	A			
	3	0.025±0.000	0.047±0.000	0.084±0.002	0.060±0.001	0.096±0.001	0.139±0.011	B			
Lingual	1	0.100±0.002	0.208±0.027	0.327±0.008	0.126±0.016	0.233±0.019	0.322±0.022	A	0.025	16.737 <sup>2)</sup>	121.966 <sup>3)</sup>
	2	0.151±0.020	0.291±0.014	0.402±0.055	0.155±0.003	0.275±0.004	0.399±0.008	B			
	3	0.174±0.023	0.305±0.025	0.430±0.032	0.176±0.026	0.308±0.008	0.423±0.023	B			

F<sub>1</sub> refers to the F value of the intracoronaral/ extracoronaral comparison in the 2×3×3 three-way ANOVA, 1) means corresponding P value< 0.05; F<sub>2</sub> refers to the F value of the one-unit/two-unit/ three-unit abutment comparison in the 2×3×3 three-way ANOVA, 2) means corresponding P value< 0.05; F<sub>3</sub> refers to the F value of the 14 N/28 N/42 N comparison in the 2×3×3 three-way ANOVA, 3) means corresponding P value< 0.05; K refers to the Student-Newman-Keuls test for different number of abutment. Means with the same letter are not significantly different at P< 0.05. σ<sub>1</sub> were used in this table

3 讨论

3.1 附着体类型的选择对应力的影响

冠内与冠外附着体由于置于基牙上的位置不同,前者位于基牙牙体外形之内,后者突出于牙冠之外,因此活动义齿在基牙上的着力点不同,这就导致应力在牙槽嵴和基牙上的分布不同及应力传导方向不同。从本实验的结果来看,多数点(位置)的冠内/冠外应力值有显著性差异。

垂直和颊向加载时,总体上冠内附着体在基牙牙周支持骨上产生的应力大于冠外附着体,而在缺牙区牙槽嵴上的应力则小于冠外附着体。基牙牙槽嵴上应力值较大,并不意味着使用冠内附着体一定会在此造成应力集中或损害,因为冠内附着体的

着力点是在远中基牙牙体内的龈壁上,离龈嵴顶的距离较短,而且力的传导方向与牙长轴方向更接近;另外,基牙周围的支持骨组织所能承受的应力的生理限度目前还不清楚,所以,对于冠内附着体所造成的较大应力应正确地看待和利用。使用这类附着体时,除了基本应具备的一些条件如牙冠大、髓腔小、排列正常等外,必须保证基牙尤其是远中基牙的牙周支持情况良好,这样可使基牙在生理范围内承担较大的应力,既不损害基牙,又减轻了牙槽嵴的负担。冠外附着体在缺牙区牙槽嵴上的应力较大,这一方面是由于冠外附着体突出于牙槽嵴之上,另一方面主要是由于实验所采用的冠外附着体的阴型是镶嵌在基托内的一个尼龙簧片,具有一定的弹性。当应力作用至此,形成应力缓冲,使分布至基牙上的力大大减小,大部分通过基托的缓慢

下沉施加至牙槽嵴上。因此,冠外附着体较适用于远中基牙支持条件相对欠佳,但牙槽嵴较丰满的情况。

冠内附着体由于各轴壁与基牙牙体紧密嵌合,具有良好的卡抱和支持作用,能对抗侧向力,而冠外附着体位于牙体之外,只提供基本的固位力,对抗侧向力的能力则相对较差<sup>[4]</sup>。本实验舌向加载时,多数点冠外附着体产生的应力高于冠内附着体,侧面验证了冠内、冠外附着体的这一不同特性。颊向加载时,由于还有义齿在远中基牙舌侧的对抗臂起对抗作用,所以二者在此因素上的差异不明显。舌向加载时,舌侧对抗臂失去作用,冠外附着体对抗舌向力的能力明显低于冠内附着体,因此表现出传导至牙槽嵴的应力值较高。

第2点(远中基牙颈部)比较特殊,该点正好位于悬臂梁的基部,受力复杂,实验中表现出应力较大,而且无论在垂直、颊向还是舌向加载,均为 $\sigma_{\text{冠外}} > \sigma_{\text{冠内}}$ ,这在临床运用中值得加以重视。在设计时,必须通过合理地增加基牙数目、缩短游离端长度等方法来减少弯矩,同时,尽量设计成弹性附着体,使应力得到缓冲,以减少因悬臂作用造成的远中基牙牙周损伤。

