

网络出版时间: 2015-12-30 14:38 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20151230.1438.070.html>

摇椅弓弓丝直径变化对牙根牙周应力影响的三维有限元分析

晁秀玲, 宋宇宁, 李玉如, 白颖, 杨雅娴

摘要 建立包括下颌颌骨、牙列、牙周组织和曲度 10° 、弧形深度 2 mm、直径分别为 0.014、0.016、0.018 和 0.020 in 的圆丝摇椅弓有限元模型。当弓丝直径一定时, 切牙应力值最大, 尖牙次之, 第一前磨牙最小。随着弓丝直径变大, 牙根牙周应力增加。切牙有压低和冠远中竖直趋势, 尖牙、前磨牙和第一磨牙有伸长和冠远中竖直趋势。临床中使用不锈钢圆丝摇椅弓在曲度 10° 、弧形深度 2 mm 时, 弓丝直径不宜超过 0.018 in。

关键词 摇椅弓; 有限元; 力学分析

中图分类号 R 783.5

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2016)01-0143-04

打开咬合整平殆曲线是正畸的一个重要目标。作为连续唇弓的一种, 摇椅弓是临床上常用的打开咬合弓丝之一。摇椅弓可以单独使用, 通过升高磨牙压低切牙达到矫治效果, 也可以配合使用平导, 纠正深覆殆^[1]。在用种植钉内收前牙时, 辅助使用摇椅弓防止覆殆加深也取得了良好的效果^[2]。弓丝的变化导致摇椅弓力值效果不同。陈莉等^[3]认为, 不锈钢摇椅弓施予各牙的力与力矩值较 NiTi 摇椅弓大。石颢等^[4]认为在使用 $0.46\text{ mm} \times 0.64\text{ mm}$ 不锈钢摇椅弓时, 为避免牙根和牙周产生不良反应弓丝角度应不超过 15° , 弧形深度应小于 4 mm。但对于弓丝直径变化对牙根牙周的影响, 国内外未有明确研究。该研究利用有限元方法, 研究在曲度 (10°) 弧形深度 (2 mm) 一定时, 不锈钢圆丝摇椅弓弓丝直径改变牙根牙周膜应力的变化, 为临床中摇椅弓的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 标本选择 女性志愿者, 26 岁, 选择标准: 个别正常殆, 牙齿排列整齐, 牙周健康, 覆殆覆盖正常, 无正畸史, 无颌面手术史。

1.2 数据采集 用 64 排螺旋 CT (美国 GE Light-

Speed VCT) 对被测者从颅顶至颈部下缘以层厚 0.625 mm 进行横断面连续扫描, 扫描时口腔处于安静状态。共获得 384 层图像, 将数据以 DICOM 格式刻入光盘。

1.3 下颌骨摇椅弓有限元模型的建立 将以 DICOM 格式存储的二维 CT 图像 (美国 GE LightSpeed VCT) 导入 Mimics17 (比利时 Materialise) 软件, 设置模型坐标方向 (X 轴是矢状向, Y 轴是冠状向, Z 轴是横断向), 设定牙槽骨牙列的阈值范围为 1 804 ~ 4 095, 获得所需下颌骨和下颌牙列的 CT 图像, 运用 Calculate 3D 命令初步建立下颌骨和下颌牙列的三维模型。在 Geomagic studio2013 软件 (美国 3D system 公司) 中, 利用网格医生命令检查相交面、去除噪点、尖锐边、细小通道等, 进行三角面片模型的光顺优化处理, 牙根模型外扩展 0.25 mm 生成牙周膜模型, 最后生成各部分实体模型, 以 IGES 格式保存。

使用 NX8.5 软件 (德国 NX 8.5, Siemens), 依据 Bonwill-Hawley 图绘制下颌个体化标准弓丝, 弓丝长度 108 mm, 弓丝在尖牙托槽远中为旋转点向龈方角度旋转 10° , 分别生成曲度 10° , 弧形深度 2 mm, 直径分别为 0.014、0.016、0.018、0.020 in 的不锈钢圆丝摇椅弓。同样建立 MBT 托槽 (3M, Unitek 公司, 美国) 和颊面管模型。图 1 为 0.014 in 的摇椅弓和托槽模型。图 2 为整体模型。

