

[文章编号] 1000-1182(2008)06-0664-03

弯曲构形对不锈钢圆丝矫治器刚度的影响研究

刘筱琳¹, 韩向龙², 白 丁³, 张洪荣⁴, 贺 燕², 叶 禹²

(1.大连市口腔医院 正畸科, 辽宁 大连 116021; 2.四川大学华西口腔医院 正畸科;

3.口腔疾病研究国家重点实验室, 四川大学; 4.四川省机械研究设计院 理化计量中心, 四川 成都 610041)

[摘要] 目的 探讨不同的弯曲构形对不锈钢圆丝矫治器刚度的影响规律。方法 采用自行研制的微型正畸弓丝测试仪, 将直径为0.36、0.41、0.46 mm的不锈钢圆丝按既定的弯曲参数弯制成跨度相同的匣形曲、双水平曲和双垂直曲, 行加载实验, 研究其载荷形变规律。结果 在弓丝尺寸、跨度相同的情况下, 直径为0.36、0.41、0.46 mm的匣形曲、双水平曲、双垂直曲相比较, 其矫治器刚度递增。结论 弯曲的构形对矫治器刚度有显著的影响, 匣形曲、双水平曲、双垂直曲三者相比, 匣形曲的力学性能最佳。匣形曲能够产生轻而持续的、可控的矫治力, 且0.41 mm的匣形曲在产生0.01~0.02 N·m最适力矩时, 有合适的激活范围。临床上在矫正个别轻、中度倾斜错位牙时, 宜首选0.41 mm的匣形曲不锈钢圆丝。

[关键词] 不锈钢圆丝; 矫治器刚度; 载荷形变率

[中图分类号] R783.5 **[文献标识码]** A

Effect of loop configuration on appliance stiffness of stainless steel round wire LIU Xiao-lin¹, HAN Xiang-long², BAI Ding³, ZHANG Hong-rong⁴, HE Yan², YE Yu². (1. Dept. of Orthodontics, Dalian Stomatological Hospital, Dalian 116021, China; 2. Dept. of Orthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 3. State Key Laboratory of Oral Diseases, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 4. Physical-Chemical Metrology Center, Sichuan Provincial Machinery Research and Design Institute, Chengdu 610041, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of loop configuration on appliance stiffness of stainless steel round wire. **Methods** Some stainless steel round wires with various cross-sectional dimension (0.36, 0.41, 0.46 mm) were selected. Box loops, double horizontal loops, and double vertical loops were manufactured according to established parameters, and loading experiments were carried out with a micro-orthodontic archwire testing apparatus. **Results** When the cross-sectional dimension and the span were identical, the appliance stiffness of the box loops, double horizontal loops, and double vertical loops increased successively. **Conclusion** Configuration of loops exert a great influence on appliance stiffness, and the mechanical properties of box loop are optimal. The force generated by box loop was lighter, slowly decreasing, and easier to be controlled. The activation range of box loop (0.41 mm) was appropriate when the produced optimal moment was between 0.01~0.02 N·m. Box loop (0.41 mm) is preferred to rectify the individual tooth with mild or moderate mesiodistal displacement.

[Key words] stainless steel round wire; appliance stiffness; load deflection rate

在正畸治疗过程中, 正畸医生常面临如何选择合适的正畸弓丝来矫正不同程度倾斜错位或扭转错位的牙齿。很多情况下, 医生在选择正畸弓丝的替换次序时仅根据临床经验、患者的主观感受、牙移动速度及硬组织受损的危险性等, 而缺乏明确的理论参考依据, 具有一定的盲目性。关于正畸弓丝力学性能的研究多集中在第一及第三序列弯曲等^[1-2]。

本研究通过对不同构形不锈钢圆丝弯曲的定量测试分析, 探讨其弯曲变形后的力学性能, 为临床合理地选用矫治弓丝提供理论参考依据。

1 材料和方法

1.1 实验器械

本研究所用的微型正畸弓丝测试仪的示意图见图1, 其工作原理见文献[3], 应用金属材料实验的逐级施力加载原理, 该仪器能测量弓丝在单个托槽内发生一定角度的弯曲变形所需的加载力矩值。在进行加载实验时, 通过对与托槽、联动轴联为一体

