

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2019.02.011

· 综述 ·

唇侧矫治器控制上前牙转矩的研究进展

杨苹珠, 温秀杰

陆军军医大学大坪医院口腔科, 重庆(400042)

【摘要】 上颌前牙正常的转矩角度是评价前牙美观性和功能性的重要因素, 上前牙的转矩控制是矫治过程中极为重要的环节。目前, 上前牙正常的转矩角度已经成为美国正畸专业委员会认定的Ⅲ期临床检测项目之一, 所以控制良好的转矩对上前牙的美观具有重要意义。本文就唇侧矫治器对上前牙转矩不良的影响及控制方式详细概况, 对于多种控制前牙转矩方式的利弊及正确的前牙转矩角度的意义研究现状作一综述。通过现有的研究结果发现, 平直弓丝上直接对个别牙加转矩则因弓丝扭曲过大, 入槽困难; 弓丝上弯制曲虽然克服了上述缺点, 但操作繁琐, 且可能对前庭沟软组织造成刺激, 增加患者不适; 摇椅弓作用力系统较复杂, 受弓丝与托槽间摩擦力影响较大, 不利于使用滑动法关闭拔牙间隙; 门形辅弓及单曲转矩簧适用于纠正单颗牙的转矩角度, 转矩辅弓可用于纠正关闭拔牙间隙过程中以及内收完成后的上前牙直立, 所以值得推广, 但对于矫治器控制前牙转矩的精确性还有待于进一步的研究。

【关键词】 美观; 功能; 前牙转矩; 控制因素; 转矩控制; 唇侧矫治

【中图分类号】 R783 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2019)02-0122-05

【引用著录格式】 杨苹珠, 温秀杰. 唇侧矫治器控制上前牙转矩的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(2): 122-126.

Research Progress on regarding the torque control of upper anterior teeth with a lip appliance YANG Ping-zhu, WEN Xiujie. Department of Stomatology, Daping Hospital, Army Military Medical University, Chongqing 400042, China

Corresponding author: WEN Xiujie, Email: wenxiujie@tom.com, Tel: 0086-13072313027

【Abstract】 The normal torque angle of the maxillary anterior teeth is an important factor in the aesthetics and function of the anterior teeth, and torque control of the front teeth is an extremely important aspect of the correction process. At present, the normal torque angle of the front teeth is among the phase Ⅲ clinical test items recognized by the American orthodontic professional committee; consequently, good control of front teeth torque is of great significance to the aesthetics of the upper anterior teeth. In this paper, the influence of a lip appliance on the bad torque of upper anterior teeth and the associated methods of control are reviewed in detail. The advantages and disadvantages of various control methods for the anterior teeth and the significance of correct anterior teeth torque angle are summarized. The existing research results indicate that the torsion of a straight arch wire applied directly to individual teeth is too great, making it difficult to enter the groove. Although the bending of the arch wire overcomes these shortcomings, the procedure is cumbersome; it stimulates the soft tissue of the vestibular groove and increases the patient's discomfort. The bending mechanism of the rocking chair is more complicated; it is greatly affected by the friction between the arch wire and the bracket and is not conducive to closing the tooth extraction gap using the sliding method. The portal auxiliary arch and the single bending torque are suitable for correcting the torque angle of a single tooth. Auxiliary arch torque can be used to correct the upright upper anterior teeth during the process of closing the extraction space and after adduction; therefore, this procedure is worth popularizing. However, the accuracy of orthodontic control of anterior teeth torque requires further study.

