

羟基磷灰石牙槽嵴加高与骨融合式种植体同期植入的有限元分析

洪咏龙 刘宝林 卢 军

摘要 以骨膜下种植体固定羟基磷灰石颗粒加高的牙槽嵴,并同期植入骨融合式种植体为实验组,以单独植入的骨融合式种植体为对照组建立有限元分析模型,分别在两组骨融合式种植体的顶端,沿其长轴垂直加载 40 kg 的力。结果显示:实验组骨融合式种植体周围牙槽嵴顶部的压应力较对照组增加了 36.3054 N/mm²,约 30.35%,而牙槽嵴顶部与骨融合式种植体界面的切应力较对照组减少了 70.4058 N/mm²,约 19.46%。表明这种同期植入的修复方法有助于减少骨融合式种植体边缘骨的吸收,提高种植体的成功率。

关键词 牙槽嵴加高术 羟基磷灰石 种植体 有限元方法

由于植入的骨融合式种植体在愈合期以后必需承担一定的咀嚼功能,因而就有必要了解羟基磷灰石(HA)颗粒加高牙槽嵴同期植入的骨融合式种植体负载后应力分布的情况。Turner 等^[1]于 1956 年首次提出了有限元概念,以后 Clough^[2]将其命名为有限元法,这种方法主要用于分析复杂结构的应力分布。本实验选用有限元分析法,通过比较单独植入骨融合式种植体和 HA 颗粒牙槽嵴加高同期植入骨融合式种植体在相同负载条件下应力分布的同异,分析 HA 牙槽嵴加高对骨融合式种植体负载后的应力分布的影响。

1 材料和方法

1.1 实验分组

对照组:骨融合式种植体单独植入牙槽骨。

实验组:选用 HA 颗粒加高牙槽嵴,加高高度约为 3 mm,以纯钛骨膜下种植体固定,其宽度为 6 mm,再植入骨融合式种植体。

1.2 模型设计

采用成人下颌骨标本作为建立有限元的解剖学基础,设定对照组骨融合式种植体与牙槽骨为骨性结合,实验组 HA 颗粒、骨膜下种植体、骨融合式种植体及牙槽骨相互之间均以骨组织形式紧密连接。将对照组与实验组均简化为平面模型。模型分别为 1774 个单元和

2142 个节点,设计模型中的各材料和组织为连续、均质、各向同性的线弹性材料(见表 1),受力时模型各截面不产生相互滑动。

表 1 种植材料与组织的弹性常数

材料	弹性模量(E)(kg/cm ²)	泊松比 μ
粘膜	3.1×10	0.45
牙槽骨	3.5×10 ⁴	0.33
纯钛	1.2×10 ⁶	0.35
致密羟基磷灰石	3.5×10 ⁵	

1.3 实验方法

加载方式:对照组和实验组均在骨融合式种植体顶端沿其长轴方向垂直加载 40 kg。

观察两种植方式植入的骨融合式种植体负载后的应力分布情况。

2 结 果

2.1 应力分布

无论是对照组还是实验组负载后,应力多集中在骨融合式种植体的上端和底部(图 1,2)。

2.2 牙槽嵴顶部应力值

两组加载后应力值见表 2。

作者单位:710032 第四军医大学口腔医学院(洪咏龙,刘宝林),上海海军四一一医院口腔科(卢 军)

表 2 牙槽嵴顶部应力值(N/mm²)

	牙槽嵴顶部压应力	牙槽嵴顶部界面切应力
实验组	156.1154	296.3111
对照组	119.8000	361.8169
差值(%)	+36.3054(30.35%)	-70.4058(19.46%)

3 讨 论

Mohammed 和 Lavernia 等^[3,4]用有限元应力分析法对弹性模量不同的种植牙模型作过计算分析,结果显示高弹性模量的材料,有使根尖区产生应力集中的趋势,低弹性模量材料则有使颈部区产生应力集中的趋势。但 Weiss^[5]认为人工种植体要求的关键不是弹性模量,而是合理设计。1973 年 Tesk 等^[6]采用有限元分析了叶片状和柱状牙种植体,结果表明柱状种植体可将绝大部分的力传递到牙槽骨上。目前,基本上一致认为直接骨界面的种植体(骨融合式种植体)具有最优越的力传导形式。本实验对照组即采用骨融合式种植体,从应力分布图中可知加载后应力多集中在骨融合式种植体的颈部和底部,这一特点与自然牙应力分布相近^[7]。不同的是自然牙颈部为拉应力而根尖部为压应力,骨融合式种植体则均表现为压应力。实验组从加载后应力分布图可知其应力分布基本与对照组一致,并没有因使用 HA 颗粒和骨膜下种植体加高牙槽嵴而改变骨融合式种植体的力传导形式。