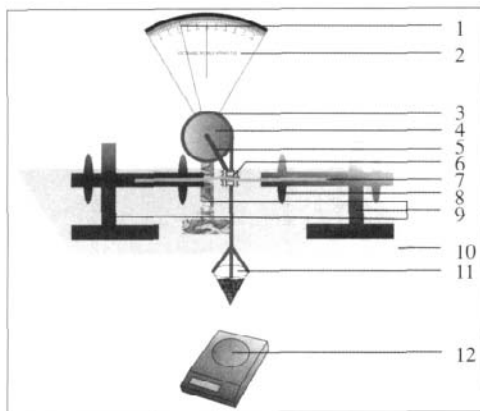
[收稿日期] 2008-01-04; [修回日期] 2008-06-14

[基金项目] 四川省应用基础研究基金资助项目(03JY029-088-2)

[作者简介] 刘筱琳(1971-), 女, 辽宁人, 副主任医师, 硕士

[通讯作者] 白 丁, Tel: 028-85502207

的滑轮加载石英砂使联动轴发生转动,弓丝产生的弯曲力矩值等于石英砂的重力乘以滑轮的半径。同时,弓丝的弯曲形变角度可以通过联动轴上附带的指针读出。该仪器的力矩精确度为 $4 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$,角度精确度为 0.1° 。



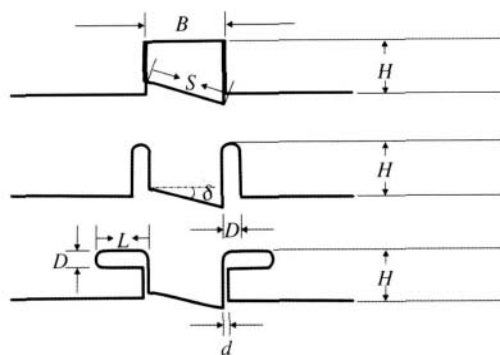
1: 指针; 2: 角度盘; 3: 滑轮绳索; 4: 轴承及滑轮; 5: 联动轴; 6: 托槽; 7: 正畸弓丝; 8: 锁紧环; 9: 支架; 10: 基座; 11: 漏斗及石英砂; 12: 电子天平

图 1 仪器示意图

Fig 1 The block diagram of the apparatus

1.2 实验材料和方法

选用 $0.56 \text{ mm} \times 0.71 \text{ mm}$ 的标准方丝弓上中切牙托槽,按随机数字表法抽取直径为 0.36 、 0.41 、 0.46 mm 的不锈钢圆丝(3M Unitek公司,美国),由同1个人严格按照既定规格弯制成双水平曲、双垂直曲和匣形曲。曲的构形及参数见图2和表1,相关参数包括斜臂成角(δ)、匣形曲的水平臂长度(B)、斜臂长(S)、曲高度(H)、水平曲的水平臂长度(L)、曲臂间宽度(D)、水平曲的垂直臂间宽度(d)。



上: 匣形曲; 中: 双垂直曲; 下: 双水平曲

图 2 曲的构形示意图

Fig 2 The block diagram of different loops

表1中前3组是临床上常用的弓丝弯曲参数,后两组以双水平曲的跨度为基准,比较在跨度相同的前提下,曲的构形对弓丝力学性能的影响。实验设计15种不同尺寸、构形、跨度的曲,每种尺寸、构形及跨度的曲各3个,共45个样本,分别进行测试,得出加载实验数据。每测完一组直径的弓丝,更换

托槽,减小因槽沟变形而可能引起的测量误差。

表 1 不同构形曲的参数

Tab 1 The parameters of different loops

构形	参数							
	跨度 (mm)	δ ($^\circ$)	B (mm)	S (mm)	H (mm)	L (mm)	D (mm)	d (mm)
匣形曲	46	25	7	8	6	\	\	\
双垂直曲	40	25	\	8	7	\	2	\
双水平曲	54	25	\	8	6	6	2	1
匣形曲	54	25	7	8	8	\	\	\
双垂直曲	54	25	\	8	10.5	\	2	\