【Key words】 Aesthetic; Function; Anterior teeth torque; Control factors; Torque control; Labial orthodontics

【收稿日期】 2018-02-08; **【修回日期】** 2018-03-28

【基金项目】 国家自然科学基金面上项目(81470032); 军事口腔医学国家重点实验室开放课题(2014KB14)

【作者简介】 杨苹珠, 在读硕士研究生, Email: 343531361@qq.com

【通信作者】 温秀杰, 副教授, 博士, Email: wenxiujie@tom.com, Tel: 0086-13072313027

双颌前突是正畸临床上常见的错颌畸形,通常采用拔牙矫治改善面型,当代矫治技术常采用滑动法整体内收前牙的方式关闭拔牙间隙,由于唇颊沟解剖空间的限制,磨牙颊面管和弓丝牵引钩间的颌内牵引力常位于前牙阻抗中心的殆方,前牙产生冠舌向倾斜,易造成前牙转矩丧失,并且上前牙的内收受到牙槽骨厚度的限制,前牙过度内收移动增加了牙根与唇舌侧骨皮质接触的风险^[1]。上切牙的转矩对维持正常覆殆覆盖及磨牙关系有重要意义,但在长期的临床实践中,正畸医师逐渐认识到,在矫治过程中上切牙转矩角度并未达到预期效果,因此本文就上前牙转矩控制及意义的研究现状作一综述。

1 转矩及作用力学

1.1 转矩的定义

Andrews指出转矩是指通过牙齿临床冠长轴中心点的切线与殆平面垂线所形成的角度,若上述通过冠面的切线龈方在切方的舌侧转矩为正,反之为负。正畸治疗中的转矩力分为两个部分:①牙体的唇舌向移动,②施加限制牙体唇舌向移动的力,一般为“根转矩”,它是控制牙体在三维方向上移动的重要环节。

1.2 作用力学及影响

正畸治疗中的牙齿移动是基于牙槽骨、牙周韧带对机械刺激的反应能力,矫治系统和其所涉及的其他结构所产生的机械力发生应力、应变作用,使牙齿产生位移^[2]。2001年,Casa等^[3]研究了固定矫治器在转矩力作用下牙根吸收的情况,结果表明根舌向转矩时,根面吸收范围主要位于根尖1/3的舌面及颈1/3的颊面,受力越大、受力时间越长,根面吸收范围越大,吸收程度越深。

2 唇侧矫治器影响前牙转矩的因素

2.1 矫治器影响前牙转矩因素

方丝弓矫治器是固定矫治器的一种类型,在口腔正畸治疗中应用较为广泛,通过弯制的矫治弓丝的形变复位使牙齿移动。方丝弓矫治器常利用转矩成型器在方丝上做第三序列弯曲,上前牙转矩可以在牙弓的前牙段牙位上进行,转矩的性质依据牙所需要移动的方向而定。以临床上最常见的控根形式—上颌切牙根舌向转矩为例,当对上切牙施以根舌向转矩时,切牙牙根舌向移动同时,受到殆力使其伸长,支抗后牙被压低而使覆殆

加深^[4]。在当代直丝弓矫治技术已被广泛应用于正畸矫治中,直丝弓矫治技术是通过预置在底板的第三序列曲来表达转矩从而完成对牙齿的控根移动,不同材质托槽弹性和塑性形变能力不同,导致加载的转矩不同。传统托槽不同体系常设置不同前牙转矩数据,Andrews系统(Andrews直丝弓矫正器)上中切牙与侧切牙数据分别为7°、3°;MBT系统(McLaughlin、Bennett、Trerisi;MBT直丝弓矫正器)上中切牙与侧切牙分别为17°、10°,Roth系统(Roth直丝弓矫正器)上中切牙与侧切牙分别为1°、8° Alexander系统(Alexander直丝弓矫正器)上中切牙与侧切牙分别为14°、7°。1986年Dr P.C.Kesling发明了Tip-Edge托槽,采用直丝弓托槽的形态,其技术理念包含Begg矫正技术使用者所熟悉的细丝弓差动力技术^[5]。1999年Wales开始尝试在Tip-Edge托槽中增加一个辅弓管,即Tip-Edge Plus托槽,可以更好的表达转矩和牙齿长轴的倾斜度,使矫治变得更加简单。Xu等^[6]研究发现Tip-Edge plus技术控根效果强于MBT技术,更有利于前牙转矩的控制^[7]。所以临床上可以根据患者自身情况选择适合患者的矫治体系。而自锁托槽最早出现在1933年,直到1976年才提出了自锁托槽的直丝弓矫治技术。在转矩控制方面,Dalstra等^[8]体外研究实验不支持被动自锁托槽用于需要严格控制转矩的病例,但Katsikogianni等^[9]临床研究又认为虽然主动自锁托槽和被动自锁托槽在转矩表达上有明显差异,然而被动自锁托槽和传统金属托槽在转矩表达上无明显差异。

