

种植固定桥应力分布均衡时种植体长度和直径间关系的三维有限元分析

张理生 周延民 孟维艳

摘要 目的:揭示种植固定桥在应力分布均衡状态下种植体之间长度与直径的关系。方法:利用三维有限元法,根据种植固定桥应力分布均衡时应力值随着种植体直径或长度的改变,确定种植体直径和长度的关系。结果:本实验得出了在垂直加载及水平加载条件下,要达到应力均衡分布时种植体直径和长度的相关值,并绘制出两者关系曲线。结论:通过调整种植体的直径和长度,可使不同型号种植体支持式固定桥达到应力分布均衡,种植体的直径和长度选择与模型大小有关,对临床种植固定桥修复中种植体型号的选择提供了一定的理论依据。

关键词 种植体 固定桥 应力 有限元分析

A Three-dimensional Finite Element Analysis of the Correlation between Lengths and Diameters of the Implants of Fixed Bridges with Proper Stress Distribution

Zhang Lisheng, Zhou Yannin, Meng Weiyan

School of Stomatology, Bethune Medical University

Abstract

Objective: The study is designed to investigate the correlation between lengths and diameters of the implants of fixed bridges with proper stress distribution. Meanwhile, the correlation between the diameter of the implants and the size of a mandible bone is evaluated by stress analysis. **Methods:** According to the stress around the implants of an implant fixed bridge with proper stress distribution, especially peak stress, a three-dimensional finite element method was used to determine the correlation between diameters and lengths of implants with their diameters or lengths changing. **Results:** The peak stress surrounding the implants in fixed bridge supported by clinical implants that were commonly used was figured out, and the correlated amount of diameters or lengths of the implants were achieved. Furthermore, a correlation curve of diameter and length of the implants was made. But the correlated amount of diameters or lengths of the implants were not found in this model. **Conclusion:** The proper stress distribution of implants with different implant sizes can be achieved by adjusting diameters or/and lengths of implants. The selection of the implant size is related to the limited model size. Being a preliminary theory, the results will be proved to be clinically acceptable to the size selection of implants.

Key words: implant fixed bridge stress finite element analysis

双端固定桥修复成功的主要因素之一是应力分布均匀,进而达到减小基牙牙周组织的应力,减轻骨组织受压吸收¹。种植工作者在临床工作中经常因骨量不足或腔、窦、神经管等影响,而选择较短或较细的种植体。然而,增加或减少种植体直径或长度,将影响到种植体的表面积——种植体与周

围骨组织的接触面积,也会影响到应力分布²。本研究利用三维有限元法试图阐明固定桥两端种植体周围组织达到应力分布均衡时,种植体长度和直径的关系。

1 材料和方法

1.1 模型的建立

选择一成年下颌骨作为构件有限元模型的结构基础,其符合 Misch 等²建立的牙槽骨四种分型的 A 型。本模型

是以第二磨牙存在时的远中面向前截取 30.0 mm 下颌骨骨段,其平均高度为 30.0 mm,平均宽度 12.5 mm。沿颊舌方向切成 15 个切片(德国产 Leitz-1600 高速锯切片机)。切面的位置同每一个切片上皮质骨和网状骨的厚度可通过测微计(无锡 0~100 mm 镀铬游标卡尺)测得,并于计算机(SGI 工作站)上建立模型。种植体的植入和桥体连接均在计算机上进行,种植体植入部位在模型的两端 10 mm 的中央。根据计算机和结果显示需要设垂直加载 270 N,水平加载 100 N,此加载均在人最大咬合力范围之内²。模型采取近远中端固定,桥上部高度为 8 mm。

