

[文章编号] 1000-1182 2007 01-0093-04

不同牙周膜厚度对桩核-牙根联合体 抗折力学性能的影响

张山川¹, 陈新民², 周 玘², 潘 璐², 王 姝²

(1.口腔生物医学工程教育部重点实验室, 四川大学; 2.四川大学华西口腔医院 修复科, 四川 成都 610041)

[摘要] 目的 探讨不同牙周膜厚度对桩核-牙根联合体抗折力学性能的影响。方法 用有机玻璃模拟标准尺寸的上中切牙牙根45个。常规铸造桩核修复, 软衬材料模拟牙周膜, 厚度分别为0.2 mm、0.4 mm、0.6 mm、0.8 mm、1.0 mm, 试件分成5组, 每组9个。在Instron-4302万能测试机上进行垂直于牙根长轴加载压缩测试, 加载速度1 mm/min, 至桩核松动、脱位或牙根脱位、破裂, 记录最大载荷和位移。结果 牙周膜厚度分别为0.2 mm、0.4 mm、0.6 mm、0.8 mm、1.0 mm时, 桩核-牙根联合体承受的平均载荷分别是148.033 N、161.889 N、168.667 N、181.589 N、194.622 N, 位移分别为1.965 mm、2.837 mm、3.327 mm、3.927 mm、5.326 mm。除0.4 mm与0.6 mm组, 不同牙周膜厚度组间联合体抗折力与位移均有显著性差异。结论 牙周膜厚度在一定范围时, 相同质量、相同高度牙周膜的桩核-牙根联合体抗折力和位移与其牙周膜厚度成正比。

[关键词] 牙周膜厚度; 桩核-牙根联合体; 抗折力; 位移

[中图分类号] R783 [文献标识码] A

Effect of the Thickness of Periodontal Ligament on the Fracture Resistance of Root and Post-core System
ZHANG Shan-chuan¹, CHEN Xin-min², ZHOU Pin², PAN Lu², WANG Shu². (1. Key. Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Ministry of Education, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Dept. of Prosthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

[Abstract] Objective To assess the effect of the thickness of periodontal ligament on the fracture resistance of root and post-core system. Methods Forty-five simulated roots in the same length, taper and diameter were made of polymethacrylate(PMMA). Then the wax patterns of post-cores were cast. Soft lining material was used to simulated periodontal ligament. And each specimen was embedded in acrylic resin and then fixed in a special jig on the universal load-testing machine. A compressive load was applied at a 90-degree angle to the long axis of the core until fracture, at a crosshead speed of 1 mm/min. The maximum of load and the displacement were recorded. Results The mean values of load in root and post-core system were 148.033 N, 161.889 N, 168.667 N, 181.589 N, 194.622 N, and the mean values of displacement were 1.965 mm, 2.837 mm, 3.327 mm, 3.927 mm, 5.326 mm. Conclusion The fracture resistance and displacement of root and post-core system with the same quality and altitude periodontal ligament are associated with the thickness of periodontal ligament when the range of thickness is from 0.2 mm to 1.0 mm.

[Key words] thickness of periodontal ligament; root and post-core system; fracture resistance; displacement

桩核冠是利用固位桩插入根管内以获得固位, 用上部的核来替代缺失的冠部牙本质, 之后再做冠的一种修复体。这种修复体在应力传导中将载荷从冠部传至桩, 然后通过牙根传导至牙周组织。其中, 牙周膜使牙齿固定于牙槽骨内, 具有悬韧带作

用, 并可调节牙齿承受的咀嚼压力。因此, 牙周膜的性质尤其是其厚度对桩核冠修复体的成功与否起重要作用。近几年国内外学者也对牙周膜作了多方面的研究^[1-9], 但把牙周膜厚度作为一个因素引入到影响桩核-牙根联合体抗折力的研究目前尚无报道。本实验通过测试不同厚度牙周膜时桩核-牙根联合体的抗折力学性能, 分析牙周膜厚度与桩核-牙根联合体抗折力学性能的关系, 以期对口腔临床修复有一定参考意义。

[收稿日期] 2006-11-08; [修回日期] 2006-12-24

[基金项目] 四川省科委应用基础基金资助项目(02SY029-117)