2.2 影响前牙转矩其他因素

2.2.1 托槽位置 使用直丝弓矫治器时,一般会将会托槽粘接在临床牙冠长轴的中点,并且将托槽粘接在一定的高度,如上颌中切牙MBT系统的推荐高度为5 mm, Alexander系统推荐高度为4.5 mm, Tip-edge系统的推荐高度为4.0 mm。托槽粘接高度的不同将影响牙齿最终的转矩,随着托槽位置上下的偏离,转矩的角度也会随之发生变化^[10]。

2.2.2 余隙角 方丝转矩的角度也会影响转矩力的大小,转矩的有效角度受到弓丝与托槽之间余隙的影响^[11]。余隙角的截距测量法是根据得到弓丝在弹性形变范围内的转矩力与转矩角的直线关系,在转矩负荷形变图内的坐标里求出直线与X轴的交点即余隙角。研究发现由于不同托槽的结构设计存在差异以及弓丝与托槽槽沟存在余隙角等因素,对于拔牙病例前牙的转矩很难完全控

制^[12]。有研究表明在如今常用的0.022的托槽槽沟内放置0.018*0.025“ss方丝的余隙角为15.07”，约合每0.001英寸余隙有3.77°余隙角，0.019*0.025“ss方丝余隙角为12.21°”，约合每0.001英寸余隙有4.07°余隙角。所以在安氏Ⅱ类拔牙内收病例中，上前牙转矩可能会不可控制的丢失一部分，从而造成上切牙直立现象。

2.2.3 牙体解剖形态 患者本身的牙体解剖形态也可影响上前牙转矩的控制，Watanabe等^[13]研究发现，牙冠唇面形态差异影响牙齿转矩，Oliveira等^[14]研究发现，即使是同一患者左右中切牙的形态也可能不相同，van loenen等^[15]对81颗上中切牙和79颗上颌尖牙的牙冠唇颊面曲度进行测量后得出：不同个体牙齿唇颊面形态存在差异，因此，即使相同的托槽粘接于同名牙齿上的相同位置，也会产生不同的牙轴位置。牙冠长轴与牙根长轴的成角差异，也是影响转矩的重要因素之一，即使牙冠形态和托槽的转矩角度与粘接位置一样，也会因为冠根角不同而产生不同的牙根位置。

2.2.4 弓丝材质 常用的不锈钢丝及镍钛丝由于它们的力学性能各不相同，所以对牙齿的转矩控制力作用也不同^[16]。抗扭刚度是决定弓丝转矩性能的主要因素，代表单位形变所产生回复力矩的大小，抗扭刚度大的方丝产生的转矩力大，方丝的材质和截面尺寸是影响抗扭刚度的重要因素^[17]。相同截面尺寸不锈钢丝的抗扭刚度明显大于镍钛方丝；不同截面尺寸镍钛方丝的抗扭刚度相差很小，而不锈钢丝则相差较大，所以在使用不锈钢丝施加转矩力时应注意转矩角的准确性，以免力值过大，引起牙根吸收。

