

[文章编号] 1000-1182(2007)05-0493-04

多曲方丝弓配合前牙区垂直牵引下颌 牙齿移动趋势的光弹性研究

胡敏¹, 刘磊², 张丽雯¹, 吴宏², 颜炜群³, 寺田员人⁴

(1. 吉林大学口腔医院 正畸科, 吉林 长春 130041; 2. 吉林大学机械与工程学院 力学实验中心, 吉林 长春 130025;

3. 吉林大学药学院 生物工程教研室, 吉林 长春 130021;

4. 日本新潟大学齿学部附属医院 特殊齿科综合治疗部, 日本 新潟 951-8520)

[摘要] 目的 应用三维光弹实验法研究多曲方丝弓配合前牙区垂直牵引下颌牙齿的移动趋势。方法 建立与人体物理性能相似的1:1的全牙颌光弹模型, 对模型进行多曲方丝弓配合前牙区垂直牵引力加载, 将加载后的光弹模型进行三维方向冻结切片, 利用三维切力差法计算下颌牙弓上牙槽骨各点的应力值, 分析单颗牙牙周组织应力分布规律及运动趋势。结果 T7的运动趋势是整体龈向压低, 远中移动, 冠舌向根颊向转矩, 冠向远中旋转。T6的运动趋势是整体远中移动, 冠向远中旋转, 近中颊向远中舌向扭转。T5的移动趋势是殆向伸长, 冠向近中根向远中倾斜, 冠舌向根颊向转矩, 且整体受力较小。T3的运动趋势是轻度压低, 冠唇向根舌向转矩。T2的运动趋势是殆向伸长, 冠唇向根舌向转矩。结论 多曲方丝弓可以在三维方向控制单颗牙齿的移动。

[关键词] 多曲方丝弓; 三维光弹分析; 应力分布

[中图分类号] R783.5 **[文献标识码]** A

Photoelastic analysis of movement tendency of lower teeth using multiloop edgewise archwire with vertical elastics in anterior teeth area HU Min¹, LIU Lei², ZHANG Li-wen¹, WU Hong², YAN Wei-qun³, KAZUTO Tera-da⁴. (1. Dept. of Orthodontics, Hospital of Stomatology, Jilin University, Changchun 130041, China; 2. Center of Mechanical, Faculty of Mechanical and Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China; 3. Dept. of Biological Engineering, Faculty of Pharmacy, Jilin University, Changchun 130021, China; 4. Dental Hospital, Niigata University, Niigata 951-8520, Japan)

[Abstract] **Objective** To investigate the movement tendency of lower teeth using multiloop edgewise archwire (MEAW) with vertical elastics in anterior teeth area by three-dimensions photoelastic analysis. **Methods** The photoelastic model of full teeth as human body on physical parameter and dimension was established and loaded by MEAW with vertical elastics in anterior teeth area similar with clinic. Every freezing model-tooth was bladed by anteroposterior axes and vertical axes, the stress of every point of alveolar bone was calculated by three-dimensions shear-equation method. The stress distribution regularity of per-tooth was analyzed to describe their move tendency. **Results** The lower second molar was intruded and rotated to distal and inclined as negative torque. The lower first molar moved and rotated to distal, the mesial rotate to buccally and the distal rotate to lingually. The lower second pre-molar was extruded and inclined as crown to mesial and root to distal, inclined as negative torque. The lower canine was intruded slightly and inclined as positive torque. The lower lateral incisor was extruded and moved and inclined as positive torque. **Conclusion** Using MEAW with several "L" loop can control the movement of every tooth in three dimension.

[Key words] multiloop edgewise archwire; three-dimensions photoelastic analysis; stress distribution

1987年Kim^[1]首先提出应用多曲方丝弓(multiloop

edgewise archwire, MEAW) 治疗疑难正畸病例可以取得良好的效果, 其他学者也通过有限元^[2-3]、光弹^[4]等方法对MEAW进行力学分析。光弹性实验方法由于其模型与原型材料的相似性以及加载与实际临床一致, 使其研究结果具有很高的真实性。但近

[收稿日期] 2007-02-27; [修回日期] 2007-04-30

[基金项目] 吉林省科技厅国际合作发展资助项目(20040707-3)

