

# 自锁托槽与传统托槽对比研究的进展与方向

刘玉, 王培军, 周珊, 白雪霏 (哈尔滨医科大学附属第二医院, 黑龙江省哈尔滨市 150000)

## 文章亮点:

- 1 此问题的已知信息: 近年来, 自锁托槽矫治系统的出现为错殆畸形的正畸治疗引入了新的观点, 具有操作简便、节省椅旁时间、减少黏膜刺激等优点。伴随自锁托槽的应用, 越来越多的学者对其进行研究。
- 2 文章增加的新信息: 文章从自锁托槽与传统托槽的对比研究方向和最新进展进行了分析、综述, 在原有的研究方向中增加最新有关支抗和牙根吸收的研究进展。
- 3 临床应用的意义: 通过此综述有助于较全面了解有关自锁托槽与传统托槽的研究信息和临床应用的优缺点, 为临床医生与患者选择托槽种类提供充足的理论研究。

## 关键词:

生物材料; 口腔生物材料; 自锁托槽; 传统托槽; 椅旁操作时间; 口腔卫生维护; 摩擦力; 牙根吸收; 支抗丧失

## 主题词:

牙弓; 正畸支抗; 综述

## 摘要

**背景:** 研究表明, 自锁托槽在正畸治疗中有优于传统托槽的特点, 但也存在诸多争议。目前, 对于自锁托槽的独特作用, 探讨者也是各持己见。

**目的:** 综述近年来有关自锁托槽与传统托槽对比研究的方向与进展。

**方法:** 由第一作者检索 2000 至 2014 年 PubMed 数据库、中国知网数据库相关文献。英文检索词为“self-ligating bracket, conventional orthodontic bracket”, 中文检索词为“自锁托槽, 传统托槽, 正畸治疗”。

**结果与结论:** 自锁托槽节省椅旁操作时间已被证实与接受。有关自锁托槽能够降低正畸治疗中摩擦力的观点仍存在很大的争议, 目前较明确的观点是, 自锁托槽在使用细圆丝时的摩擦力小于传统托槽; 对于自锁托槽在关闭间隙与精细调节阶段产生的摩擦力是否明显小于传统托槽还没有被证实, 需要更多的临床对比试验。自锁托槽在扩大牙弓、减少支抗丧失与牙根吸收上与传统托槽差异不明显, 并且研究多在体外进行, 无法精确模拟口腔内的真实情况, 尚需开展更多大样本量、统一疗效判断标准的试验, 对自锁托槽的治疗效果进一步作出的客观评价。

刘玉, 王培军, 周珊, 白雪霏. 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.

## Comparative study of self-ligating brackets and conventional brackets: direction and progress

Liu Yu, Wang Pei-jun, Zhou Shan, Bai Xue-fei (The Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150000, Heilongjiang Province, China)

## Abstract

**BACKGROUND:** The self-ligating bracket is superior to the conventional bracket in orthodontic treatment, but there are a lot of controversies. At present, researchers have different views on the function of self-ligating brackets.

**OBJECTIVE:** To summarize the comparative study of self-ligating brackets and conventional bracket with the direction and development in recent years.

**METHODS:** A computer-based search of PubMed (2000-2014) and CNKI (2000-2014) databases was done for relevant articles, using the key words of “self-ligating brackets; conventional orthodontic brackets” in English and Chinese, respectively.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Self-locking brackets saves chair side time, which has been confirmed and accepted. There are different views for the issue that self-ligating brackets can reduce friction in orthodontic treatment. It is widely accepted that, the self-ligating brackets using thin round wire had less friction than the conventional brackets; whether the friction of self-ligating brackets in the closed gap and fineness adjustment stages is less than the conventional brackets still remains unclear, which need further clinical comparative studies. The self-ligating brackets showed no significant difference with the conventional brackets in arch expansion, reducing anchorage loss and root adsorption. The majority of relevant studies is performed *in vitro*, and cannot exactly simulate the dental conditions. A large-size experiment with the uniform criteria for therapeutic efficacy is needed to objectively evaluate self-ligating brackets.