3 辅助上前牙转矩控制的方法

3.1 不同体系托槽

前牙转矩是维持微笑弧线的关键因素，而在安氏Ⅱ类病人中，拔除前磨牙过度内收上前牙，可能会导致上前牙直立，与传统MBT直丝弓矫治器比，高转矩体系托槽可以更好地控制前牙冠唇向转矩，避免上前牙舌倾，补偿了内收过程中前牙弓丝入槽后转矩表达的不足^[18]。临床上，对于轻中度的骨性Ⅲ类患者我们往往通过牙性代偿来弥补上下颌骨矢状向上发育不调，上前牙过度的代偿性唇倾虽然可以代偿缺陷，但会影响面部的美观^[19]。正确的选择低转矩体系托槽可以使上切牙根唇向移动，减小牙冠唇倾度，改善侧貌美观。

3.2 倒置托槽

在安氏Ⅲ类非手术病人中，无论采用拔牙矫治还是非拔牙矫治方案，上切牙托槽倒置粘接可以明显改变上切牙转矩角度，使上中切牙的转矩由+17°变为-17°，上侧切牙的转矩由+12°变为-12°，上切牙发生根唇向移动而直立，使患者美观和功能得以恢复^[19-20]。

3.3 摇椅形弓

摇椅形弓丝是直丝弓矫治技术中常用弓丝^[21]，通过在不锈钢丝上加上摇椅，使整个弓丝上产生使牙体产生冠唇向/根舌向的正转矩，从而使前牙唇倾的可能性增加。根据Andrews的理论，摇椅弓每加深1mm，弓丝转矩度增加3°。

3.4 转矩钳加载转矩

方丝转矩钳主要应用于方丝弓上对牙齿进行控根移动，用于第三序列弯曲的弯制，常成对使用转矩钳在方丝弓上加转矩，产生转矩力^[22]。转矩钳使弓丝旋转，转矩力的大小与旋转程度有关，在加载转矩过程中左右手的力度应该一致，才能严格控制转矩角度。

3.5 转矩辅弓

安氏Ⅱ类错颌畸形以及上颌前突合并牙槽嵴丰满患者，拔牙后上前牙内收出现代偿性舌倾，达不到自然美观的效果。对于这类病人可采用转矩辅弓，在稳定性圆丝上给予上切牙一个较大的根唇向转矩，可以明显地改善上颌突度，减少牙槽嵴的丰满度。转矩辅弓对上切牙的压力点位于牙颈部，通过龈向曲突末端施力。牙齿的旋转中心位于距牙根尖的40%根长度处，内收前牙时，转矩辅弓产生根唇向转矩力，对抗上切牙牙冠的唇向倾斜，可以更好的控制力矩，使控根效果更加显著^[23]。前牙转矩辅弓是一种对上下前牙施加控制的简单有效的方法，尤其适用于“精细调整”阶段前牙咬合不良的情况。现常用辅弓有Begg辅弓，需医师根据病人情况用细丝弯制而成，而国外有成品化的ART辅弓^[24]，但在国内无法购买。

3.6 关闭曲

关闭曲法适用于在关闭间隙时对前牙转矩控制，对医师弓丝弯制的技巧有操作要求，弓丝关闭曲打开的角度以及其作用效果不易把握。研究表明单纯用关闭曲法关闭间隙时弓丝容易变形，更易造成前牙伸长^[25]。

3.7 门型辅弓

转矩对于正畸治疗获得理想的咬合关系尤为

重要,对于个别牙的转矩调整,传统方法是通过不锈钢方丝局部施加转矩力,但该方法效率低,受限制。李宇等^[26]研究了一种门形辅弓对牙根过于唇向的单个牙施加根舌向转矩,尤其是单个牙牙根过于唇向的转矩改正,而对于牙根舌向的单个牙也可以采用类似方法施加根唇向转矩。经过临床应用,加力2~3个月后,目标牙的转矩即可明显改善。