由于至今对活体骨组织承受应力的生理限度还不十分清楚,所以,只能尽量降低应力载荷以避免超过其生理耐受限度。种植体植入骨内后形成了种植体与骨组织两种性质不同的材料邻接界面,按工程力学的观点,此处可能是结构的薄弱环节。界面上每一个单位面积承受的载荷,即为该点界面上的应力。要降低应力,一方面减少种植体承受的载荷,另一方面则要降低界面平均应力,这时应注意到有时即使平均应力并不高,而局部应力集中也可能超过骨的正常耐受阈值,造成骨的创伤和吸收,因而此时更

应着重降低应力集中区的应力值,从对照组中已知骨融合式种植体负载时应力多集中在颈部及底部。Matsushita 等^[8]证实无论垂直负荷还是侧向负荷,应力主要分布在种植体颈部周围的骨皮质中,松质骨内应力相对较低。临床资料统计,种植体边缘骨组织在种植体植入后第一年约吸收 1.5 mm,以后平均每年吸收约 0.1 mm^[9]。对于严重萎缩性牙槽嵴而言,由于其牙槽嵴高度明显不足,如何减少牙种植体植入后牙槽嵴的吸收对种植体植入是否成功就显得十分重要。Borchers 等^[10]认为减少种植体界面应力有利于防止骨吸收和结缔组织长入,以及由此而导致的种植体植入失败。本实验利用 HA 颗粒加高牙槽嵴并以骨膜下种植体固定将应力集中区由骨融合式种植体与牙槽嵴顶的界面移至由骨融合种植体与 HA 颗粒加高牙槽嵴的界面,并通过骨膜下种植体将骨融合式种植体上的一部分负荷传递到周围牙槽嵴上,从而降低了骨融合式种植体与牙槽嵴顶部界面的应力,有助于减少种植体边缘骨的吸收,提高种植体的成功率。此外,骨化良好的 HA 颗粒能承受功能性应力,所以,骨化良好的 HA 颗粒加高的牙槽嵴能为骨融合式种植体提供可靠的支持。

由于有限元分析法是建立在物理模型和数学模型基础之上的,离活体组织尚有一定的差距,如种植体界面组织实际是动态变化的,骨组织也是非均匀性的和各向异性的,而且具有粘弹性,这些都是理论模型难以考虑到的因素,因而,上述结果还局限于理论研究,还待更深入的研究。

(本文图见插页 16)

4 参考文献

- 1 Turner MJ, Clough RM, Maitin HC, et al. Stiffness and deflection analysis of complex structures. *J Aero Sci*, 1956;23: 805
- 2 Clough RM. The finite element in plane stress analysis. *Proc, and ASCE Conf on Electronic Computation*. Pittsburg, PA, 1960

- 3 Mohammed H, Atmaram CH, Schoen FJ. Dental implant design: A critical review. *J Oral Implantol*, 1979;8(3): 393
- 4 Lavernia CJ, Cook SD, Weinstein AM, et al. The influence of the bone-implant interface stiffness on stress profiles surrounding AL203 and carbon dental implants. *Ann Biomed Eng*, 1982;10(3): 129
- 5 Weiss CM. Tissue integration of dental endosseous implants: Description and comparative analysis of the fibro-ossous integration and osseous integration systems. *J Oral Implantol*, 1986;12(1): 169
- 6 Tesk JA, Widera O. Stress distribution in bone arising from loading on endosteal dental implants. *J Biomed Res Symp*, 1973;4: 251
- 7 Glickman I, Roerber FW, Brion M, et al. Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontal. *J Periodontol*, 1970;41: 30
- 8 Matsushita Y, Kitoh M, Mizutal K, et al. Two-dimensional FEM analysis of hydroxylapatite implants, Diameter effect on stress distribution. *J Oral Implantol*, 1990;16(1): 6
- 9 Meroueh KA, Watanabe F, Mentag PJ. Finite element analysis of partially edentulous mandible rehabilitated with an osteointegrated cylindrical implant. *J Oral Implantol*, 1987;13(2): 215
- 10 Borchers L, Reichart P. Three-dimensional stress distribution around a dental implant at different stages of interface development. *J Dent Res*, 1983;62: 155
(1995-12-27 收稿)