刘玉, 女, 1988 年生, 黑龙江省齐齐哈尔市人, 汉族, 哈尔滨医科大学在读硕士。

通讯作者: 王培军, 哈尔滨医科大学附属第二医院口腔正畸科, 黑龙江省哈尔滨市 150000

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.25.023  
[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)25-04068-05

稿件接受: 2014-06-03

Liu Yu, Studying for master's degree, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150000, Heilongjiang Province, China

Corresponding author: Wang Pei-jun, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150000, Heilongjiang Province, China

Accepted: 2014-06-03

**Subject headings:** dental arch; orthodontic anchorage procedures; review

Liu Y, Wang PJ, Zhou S, Bai XF. Comparative study of self-ligating brackets and conventional brackets: direction and progress. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(25):4068-4072.

## 0 引言 Introduction

1935年, 美国正畸医生Stolzenberg为了改进结扎丝的操作不便发明了最早的自锁托槽<sup>[1]</sup>, 但限于当时的技术水平和设计上的问题, 这种托槽并没有得到太多的关注和应用。20世纪70年代, 加拿大正畸医生Herbert Hanson发明了SPEED自锁托槽, 明显提高了临床操作效率。随着正畸技术的不断发展, 为了简便结扎过程、减少椅旁时间, 不同类型的自锁托槽相继问世<sup>[2]</sup>。自锁托槽区别于传统托槽的特殊设计—利用锁帽代替结扎丝或结扎圈固定弓丝, 不仅大幅度减少了椅旁操作时间, 同时可能很大程度地降低了矫治过程中的摩擦力, 为临床正畸带来比传统托槽更多的优势, 如今国内外正畸医生已意识到轻力矫治的重要性的必要性。轻力矫治不仅有利于牙周组织的健康, 减少患者的痛苦, 有利于牙槽骨发生生理性改建, 加快牙的移动速度, 更有利于减轻牙根吸收的发生或减轻其程度。基于此理论有了关于两种托槽的多方面研究。近十几年国内外研究者在原有自锁托槽基础上进行不断改进, 同时也出现了许多新产品, 现在市场与临床中有近10种自锁托槽, 现代制造工业技术的发展, 使自锁托槽的可用性越来越高, 对自锁托槽矫治器的相关研究也越来越广泛和深入。

## 1 资料和方法 Data and methods

**1.1 资料来源** 由第一作者检索2000至2014年PubMed数据库、中国知网数据库。英文检索词为“self-ligating bracket ,conventional orthodontic bracket”, 中文检索词为“自锁托槽, 传统托槽, 正畸治疗”。

### 1.2 入选标准

**纳入标准:** ①文章所述内容与自锁托槽与传统托槽对比实验密切相关。②同一研究方向选择近期发表或在权威杂志上发表的文章。

**排除标准:** 重复性研究。

**1.3 数据提取** 共检索到文献95篇, 其中中文文献20篇, 英文文献75篇, 排除与研究目的相关性差及内容陈旧、重复的文献48篇, 纳入47篇符合标准的文献进行综述。

## 2 结果 Results

**2.1 椅旁操作时间** 椅旁操作的时间是检查, 弓丝拆除, 弓丝弯制、放置及结扎, 托槽黏结等时间的总和。20世纪90年代Turnbull等<sup>[3]</sup>和Maijer等<sup>[4]</sup>对自锁托槽与传统直丝托槽弓丝的拆除、结扎时间等进行了比较研究, 结果显示自锁托槽的确可以减少椅旁时间。此后不断有学者对此进行研究, 国内有刘丛华等<sup>[5]</sup>、谭忠荣等<sup>[6]</sup>对两种托槽的椅

旁时间进行对比试验。自锁托槽通过锁夹或锁帽代替结扎丝或结扎圈把弓丝固定于托槽的槽沟中, 因此有利于减少临床医生结扎和去结扎丝的时间, 有效减少了椅旁操作时间。如Harradine<sup>[7]</sup>的研究表明, 使用自锁托槽后单颌更换弓丝时间可以减少24 s。