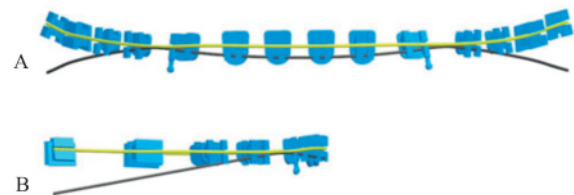


图 1 曲度 10° 、弧度 2 mm、弓丝直径为 0.014 in 的摇椅弓和托槽模型
A: 正面观; B: 矢状面观; 黄色代表平直弓丝; 蓝色代表摇椅弓

1.4 载荷及接触关系的设定 把装配好的模型导入到有限元分析软件 Ansys workbench 13.0 (美国 Ansys, Inc), 以 0.1 mm 侦测模型接触对之间的关系, 建立 bonded 接触对, 分别在每个托槽上加载求得的支反力, 设定髁突位置为约束端。

2015-10-23 接收

基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目 (编号: 201303100)

作者单位: 郑州大学第四附属医院口腔科, 郑州 450000

作者简介: 晁秀玲, 女, 副主任医师, 责任作者, E-mail: 345063822@qq.com

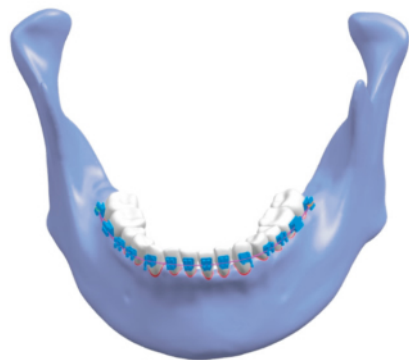


图2 曲度10°、弧度2 mm、弓丝直径为0.014 in的下颌摇椅弓模型

1.5 条件假设和网格划分 假设模型中各材料均为连续、均质、各向同性的线性弹性材料,材料的弹性模量和泊松比如表1所示。通过四面体四节点的单元对模型进行网格划分。

表1 材料的力学参数^[5-6]

材料	弹性模量(kPa)	泊松比
牙釉质	8.41E7	0.33
牙本质	1.81E7	0.31
松质骨	1.37E6	0.30
皮质骨	1.37E7	0.30
牙周膜	6.89E2	0.45
托槽、颊面管	2.06E8	0.30
不锈钢圆丝	1.76E8	0.30

2 结果

2.1 下颌摇椅弓有限元模型的建立 建立了包括下颌骨、下颌牙列、牙周膜、托槽和弓丝规格不同的(0.014、0.016、0.018、0.020 in)曲度为10°、弧形深度为2 mm的不锈钢圆丝摇椅弓的有限元模型。经过网格划分后得到1 833 504个节点,1 041 355个单元。

2.2 摇椅弓力系特点 牙根应力情况见表2,牙周膜应力情况见表3,表中数字均采用等效应力。其中“-”负号代表应力方向为龈方,正值代表殆方。牙根应力分布见图3,其中颜色代表应力值的范围,从红色到蓝色依次减少,牙根应力趋势见图4。根据表2、3和图3可以看出:①当弓丝直径一定时,中切牙牙根和侧切牙牙根应力最大,最大应力位置集中在根中1/3和根颈1/3。尖牙和前磨牙应力值居中,位置也集中在根颈和根中1/3。第一磨牙和第二磨牙应力最小,其应力较集中于根分叉处,大小均向根尖方向递减。②随弓丝直径的增大,每个图像的最大应力值调整增加,牙根和牙周膜应力增加。③当弓丝直径一定时,牙周膜应力总体小于牙根应力。

表2 牙根应力情况(kPa)

弓丝(in)	中切牙	侧切牙	尖牙	第一前磨牙	第二前磨牙	第一磨牙	第二磨牙
0.014	-225	-290	176	191	70	75	-114
0.016	-335	-420	290	287	119	120	-185
0.018	-477	-585	391	391	230	194	-284
0.020	-650	-776	698	554	360	288	-422

正值代表方向“-”代表龈向

表3 牙周膜应力情况(kPa)