[作者简介] 张山川(1982-), 女, 辽宁人, 硕士研究生

[通讯作者] 陈新民, Tel: 028-85501450

1 材料和方法

1.1 材料

有机玻璃聚甲基丙烯酸甲酯(江苏泰兴有机工艺厂), HY-007数控仪表机床(上海仪表机床厂), 磷酸锌粘固剂(上海齿科材料厂), 中熔铸造合金CW-M型(四川大学材料成型及控制系制造), 一般铸造桩核所用常规材料和器具(天津市医院设备厂), 自凝基托树脂型和自凝型丙烯酸酯类软衬材料(上海齿科材料厂), 1473聚醚精细印模手混型硅橡胶材料(3M公司, 德国), Instron-4302万能测试仪(Instron公司, 美国)。

1.2 方法

1.2.1 制备标准牙根试件 用HY-007数控精密机床加工45个模拟上颌中切牙牙根有机玻璃试件, 牙根长为12 mm, 颈部直径为6.2 mm, 牙根聚合度为 6.277° , 根管聚合度为 1.933° , 牙周膜面积为 178.95 mm^2 , 根管口直径为2.1 mm(根直径的 $1/3$), 根管底部的直径为1.56 mm, 桩长8 mm, 共制备5组, 每组9个。

1.2.2 制作桩核蜡型、铸造、粘接 将有机玻璃试件根管用三氯甲烷清洗后, 铸造蜡取桩核蜡型, 桩核设计为改良圆柱形。常规铸造桩核, 铸造后打磨, 在试件上试合, 确保试件与桩的密合。在桩核上距桩根交界7.34 mm处以金刚砂针打槽, 用来容纳Instron-4302万能测试仪的刃状加压装置, 并保证加力点的统一。试件桩道、根面、铸造桩核用体积浓度75%的乙醇处理后吹干, 磷酸锌粘固剂加压粘固, 直至粘接剂凝固。严格按照厂家说明书及临床操作要求进行。

1.2.3 制作加载底座 在试件牙根表面均匀涂布自凝软衬材料, 平齐桩根交界处, 用以模拟牙周膜纤维。实验5组的牙周膜厚度分别为0.2 mm、0.4 mm、0.6 mm、0.8 mm、1.0 mm。每组均用硅橡胶材料制作相同厚度的阴模, 减小组内差异。然后再在软衬材料外面包裹自凝塑料形成圆柱形, 平齐桩根交界处, 模仿牙槽骨(高度为12 mm), 使其与加载底座匹配。此操作同样将所有试件用硅橡胶相同阴模来制作。去除颈部多余材料, 务必暴露颈部软衬材料, 待其干后, 完成试件准备工作。

1.2.4 桩核-牙根联合体抗折力测试 将包埋好的桩核在室温 27°C 下, 于生理盐水中浸泡24 h后, 用特殊的夹具将加载底座固定在Instron-4302万能测试仪上, 刃状加压装置对准核冠上的凹槽, 与牙体长轴呈 90° 。在1 mm/min速度下加载负荷, 至桩核松动、脱位或牙根脱位、破裂, 记录试件折裂时测试

机上的读数、桩核联合体加载后位移, 此时载荷大小(kN), 即为桩核-牙根联合体的抗折力。

1.3 统计学方法

应用SPSS 13.0统计分析软件对5组抗折力和位移结果进行单因素方差分析(One-Way ANOVA), 并对牙周膜厚度和抗折力之间以及厚度与位移之间进行回归分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同牙周膜厚度桩核-牙根联合体的抗折力

在0.2 mm组、0.4 mm组、0.6 mm组、0.8 mm组和1.0 mm组, 牙周膜厚度桩核-牙根联合体的抗折力分别为(148.033 ± 1.023) N、(161.889 ± 1.446) N、(168.667 ± 5.177) N、(181.589 ± 3.216) N和(194.622 ± 10.119) N, 方差分析表明组间差异有统计学意义($F=15.793, P < 0.01$)。利用LSD进行组间两两比较, 除了0.4 mm组与0.6 mm组抗折力之间差异无统计学意义($P > 0.05$)之外, 其余各组之间抗折力差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结果表明, 当牙周膜厚度在0.2~0.4 mm时, 厚度越大, 桩核-牙根联合体的抗折力越大, 当厚度从0.4 mm增加到0.6 mm过程中, 桩核-牙根联合体抗折力增大不明显, 而一旦经过这一平台期之后, 即厚度大于0.6 mm, 桩核-牙根联合体抗折力又会随着牙周膜厚度的增加而逐渐增大。通过回归分析得出, 牙周膜厚度与桩核-牙根联合体抗折力之间有相关关系, $r=0.779 (P < 0.05)$, 回归方程为 $Y=137.097+56.439X$ 。