**2.2 牙周健康** 固定矫治是当今国内外最常用的错颌畸形治疗方法, 但固定矫治器会使食物残渣更容易停留于口腔, 增加了患者保持口腔卫生的难度。自锁托槽系统应用于临床后, 有关其与传统直丝弓托槽在保持口腔卫生方面的对比研究就在不断的进行, 也产生了不同的观点。与结扎丝或弹性橡皮圈相比较, 自锁托槽对牙龈等牙周组织的机械和化学刺激较小, 减少了感染的机会, 并且自锁托槽体积较小, 没有结扎丝或弹力圈的刮黏食物的作用, 托槽周围更易清洁, 有利于口腔卫生的维护和牙周组织的健康。Pellegrini等<sup>[8]</sup>的试验表明, 大多数使用自锁托槽的患者在正畸矫治的第1周和第5周时, 比用橡皮圈结扎的传统托槽在口腔内有更少的细菌产生, 但同时也有其他学者表示自锁托槽与传统托槽在口腔卫生维护与牙周健康方面并没有明显的区别<sup>[9]</sup>。有关自锁托槽是否有益于患者口腔卫生维护仍是一个存在争议的研究, 同时关于使用自锁托槽矫治后龋患和脱矿情况的临床研究报道较少, 以前的实验仅是研究菌斑指数、牙周袋深度、探诊出血等主观性指标, 因实验人员不同致判断结果不同而使实验的误差不能够避免, 这也是导致争议存在的原因之一。近二三年开始有了关于自锁托槽与传统托槽对口腔内牙龈卟啉单胞菌与变形链球菌数量影响的相关研究, 从客观指标上探讨自锁托槽与传统托槽对口腔卫生维护和牙周健康的影响是否有区别<sup>[10-11]</sup>。也有学者通过研究自锁托槽对牙周组织的作用来评判自锁托槽矫治器对牙周健康的影响, 认为自锁托槽矫治器的使用有利于牙周组织的健康, 原因有可能是自锁托槽的应用减小了矫治器系统的摩擦力, 减小了矫治力, 从而减小对牙周组织血管的压迫, 有利于牙周组织的有氧代谢, 同传统托槽的矫治器相比, 更有利于牙周组织的健康<sup>[12]</sup>。正畸医生和患者要注意的是, 正畸治疗中的口腔卫生维护主要还是依靠医生的卫生宣教, 以及患者的主观意愿即正畸患者要保证正确的刷牙方法、刷牙时间与次数。

**2.3 托槽与弓丝间的摩擦力** 摩擦力在正畸治疗移动牙齿过程中是不可避免的。正畸治疗时, 施加的矫治力必须克服摩擦力才能使牙齿移动, 摩擦力越小矫治力越轻。传统托槽通过不锈钢结扎丝或弹性圈固定弓丝, 因此加大了弓丝与托槽间的摩擦力, 而自锁托槽改变了结扎方式, 通过锁扣固定弓丝, 减掉因结扎而增加的摩擦力。

Tecco等<sup>[13]</sup>研究得出在使用0.014英寸镍钛丝和0.016英寸镍钛丝时,托槽与弓丝间产生的摩擦力以传统托槽最大,不同型号自锁托槽产生的摩擦力也不同,以DamonM和VisionLP产生的摩擦力最小。体外研究矫治过程中使用不锈钢弓丝时,自锁托槽与传统托槽在摩擦力方面没有区别;但使用镍钛丝时,自锁托槽产生的摩擦力明显小于传统托槽<sup>[14]</sup>。正畸治疗过程中产生的摩擦力不仅包括弓丝与托槽间的滑动摩擦力,还包括弓丝与槽沟形成的角度大于临界角时产生的弓丝弹性约束力和刻痕阻力<sup>[15]</sup>。因此有关自锁托槽能够降低正畸治疗中摩擦力的观点仍存在很大争议,目前较明确的观点是,自锁托槽在使用细圆丝时的摩擦力小于传统托槽<sup>[16]</sup>。体外研究显示,自锁托槽在尖牙滑动时产生的摩擦力明显小于传统托槽<sup>[17]</sup>;Choi等<sup>[18]</sup>的实验显示:在排齐整平后使用0.019×0.025不锈钢方丝时,Damon 3MX不锈钢自锁托槽在牵3向远中产生的摩擦力明显低于Kosaka不锈钢传统直丝弓托槽;但Montasser等<sup>[19]</sup>研究表明,自锁托槽在尖牙移动中的力损失并没有表现出比传统托槽更优越的性能。目前对于自锁托槽在关闭间隙与精细调节阶段产生的摩擦力是否明显小于传统托槽还未被证实,需要更多的临床对比试验。