3.8 单曲转矩簧

单曲转矩簧常用于上颌前牙,因为上颌唇腭侧骨板相对较厚有较大的转矩控制空间,成品前牙转矩簧对单个牙的控制应用方便简单,通过增加力臂和钢丝长度来提供柔和持续的矫治力,有效地发挥了转矩控根作用,作为辅簧,以硬方丝弓为主弓丝,在不影响其他牙的作用下完成单颗牙的唇舌向控根移动。

4 上前牙转矩控制的意义

4.1 上前牙转矩控制的美学意义

微笑美学已经成为患者和正畸医生关心的一个主要问题,上切牙不良的转矩角度可能会损害牙弓的空间关系^[27],使咬合缺乏稳定性^[28]。正畸治疗的目标是实现一个理想并在功能效率上对牙槽骨牙齿移动的结构平衡与美学的和谐统一。其中控制牙根唇颊向的轴倾度是建立良好咬合的关键,当牙冠倾斜超过均值“2°”以上就会影响正常的咬合关系。现研究发现前牙转矩与美观和功能联系更为紧密。社交中个人的吸引力受自身微笑相关因素的影响,包括牙齿和牙龈的大小、形状、可见度以及牙齿的颜色^[29], Ciucchi等^[30]发现,上切牙倾斜度 $\pm 15^\circ$ 的改变可能导致牙齿颜色感觉的改变。

4.2 上前牙转矩控制的功能意义

在治疗期间维持良好的前牙转矩还可以避免牙弓间隙的缺失。安德鲁斯在1972年强调上前牙正确的倾斜角度可以达到最佳的咬合,由于它们的梯形形态,确定了近中远中空间牙弓内的占用量,并使其具有潜在空间的意义^[31]。上颌切牙唇向倾斜,使接触点进一步向唇侧定位,从而增加牙弓的长度,相反,舌向倾斜则重新定位接触点,使牙弓长度的消耗量减少^[32]。Jain等^[33]研究发现:上中切牙转矩和上下颌间隙之间呈显著的负相关关系,研究表明,随着前牙转矩的变化,牙弓长度的消耗量也不断变化,增加1°的转矩,将消耗约0.012 mm的牙弓长度,这点可以作为临床方案设计分析参照标准。同时通过正畸矫正前牙转矩也

可以是一个挽救牙齿和改善牙龈萎缩的机会。Machado等^[34]研究发现使用不同的技术对单颗牙施加转矩力量,可以有效的改善单颗牙的唇侧或颊侧牙龈萎缩^[35]。根尖的转矩运动距离牙槽骨方向约2 mm,该牙的牙龈退缩平均减少近5 mm,并无牙根吸收现象的产生,所以单颗牙的转矩改变可以使牙周状况显著改善。

目前,前牙美学已经成为了口腔医学的重点医疗服务内容,患者对前牙美观的要求日益增长,前牙的正常位置及生理功能与其脸部的协调关系越来越受到人们的重视,国外的医疗服务中把正畸治疗前牙划为一项独立的医疗项目,可见上前牙转矩良好表达的重要性。现如今直丝弓矫治器都是统一预置转矩的矫治器,由于托槽位置的精准性、余隙角、牙体解剖形态等不可控制因素的影响,需要在后期精细调整阶段使用辅助技术进行转矩控制。而各类辅助控制前牙转矩的方法中,倒置粘接托槽需时较长,且对个别牙效果不理想;平直弓丝上直接对个别牙加转矩则因弓丝扭曲过大,入槽困难;弓丝上弯制曲虽然克服了上述缺点,但操作繁琐,且可能对前庭沟软组织造成刺激,增加患者不适;摇椅弓作用力系统较复杂,受弓丝与托槽间摩擦力影响较大,不利于使用滑动法关闭拔牙间隙;门形辅弓及单曲转矩簧适用于纠正单颗牙的转矩角度,转矩辅弓可用于纠正关闭拔牙间隙过程中以及内收完成后的上前牙直立,所以值得推广。