2.2 不同牙周膜厚度桩核-牙根联合体加载后位移

在0.2 mm组、0.4 mm组、0.6 mm组、0.8 mm组和1.0 mm, 组牙周膜厚度桩核-牙根联合体加载后位移分别为(1.965 ± 0.486) mm、(2.837 ± 0.516) mm、(3.327 ± 0.540) mm、(3.927 ± 0.161) mm和(5.326 ± 0.611) mm。通过单因素方差分析 组间差异有统计学意义($F=59.767, P < 0.01$)。利用LSD进行组间两两比较, 各组位移之间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。这表明随着牙周膜厚度逐渐增大, 桩核-牙根联合体加载后位移逐渐增大。通过回归分析得出, 牙周膜厚度与桩核-牙根联合体加载后位移之间有相关关系, $r=0.720 (P < 0.05)$, 回归方程为 $Y=128.757+12.139X$ 。

3 讨论

3.1 力学实验与临床的联系与区别

人体正常牙周膜是位于牙槽骨与牙根之间的被动纤维结缔组织结构, 本身并不产生主动的运动, 属于各向异性、非均匀性的粘弹性材料, 具有支持

牙齿,传递、吸收和分散殆力的重要力学功能。桩核冠是临床常见的修复牙体缺损的修复方式之一。本实验模拟人牙根材料选用PMMA,其弹性模量2.65 GPa,抗拉强度60 MPa,抗压强度100 MPa,抗弯强度120 MPa,延伸率1%~5%,力学性质表现为各向同性,与牙本质某些力学参数接近。所用软衬材料为各向同性,均匀性的粘弹性材料。虽然材料性质有所差异,但其力学性质接近牙周膜,模拟牙周膜对牙根的受力反应的影响恒定,并不影响实验结果^[10]。由于牙周组织抵抗侧向力的能力较弱,很多情况下所产生的异常侧向力均会对牙周组织造成很大的损坏,故本实验设计为加载角度与牙体长轴呈90°,仅是着重模拟口腔殆力的水平分力,而未完全模拟殆力。正常牙周膜厚度为0.15~0.38 mm,而当牙周膜厚度超过正常生理范围时即为病理性。因此,本实验设计分组范围为0.2~1.0 mm,这样就同时研究并模拟了牙周膜生理及病理状态下对桩核-牙根联合体抗折性能的影响。临床上牙周膜生理情况下厚度越大,桩核冠抗折性能越佳,预后越好。

3.2 牙周膜厚度不同时桩核-牙根联合体抗折力和位移的力学分析

本实验结果显示,当牙周膜厚度为0.2~0.4 mm时,联合体抗折力随厚度的增加而增大;当牙周膜厚度为0.4~0.6 mm时,抗折力受牙周膜厚度影响不大;而经过这一平台期之后即牙周膜厚度为0.6~1.0 mm时,抗折力又随厚度的增加而明显增大。

通过具体力学分析发现,在对桩核-牙根联合体水平加载过程中,力学支点及加载角度均发生了变化,而牙周膜厚度越大,其力学支点及加载角度所发生的变化也就越大。所有试件起始加载点距支点距离均为7.34 mm,以牙周膜厚度1.0 mm组数据为例,加载位移是5.326 mm,在加载过程中,加载力的方向始终是与地面相垂直,而桩核-牙根联合体的方向由开始的与加载力垂直变为与加载力成 α 角,在达到临界生理荷载时即位移在5.326 mm的时候,临界生理荷载为194.622 N(即F),F分解为F₁与F₂两个力。F₁为加载于垂直于桩核-牙根联合体的力,表现为破坏桩核-牙根联合体,使桩断裂、破坏、牙根破坏等硬组织损害;F₂为平行加载于联合体上的力,表现为牵拉桩核,使桩核牙根脱位,F₂越大,牙根越倾向于脱位。实验5个组所有试件经加载后的临界生理荷载F均可分解为以上两种力。F₁=F×sin α ; F₂=F×cos α (α 为最终加载角度)。牙周膜厚度越大,加载位移越大, α 角越小。通过每组位移与加载力的数据计算出,随着牙周膜厚度的增