**2.4 患者疼痛感** 正畸治疗中矫正器初戴安放弓丝患者通常都会感到一定程度的疼痛不适。有研究表明正畸治疗中的疼痛和不适一方面来源于牙周组织的改建,另一方面来源于正畸矫治器对软组织的机械刺激或不当操作。自锁托槽引起的牙周组织疼痛程度低于传统托槽,而引起的软组织疼痛程度高于传统托槽,这与自锁托槽制作工艺复杂、厚度较大有关<sup>[20]</sup>。Trein等<sup>[21]</sup>的实验证实戴矫治器第1天相对矫治前有明显的疼痛感觉,同时咀嚼效率下降明显。Tecco等<sup>[22]</sup>研究表明正畸导致疼痛大多发生于更换弓丝的9 d内,7-9 d后无疼痛的报告,正畸过程中的疼痛是普遍存在的,但Store<sup>[23]</sup>认为使用自锁托槽也许可以使疼痛不太激烈。对牙齿施加轻力可得到有效的生理性牙移动,并且能够减轻正畸移动牙齿过程中牙周韧带牵拉程度,从而产生更少的疼痛感。Damon等<sup>[24]</sup>研究表明,自锁托槽在整个矫治过程中的矫治力轻柔、缓和并接近最适矫治力,因而认为利用自锁托槽的低摩擦进行轻力矫治可以达到减轻正畸疼痛的目的。有实验显示在正畸治疗中使用Damon3自锁托槽患者的平均疼痛强度低于使用传统托槽患者<sup>[25]</sup>。但Atik等<sup>[26]</sup>的研究显示为,在矫治的不同时期两种矫治托槽得到的疼痛评分是相似的,没有显著区别;国内学者的研究结果显示自锁托槽Smartclip和传统托槽Victory对患者的疼痛不适程度差异无显著性意义<sup>[27]</sup>。出现此不同研究结果有可能是因为正畸治疗中的疼痛也与患者的心理、社会环境因素存在相关关系。也有学者就两种托槽在椅旁操作时即安装和拆卸不锈钢方形弓丝时患者产生的疼痛和不适感进行系统回顾研究,得出的结论为自锁托槽较传统托槽有更明显的疼痛感觉<sup>[28]</sup>,是因自锁

托槽在开锁时产生的瞬间力过大,使患者有明显的疼痛感,今后需要不断改进自锁托槽的技术。

**2.5 牙弓宽度改变比较** Damon自锁托槽的倡导者表示,使用Damon自锁托槽可以扩大牙弓,有效解除牙列拥挤,拔牙还是不拔牙矫治取决于面部美观而非牙列拥挤度,从而减少拔牙矫治的比率,减轻患者痛苦<sup>[29]</sup>。牙弓扩展包括长度扩展和宽度扩展,是增大骨量的主要措施。其中牙弓长度扩展的方法主要有推磨牙向远中、切牙唇向移动等;牙弓宽度扩展的方法主要有腭中缝扩展、牙弓正畸扩展及牙弓-齿槽骨功能性扩展。