Finite Element Analysis of Osteointegrated Implant Fixed in Hydroxylapatite Augmentation

Hong Yonglong, Liu Baolin, Lu Jun

College of Stomatology, the Fourth Military Medical University

Abstract

The subjects were divided into two groups: the experimental group (BMP-HA combined material+subperiosteal implant+osteointegrated implant) and the control group (osteointegrated implant). Finite element model was made, a 40kg force was added vertically to the osteointegrated implant top to analysis the stress distribution and compare the stress on the alveolar ridge and that on the interface of hydroxylapatite and the osteointegrated implant. The results showed that the stress distribution in the experimental group was similar to that of the control group, which was concentrated on the neck and the bottom of osteointegrated implant. In contrast with control group, the compressive stress on the alveolar ridge in experimental group increased by 36.3054 N/mm², accounting about 30.35%, but the shearing stress on the interface between hydroxylapatite and osteointegrated implant was reduced by 70.4058 N/mm², accounting about 19.46%. The results suggested that this method of simultaneous osteointegrated implant helped to decrease the atrophy of the alveolar ridge and to increase the service life of osteointegrated implant with the reduced shearing stress.

Key words: ridge augmentation hydroxylapatite implant finite element

《当代实用口腔正畸技术与理论》已出版

《当代实用口腔正畸技术与理论》由华西医科大学罗颂椒教授主编,北京医科大学·中国协和医科大学联合出版社出版。该书由作者等总结多年临床经验和科研成果,并参阅国内外大量资料编写成。书中突出口腔正畸学的现代基础理论知识和临床诊断、治疗的方法及技能,可供临床正畸医师、研究生、进修生、本科生使用。该书实用性强,深入浅出,图文并茂,共 60 余万字,插图 398 幅,16 开精装本,定价 55.00 元(另加邮费 2.00 元)。需购者可通过邮局汇款至成都市人民南路三段 14 号,邮编 610041,华西医科大学口腔医学院正畸科乔鞠医师收。款到寄书。

羟基磷灰石牙槽增高 与骨融合式种植体同期植入 的有限元分析

(正文见第266页)

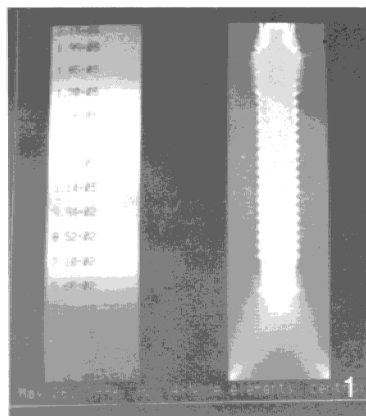


图1 实验组负载后, 应力主要集中在骨融合式种植体的
上端和底部

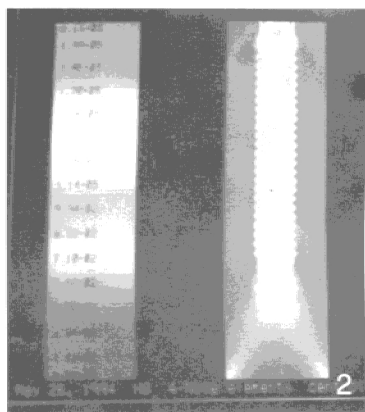


图2 对照组负载后, 应力同样主要分布在骨融合式种植
体的上端和底部

颅颌面部多异物微机辅助三维定位 新技术及临床应用

(正文见第280页)

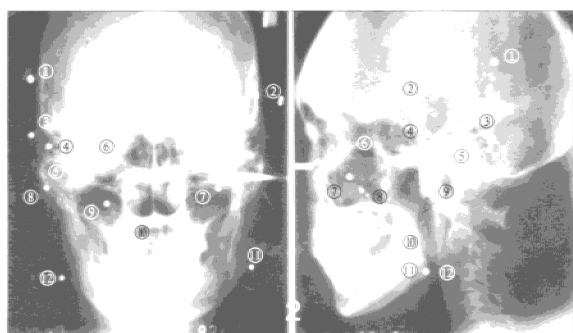


图2 患者颅颌面部异物及相部骨标志点
左 颅颌正位定位X线片 右 颅颌侧位定位X线片