

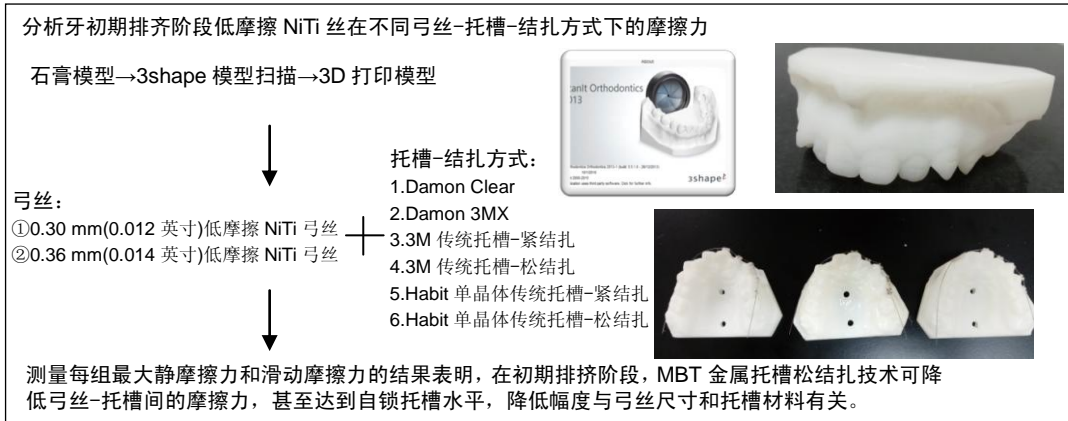
牙初期排齐阶段矫形弓丝在不同入槽方式作用下的摩擦力

张明灿¹, 马啸宙², 武杰², 赵伟², 孙海媛¹, 赵一松¹ (¹天津市滨海新区塘沽口腔医院, 天津市 300450; ²天津医科大学口腔医院, 天津市 300070)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.0884

ORCID: 0000-0001-6846-2357(张明灿)

文章快速阅读:



张明灿,男,1975年生,湖南省南县人,汉族,2014年天津医科大学毕业,硕士,副主任医师,主要从事口腔正畸研究。

通讯作者:武杰,医师,天津医科大学口腔医院正畸科,天津市 300070

中图分类号:R318

文献标识码:A

稿件接受:2018-05-13



文题释义:

3D 打印模型:通过扫描仪间接扫描将患者的石膏模型转化为数据信息,然后通过软件生成立体的三维图像,存储后由 3D 打印仪器得到 3D 打印模型,与石膏模型相比不会有变形的可能性,可重复性强,不会因灌模、翻模的过程增加组间的微量误差。

松结扎:先按传统结扎方式结扎,再与之前旋转结扎丝的方向向反方向旋转半圈或一圈,此方法只能在初期排齐阶段使用,通过降低结扎丝对弓丝压力的方式减小摩擦力,加快牙齿排齐速度,与自锁托槽的低摩擦特点相似,但在矫治后期应用会降低对牙齿移动的控制,不能使用此方法。

摘要

背景:临床上使用固定矫正器时,不锈钢结扎丝结扎松紧有较大的随意性,以往研究多着重于托槽、弓丝及其他方面,对不锈钢结扎丝结扎松紧在摩擦力中所引起的差异关注较少,也极少对不锈钢结扎丝结扎的松紧度做出有效界定。

目的:将不同 NiTi 弓丝以不同的方式入槽,比较弓丝-托槽间摩擦力的大小。

方法:随机选择 1 例中度拥挤病例石膏模型,通过 3Shape 三维数字化扫描技术及 Objet30 OrthoDesk3D 打印技术制作出完全相同的牙列模型,将 Damon Clear 陶瓷自锁托槽、Damon 3MX 金属自锁托槽、3M 传统 MBT 直丝弓金属托槽和 Habit 传统四翼单晶体陶瓷托槽分别粘接在 3D 打印模型上,每种托槽分别配以 0.30 mm (0.012 英寸)低摩擦 NiTi 弓丝和 0.36 mm(0.014 英寸)低摩擦 NiTi 弓丝,其中 3M 传统托槽、Habit 托槽分别配合弓丝紧结扎和松结扎,使用微机伺服测力仪检测弓丝-托槽间的摩擦力。

结果与结论:①使用 0.30 mm 低摩擦 NiTi 丝时,除 Damon Clear 组与 3M-松结扎组、Damon Clear 组与 Damon 3MX 组摩擦力无差异外,其余不同材料托槽或不同结扎方式中的摩擦力两两比较差异有显著性意义($P < 0.05$);②当使用 0.36 mm 低摩擦 NiTi 丝时,3M-松结扎组与 Damon 3MX 组、3M-紧结扎组与 Habit-松结扎组、Damon Clear 组与 3M-松结扎组的摩擦力比较无差异($P > 0.05$),3M-松结扎组、Damon Clear 组及 Damon 3MX 组的摩擦力相似;③在 Damon Clear 托槽、3M 传统金属托槽紧结扎和松结扎中,两种弓丝间的摩擦力比较无明显差异($P > 0.05$);在 Damon 3MX 金属自锁托槽、Habit 传统单晶体托槽紧结扎和松结扎中,两种弓丝间的摩擦力比较差异有显著性意义($P < 0.001$);④结果表明在牙矫形初期排齐阶段,MBT 金属托槽松结扎技术可降低弓丝-托槽间的摩擦力,甚至达到自锁托槽水平,降低幅度与弓丝尺寸和托槽材料有关。