有研究表明自锁托槽配合镍钛弓丝在排齐阶段可以有效扩大上颌牙弓宽度与牙弓周长,有利于非拔牙矫治<sup>[30]</sup>。研究表明自锁托槽在非拔牙矫治中牙弓长度和宽度均有明显增加,上颌宽度增加主要发生在前磨牙区,下颌宽度增加主要发生在第一和第二前磨牙区,尖牙的宽度也有增加的趋势,但没有前磨牙的明显<sup>[31]</sup>。在I类错颌伴上颌牙弓狭窄的对比研究中,自锁托槽扩弓后的牙弓与使用扩弓器扩弓后戴用传统托槽的牙弓并没有明显区别,结果显示两者都能有效增加牙弓宽度,都存在上下颌切牙唇倾,并且自锁托槽的磨牙倾颌更明显<sup>[26]</sup>。同时有关自锁托槽在矫治不拔牙患者中产生的类似快速扩弓效果,是否能保持长期稳定尚无研究报道<sup>[32]</sup>。有学者应用Peer Assessment Rating(PAR)指数测量了自锁托槽技术及直丝弓技术的临床应用效果,显示效果均理想<sup>[33]</sup>。1992年Richmond等发展了一种专门用于测量治疗后牙、颌改变来评价正畸治疗结果的方法-PAR指数。也有研究表明对于拥挤的下颌牙弓使用相同弓丝的自锁托槽和传统托槽,在排齐下颌牙列后磨牙间的宽度并没有明显差异,同时测得的尖牙宽度变化也相似<sup>[34]</sup>。自锁托槽在矫治不拔牙病例中确实具有扩大牙弓宽度与增加牙弓周长、解除牙列拥挤的作用,并优越于传统托槽,但将其与传统托槽进行对比实验所得的结果是否具有统计学意义仍存在不同结论。

**2.6 矫治时间** 拥挤牙列的排齐是多颗牙齿沿弓丝滑动的过程,弓丝与槽沟间的摩擦力越低这种相对运动越顺畅。自锁托槽矫治器能降低摩擦力水平,使得正畸医生可以使用持续的最接近生理性的轻矫治力更加迅捷地移动牙齿,相应减少复诊次数,从而被认为有助于快速解决拥挤<sup>[35]</sup>。Baccetti等<sup>[36]</sup>认为,使用自锁托槽可以缩短排齐阶段和精细调节阶段的时间,从而减少矫正时间。非拔牙患者下颌牙列拥挤为中度及小于5 mm时,使用自锁托槽的排齐速度较传统托槽快2.7倍<sup>[37]</sup>。因此,临床应用中认为矫治前期应用自锁矫治器提供了轻力矫治,从而减少牙齿排齐整平时间,提高矫治效率。

拔牙患者使用Damon3自锁托槽并不比传统直丝弓托槽在牙齿排齐阶段矫治更有效率,其排齐速度受牙列拥挤度的影响与托槽类型无明显关联<sup>[38]</sup>。Saporito等<sup>[39]</sup>的Typodont模型实验显示,在关闭拔牙间隙阶段,自锁托槽

及传统托槽与0.016×0.022不锈钢弓丝组合关闭拔牙间隙的效率无显著差异。da Costa Monini等<sup>[40]</sup>的实验显示,自锁托槽19.19个月的治疗时间与用不锈钢丝结扎的传统托槽21.25个月的矫治时间没有统计上的显著差异。因此,有关自锁托槽矫治器较传统矫治器能显著缩短整个错颌畸形矫治时间的观点尚需进一步研究。

**2.7 牙根吸收** 随着自锁托槽在世界的应用越来越多,有关自锁托槽的研究又有新方向:轻力矫治除了提高矫治效率还能减少牙根吸收的发生或减轻其程度,以更接近生理性的牙槽骨改建代替相对缓慢的潜匿性骨吸收,加快牙齿移动速度,实现牙槽骨与牙齿的同步矫治<sup>[41]</sup>。牙根外吸收指牙根变钝或变短,为正畸治疗的常见并发症之一<sup>[42]</sup>。