1.2 材料的力学参数及种植体的选择

所用材料的杨氏模量和泊松比见表 1。

表 1 4 种材料材料力学模量³

材料	杨氏模量(MPa)	泊松比(V)
松质骨	490	0.30
纯钛	111600	0.35
不锈钢	206000	0.28
密质骨	9807	0.32

依据临床常用种植体的型号,模型近中种植体采用的直径和长度(D/L)为 4 mm 和 10 mm。依据 Misch 等² 研究,种植体直径、长度与表面积的关系,远中种植体设定的长度为 7、10、13、16、19 mm,直径为 3.00、3.25、3.50、3.75、4.00、4.25、4.50、4.75、5.00 mm,共 14 种选择。为计算分析方便,将种植体形状拟定为等直圆柱状。

1.3 研究方法及内容

使用 MSC/NASTRAN 分析程序建立模型,模型节点数 18063 个,单元 16714 个。其中六面体单元 15454 个,五面体单元 1260 个。同时假设 模型中材料均为均质、各向同性

的线性弹性体; 种植体与骨呈 100% 的结合状态; 种植体植入方向以正常下颌牙长轴为准。分析种植体周骨界面的最大应力值及远中侧种植体长度与直径关系: 固定桥两端种植体的型号均为 4 mm/10 mm(D/L),于桥正中处垂直和水平加载条件下,两侧种植体周围骨组织的最大应力值;

利用上述获得的应力分布状况,尤其是最大应力值作为参考,在近中侧种植体型号不变的情况下,设定远中种植体即 14 个 L 和 D 值,确定在相同加载条件下要达到应力分布均衡时,远中侧种植体对应的 D 或 L 值。

2 结 果

固定桥两端均为标准种植体的最大应力点位于颈周骨皮质区最上点,垂直加载及水平加载两侧最大应力值分别为-25.26 MPa 和-15.41 MPa。垂直加载及水平加载时达到应力分布均衡时,对应远中侧种植体直径和长度(图 1,表 2、3)。根据表 2、3 数据作出远中侧种植体直径和长度相关曲线。

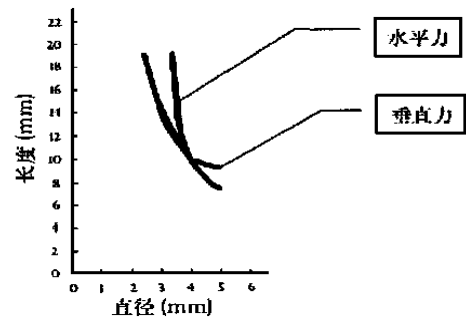


图 1 两种加载条件下远中侧种植体应力分布均衡时直径与长度相关曲线

表 2 垂直加载应力分布均衡时远中侧各型号种植体直径和长度(mm)

型号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L	7.00	10.00	13.00	16.00	19.00	14.80	14.10	13.30	11.70	10.00	9.75	<u>9.50</u>	<u>9.30</u>	<u>9.20</u>
D		4.00	3.20	2.85	2.55	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00

未划线值为设定值,划线值为计算结果,下同

表 3 水平加载应力分布均衡时远中侧各型号种植体直径和长度(mm)

型号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L	7.00	10.00	13.00	16.00	19.00			19.10	11.50	10.00	9.10	<u>8.45</u>	<u>7.75</u>	<u>7.40</u>
D		4.00	3.65	3.55	3.50	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00

图 1 可见,种植体以 4 mm/10 mm(D/L) 为界,直径在 4 mm 以下时,随着直径的减小,长度要求急剧加大,即垂直及水平加载时,随直径由 4 mm 减至 3 mm 及 3.5 mm 时,长度由 10 mm 猛增至 19 mm 以上,尤以水平加载为甚;反之,直径由 4 mm 增加至