加, α 角从90°逐渐减小,F₁略有增加但不明显,F₂明显增加。F₁实为真正的联合体抵抗折断的力。综上,各组牙周膜厚度逐渐增加,联合体所能承受的载荷F是由增加不明显的F₁与明显增大的F₂所组成的合力。本实验结果显示F增大,其实是在牙周膜厚度大时,增加了联合体的加载位移,增大了牙根脱位的倾向,联合体所能承受的最大载荷很大一部分消耗在牙齿移动,增加牙齿动度上了。严格地说,在加载过程中,随着联合体的脱出,力学支点发生了一定的平移变化,但主要是导致加载角度发生了较大变化。这与临床上牙周病变,牙槽骨吸收,力学支点向根方下移、不稳,是完全不同的。修复体的支点越靠近冠根交界处或咬合加载点越靠近牙槽骨支点,产生导致破坏的极限弯矩的所需外力就越大,因而桩核联合体的抗折力亦越大。在力学支点相对固定,加载角度越小,其桩核-牙根联合体抗力亦越大^[11]。

3.3 实验试件的破坏方式

检查各个实验后试件发现,牙周膜厚度小的组内试件大都发生桩核交界处断裂、牙根断裂等硬组织部分破坏;而牙周膜厚度大的组内试件大都发生牙周膜受挤压变形、牙根脱位等牙周组织破坏。本实验结果也恰好说明了这一现象:牙周膜厚度增加,F增大,其中F₁略微增加,F₂明显增加,而增厚的牙周膜对F₁有很好的缓冲作用,加载位移增加, α 角增大,更促使了联合体的脱位。所以,牙周膜越厚,联合体硬组织的损坏发生就越少,而牙根脱位发生就越多。牙周间隙过宽与力学支点上移、有效牙根长度变短,两者相互影响着促使牙根脱位的发生。厚度在一定范围内的健康牙周膜对牙齿或修复体受力有强大缓冲作用,保护着牙体及修复体等硬组织结构。

3.4 临床中牙周膜厚度异常情况的生物力学分析

牙周膜的结构和它的功能大小有着密切关系。一个埋在颌骨中或经久不用的牙齿,其牙周膜变薄,排列规则的主纤维消失,而代之以排列不规则的胶原纤维;当功能增大时,牙周膜的宽度增加,主纤维束变粗大。在创伤殆时,牙周膜远超过正常的宽度,牙齿动度增加。此种情况正与本实验结果相吻合。临床表现为牙周破坏,牙齿松动移位甚至脱落。临床还有一种情况:牙周膜缺失,如再植后的牙齿或者炎症长期刺激下形成的“骨粘连”等情况,牙齿或修复体受到殆力时,力量直接作用于硬性的牙槽骨,而缺乏牙周膜对力量的缓冲,使得硬性的牙槽骨或者是上部牙冠或是修复体(如桩核交界处)破裂折断。临床上在处理这些病例时都应该

谨慎,避免异常殆力发生。另外,口腔种植中的理想的种植体即是与骨形成骨整合,而这种与骨的结合方式与正常牙齿的区别就在于无牙周膜的缓冲作用,所以种植适应证就非常严格。

[参考文献]