随着时代科技的蓬勃发展,出现了通过数字化技术辅助医生进行矫治方案的精准设计的个性化定制托槽,它可以确保矫治方案的精确性,3D的可视化治疗方案对颊舌侧一览无余,纵观全局,同时可根据牙齿的解剖形态及位置,将个性化转矩数据精准表达于托槽底板,从而达到最适合患者情况的最佳矫治效果。但是由于上前牙转矩表达受不可控制因素影响,Simon等^[36]发现即使理论上可以百分之百控制的转矩也不可能完全实现,所以转矩控制的精准性还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Jain M, Vyas M, Singh JR. Effect of crown angulation of maxillary incisor on effective arch perimeter[J]. J Clin Diagn Res, 2017, 11(6): C92-C96.
- [2] Gao L, Wichelhaus A. Forces and moments delivered by the PET-G aligner to a maxillary central incisor for palatal tipping and intrusion[J]. Angle Orthod, 2017, 87(4): 534-541.

- [3] Casa MA, Faltin RM, Faltin K, et al. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous torque moment. Intra-individual study[J]. *J Orofac Orthop*, 2001, 62(4): 285-295.
- [4] Singh H, Maurya RK, Thakkar S. Spec rekindled-a simple torque correction mechanics for transposed teeth in conjunction with pre-adjusted edgewise appliance system[J]. *J Clin Diagn Res*, 2016, 10(12): ZH03.
- [5] Parkhouse RC. Current products and practice: tip-edge plus[J]. *Int J Orthod Milwaukee*, 2008, 19(3): 17-24.
- [6] Xu LL, Chen LL, Du XY, et al. Clinical effect of tip-edge plus appliance in children with angle II malocclusion[J]. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 2013, 33(6): 886-891.
- [7] Jyothikiran H, Shanthraj R, Subbiah P. Use of tip-edge in vertically growing individual - a case report[J]. *Int J Orthod Milwaukee*, 2013, 24(4): 15-18.
- [8] Dalstra M, Eriksen H, Bergamini C, et al. Actual versus theoretical torsional play in conventional and self-ligating bracket systems [J]. *J Orthod*, 2015, 42(2): 103-113.
- [9] Katsikogianni EN, Reimann S, Weber A, et al. A comparative experimental investigation of torque capabilities induced by conventional and active, passive self-ligating brackets[J]. *Eur J Orthod*, 2015, 37(4): 440-446.
- [10] Al-Thomali Y, Mohamed RN, Basha S. Torque expression in self-ligating orthodontic brackets and conventionally ligated brackets: a systematic review[J]. *J Clin Exp Dent*, 2017, 9(1): e123-e128.
- [11] Khanapure CC, Ayesha S, Sam G, et al. Evaluation of different bracket's resistance to torsional forces from archwire[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2016, 17(7): 564-567.
- [12] Vadavadagi SV, Hombesh MN, Choudhury GK, et al. Variation in size and form between left and right maxillary central incisor teeth [J]. *J Int Oral Health*, 2015, 7(2): 33-36.
- [13] Watanabe T, Miyazawa K, Fujiwara T, et al. Insertion torque and periosteal values are important factors predicting outcome after orthodontic miniscrew placement[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2017, 152(4): 483-488.
- [14] Oliveira TM, Claudino LV, Mattos CT, et al. Maxillary dentoalveolar assessment following retraction of maxillary incisors: a preliminary study[J]. *Dental Press J Orthod*, 2016, 21(5): 82-89.
- [15] van Loenen M, Degrieck J, De Pauw G, et al. Anterior tooth morphology and its effect on torque[J]. *Eur J Orthod*, 2005, 27(3): 258-262.
- [16] Sifakakis I, Pandis N, Makou M, et al. Torque expression of 0.018 and 0.022 inch conventional brackets[J]. *Eur J Orthod*, 2013, 35(5): 610-614.