Jacobs等<sup>[43]</sup>的实验使用美国3M公司的Smartclip自锁托槽和Victory Series传统托槽矫治前后切牙牙根吸收的数量百分比和吸收程度对比研究发现,牙根吸收的百分比没有差异,牙根吸收程度也没有统计学意义(自锁托槽0.3,传统托槽0.5),此实验采用的是全颌曲面断层测量,全颌曲面断层片为非定位摄片:牙齿变形较大,不同牙位变形率也不同,当使用等级频数来反映全口牙列牙根外吸收情况时,希望所使用的X射线技术能包含全部的牙齿信息,牙根影像重叠少,因此二维方向的测量有可能存在误差。Leite等<sup>[44]</sup>的实验采用CBCT扫描和三维重建矫治前和矫治6个月后的上下切牙牙根,发现正畸治疗后所有的牙均有明显吸收,但牙根的吸收程度与托槽设计没有关系。牙根吸收的相关临床因素包括矫治器类型、弓丝材料、矫治力大小、矫治力持续时间、牙齿移动类型、牙齿移动距离、拔牙与非拔牙矫治、治疗时间等。由于多种因素的影响使得实验变得困难,因此有关此项的研究较少,就目前研究结果表明自锁托槽在牙根吸收方面无优势,但也不能做出明确的结论,而是需要更多的体内与体外对比研究。

**2.8 支抗丧失** 在各种类似远中牵引尖牙的牙齿移动中,低摩擦力可以降低牵引力,这样后牙区受到的相互牵引力也相应减小,同样的力量可使前牙移动而后牙不移动或移动较少,有助于支抗的保护。同时轻力牵引也减少了弓丝发生形变而阻碍滑动、增加摩擦力的可能,同样起到保护支抗的效果<sup>[45]</sup>。有研究表明,牵引尖牙远中移动3 mm后,Damon SL托槽侧支抗丧失较传统托槽侧少,节省0.3 mm后牙支抗<sup>[46]</sup>。但近年的研究显示不同结果,在拔除第一前磨牙病例中使用150 g NiTi拉簧力牵引尖牙向远中移动的结果显示,自锁托槽与传统托槽间磨牙支抗丧失没有明显区别<sup>[47]</sup>。da Costa Monini等<sup>[43]</sup>的实验选用自锁托槽与传统托槽矫治 I 类错颌畸形拔除4个第一前磨牙配合使用100 g镍钛拉簧力,每4周复诊的对比研究发现,两种矫治器有同样的磨牙支抗丧失,同时磨牙前倾角度也不存在明显区别。自锁托槽减少支抗丧失的理论确实存在,但其在临床应用中因受多种因素的影响,目前的研究表明自锁托槽的实际作用与传统托槽无统计学意义。

### 3 小结 Conclusion

自锁托槽作为一种不同于传统托槽的矫治器,在缩短排齐整平时间、减少医生椅旁操作时间,以及它的低摩擦力为正畸治疗提供较轻的矫治力上对临床治疗很有优势,但就其在扩大牙弓、减少支抗丧失及牙根吸收上与传统托槽差异不明显,并且研究多在体外进行,无法精确模拟口腔内的真实情况,因口内存在咀嚼运动、各个方向的咬合、牙周膜局部宽度和压力、牙齿倾斜转动、弓丝与托槽的成角,以及温度、湿度等对矫治器功能发挥产生影响,尚需开展更多大样本量、统一疗效判断标准的实验,以对自锁托槽的治疗效果进一步作出客观评价。