- [1] Natali AN. A multi-phase media formulation for biomechanical analysis of periodontal ligament[J]. *Meccanica*, 2002, 37(4/5): 407-418.
- [2] Provatidis CG. A comparative FEM-study of tooth mobility using isotropic and anisotropic models of the periodontal ligament[J]. *Med Eng Phys*, 2000, 22(5): 359-370.
- [3] 吴小红, 陈新民, 杨 艳, 等. 桩直径对桩核冠修复体固位力的影响[J]. *华西口腔医学杂志*, 2005, 23(3): 220-222.
(WU Xiao-hong, CHEN Xin-min, YANG Yan, et al. Effects of post diameter on retention of post-core crown system[J]. *West China J Stomatol*, 2005, 23(3): 220-222.)
- [4] Massimiliano G. An interface model for the periodontal ligament[J]. *J Biomech Eng*, 2002, 124(5): 538-546.
- [5] Pini M. Mechanical characterization of bovine periodontal ligament[J]. *J Periodontal Res*, 2002, 37(4): 237-244.
- [6] Francesco G. Mechanical response of bone under short-term loading of a dental implant with an internal layer simulating the nonlinear behaviour of the periodontal ligament[J]. *Comp Meth Biomech Biomed Eng*, 2003, 6(5/6): 305-318.
- [7] 彭 栗, 张 铭, 施生根, 等. 牙动度与牙周膜宽度关系的实验性研究[J]. *实用口腔医学杂志*, 2001, 17(4): 329-331.
(PENG Li, ZHANG Ming, SHI Sheng-gen, et al. Relationship between tooth mobility and width of periodontal membrane[J]. *J Pract Stomatol*, 2001, 17(4): 329-331.)
- [8] Shibata T. Mechanical behavior of bovine periodontal ligament undertension-compression cyclic displacements[J]. *Eur J Oral Sci*, 2006, 114(1): 74-82.
- [9] Natali AN, Pavan PG, Scarpa C. Numerical analysis of tooth mobility: Formulation of a non-linear constitutive law for the periodontal ligament[J]. *Dent Mater*, 2004, 20(7): 623-629.
- [10] 侯 睿, 陈新民, 吴 华, 等. 喇叭口残根根管重塑对牙根-桩核联合体抗折性能的影响[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2003, 34(3): 510-512, 558.
(HOU Rui, CHEN Xin-min, WU Hua, et al. The effect of rehabilitation of flared root canal on the fracture resistance of root and post-core system[J]. *J Sichuan University(Medical Sciences Edition)*, 2003, 34(3): 510-512, 558.)
- [11] 陈新民, 吴小红, 牛 林, 等. 牙槽骨吸收量对牙周膜面积、力学支点和桩核-牙根联合体抗折力学性能的影响[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2005, 36(6): 853-857.
(CHEN Xin-min, WU Xiao-hong, NIU Lin, et al. Effects of the loss of alveolar bone on the areas of periodontal ligament, mechanical fulcrum and fracture resistance of root and post-core system[J]. *J Sichuan University(Medical Sciences Edition)*, 2005, 36(6): 853-857.)

(本文编辑 汤亚玲)

第七届华西口腔医学学术会议暨第七届中国西部口腔医学学术会议征文通知

世纪辉煌,盛世相约,2007年金秋时节,四川大学华西口腔医院将迎来百年华诞。届时,为促进我国西部地区口腔医学学术交流,同时庆祝四川大学华西口腔医院百年诞辰,将于2007年8月28日至30日在四川省成都市召开“第七届华西口腔医学学术会议暨第七届中国西部口腔医学学术会议”。此次会议由中国西部口腔医学协作组、四川大学华西口腔医院主办和承办,并得到国内各口腔医学院和省市口腔医院等单位全力支持。会议同期将举办第七届中国西部国际口腔设备及材料展览会。

本次会议将邀请全国著名的专家学者,全面讲授口腔医学领域中各科临床实用新技术和新进展,同时代表及校友们可以就口腔临床技术、管理、经营等各方面的问题进行交流和探讨。本届会议设有口腔医学论文交流,被录用的论文将收入“第七届华西口腔医学学术会议暨第七届中国西部口腔医学学术会议”论文汇编并获得论文证书,并向《华西口腔医学杂志》、《口腔设备及材料》等杂志推荐发表。参加会议的代表及校友如需要可获得国家级继续教育项目证书及继续教育学分。

我们不仅期待着广大西部地区的口腔专业人员积极投稿参加会议,同时热情地欢迎全国各个地区的口腔专业代表能投稿并参加这次高水平的学术会议,并热情欢迎广大华西口腔校友和师生投稿参会交流,共同庆贺华西口腔医院百年华诞。母校欢迎您的到来!

一、 征文内容: 未公开发表的口腔内科、口腔修复、口腔颌面外科、口腔正畸、口腔种植、口腔预防、口腔儿童牙病等临床实用技术、新技术和应用基础研究,口腔新设备、新材料的使用体会及评价,口腔科室及诊所运营及管理经验等。

二、 稿件要求: 来稿请寄中(英)文题目、中文作者单位和作者姓名,300-500字以内四段式结构中(英)文摘要(包括目的、方法、结果和结论)。要求交打印稿1份(用Word格式录入)及相应Word格式的电子文件软盘或发电子邮件;来稿请注明详细通讯地址、邮政编码和联系电话。

三、 截稿日期: 2007年6月30日(邮戳为准)。

四、 参会人员会务费: 每人600元(交通住宿费自理)。

五、 通讯地址: 四川省成都市人民南路三段14号四川大学华西口腔医院科研科。联系人: 王亚、胡涛。邮政编码: 610041。联系电话: 028-85502415(办公室), E-mail: hxkqky@163.com,请在信封或电子邮件标题上注明:“中国西部口腔医学学术会议暨百年华诞院庆学术会议”征文字样。