弓丝(in)	中切牙	侧切牙	尖牙	第一前磨牙	第二前磨牙	第一磨牙	第二磨牙
0.014	-15.8	-15.4	13.1	15.8	4.8	4.5	-10.4
0.016	-22.7	-21.6	20.9	28.8	8.1	7.2	-16.5
0.018	-31.8	-29.1	30.5	28.8	15.0	12.5	-25.3
0.020	-42.1	-38.2	44.0	38.9	23.0	19.5	-37.4

正值代表方向“-”代表龈向

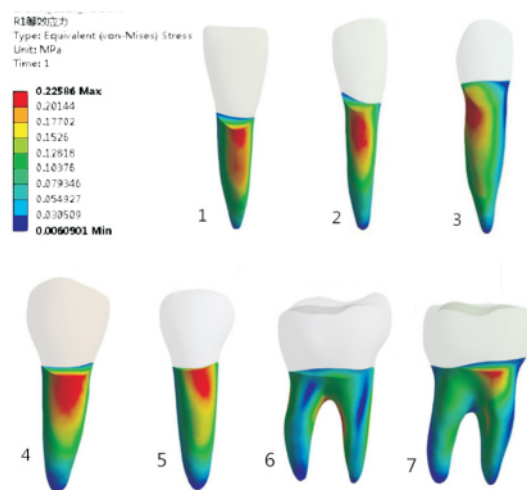


图3 弓丝直径0.014 in时右侧牙根应力分布云图

2.3 牙根牙周膜的应力 根据表2、3和图4可以看出:①弓丝直径一定时,第一磨牙牙根应力最小,中切牙、侧切牙应力较大,是第一磨牙的2~3倍。说明前牙虽然牙根表面积小,但单位面积受力较后牙大。②弓丝每增大一个规格,中切牙应力平均增加14 N,侧切牙和尖牙平均增加16 N增幅最大,第一前磨牙平均增加12 N,第二前磨牙和第二磨牙平均增加10 N,第一磨牙增幅最小为7 N,前牙增幅是第一磨牙的2.1倍。说明弓丝直径的变化对前牙牙根影响较大。且随弓丝直径增加,增幅伴随增大,当弓丝直径从0.014 in增至0.016 in时,前牙应力增幅约12 N,增加0.018 in时,应力增加0.014 N,弓丝直径增至0.020 in时,增幅高达22 N。③中切牙、侧切牙和第二磨牙的应力是负值,表示综合受到龈向力,是压应力,说明有压低趋势,而尖牙、前磨牙

和第一磨牙为正值,受到拉应力,说明有伸长趋势。

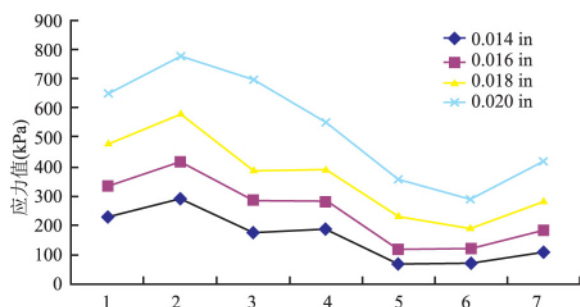


图4 牙根应力趋势图

2.4 牙根的位移情况 牙根的位移是摇椅弓丝入槽时牙根受到不同轴向的瞬间位移。其中 X 轴代表矢状向, Y 轴代表冠状向, Z 轴代表横断向: ① 中切牙(表4)和侧切牙位移一致,除了垂直向有压低趋势外,还表现为根舌向及远中向移动趋势; ② 尖牙位于摇椅弓转折处位置较特殊,除了垂直向有升高趋势外,还出现根舌向和近中倾斜移动; ③ 第一前磨牙和第二前磨牙位移也一致,出现根舌向和近中向移动趋势; ④ 第一磨牙(表4)在垂直向有升高趋势,同时牙根还受到颊向和近中方向的力; ⑤ 第二磨牙有压低趋势,受到根舌向力和冠远中向力。

表4 中切牙和第一磨牙牙根位移($\times 10^{-4}$, mm)

轴向	中切牙				第一磨牙			
	0.014	0.016	0.018	0.020	0.014	0.016	0.018	0.020
X	-2.42	-1.62	-1.47	-4.59	12.74	19.77	28.14	41.00
Y	-5.49	-76.14	-102.91	-131.99	10.49	17.12	30.21	45.63
Z	40.50	59.05	83.05	110.72	-6.72	-10.98	-18.03	-27.50