关键词:

矫正器;弓丝;松结扎;自锁托槽;紧结扎;摩擦力;生物材料

主题词:

正畸矫正器;组织工程

基金资助:

天津市滨海新区卫生局科技项目资助(2013Bwky023);天津医科大学口腔医院科研基金(2014YKYQ02)

Zhang Ming-can, Master, Associate chief physician, Tanggu Stomatological Hospital, Tianjin 300450, China

Corresponding author: Wu Jie, Physician, Stomatological Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

Frictional resistance of archwires with various ligations in alignment phase

Zhang Ming-can¹, Ma Xiao-zhou², Wu Jie², Zhao Wei², Sun Hai-yuan¹, Zhao Yi-song¹ (¹Tanggu Stomatological Hospital, Tianjin 300450, China; ²Stomatological Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

Abstract

BACKGROUND: Clinical ligation of traditional brackets by stainless steel ligature wires has greater randomness among doctors, and previous studies have mainly concerned on brackets and wires. There are less studies on the differential frictional force due to tight or loose ligation, and moreover, how to define tight ligation or loose ligation is rarely reported.

OBJECTIVE: To compare the frictional force of different archwires in multiple brackets with various ligations.

METHODS: A plaster model with moderate crowded malocclusion was randomly selected, and copied by 3D digital scanning technologies and Objet30 OrthoDesk3D printing technologies. Then, the models were bonded with Damon Clear brackets, Damon 3MX brackets, 3M traditional MBT brackets and Habit monocrystal brackets. Frictional forces of different brackets on models combined with two types of low frictional NiTi archwires which were 0.30 mm (0.012 inch) and 0.36 mm (0.014 inch) were measured by microcomputer servo dynamometer. Traditional brackets were ligatured by tight ligation and loose ligation, respectively.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) When low-friction NiTi archwires of 0.30 mm were used, significant differences in the frictional force were found between different brackets with various ligations except for Damon Clear bracket *versus* 3M bracket with loose ligation as well as Damon Clear bracket *versus* Damon 3MX bracket ($P < 0.05$). (2) When low-friction NiTi archwires of 0.36 mm were used, similarity in the frictional force was found between 3M bracket with loose ligation, Damon Clear bracket and Damon 3MX bracket, while there were no significant differences between 3M bracket with loose ligation and Damon 3MX, between 3M bracket with tight ligation and Habit bracket with loose ligation, as well as between Damon Clear bracket and 3M bracket with loose ligation ($P > 0.05$). Comparing two kinds of archwires, the friction force showed no statistical difference between Damon Clear bracket and 3M bracket with loose and tight ligation ($P > 0.05$), but a statistical difference was found between Damon 3MX bracket and Habit bracket ($P < 0.001$), whatever two conventional brackets with tight ligation or loose ligation. To conclude, conventional MBT bracket with loose ligation can reduce frictional force as similar as self-ligating bracket in the alignment phase, and the reduction in the friction force is impacted by archwire size and bracket material.

Subject headings: Orthodontic Appliances; Tissue Engineering

Funding: the Science and Technology Project funded by the Health Department of Tianjin Binhai New District, No. 2013Bwky023; the Science and Technology Research Fund of the Stomatological Hospital of Tianjin Medical University, No. 2014YKYQ02

0 引言 Introduction

正畸治疗中可有各式各样的托槽和弓丝所使用, 两者配合产生力的作用使牙齿移动, Proffit等^[1]认为约有50%的矫治力用来克服托槽和弓丝间的摩擦力, 不同托槽和弓丝的组合因入槽方式、材料及尺寸的不同摩擦力是不同的^[2-3]。有研究发现在正畸治疗的初始排齐阶段, 使用小尺寸弓丝时自锁托槽较传统直丝四翼托槽摩擦力低, 可加快牙齿排齐速度^[4-5]; 而治疗中后期使用大尺寸弓丝时, 自锁托槽和传统托槽间摩擦力无显著差异, 不能加快牙齿移动。此次实验选用临床常用两种NiTi丝和4种托槽不同组合, 测量摩擦力, 为达到最适的矫治力来实现牙齿的高效移动, 从而提高矫正效率, 指导正畸医生在临床中选择合适的托槽与弓丝及结扎方式, 以实现牙齿的高效移动。