[作者简介] 胡敏(1968-), 女, 吉林人, 教授, 博士

[通讯作者] 胡敏, Tel: 0431-88796023

年来光弹方面的研究多数是二维平面分析, 三维分析较少, 且只限于整体观测^[4]。本实验建立了上下牙弓的光弹模型, 通过对下颌实验模型单颗牙进行冻结切片, 利用三维切力差法, 研究MEAW配合前牙区垂直牵引时下牙弓牙周组织的应力分布规律, 得出每颗牙的移动趋势, 从三维方向评价其作用机制。

1 材料和方法

1.1 光弹实验模型的制作

利用透明度好、光学灵敏度高的光弹材料模拟牙、牙周膜、牙槽骨等组织, 建立与原型几何比为1:1的正常殆实验模型(模拟整齐排齐之后)。人工牙与中国人的牙体平均大小一致^[5], 实验模型材料的牙体、牙槽骨、牙周膜的弹性模量比与人体组织相似。原型材料各部位的弹性模量比为18 620 E/MPa:13 800 E/MPa:3.45 E/MPa (1.35:1:0.000 25), 模型材料各部位的弹性模量比为39.8 E/MPa:28.8 E/MPa:4.9 E/MPa (1.38:1:0.17)。牙体模型材料的配方为环氧树脂与顺丁烯二酸酐(100 g:35 g), 牙槽骨模型材料的配方为环氧树脂与顺丁烯二酸酐(100 g:30 g), 牙周膜模型材料的配方为环氧树脂、三乙烯四胺与苯二甲酸二丁脂(100 g:11 g:60 g)。

1.2 加载及应力冻结

在模型上粘接0.56 mm×0.71 mm的方丝托槽及磨牙带环, 按标准方丝弓托槽粘接标准。为避免不同材料的应力阻挡, 粘接剂也选择光弹材料。使用0.41 mm×0.56 mm不锈钢方丝, 每侧分别从侧切牙远中起做“L”形曲至第二磨牙近中, 每个“L”形曲的远中臂弯制后倾曲5°, 共计25°, 做成实际临床应用的多曲方丝弓, 将弓丝结扎在模型的托槽上, 在上下颌第一个“L”形曲上施加100 g的垂直牵引力。将加载后的光弹模型置于YD-500型自动控温应力冻结箱内, 按冻结温度曲线进行模型的应力冻结(图1)。



图1 加载模型

Fig 1 Loading model

1.3 冻结模型切片

根据左右对称相似原理, 本研究以应力冻结后模型切片的左侧下颌牙弓为实验对象, 将左侧下颌牙弓上每颗牙分别进行矢状向和垂直向切片。由于第一前磨牙位于牙弓转角处不易切割, 而中切牙和侧切牙的移动相似, 本研究以T23567为代表研究牙齿的移动趋势。

1.4 测量和计算方法

在牙齿示意图上的牙周区作标记点, 根据牙周膜面积大小每颗牙的标记点为15~25个(图2)。将冻结切片放置在不同光场中观察每颗牙牙周区的条纹级数, 判断牙周支持组织的应力集中区, 然后将模型切片对照示意图上标记点在050偏光仪(美国维射公司)上逐点测量, 进行数据采集。应用三维切力差法将条纹级数转换成模型切片上各点的正应力 σ , 利用Origin 6.0软件将切片上各点的应力值统计分析得到在弓丝作用下后牙牙周各点在近远中向和龈殆向以及前牙唇舌向和龈殆向的应力分布规律。然后将每颗牙的冻结切片按照牙周标记点进行垂直向切条, 平均每颗牙齿切片可以得到4~5个切条, 重复上面实验步骤, 得到后牙颊舌向的应力分布规律。