3 讨论

弓丝直径一定时,切牙和第二磨牙表现压低趋势,尖牙前磨牙和第一磨牙有伸长趋势。证实了摇椅弓是通过压低前牙升高后牙来打开咬合。前牙压低较后牙升高容易也更易保持,临床上主要以前牙压低为主。同时配合 II 类牵引有利于后牙的升高,引起下颌骨顺时针旋转打开咬合。但对于高角型深覆殆的患者需应慎用,避免因中后段牙齿升高导致更高角面型,影响治疗后美观和稳定性。

除了垂直方向的力,摇椅弓结扎进入托槽后还会产生其他方向的力和相应的位移。尖牙以及后牙主要表现牙冠远中竖直趋势,有利于整平 Spee 曲线。但切牙会受到冠唇向力,表现唇倾趋势,导致牙弓前段长度增加。尤其是临床上常用的预成型 NiTi

摇椅弓形态不完全相同于标准弓形,一般中段增宽后段变窄,引起前牙唇向变化更大,牙弓长度显著增大^[1]。临床上想控制前牙的唇倾程度,可以在矫治过程中在弓丝的末端进行回弯和尖牙的向后结扎,以防止切牙的唇倾引起前牙覆盖的加深。

随弓丝规格增加,牙根应力增幅最大,弓丝直径越大,每颗牙牙根应力的增幅越大。因弓丝直径增加,刚性增大载荷形变率加倍增大,即直径与所产生的力成正比例。其中切牙无论是应力值还是应力增幅都相对较大,在临床中应注意对切牙的保护。

本实验中牙根最大应力部位集中在根颈 1/3,从根颈部向根尖部位逐渐减小。这可能因为在摇椅弓作用下牙齿综合方向受力产生旋转移动,故应力集中在牙齿阻抗中心和旋转中心所致。同时提示在牙颈部位置的牙槽骨对弓丝规格变化敏感,弓丝直径过大会引起颈部牙槽骨吸收。

在摇椅弓中,切牙牙根应力最大即牙根单位面积的受力最大,过大直径的弓丝和摇椅弓曲度会增加牙根吸收的风险,尤其是切牙。研究^[8]表示,前牙牙根吸收程度和摇椅弓曲度存在显著相关性。吸收陷窝的分布与牙根表面受力大小直接相关^[9]。Schwarz^[10]于 1932 年首次提出正畸力不应超过 20 ~ 26 g/cm²。还有研究者认为矫治力不应大于重度力 350 g^[11]。如果以 20 ~ 26 g/cm² 为理想力值,以 350 g 为上限;根据本研究结果,当弓丝直径大于 0.018 in 时,除了第二前磨牙和第一磨牙外,其他牙周应力均大于 350 g;故当不锈钢圆丝摇椅弓曲度为 10°,弧形深度为 2 mm 时,弓丝直径不宜超过 0.018 in;如果大于 0.018 in,可适当减小摇椅弓曲度或用弹性模量较小的镍钛丝、澳丝等代替。

参考文献

- [1] Ghafari J G, Macari A T, Haddad R V. Deep bite: Treatment options and challenges [J]. Division Orthod Dentofacial Orthop, 2013, 19(4): 253-66.
- [2] Sung S J, Jang G W, Chun Y S, et al. Effective en-masse retraction design with orthodontic mini-implant anchorage: A finite element analysis [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010, 137(5): 648-57.
- [3] 陈莉, 张丁, 傅民魁, 等. 摇椅形唇弓矫治力系统的三维非线性有限元研究 [J]. 中华口腔医学杂志, 2004, 39(3): 239-41.
- [4] 石磊, 张端强, 许瀚于, 等. 摇椅弓角度和弧形深度对牙齿垂直向受力的影响 [J]. 实用口腔医学杂志, 2007, 23(2): 183-6.
- [5] Ammar H H, Ngan P, Crout R J, et al. Three-dimensional modeling and finite element analysis in treatment planning for orthodontic

网络出版时间: 2015-12-30 14:38 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20151230.1438.072.html>