1 材料和方法 Materials and methods

1.1 设计 对比研究。

1.2 时间及地点 于2015年5月至2016年8月在天津医科大学口腔医院和天津市医疗器械质量监督检验中心完成。

1.3 材料 随机选择一中度拥挤病例石膏模型, 确定模型后已告知患者选取他的牙列模型作为实验模型, 患者知情同意并签署了知情同意书。

1.4 实验方法 取石膏模型, 在需要粘接托槽处做十字标记, 由R700扫描仪(3Shape, 丹麦)生成数字化模型, 再由Objet30 OrthoDesk(Stratasys, 美国)使用MED610生物材料经3D打印制作出完全相同并有标记的上颌模型(图1)。将托槽按照十字标记准确粘接在相应牙位, 由同一经验丰富的临床医师在一段时间粘接所有托槽(图2), 粘接牙位为上颌左侧1-5。托槽材料分别为: Damon Clear陶瓷自锁托槽、Damon 3MX金属自锁托槽、3M MBT直丝弓金属托槽和Habit四翼单晶体陶瓷托槽, 均为0.022英寸槽沟系统, 最

后两种四翼托槽分别配合0.25 mm结扎丝的紧结扎和松结扎^[6], 每种托槽分别采用0.30 mm(0.012英寸)和0.36 mm(0.014英寸)的低摩擦NiTi弓丝(速航, 深圳)。

结扎方法: 在使用传统托槽时, 将不同尺寸的弓丝置入托槽槽沟内, 固定弓丝时采用不锈钢结扎丝结扎, 用持针器夹住绕成环圈状的0.25 mm结扎丝, 套在托槽的4个翼上, 顺时针方向旋转, 旋至阻力感时结扎紧, 停止旋转, 此为传统结扎; 然后反向逆时针旋转半圈至一圈, 此为松结扎^[6], 结扎丝的断端留3 mm左右, 余留断端放入主弓丝下。

为减少误差, 结扎钢丝人员为一人, 结扎人员经过训练能熟练操作传统结扎及松结扎, 经资历较深的工作人员评价多个结扎达标且基本一致为合格才可准许参与实验研究。

1.5 主要观察指标 利用微机伺服测力仪对不同托槽与正畸弓丝组合的摩擦力进行测试。测试速度为0.1 mm/s, 精度为0.000 1 N, 每根弓丝在测试一次后即更换, 测试3次, 取平均值作为最终结果。

1.6 统计学分析 实验结果采用多因素方差分析分析不同托槽弓丝组合间的摩擦力差异, $P < 0.05$ 代表差异有显著性意义。

2 结果 Results

不同托槽与弓丝组合的摩擦力值如图3-5所示。每组测量项目为最大静摩擦力和滑动摩擦力, 数据精确度为0.000 1 N。此次研究为提高组间可比性, 所采用的测试弓丝为0.30 mm(0.012英寸)、0.36 mm(0.014英寸)低摩擦NiTi弓丝, 不仅同一弓丝与不同托槽间具有对比价值, 而且同一托槽与不同弓丝间的数值也具有可比性。

实验选择中度拥挤病例, 牙齿和托槽间较宽松, 牙齿移动时经典摩擦力以滑动摩擦力表现^[7], 故选取滑动摩擦力进行多组间统计分析, 有如下结果: ①当使用0.30 mm



图1 3D打印模型
Figure 1 3D printing model

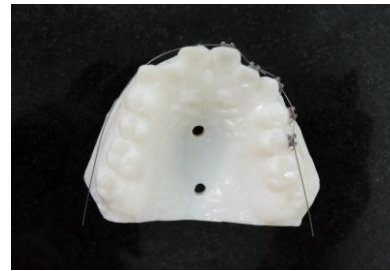


图2 粘接托槽及结扎弓丝
Figure 2 Bonding brackets and ligation with NiTi wires

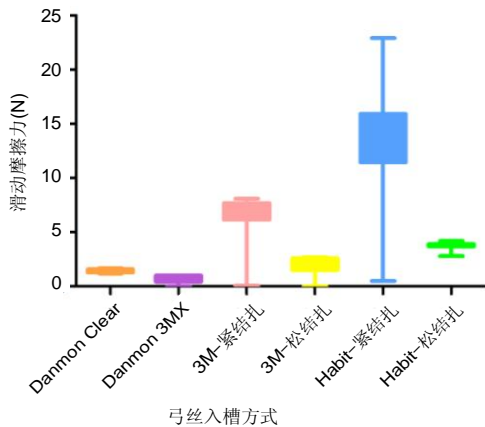


图3 各组使用0.30 mm(0.012英寸)低摩擦NiTi丝时各组弓丝-托槽间的滑动摩擦力
Figure 3 Sliding friction force between low-friction NiTi archwires of 0.30 mm (0.012 inch) and brackets

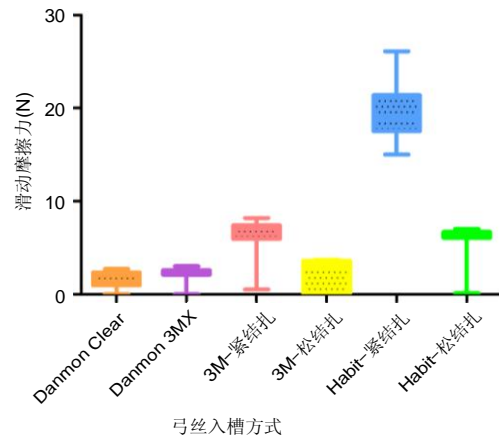


图4 各组使用0.36 mm(0.014英寸)低摩擦NiTi丝时各组弓丝-托槽间的滑动摩擦力
Figure 4 Sliding friction force between low-friction NiTi archwires of 0.36 mm (0.014 inch) and brackets