1.3 数据统计方法

对实验数据取均值,在统计软件SPSS 12.0中绘制载荷形变曲线的散点图,得出载荷形变的线性趋势,对弯曲力矩值和对应的弯曲角度做直线回归分析,求得各种尺寸、跨度、构形的曲的矫治器刚度。

2 结果

2.1 相同构形和跨度下不同尺寸弓丝矫治器刚度的直线回归分析

在构形、跨度相同的情况下,矫治器刚度随着弓丝尺寸的增加而增大。当跨度为 46 mm 时,直径为 0.36 、 0.41 、 0.46 mm 的匣形曲的矫治器刚度比值为 $1:1.6:2.2$;当跨度为 40 mm 时,直径为 0.36 、 0.41 、 0.46 mm 的双垂直曲的矫治器刚度比值为 $1:2:2.3$;当跨度为 54 mm 时,直径为 0.36 、 0.41 、 0.46 mm 的双水平曲的矫治器刚度比值为 $1:2:3.5$ (图3)。

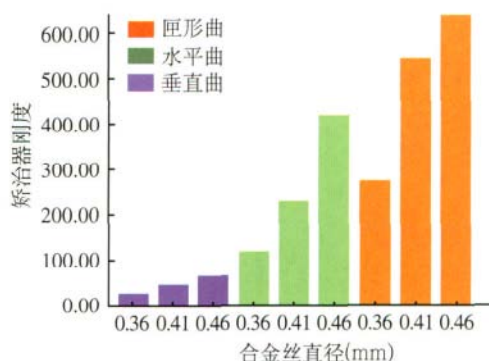


图 3 相同构形和跨度下,不同尺寸弓丝矫治器刚度的直方图

Fig 3 Comparison of the appliance stiffness of the same configuration, the same span and different cross-sectional geometry of the wires

2.2 相同尺寸和跨度下不同构形弓丝矫治器刚度的直线回归分析

在尺寸、跨度相同的情况下,匣形曲、双水平曲和双垂直曲的矫治器刚度递增,直径为 0.36 、 0.41 、 0.46 mm 的匣形曲、双水平曲、双垂直曲的矫治器刚度比值是 $1:5.1:11.4$ 、 $1:6:10.8$ 、 $1:5.2:7.3$ (图4)。

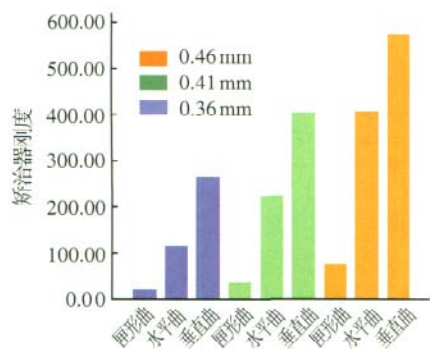


图4 相同尺寸和跨度下,不同构形弓丝矫治器刚度的直方图
Fig 4 Comparison of the appliance stiffness of the same cross-sectional geometry, the same span and different configuration of the wires

3 讨论

3.1 矫治器刚度

刚度是指单位应变所产生的应力的,即载荷形变率。在正畸力学研究中,有很多种描述弓丝属性的方法,就刚度而言,包括3个层次的概念:材料刚度、弓丝刚度和矫治器刚度^[4]。

材料刚度是指单位应力与单位应变的比值,与杨氏模量或弹性模量一致,描述的是弓丝材料的固有弹性性能,不考虑其长度和横截面几何数据的影响。弓丝刚度是指由弓丝材质、横截面形状及横截面面积决定的内在刚性,与弓丝的长度或构形设计无关,它代表弓丝的弯曲刚性,其大小依赖于弓丝材料性能(如弹性模量)和横截面性能(如惯性矩)。矫治器刚度由弹性模量、横截面形状和面积、长度及矫治器构形的设计因素共同决定。矫治器刚度=弓丝刚度×设计刚度,其中设计刚度常小于1,说明弓丝长度的增加或曲簧的设计可使矫治器刚度下降。本研究所指的刚度就是矫治器刚度,包含了弓丝长度和曲的设计因素,其大小用回归直线的斜率,即载荷形变率表示。在临床治疗中,正畸医生可以通过选择不同材质的弓丝、不同的横截面尺寸,设计不同的弓丝跨度及曲的构形来改变整体或局部的矫治器刚度,达到精确地控制矫治力的目的^[5]。本实验定量地研究了矫治器刚度的影响因素,描述了矫治器刚度随弓丝尺寸、曲的构形的变化规律,有助于临床医生设计出更为合理、可控的矫治系统。