◇ 综 述 ◇

趋化因子在高血压发病机制中的研究进展

杨青松 综述 王爱玲 审校

摘要 研究表明高血压是一种慢性炎症反应性疾病。其中, 内皮细胞功能不全及血管壁的炎症反应在高血压病因中起着重要作用。趋化因子是白细胞及某些组织细胞合成并分泌到外周血液的一类低分子量蛋白, 包括单核细胞趋化蛋白-1 (MCP-1/CCL2)、干扰素诱导蛋白-10 (IP-10/CXCL10)、白介素-8 (IL-8/CXCL8)、RANTES (CCL5) 及 Fractalkine (CX3CL1)。具体表达于白细胞表面相应的受体分别为 CCR2、CXCR3、CXCR2、CCR5、CX3CR1。趋化因子在体内外均有强大的诱导白细胞聚集、黏附及游走的功能, 与血管壁的炎症反应密切相关, 故趋化因子与其相应受体在高血压发病机制中扮演着重要角色。应用影响趋化因子及其受体的

药物, 抑制血管壁的炎症反应过程, 可以有效控制血压, 可能成为临床上药物治疗高血压的新靶点。

关键词 趋化因子; 炎症反应; 高血压; 发病机制

中图分类号 R 392.114; R 364.5; R 544.1

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2016)01-0146-05

原发性高血压 (essential hypertension, EH) 是常见的心血管疾病之一, 目前关于 EH 的发病机制尚未完全明确, 除遗传因素、饮食因素、精神因素及神经-内分泌机制外, 许多研究^[1]表明 EH 是一种慢性炎症反应性疾病, 炎症因子在 EH 的发生、发展及转归中扮演着极其重要的角色。在炎症细胞因子中, 一类具有诱导白细胞聚集、黏附、游走功能的低分子量蛋白的细胞因子超家族称为趋化因子, 根据其结构域中的保守半胱氨酸的数目和位置将其分为 CXC(α)、CC(β)、C(γ)、CX3C(δ) 4 个亚家族。参

2015-09-30 接收

基金项目: 安徽省自然科学基金 (编号: 11040606M155)

作者单位: 安徽医科大学第一附属医院心血管内科, 合肥 230022

作者简介: 杨青松, 男, 硕士研究生;

王爱玲, 女, 主任医师, 教授, 博士生导师, E-mail: wal@ah.edu.cn

tooth movement [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 139(1): e59-71.

[6] 吴映燕, 蒋勇, 陈琳. 微种植体支抗滑动法关闭间隙的三维有限元建模及实验验证 [J]. *安徽医科大学学报*, 2014, 49(6): 853-6.

[7] 陈莉, 张丁, 傅民魁. 摇椅型唇弓作用下牙弓三维变化趋势的研究 [J]. *中华口腔正畸学杂志*, 2002, 9(1): 24-7.

[8] Chiqueto K, Martins D R, Janson G. Effects of accentuated and reversed curve of Spee on apical root resorption [J]. *Am J Orthod*

Dentofacial Orthop, 2008, 133(2): 261-8.

[9] Harry M R, Sims M R. Root resorption in bicuspid intrusion: a scanning electron microscope study [J]. *Angle Orthod*, 1982, 52(3): 235-58.

[10] Schwarz A M. Tissue changes incidental to tooth movement [J]. *Int J Orthod*, 1932, 18(5): 331-52.

[11] 傅民魁. 口腔正畸学 (第4版) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 93.

A three-dimensional finite element study of effect on stress of tooth root and periodontal tissue with the change of the rocking chair archwire diameter

Chao Xiuling, Song Yuning, Li Yuru, et al

(Dept of Stomatology, The Forth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000)

Abstract Constructing finite element model of mandible, teeth, periodontal tissue and rocking chair round archwire with curve of 10°, depth of 2 mm, diameter of 0.014, 0.016, 0.018, 0.020 in. Force on roots of incisors was bigger than on others. All force was increased generally with the increasing diameter of arch wires. Incisors was intruded, canine, premolar and the first molar were extruded. When using rocking chair with curve of 10°, depth of 2 mm, the diameter should not be more than 0.018 in.

Key words the rocking chair archwire; the finite element; mechanical analysis