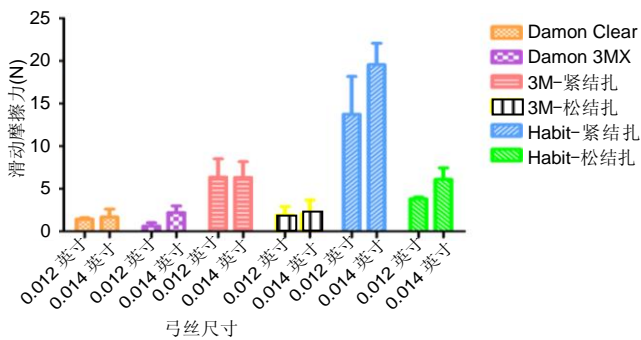


图5 使用不同尺寸NiTi丝时各组弓丝-托槽间的滑动摩擦力
Figure 5 Sliding friction force between low-friction NiTi archwires of different sizes and brackets

表1 使用不同尺寸低摩擦NiTi丝时各组弓丝-托槽间的最大静摩擦力 ($\bar{x} \pm s$, N)

Table 1 The maximum static friction force between low-friction NiTi archwires of different sizes and brackets

组别	0.012英寸低摩擦NiTi丝	0.014英寸低摩擦NiTi丝
Damon Clear组	1.500 0±0.200 0	1.767 0±0.056 5
Damon 3MX组	0.933 3±0.057 7	2.270 0±0.052 9
3M-紧结扎组	7.900 0±0.264 6	6.553 0±0.200 3
3M-松结扎组	2.133 0±0.152 8	2.317 0±0.125 8
Habit-紧结扎组	14.100 0±0.100 0	21.330 0±0.577 4
Habit-松结扎组	4.167 0±0.057 7	6.320 0±0.115 3

表2 使用不同尺寸低摩擦NiTi丝时各组弓丝-托槽间的滑动摩擦力 ($\bar{x} \pm s$, N)

Table 2 The sliding friction force between low-friction NiTi archwires of different sizes and brackets

组别	0.012英寸低摩擦NiTi丝	0.014英寸低摩擦NiTi丝
Damon Clear组	1.419 0±0.166 3	1.667 0±0.957 9
Damon 3MX组	0.671 9±0.382 1	2.191 0±0.792 9
3M-紧结扎组	6.372 0±2.131 0	6.318 0±1.860 0
3M-松结扎组	1.912 0±0.998 8	2.079 0±1.608 0
Habit-紧结扎组	13.730 0±4.449 0	19.550 0±2.524 0
Habit-松结扎组	3.807 0±0.210 3	6.084 0±1.376 0

表4 同一托槽使用不同尺寸NiTi丝弓丝-托槽间滑动摩擦力的对比
Table 4 The sliding friction force between low-friction NiTi archwires of different sizes and the same bracket

组别	0.012英寸低摩擦NiTi丝与0.014英寸低摩擦NiTi丝滑动摩擦力差值	t值	P值
Damon Clear组	0.248 0	0.713	> 0.05
Damon 3MX组	1.519 0	4.366	< 0.001
3M-紧结扎组	-0.414 0	1.190	> 0.05
3M-松结扎组	0.167 0	0.480	> 0.05
Habit-紧结扎组	5.820 0	16.730	< 0.001
Habit-松结扎组	2.277 0	6.544	< 0.001

表 3 各组弓丝-托槽间滑动摩擦力的方差分析

Table 3 Variance analysis of friction force of low-friction NiTi archwires of different sizes and brackets

组别	0.012 英寸低摩擦 NiTi 丝			0.014 英寸低摩擦 NiTi 丝		
	差值	t 值	P 值	差值	t 值	P 值
Damon Clear 组 vs Damon 3MX 组	-0.747	2.147	> 0.05	0.524	1.506	> 0.05
Damon Clear 组 vs 3M-紧结扎组	4.953	14.230	< 0.001	4.651	13.370	< 0.001
Damon Clear 组 vs 3M-松结扎组	0.493	1.417	> 0.05	0.412	1.184	> 0.05
Damon Clear 组 vs Habit-紧结扎组	12.310	35.380	< 0.001	17.880	51.400	< 0.001
Damon Clear 组 vs Habit-松结扎组	2.388	6.863	< 0.001	4.417	12.690	< 0.001
Damon 3MX 组 vs 3M-紧结扎组	5.700	16.380	< 0.001	4.127	11.860	< 0.001
Damon 3MX 组 vs 3M-松结扎组	1.240	3.564	< 0.001	-0.112	0.322	> 0.05
Damon 3MX 组 vs Habit-紧结扎组	13.060	37.530	< 0.001	17.360	49.900	< 0.001
Damon 3MX 组 vs Habit-松结扎组	3.135	9.011	< 0.001	3.893	11.190	< 0.001
3M-紧结扎组 vs 3M-松结扎组	-4.460	12.820	< 0.001	-4.239	12.180	< 0.001
3M-紧结扎组 vs Habit-紧结扎组	7.358	21.150	< 0.001	13.230	38.030	< 0.001
3M-紧结扎组 vs Habit-松结扎组	-2.565	7.372	< 0.001	-0.234	0.673	> 0.05
3M-松结扎组 vs Habit-紧结扎组	11.820	33.960	< 0.001	17.470	50.210	< 0.001
3M-松结扎组 vs Habit-松结扎组	1.895	5.446	< 0.001	4.005	11.510	< 0.001
Habit-紧结扎组 vs Habit-松结扎组	-9.923	28.520	< 0.001	-13.470	38.700	< 0.001