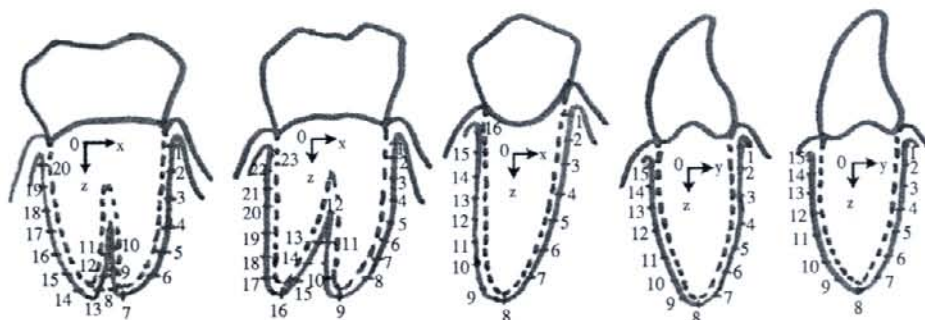


图2 T23567矢状向切片坐标系及标记点

Fig 2 T23567 cutting into slices coordinate and point

2 结果

各牙齿冻结切片在圆偏振光场中的等色条纹见图3。各牙齿在三维方向的应力分布规律见图4~6。

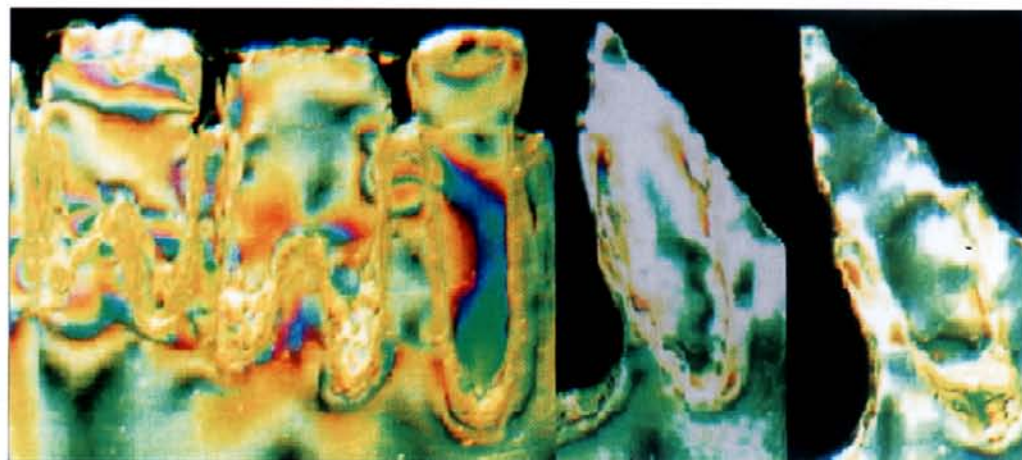


图3 T23567矢状向切片光场照片

Fig 3 T23567 isochromatics photograph of slices by anteroposterior axes

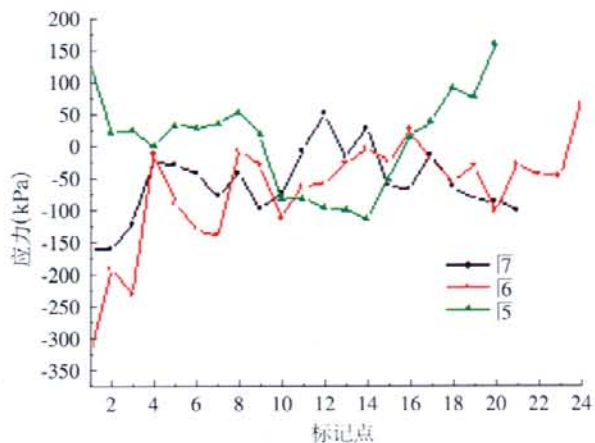


图4 σ_x 应力分布图

Fig 4 σ_x distribution

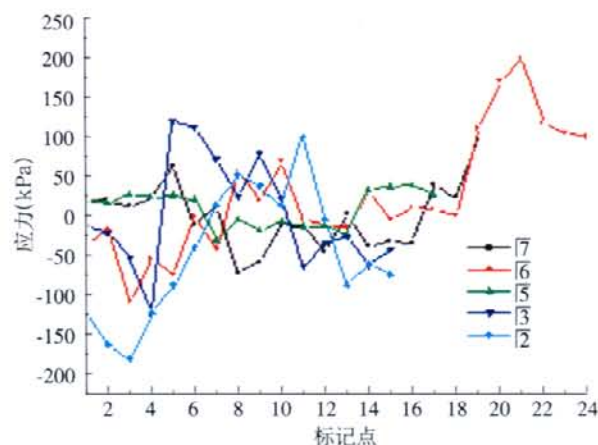


图5 σ_y 应力分布图

Fig 5 σ_y distribution

图中 σ_x 为近远中向的应力值,正值表示应力方向为近中向,负值相反; σ_y 为唇舌向的应力值,正值表示应力方向为舌向,负值相反; σ_z 为龈颌向的应力值,正值表示应力方向为龈向压低,负值相反。