### 3.2 基牙数目的选择对应力的影响

远中游离缺失义齿的 $\sigma_{\text{力}}$ 多数由缺牙区牙槽嵴和基牙共同承担。一般认为,增加基牙数目可使 $\sigma_{\text{力}}$ 分布较为均匀,减少牙槽嵴承受的压力,延缓牙槽嵴吸收。但是,在附着体义齿中,增加基牙数目便意味着更多牙体组织的磨除以及由此带来的牙龈激惹问题和费用问题<sup>[8]</sup>,因此,需要联冠固定用来作为基牙的牙齿数目就成了一个有争议的问题。本实验中,在垂直和颊向加载情况下,将基牙的数目从1个增至2个时, $\sigma_{\text{力}}$ 在各基牙周围支持骨组织内的分布明显变均匀,远中基牙牙槽嵴区的应力集中减少。但是,将基牙数目从2个增至3个时,二者的应力值并无显著性差异。由此可见,临床上附着体义齿的单端基牙数目至少应有两个,适当增加基牙数目可减少局部应力集中,但是基牙数目的增加并不能成比例地降低远中基牙牙周支持组织的应力,因为其中涉及到内部各种应力的抵消、叠加等复杂作用,而且,缺牙的位置、缺牙间隙的大小、牙根的形状、基牙牙周和骨的支持情况、缺牙区牙槽嵴粘膜的厚度、弹性以及患者的咀嚼习惯等因素,均影响 $\sigma_{\text{力}}$ 的分配和余留组织对 $\sigma_{\text{力}}$ 的反

应,所以,临床增加基牙数目应慎重。

舌向加载时,情况与垂直和颊向加载时有所不同。随着基牙数目的增加,1~6点的应力均不同程度地增大,而且各点应力值均比颊向加载时大。这是由于当基牙用联冠夹板固定时,各基牙将连成一个整体产生极其复杂的受力变形,包括拉伸、压缩、弯曲及扭转,随着基牙数目的增加,扭转运动支点前移,力臂加长,扭矩也加大,造成了相应的应力增大。而附着体义齿抵抗舌向力的能力较弱,因而此时扭矩产生的效应占了主导地位,抵消了由于基牙数目增加而使远中基牙应力减少的效应。因此,不论是缺牙区牙槽嵴还是基牙牙槽嵴,受舌向力时,随着基牙数目的增加,并未使应力得到减轻,反而出现表面应力的增大,但是多数点也表现为单基与双基有显著性差别,双基与三基无显著性差别的规律。这从反面提示,附着体义齿临床设计时不能盲目地增加基牙数目,而应综合考虑义齿各向的受力、牙弓的形状、基牙在牙列上的位置等因素的影响,以使设计出的义齿既能最有效地利用余留组织的支持力,又能获得最佳的应力分配状况。

### 参考文献:

- [1] Zimmer I D. Locking type of semiprecision attachments[J]. Dent Clin North Am, 1985, 29(1): 81.
- [2] Wolf R E. Extracoronar attachments[J]. Dent Clin North Am, 1985, 29(1): 185.
- [3] Bums D R, Ward J E. Review of attachments for partial removable denture design: 1. classification and selection[J]. Int J Prothodont, 1990, 3(1): 98.
- [4] Chou T M, Caputo A A, Moore D J, et al. Photoelastic analysis and comparison of force-transmission characteristics of intracoronar attachments with clasp distal-extension removable partial dentures[J]. J Prosthet Dent, 1989, 62(3): 313.
- [5] 冯海兰, 李连生, 孟焕新. 固定-活动联合修复方法临床应用初步报告[J]. 中华口腔医学杂志, 1996, 31(5): 263.
- [6] 张如一, 陆耀楨主编. 实验应力分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981. 1~5.
- [7] Carter D R, Splengler D M. Mechanical properties and composition of cortical bone[J]. Clin Orthop Res, 1978, (9): 192.
- [8] Charkawi HG, Wakad MT. Effect of splinting on load distribution of extracoronar attachment with distal extension prosthesis in vitro[J]. J Prosthesis Dent, 1996, 76(3): 315.

(编辑 刘清海)