(0.012英寸)低摩擦NiTi丝时,在不同材料托槽或不同结扎方式中的摩擦力两两比较差异均有显著性意义($P < 0.05$),但要除过Damon Clear与3M-松结扎组、Damon Clear组与Damon 3MX组的比较;②当使用0.36 mm(0.014英寸)NiTi丝时,3M-松结扎组与Damon 3MX组、3M-紧结扎组与Habit-松结扎组、Damon Clear组与3M-松结扎组的摩擦力比较无差异($P > 0.05$),3M-松结扎组、Damon Clear组、Damon 3MX组三者间的摩擦力相似;③当使用0.30 mm(0.012英寸)低摩擦NiTi丝入槽时,Damon Clear组的摩擦力值略大于Damon 3MX托槽,但组间不显著($P < 0.05$);当使用0.36 mm(0.014英寸)低摩擦NiTi丝入槽时,Damon Clear组与Damon 3MX组的摩擦力比较无差异($P > 0.05$);④在Damon Clear托槽、3M传统金属托槽紧结扎和松结扎中,两种弓丝间的摩擦力比较无明显差异($P > 0.05$);在Damon 3MX金属自锁托槽、Habit传统单晶体托槽紧结扎和松结扎中,两种弓丝间的摩擦力比较差异有显著性意义($P < 0.001$),见表1-4。

3 讨论 Discussion

3.1 实验研究的目的 口腔正畸固定矫治第一阶段是排齐整平,第二阶段关闭拔牙间隙,第三阶段精细调整。排齐是固定矫治治疗的基础,只有在排齐后才能进入下一步疗程。在这一矫治阶段中,牙体周围细胞、结缔组织和组织活力的反应及牙周健康的状况,对正畸牙齿移动的效果有不同程度的影响^[8]。正畸医师不能直接控制这些生物因素,但通过对托槽系统和弓丝的选择影响排齐效果^[9]。传统托槽用结扎丝或结扎圈把弓丝固定于槽沟中,弓丝形变产生的回弹力通过托槽传递到牙齿,对牙齿施加力从而使牙齿产生移动。结扎方式与结扎力对该结构作用时产生的摩擦力具有不可忽视的作用。实验研究表明,结扎圈的摩擦力远大于结扎丝的摩擦力^[3-4],并且结扎圈的摩擦力大小没有规律^[10],因此作者此次实验未选用结扎圈,临床上正畸医生为减小摩擦力也多选用不锈钢结扎丝。自锁托槽使

用滑盖或弹簧夹代替传统托槽的结扎方式将弓丝固定在槽沟里,有研究表明自锁托槽使用直径小的圆丝时,由于弓丝与滑盖或弹簧夹接触少,类似于弓丝在管中,弓丝可以在槽沟内自由滑动^[11-12],所以摩擦力小于使用传统结扎方式的传统矫治器。然而临床上使用固定矫正器时,不锈钢结扎丝结扎松紧具有较大的随意性,而以往的研究多着重于托槽、弓丝及其他方面^[5-11-14],对不锈钢结扎丝结扎松紧在摩擦力中所引起的差异关注较少,也极少对不锈钢结扎丝结扎的松紧度做出有效界定,故此次研究着重探讨不锈钢结扎丝结扎松紧对传统矫治器摩擦力的影响,进行不同结扎方式在不同尺寸弓丝和不同材质托槽方面的对比研究,能有效指导临床选用矫治器及结扎方式。

3.2 研究的实验方法 对于摩擦力研究所使用的方法,大多数集中在弓丝与单个托槽形成不同的接触角或者弓丝移动不同的距离或者是单个托槽的研究^[15-19],对于模拟真实口腔内牙齿排齐阶段的摩擦力研究较少见。所以此次实验随机选择1例中度拥挤病例作为实验对象。既往研究多采用塑料Typodont模型或体外摩擦力测定装置^[4-8-11-12],要制作完全与口内牙列相同的塑料模型很困难。此次实验需要6个牙列模型,选用Typodont模型会使实验结果误差有人为因素,现有的体外摩擦力测定装置较简易^[4-11],无法完全模拟牙齿移动模式。此次实验随机选择1例中度拥挤病例模型,为保证托槽粘接位置的一致性,在石膏模型上需要粘接托槽的位置刻出十字,采用扫描仪生成数字化模型,再由3D打印技术制作多个模型,由同一经验丰富的临床医师在一段时间粘接所有托槽,可降低组间的人为误差,实验结果更加精准。在多数经典摩擦力实验中,很难模拟口腔真实的生理环境^[3-5],尽管实验设计不能与口腔真实的生理环境进行比较,但比用单个或一组托槽排成直线再与弓丝组合来测摩擦力更能反映拥挤牙弓排齐阶段的力学特征^[15-19]。