区; T7的运动趋势为整体龈向压低,远中移动,冠舌向根颊向转矩,冠向远中倾斜。T6近远中根根尖区和根分叉区以及近远中根颈1/3区域都存在较明显的应力集中区; T6的运动趋势为整体远中移动,冠向远中倾斜,近中颊向远中舌向扭转。T5根尖周围和牙根近远中牙槽嵴顶区存在应力集中区,但条纹级数较低; T5的移动趋势为颌向伸长,冠向近中根向远中倾斜,冠舌向根颊向转矩,且整体受力较小。T3整个牙根周围的牙槽骨区都可以观察到等色条纹,但条纹级数较低; T3的运动趋势是轻度压低,冠唇向根舌向转矩。T2牙根唇舌侧颈1/3可见少量等色条纹,此区为应力集中区; T2的运动趋势为颌向伸长,冠唇向根舌向转矩。

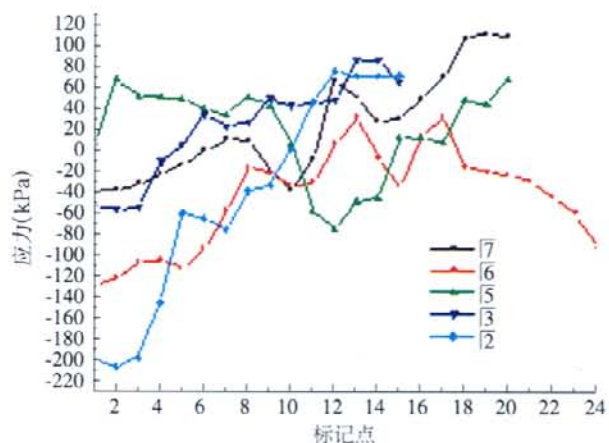


图6 σ_z 应力分布图

Fig 6 σ_z distribution

从图3~6可见,在MEAW配合前牙区垂直牵引作用下, T7近远中根尖和根分叉区以及近中根颈1/3和远中根根尖1/3有等色条纹,此区为应力集中

3 讨论

本研究制作完成的牙体及牙周支持组织三维冻

结光弹模型,与实际组织的几何形态和物理参数有严格的相似性,同时使用临床实际应用的托槽、弓丝和弹性牵引圈,保证了实验模型的相似性和力加载的真实性,这样得出的结果具有良好的直观性和可靠性^[6]。由于正畸力施加在牙齿上主要靠牙周组织的吸收与重建产生生理移动,所以牙体内部的受力情况不予讨论。本实验采用不同方向切片,从三维方向分析单颗牙受力后牙周组织应力分布规律和运动趋势。这种三维光弹分析方法突破了以往光弹性实验限于整体观测的局限性,可较细致、准确地分析单颗牙受力情况。但这种光弹模型从制作到切片均采用手工切割,通过磨制将切片逐渐磨薄,并逐点测量计算,从而工作量大,数据分析复杂。

本研究表明在MEAW配合前牙区垂直牵引作用下,磨牙整体远中移动,冠向远中直立,轻度压低,这有利于降低支点,可用于前牙开殆的矫治^[7]。研究中第二磨牙运动趋势为冠舌向根颊向转矩、第一磨牙近中颊向远中舌向扭转、前磨牙冠舌向根颊向转矩,这种作用与后牙的正常生理位置基本一致。本实验对于前磨牙的分析结果与Yoshimura等^[4]的研究有差异,他得出应用多曲方丝弓的光弹模型上,两个前磨牙之间为反向旋转,即T4冠向近中而T5冠向远中,而本实验T5的移动趋势为冠向近中根向远中倾斜,且整体受力较小,反向旋转存在于磨牙和前磨牙之间。这种不同的研究结果可能是由于弓丝序列后倾曲所形成的摇椅形弧度最高点的位置不同造成的,可以通过调整后倾曲角度使弓丝对单颗牙的作用力满足矫治开殆的需要。由于MEAW存在连续后倾曲,其会产生对前牙的压低作用,所以用MEAW矫治开殆时配合使用前牙区的垂直牵引必不可少。研究中弓丝对尖牙有轻度压低力,这可能是由于前牙区的垂直牵引力不足造成的,在临床上用于治疗开殆时可适当增加牵引力值以拮抗弓丝对前牙的压低作用。在MEAW作用下前牙的转矩与垂直牵引的方向和前牙区弓丝上的转矩角度有关,本实验由于后倾曲的形成,在弓丝前牙区产生了冠唇向根舌向的正转矩作用,在临床操作中可在弓丝前牙区打0°或负转矩来控制前牙的唇舌向移动。