**作者贡献:** 文章资料收集、成文由第一作者完成,审校为第二、三作者。由第一作者对文章负责。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:** 没有与相关伦理道德冲突的内容。

**学术术语:** 自锁正畸托槽是指在正畸治疗中,用一种专用的黏结剂固定在牙齿表面的一种金属或陶瓷等材料制成的装置。

**作者声明:** 文章为原创作品,无抄袭剽窃,无泄密及署名和专利争议,内容及数据真实,文责自负。

### 4 参考文献 References

- [1] Rinchuse DJ, mile PG. Self-ligating brackets: present and future. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(2):216-222.
- [2] Harradine NW. Self-ligating brackets: Where are we now? *J Orthod.* 2003;30(3):262-273.
- [3] Turnbull NR, Birnie DJ. Treatment efficiency of conventional vs self-ligating brackets: Effects of archwire size and material. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(3):395-399.
- [4] Maijer R, Smith DC. Time saving with self-ligating brackets. *J Clin Orthod Res.* 2001;4:220-227.
- [5] 刘丛华, 缪耀强, 李兰超. 三种不同弓丝结扎方式的椅旁时间对比研究[J]. *口腔正畸学*, 2004, 11(1): 19-21.
- [6] 谭忠荣, 叶翁三杰. 自锁托槽和传统直丝弓托槽弓丝结扎时间的对比研究[J]. *口腔医学研究*, 2007, 23(4): 445-447.
- [7] Harradine NW. Self-ligating brackets and treatment efficiency. *Clin Orthop Res.* 2001;4:220-227.
- [8] Pellegrini P, Sauerwein R, F inlayson T, et al. Plaque retention by self-ligating vs elastomeric orthodontic brackets: quantitative comparison of oral bacteria and detection with adenosine triphosphate-driven bioluminescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):426e1-426e9.
- [9] Baka ZM, Basciftci FA, Arslan U. Effects of 2 bracket and ligation types on plaque retention: a quantitative microbiologic analysis with real-time polymerase chain reaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(2):260-267.
- [10] Shi J, Liu Y, Hou J, et al. Comparison of periodontal indices and Porphyromonas gingivalis between conventional and self-ligating brackets. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2013; 31(3):228-231.
- [11] do Nascimento LE, Python MM, dos Santos RL, et al. Colonization of Streptococcus mutans on esthetic brackets: self-ligating vs conventional. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143(4 Suppl):S72-77.