5 mm 时,长度减小变化不大。

3 讨 论

本研究根据种植体的表面积与种植体应力之间的关系,通过调整种植体直径和长度,确定以临

床常用种植体型号为标准,同时确定固定桥种植体周围骨组织应力分布均衡时,远中侧种植体的直径和长度的相关曲线(图1)。得到上述结果的原因如下:增加种植体的直径则相对减少了颊、舌侧剩余牙槽骨的厚度,即减少了两侧支持骨的骨量,因此在直径超过4 mm的条件下,进一步增加直径,长度要求变化不大。本研究就此也作了垂直加载时近中侧种植体(4/10, D/L)与远中侧种植体(5/7, D/L)双端支持固定桥的最大应力和应力分布分析,结果表明远中侧种植体周围骨组织的最大应力值为26.67 MPa,高于对照标准的25.26 MPa,也就是说此时要达到均衡的应力分布,远中种植体直径在5 mm的基础上还需增加长度;而长度为7 mm时,要达到应力分布均衡,直径需在5 mm基础上再增加。但经计算,本模型中找不到相应的值,即长度为7 mm,直径由5 mm再增加反而使两侧应力值增大。或许在较宽的上颌骨中找到此种情况下5 mm以上的直径对应值,因此对于本模型,过细或过短的种植体应力分布不利,至于种植体长度和直径的临界值,尚需进一步的研究。由于骨皮质的弹性模量高,应力主要集中于骨皮质界面区⁴。减径使种植体与骨皮质的接触面积减少,皮质骨内的应力会增加。由于骨松质界面本来所产生的应力就很小,需使此区承受更大的应力以分担骨皮质较集中的应力,则需进一步增加种植体与松质骨的接触面积,即增加长度。因此直径在4 mm内进一步减小时,长度要求变化较大;同时,在本研究给定的长度范围内水平加载,直径为3.5 mm以下时,长度不能确定。由此看出过度减径对均衡的应力分布不利,尤其是水平加载时。根据曲线的坡度可以看出,水平侧向力对种植体的影响较垂直侧向力大,这与Meijer等⁵的研究结果相符。

本研究中加载负荷的大小只能影响到应力值的大小,而对曲线无影响。对本研究有一定影响的因素主要为:标准种植体大小的选择是决定曲线的主要因素之一;由于模型的局限性以及有限元模型边界条件的假设使本实验结果与临床实际应用之间存在差距;临床种植固定桥可能有一侧或两侧的邻牙支持,这种支持一定程度上改变固定桥受力状况,此类情况有待进一步的研究。

总之,不同型号的种植体联合应用,当应力分布不均衡时可通过调整种植体的长度或(和)直径来达到分布均衡,从而提高种植固定桥的远期成功率;并且在特殊的解剖状况下(如高窄、低宽的牙槽嵴或解剖标志的限制),也可以通过调整种植体的长度和直径来达到标准种植体同样的固位效果。本研究结果为种植固定桥临床设计和修复提供了初步的理论依据。

参考文献

- 1 赵云凤主编. 口腔生物力学. 北京:北京医科大学·中国协和医科大学联合出版社,1996:132
- 2 Misch CE, Robert W, Reinhardt, et al. Contemporary Implant Dentistry. St. Louis: Mosby-year Book Inc, 1993:125~127, 131,158
- 3 Chen J, Zhou J, Zhang X, et al. Proceedings of "bioceramics and the human body" A. Ravaglioli & A. Krajewski Elsevier, 1991:78
- 4 Lozada JL, Abbate MF, Pissarello FA, et al. Comparative three-dimensional analysis of two finite-element endosseous implant designs. J Oral Implant, 1994,20(4):315~321
- 5 Meijer HA, Starmans EJM, Steen WHA, et al. A three-dimensional finite-element analysis of bone around dental implant in an edentulous human mandible. Arch Oral Biol, 1993,38(6):491~496

(1999-01-29 收稿,2000-04-03 修回)

《种植义齿学》出版发行

由华西医科大学口腔医学院巢永烈教授、梁星教授主编的《种植义齿学》由北京医科大学·协和医科大学联合出版社出版发行。该书全面阐述了当代种植义齿学的新理论、新观点和新方法,为研究生和七年制学生提供了种植义齿学教材,也适用于从事临床、科研、教学的口腔科医师参考。该书为16开,近30万字,每本25元(含邮费)。需购该书者请汇款至成都市华西医科大学口腔医学院修复科钟虹,邮编610041。