Nahm^[2]报道,MEAW的“L”型曲的水平部分可以降低加载变形率并可垂直向控制牙齿,垂直部分可水平向控制牙齿。弯制多曲方丝弓时,弓丝长度为牙弓长度的2.5倍,加载变形率仅为理想弓丝的1/10,同时单颗牙受力时有最大的自由度和最小的

不适性^[8]。Sato等^[9]认为应用MEAW可使牙齿直立、调整殆平面、诱导下颌正中关系、建立中性殆、同时移动牙弓内多数牙齿并控制转矩等。Yoshida等^[10]认为MEAW具有以下优点:1)可提供持续而弱的正畸力;2)可在三维方向上控制单颗牙齿;3)可同时移动所有牙齿,缩短疗程;4)牙齿移动较快;5)不需要增加口外弓等额外支抗。本研究结果表明,MEAW的多个“L”型曲可以在三维方向控制单颗牙齿的移动,配合前牙区垂直牵引可使后牙远中直立并压低后牙,伸长前牙,达到矫治开殆的目的。

[参考文献]

- [1] Kim YH. Anterior openbite and its treatment with multiloop edgewise archwire[J]. Angle Orthod, 1987, 57(4):290-321.
- [2] Nahm DS. Analysis of the biomedical effects of MEAW[J]. Int J MEAW, 1994, 1:105-114.
- [3] Chang YI, Shin SJ, Baek SH. Three-dimensional finite element analysis in distal en masse movement of the maxillary dentition with the multiloop edgewise archwire[J]. Eur J Orthod, 2004, 26(3):339-345.
- [4] Yoshimura O, Matsui S. A mechanical study on multiloop edgewise archwire (MEAW)—A comparison with ideal archwire during combined use of vertical elastics[J]. J Jap Orthod Soc, 1999, 58(3):214-221.
- [5] 王慧芸. 我国人牙的测量和统计[J]. 中华口腔医学杂志, 1959, 3(3):149-155.
WANG Hui-yun. Measurements and statistics of Chinese teeth [J]. Chin J Stomatol, 1959, 3(3):149-155.
- [6] 胡敏, 刘磊, 张丽雯, 等. 牙体及牙周支持组织三维冻结光弹模型的设计与制作[J]. 吉林大学学报(医学版), 2006, 32(6):1125-1127.
HU Min, LIU Lei, ZHANG Li-wen, et al. The design and make method of full teeth and periodontium's photoelastic model[J]. J Jilin Univ Med Edit, 2006, 32(6):1125-1127.
- [7] 尹玉, 张力, 李济强, 等. 多曲方丝弓技术矫正恒牙列骨性开殆[J]. 华西口腔医学杂志, 2002, 20(1):71-72.
YIN Yu, ZHANG Li, LI Ji-qiang, et al. Using MEAW for skeletal open bite treatment in permanent dentition[J]. West China J Stomatol, 2002, 20(1):71-72.
- [8] Matsui S, Caputo A, Hayashi H, et al. Effects of loops of the multiloop edgewise archwire with Class II elastics—A comparison with the ideal archwire[J]. J Jap Orthod Soc, 1997, 56(6):383-390.
- [9] Sato S, Akimoto S, Fujima K, et al. Application of multiloop edgewise archwire (MEAW) on the occlusal reconstruction of malocclusions[J]. J Orthod Practice, 1989, 8(1):57-73.
- [10] Yoshida H, Aoshima M, Ueno Y, et al. Adult non-extraction cases treated by MEAW technique[J]. J Jap Adult Orthod, 1995, (2):77-83.

(本文编辑 李彩)