3.2 弓丝尺寸对矫治器刚度的影响

理论上圆丝的刚度与其直径的四次方成正比,在材料恒定不变的前提下,使用不同横截面尺寸的弓丝,载荷形变率会成倍地改变,直径为0.36、0.41、0.46 mm曲的矫治器刚度比为1:1.7:2.7。本实验研究对象是带曲的不锈钢圆丝,当跨度为46 mm时,直径为0.36、0.41、0.46 mm的匣形曲的矫治器

刚度比值为1:1.6:2.2;当跨度为40 mm时,直径为0.36、0.41、0.46 mm的双垂直曲的矫治器刚度比值为1:2:2.3;当跨度为54 mm时,直径为0.36、0.41、0.46 mm的双水平曲的矫治器刚度比值为1:2:3.5。该实验结果的刚度变化趋势与理论计算值一致^[6-7]。

3.3 曲的构形对矫治器刚度的影响

本实验设计排除了弹性模量、横截面形状和面积及长度对矫治器刚度的干扰,结果表明曲的构形对矫治器刚度有显著影响。3种构形的曲相比,匣形曲能显著降低矫治器刚度,其刚度为双水平曲的1/6~1/5,双垂直曲的1/11~1/7。可见匣形曲能产生轻柔而衰减缓慢的矫治力,便于临床医生更加精确地控制和释放矫治力。但曲的构形影响矫治器刚度的具体力学机制有待于进一步深入研究^[8]。

当直径为0.36、0.41、0.46 mm的匣形曲产生0.01~0.02 N·m最适力矩时,在扣除接触角的基础上,其弯曲形变范围分别是36.10°~69.0°、24.50°~45.2°、17.00°~31.8°。可见,0.36 mm的弯曲范围角度值太大,弓丝可能发生塑性形变,限制临床应用;0.46 mm的弯曲范围角度值太小,且力值衰减很快,不易于临床控制。所以,临床上在矫正个别轻、中度倾斜错位牙时宜首选0.41 mm的匣形曲不锈钢圆丝,它有合适的激活范围,且可产生衰减缓慢的矫治力。

【参考文献】

- [1] Ferreira Mdo A. The wire material and cross-section effect on double delta closing loops regarding load and spring rate magnitude: An *in vitro* study[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1999, 115(3): 275-282.
- [2] Menghi C, Planert J, Melsen B. 3-D experimental identification of force systems from orthodontic loops activated for first order corrections[J]. Angle Orthod, 1999, 69(1): 49-57.
- [3] 韩向龙, 白丁, 孟耀, 等. 镍钛圆丝弯曲变形后的力学性能分析[J]. 中华口腔医学杂志, 2007, 42(9): 525-528.
HAN Xiang-long, BAI Ding, MENG Yao, et al. Bending mechanical properties of NiTi round wire[J]. Chin J Stomatol, 2007, 42(9): 525-528.
- [4] Braun S, Sjrursen RC Jr, Legan HL. Variable modulus orthodontics advanced through an auxiliary archwire attachment[J]. Angle Orthod, 1997, 67(3): 219-222.
- [5] Waters NE, Stephens CD, Houston WJ. Physical characteristics of orthodontic wires and archwires-part 1[J]. Br J Orthod, 1975, 2(1): 15-24.
- [6] Kim YH. Anterior openbite and its treatment with multiloop edgewise archwire[J]. Angle Orthod, 1987, 57(4): 290-321.
- [7] Graber TM, Vanarsdall RL. Orthodontics: Current principles and techniques[M]. 3rd ed. St. Louis: CV Mosby Co., 2000: 366.
- [8] Hazel RJ, Rohan GJ, West VC. Force relaxation in orthodontic arch wires[J]. Am J Orthod, 1984, 86(5): 396-402.