- [12] Parkin N. Clinical pearl clinical tips with System-R. *J Orthod.* 2005;32(2):244-246.
- [13] Tecco S, Marzo G, Di Bisceglie B, et al. Does the design of self-ligating brackets show different behavior in terms of friction? *Orthodontics (Chic.)*. 2011;12(4):330-339.
- [14] Khalid SA, Kumar V, Jayaram P. The comparison of frictional resistance in titanium, self-ligating stainless steel, and stainless steel brackets using stainless steel and TMA archwires: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2012; 4(Suppl 2): S203-211.
- [15] 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 Orthop.* 2002; 122(2):295-305.
- [16] Castro RM, Neto PS, Horta MC, et al. Comparison of static friction with self-ligating, modified slot design and conventional brackets. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):314-319.
- [17] Crincoli V, Perillo L, Di Bisceglie MB, et al. Friction forces during sliding of various brackets for malaligned teeth: an in vitro study. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013:871423.
- [18] Choi S, Joo HJ, Cheong Y, et al. Effects of self-ligating brackets on the surfaces of stainless steel wires following clinical use: AFM investigation. *J Microsc.* 2012;246(1):53-59.
- [19] Montasser MA, El-Bialy T, Keilig L, et al. Force loss in archwire-guided tooth movement of conventional and self-ligating brackets. *Eur J Orthod.* 2014;36(1):31-38.
- [20] 顾永佳, 高美琴, 吴燕平, 等. Time自锁托槽与传统托槽正畸治疗疼痛的相关比较[J]. 南通大学学报:医学版, 2010, 30(4):294-295.
- [21] Trein MP, Mundstock KS, Maciel L, et al. Pain, masticatory performance and swallowing threshold in orthodontic patients. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(6):117-123.
- [22] Tecco S, D' Attilio M, Tete S, et al. Prevalence and type of pain during conventional and self-ligating orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2009;31(4):380-384.
- [23] Storey E. Removable appliances in general practice. *Aust J Dent.* 1951;55(1):3-7.
- [24] Damon DH. The Damon low-friction bracket: A biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod.* 1998;32(11): 670-680.
- [25] Pringle AM, Petrie A, Cunningham SJ, et al. Prospective randomized clinical trial to compare pain levels associated with 2 orthodontic fixed bracket systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(2):160-167.
- [26] Atik E, Ciğer S. An assessment of conventional and self-ligating brackets in Class I maxillary constriction patients. *Angle Orthod.* 2014 Jan 14. [Epub ahead of print].
- [27] 朱雅霖. 自锁托槽与传统直丝托槽初戴后患者耐受性的比较[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(25):4893-4896.
- [28] Bertl MH, Onodera K, Čelar AG. A prospective randomized split-mouth study on pain experience during chairside archwire manipulation in self-ligating and conventional brackets. *Angle Orthod.* 2013;83(2):292-297.
- [29] Damon DH. Introducing the Damon system II. *Clin Impressions.* 1999;8(2):2-9.
- [30] Franchi L, Baccetti T, Camporesi M, et al. Maxillary arch changes during leveling and aligning with fixed appliances and low-friction ligatures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(1):88-91.
- [31] Maltagliati LA, Myiahira YI, Fattori L, et al. Transversal changes in dental arches from non-extraction treatment with self-ligating brackets. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(3):39-45.
- [32] Ozbek MM, Memikoglu UT, Altug-Atac AT, et al. Stability of maxillary expansion and tongue posture. *Angle Orthod.* 2009; 79(2):214-220.
- [33] 那宾, 邵菊萍, 白雪芹. 应用PAR指数评价不同矫治技术的治疗效果[J]. 山东大学学报:医学版, 2009, 47(7):237-242.
- [34] Pandis N, Polychronopoulou A, Katsaros C, et al. Comparative assessment of conventional and self-ligating appliances on the effect of mandibular intermolar distance in adolescent nonextraction patients: a single-center randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(3):e99-e105.
- [35] 姜若萍. 自锁托槽矫治技术与高效矫治[J]. 中国实用口腔科杂志, 2009, 2(1):16-20.
- [36] Baccetti T, Franchi L, Fortini A. Orthodontic treatment with preadjusted appliances and low-friction ligatures: experimental evidence and clinical observations. *World J Orthod.* 2008;9(1):7-13.
- [37] Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: a prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(2):208-215.
- [38] Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, et al. Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(4):470.e1-8.
- [39] Saporito I, Butti AC, Salvato A, et al. A "typodont" study of rate of orthodontic space closure: self-ligating systems vs. conventional systems. *Minerva Stomatol.* 2011;60(11-12): 555-565.
- [40] da Costa Monini A, Júnior LG, Martins RP, et al. Canine retraction and anchorage loss Self-ligating versus conventional brackets in a randomized split-mouth study. *Angle Orthod.* 2014. [Epub ahead of print]
- [41] 张晓燕. 自锁托槽矫治器对牙周健康的影响[J]. 口腔医学, 2008, 28(10):543-544.
- [42] Malmgren O, Levander E. Minimizing orthodontically induced root resorption. In: Graber T, Eliades T, Athanasiou AE, editors. *Risk management in orthodontics expert's guide to malpractice.* Chicago: Quintessence, 2004:61-75.
- [43] Jacobs C, Gebhardt PF, Jacobs V, et al. Root resorption, treatment time and extraction rate during orthodontic treatment with self-ligating and conventional brackets. *Head Face Med.* 2014;10(1):2.
- [44] Leite V, Conti AC, Navarro R, et al. Comparison of root resorption between self-ligating and conventional preadjusted brackets using cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012;82(6):1078-1082.
- [45] 傅民魁. 口腔正畸专科教程[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 521-533.
- [46] Srinivas S. Comparison of canine retraction with self-ligated and conventional ligated brackets—a clinical study. India: Thesis in fulfillment of postgraduate degree, Tamilnadu Medical University, Chennai, 2003.
- [47] de Almeida MR, Herrero F, Fattal A, et al. A comparative anchorage control study between conventional and self-ligating bracket systems using differential moments. *Angle Orthod.* 2013;83(6):937-942.