4种托槽中Damon Clear是陶瓷被动自锁托槽,Damon 3MX金属被动自锁托槽,3M和Habit单晶普通托槽是传统四翼托槽,都在临床中常见,具有可探讨的价值。

弓丝入槽方式有自锁、结扎丝普通结扎和结扎丝松结扎3种临床常用方式,托槽材质可分为金属和陶瓷,可多方面分析摩擦力与入槽方式及托槽材质的不同关系。

3.3 三维数字化模型及3D打印技术 以往研究多使用单个托槽或多个托槽不同角度或弓丝移动一定距离测得摩擦力大小,未在模拟患者牙列情况下测得,有部分研究通过Typodont模型研究不同托槽-弓丝-结扎组合的摩擦力^[3, 20-22],Typodont模型需要人工制作,此次实验需要6组模型,若选用Typodont模型不仅会费时费力,而且造成人为的组间误差。

为获得更贴近临床的牙列模型及减少组间误差,此次实验采用间接法先制取患者实体牙列模型(即石膏模型),再应用扫描仪获得三维数字化模型,直接法可使用口内扫描仪在患者口腔内直接扫描生成三维数字化模型^[23],已有报道三维数字化模型较石膏模型有更高精准度的可能性^[24-26]。因为三维数字化模型不会随时间变化产生形变^[27-28],而Typodont模型易受温度和存储影响产生形变;其次三维数字化模型重复性强,可为实验研究提供更多便利之处,也在口腔临床正畸诊疗中的提供新方法^[29]。

获取三维数字化模型后由3D打印技术得到所需的实验材料,有研究对比3D打印模型与传统石膏模型^[30],目前尚无3D打印模型与Typodont模型的对比研究,但3D打印技术已应用在今口腔临床医学领域^[31-33],具体有正畸隐形矫治器、口腔种植体、口腔修复体制作、口腔颌面外科手术的移植体等,说明如今3D打印技术可满足医学领域所要求的精准度,应用在此次实验中既可模拟口腔牙列真实情况又能提高数据精确性及组间可比度,使实验结果具有一定的代表性。

3.4 不同的入槽方式 此次研究结果显示,在实验检测的托槽和弓丝范围内,金属自锁托槽与0.30 mm(0.012英寸)低摩擦NiTi圆丝间产生的摩擦力最低,0.36 mm(0.014英寸)低摩擦NiTi丝与Habit双翼托槽传统结扎间的摩擦力最高,可证实以往研究得到的结论:自锁托槽摩擦力较低,传统托槽的摩擦力较高,金属托槽较陶瓷、单晶体托槽的摩擦力低^[34-35]。

自锁托槽因自身结构特点对小尺寸弓丝不会产生很大正压力,弓丝与托槽之间的滑动摩擦力很小,低于传统直丝托槽,所以在正畸初期牙齿排齐阶段推荐使用自锁托槽和较细的NiTi圆丝,自锁托槽凭借其更低的摩擦力,无疑可以加快牙齿的排齐速度^[5, 13, 36]。而此次实验显示:0.012英寸低摩擦NiTi丝入槽时,3M金属托槽松结扎与Damon Clear陶瓷自锁托槽的摩擦力无差异($P > 0.05$),0.014英寸低摩擦NiTi丝入槽时,3M-松结扎组与Damon Clear组、Damon 3MX组的摩擦力无明显差异($P > 0.05$),证实了在临床治疗中,初期排齐阶段用松结扎方法也可提高牙齿移动效率,缩短疗程^[6, 37],此种结果可理解为:松结扎通过减小结扎丝对弓丝的正压力,降低了弓丝-托槽矫治系统的摩擦力,在细的低摩擦丝入槽后,普通MBT金属托槽与松结扎的组合可与陶瓷自锁托槽、金属自锁托槽的摩擦力相似。

Miles^[38]研究发现在牙列排齐平整阶段,自锁托槽较传

统托槽能够明显降低滑动摩擦力^[34],传统托槽在初期排齐阶段牙齿移动的效率低于自锁托槽,初期自锁托槽有低摩擦力的优势。但治疗中后期使用大尺寸弓丝时,自锁托槽和传统托槽间摩擦力无差异,不能加快牙齿移动,反而自锁托槽对牙齿三维方向的控制较普通托槽差。自锁托槽因其低摩擦力在临床受到越来越多的使用,但其制造成本是传统托槽的数倍甚至十几倍,短期内不能替代传统托槽。因此临床上使用传统托槽矫治时,在初期排齐阶段使用松结扎技术可降低摩擦力,达到和自锁托槽相同低摩擦力的优势,缩短牙齿排齐时间^[36]。