- [17] Huang Y, Keilig L, Rahimi A, et al. Torque capabilities of self-ligating and conventional brackets under the effect of bracket width and free wire length[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2012, 15(4): 255-262.
- [18] Xiaowei L, Luyi Y, Huifang Z, et al. Comparison of friction force between Lock-loose bracket and traditional bracket[J]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 2014, 32(6): 570-574.
- [19] Zegan G, Dascalu C, Mavru RB, et al. Cephalometric features of class iii malocclusion[J]. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*, 2015, 119(4): 1153-1160.
- [20] 翁嘉华, 王大为. 上颌切牙托槽倒置粘接治疗骨性Ⅲ类错的临床研究[J]. *口腔疾病防治*, 2016, 24: 665-670.
- [21] Archambault A, Lacoursiere R, Badawi H, et al. Torque expression in stainless steel orthodontic brackets. a systematic review[J]. *Angle Orthod*, 2010, 80(1): 201-210.
- [22] Dalla RF, Burmann PF, Ruschel HC, et al. Evaluation of fracture torque resistance of orthodontic mini-implants[J]. *Acta Odontol Latinoam*, 2016, 29(3): 248-254.
- [23] Meyer R. Tip-edge plus bracket--a combination between begg and straight-wire bracket--the best of both worlds with new horizons in fixed orthodontic therapy[J]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 2008, 118(8): 713-732.
- [24] Panchez H, Loffler A, Obijou C. Efficiency of root torquing auxiliaries[J]. *Clin Orthod Res*, 2001, 4(1): 28-34.
- [25] Al-Thomali Y, Basha S, Mohamed RN. Pendulum and modified pendulum appliances for maxillary molar distalization in class ii malocclusion - a systematic review[J]. *Acta Odontol Scand*, 2017, 75(6): 394-401.
- [26] 李宇, 关宇, 潘兰兰, 等. 高效改正单个牙转矩的门形辅弓[J]. *华西口腔医学杂志*, 2012, 30: 222-223.
- [27] Tsuge A, Noda K, Nakamura Y. Early tissue reaction in the tension zone of pdl during orthodontic tooth movement[J]. *Arch Oral Biol*, 2016, 65(07): 17-25.
- [28] Gioka C, Eliades T. Materials-induced variation in the torque expression of preadjusted appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2004, 125(3): 323-328.
- [29] Cotrim ER, Vasconcelos JA, Haddad AC, et al. Perception of adults' smile esthetics among orthodontists, clinicians and laypeople[J]. *Dental Press J Orthod*, 2015, 20(1): 40-44.
- [30] Ciucchi P, Kiliaridis S. Incisor inclination and perceived tooth colour changes[J]. *Eur J Orthod*, 2017, 39(5): 554-559.
- [31] Andrews LF. The straight-wire appliance arch form, wire bending & an experiment[J]. *J Clin Orthod*, 1976, 10(8): 581-588.
- [32] Cao L, Zhang K, Bai D, et al. Effect of maxillary incisor labiolingual inclination and anteroposterior position on smiling profile esthetics[J]. *Angle Orthod*, 2011, 81(1): 121-129.
- [33] Jain M, Vyas M, Singh JR. Effect of crown angulation of maxillary incisor on effective arch perimeter[J]. *J Clin Diagn Res*, 2017, 11(6): C92-C96.
- [34] Machado AW, Macginnis M, Damis L, et al. Spontaneous improvement of gingival recession after correction of tooth positioning[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2014, 145(6): 828-835.
- [35] Lossdorfer S, Bieber C, Schweska-Polly R, et al. Analysis of the torque capacity of a completely customized lingual appliance of the next generation[J]. *Head Face Med*, 2014, 10(04): 4.
- [36] Simon M, Keilig L, Schwarze J, et al. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization[J]. *BMC Oral Health*, 2014, 14(10): 68.

(编辑 罗燕鸿, 张晟)