3.5 弓丝的选择及托槽材质 弓丝的选择是决定牙齿排齐效率的重要因素之一^[39]。矫治起始阶段应用的第一根弓丝称为初始弓丝,可对牙齿施加持续轻柔的矫治力,具有扭正排齐拥挤错位牙齿的作用,需要弓丝具有低硬度、高弹性及对永久形变的高抵抗性。自从NiTi弓丝用于正畸临床开始,NiTi弓丝作为首选的初始弓丝产生的持续柔和机械弹力,使得牙列能快速排齐。选择不同的初始弓丝可,在治疗起始阶段产生不同的效果,并影响最终的治疗结果。不同初始弓丝对正畸排齐效率和疼痛感受等方面有不同影响。此次实验中,在选用Damon 3MX托槽与3M金属托槽松结扎时,使用0.012英寸低摩擦NiTi丝时两者摩擦力结果比较差异有显著性意义,而放入0.014英寸低摩擦NiTi丝时两者结果没有明显差异,可提示:①0.30 mm(0.012英寸)低摩擦NiTi丝的NiTi弓丝摩擦力较低,临床上可选用0.30 mm(0.012英寸)作为初始弓丝;②当初始弓丝越细,各种入槽方式间摩擦力差异都较明显,当弓丝尺寸加大,这种差异度会减小。

入槽方式中托槽材质也是影响因素之一,Kusy^[40]提出金属托槽与金属弓丝的组合是“金标准”,因为金属托槽表面易形成一层氧化膜,金属表面较光滑及金属托槽与金属弓丝间硬度差别小,不易产生弓丝-托槽间的磨损和刻痕现象等。而陶瓷托槽摩擦力较高的原因在于陶瓷托槽内部固有的化学结构,而不是陶瓷托槽表面比不锈钢托槽粗糙。临床使用陶瓷托槽时,基于美观、经济、效率的因素,前牙段使用陶瓷托槽,后牙段使用金属托槽的措施。此次实验中使用0.014英寸低摩擦NiTi丝时,Habit托槽松结扎可与3M托槽传统结扎的摩擦力相似,因而在临床使用陶瓷托槽时为了达到美观与效率的统一,金属槽沟型陶瓷托槽是较佳的选择,并与松结扎配合,达到更高效的牙齿移动。

此次实验中,两种弓丝在Damon Clear陶瓷自锁托槽、3M传统金属托槽的传统结扎和松结扎中的摩擦力比较无明显差异,而在Damon 3MX金属自锁托槽、Habit传统单晶体托槽的传统结扎和松结扎中两者摩擦力有差异,综合弓丝尺寸和托槽材质,说明在金属托槽松结扎中弓丝尺寸影响较小,而在Habit托槽松结扎中弓丝尺寸影响较明显。

综上所述,当使用普通四翼托槽时,初期排齐阶段用0.25 mm结扎丝松结扎可降低摩擦力,此时普通四翼金属托槽可与自锁托槽的摩擦力相似,加速牙列排齐,且受弓丝尺寸影响较小;同样方法结扎四翼陶瓷托槽,摩擦力也可降低,并提高牙齿排齐速度,弓丝尺寸影响度较大。

作者贡献: 第一作者负责实验设计, 第二作者负责资料收集和实验, 第一作者和通讯作者完成评估和审核, 第一、第二作者成文。

经费支持: 该文章接受了“天津市滨海新区卫生局科技项目资助(2013Bwky023)”、“天津医科大学口腔医院科研基金(2014YKYQ02)”的资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题: 随机选择 1 例中度拥挤病例后信息, 告知患者实情, 患者知情同意并签字。文内再无其他与相关伦理道德冲突的内容。

写作指南: 该研究遵守国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 本文统计学方法已经由天津医科大学医学统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容进行编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- Proffit WR, Field HW. Contemporary Orthodontics. 3rd ed. St. Louis: Mosby, 2000:343-349.
- Franco DJ, Spiller RE, Fraunhofer JA. Frictional resistances using Teflon-coated ligatures with various bracket-archwire combinations. Angle Orthod. 1995;65(1):63-65.
- 白雪芹, 曾祥龙. 低摩擦结扎圈在牙齿排齐阶段静摩擦力的实验研究[J]. 口腔正畸学, 2008, 15(2):78-80.
- 张丽雯, 宋立滨, 张瑾, 等. 不同托槽与弓丝组合滑动摩擦力的实验研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2017, 24(1):10-13.
- Montasser MA, Keilig L, El-Bialy T, et al. Effect of archwire cross-section changes on force levels during complex tooth alignment with conventional and self-ligating brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015;147(4):S101-S108.
- 张明灿, 赵丽丽, 孙海媛, 等. 不锈钢结扎丝松结扎法在口腔正畸固定矫治术中的应用体会[J]. 山东医药, 2015, 55(26):106-107.
- 林新平. 临床口腔正畸生物力学机制解析[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 106.
- Li Y, Jacox LA, Little SH, et al. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. Kaohsiung J Med Sci. 2018;34(4):207-214.
- 任庆源, 齐慧川, 胡敏. 不同种类初始弓丝对正畸治疗影响的研究进展[J]. 吉林大学学报(医学版), 2015, 41(4):874-876.
- Higa RH, Henriques JFC, Janson G, et al. Force level of small diameter nickel-titanium orthodontic wires ligated with different methods. Prog Orthod. 2017;18(1):21.
- Thorstenson GA, Kusy RP. Comparison of resistance to sliding between different self-ligating brackets with second-order angulation in the dry and saliva states. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002;121(5):472-482.
- Henao SP, Kusy RP. Evaluation of the frictional resistance of conventional and self-ligating bracket designs using standardized archwires and dental typodonts. Angle Orthod. 2004; 74(2):202-211.
- Ding SH, Cai P. Study on the Frictional Resistance of Selfligating Bracket versus Conventional Bracket. J Oral Sci Res. 2008;24(4):420-423.
- Kim TK, Kim KD, Baek SH. Comparison of frictional forces during the initial leveling stage in various combinations of selfligating brackets and archwires with a custom-designed typodont system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(2):187e15-24.
- Cordasco G, Lo GA, Militi A, et al. In vitro evaluation of resistance to sliding in self-ligating and conventional bracket systems during dental alignment. Korean J Orthodont. 2012;42(4):218-224.
- Gandini P, Orsi L, Bertoncini C, et al. In vitro frictional forces generated by three different ligation methods. Angle Orthodontist. 2008;78(5):917.
- Queiroz GV, Ballester RY, Paiva JBD, et al. Comparative study of frictional forces generated by NiTi archwire deformation in different orthodontic brackets: In vitro evaluation Estudo comparativo da força de atrito produzida pela deformação de arco NiTi em diferentes braquetes ortodônticos: aval. Dent Press J Orthodont. 2012;17(4):45-50.
- Khambay B, Millett D, Mchugh S. Archwire seating forces produced by different ligation methods and their effect on frictional resistance. Eur J Orthodont. 2005;27(3):302.
- Hain M, Dhoptakar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;123(4):416-422.
- 张媛媛. 不同弓丝—结扎方式摩擦力的实验研究[D]. 青岛大学, 2010.
- 何平, 宋锦璘, 任劲松, 等. 不同种类固定矫治器在切牙排齐初始阶段的摩擦力对比研究[J]. 成都医学院学报, 2016, 11(3):334-337.
- 白雪芹, 曾祥龙. 不同自锁托槽系统在牙齿排齐阶段摩擦力的对比实验研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2007, 14(3):131-134.
- 胡昊, 白玉兴. 口内直接扫描技术的研究进展[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2014, 21(1):40-42.
- Tavares A, Braga E, Araújo TMD, et al. Digital models: How can dental arch form be verified chairside? Dent Press J Orthodont. 2017;22(6):68-73.
- Darroudi AM, Kuijpersjagtman AM, Ongkosuwito EM, et al. Accuracy of a computed tomography scanning procedure to manufacture digital models. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017;151(5):995-1003.
- Majstorovic N, Zivkovic S, Glisic B. The advanced model definition and analysis of orthodontic parameters on 3D digital models. Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo. 2017;145(11-12):11-11.
- Alcan T, Ceylanoğlu C, Baysal B. The relationship between digital model accuracy and time-dependent deformation of alginate impressions. Angle Orthodontist. 2009;79(1):30-36.
- Torassian G, Kau CH, English JD, et al. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. Angle Orthodontist. 2010;80(4):474-481.
- 李晶, 王硕, 张达, 等. 口内扫描数字化模型与硅橡胶制取石膏模型测量的对比研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2013, 20(3):163-166.
- 冯全胜, 马竿, 徐文秀, 等. 口腔3D打印模型与传统石膏模型精确性对比研究[J]. 中国老年保健医学, 2015, 13(3):80-81.
- Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, et al. 3D printing in dentistry. Br Dent J. 2015;219(11):521-529.
- Wesemann C, Muallah J, Mah J, et al. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. Quintessence Int. 2017;48(1):41-50.
- 孙成, 于金华. 3D打印技术在口腔临床的应用[J]. 口腔生物医学, 2014, 5(1):49-52.
- 刘玉, 王培军, 周珊, 等. 自锁托槽与传统托槽对比研究的进展与方向[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(25):4068-4072.
- 刘松英, 房伯君, 王霞. 正畸托槽材料及其相关性能的研究进展[J]. 辽宁医学杂志, 2006, 20(2):114-115.
- Thorstenson GA, Kusy RP. Effect of archwire size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in the dry state. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002; 122(3):295-305.
- 张明灿, 李洪发, 武杰, 等. 松结扎在正畸排齐阶段的初步研究[J]. 中国美容医学, 2014, 23(8):655-658.
- Miles PG. Self-ligating vs conventional twin brackets during en-masse spaceclosure with sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132(2):223-225.
- Cobb NW, Kula KS, Philips C, et al. Efficiency of multistrand steel, superalastic Ni-Ti and ion-implanted NiTi archwires for initial alignment. Clin orthod Res. 1998;1(1):12-19.
- Kusy RP, Whitley JQ. Friction between different wire. bracket configurations and materiMs. Semin Orthod. 1997;3(3):166-177.