

DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.05.0613

• 综述 •

## 正畸托槽定位方法的研究进展

唐卫忠, 王婷婷, 汪大林\*

第二军医大学长海医院口腔科, 上海 200433

**[摘要]** 正畸托槽的精确定位是取得快速、理想矫治效果的必要条件。随着正畸技术的日益成熟及计算机技术在口腔正畸领域的广泛应用, 各种提高托槽定位精确度的方法如间接粘接技术及计算机辅助的托槽定位应运而生。与口内直接定位或石膏模型上间接定位技术不同的是, 三维整合数字化模型可以虚拟托槽定位、模拟矫治过程和预测矫治结果, 使得托槽定位更加准确, 节省了临床操作时间。本文对托槽粘接位置、直接定位方法、间接定位方法等方面的研究进展进行综述。

**[关键词]** 正畸托架; 定位器; 间接定位; 数字化模型

**[中图分类号]** R 783.5

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 0258-879X(2016)05-0613-05

### Recent progress in bracket positioning in orthodontics

TANG Wei-zhong, WANG Ting-ting, WANG Da-lin\*

Department of Stomatology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

**[Abstract]** Accurate bracket placement is essential for efficient and ideal orthodontic treatment. Due to the extensive integration of computer technology into orthodontics, computer-aided positioning brackets and variable methods of indirect bonding develop rapidly, aiming to position the brackets more correctly and simply. Compared with direct bonding and indirect bonding based on plaster models, three-dimensional digital maxillofacial-dental models have the advantage of simulating the virtual bracket position and the whole treatment process, predicting the final treatment outcomes, consequently, allowing for more accurate bracket positioning and less chair time. Here we reviewed the recent development of bracket placement, direct and indirect positioning technique in orthodontics.

**[Key words]** orthodontic brackets; placement gauge; indirect positioning; digital modeling

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2016, 37(5): 613-617]

现代正畸矫治技术的关键已经从标准的弓丝弯制技术转变为精确的托槽定位粘接技术, 因此对于托槽定位的方法学研究至关重要。MBT直丝弓矫治技术更加要求从最初阶段就要保证托槽定位的精确性, 这样托槽的预置参数才能完全和有效地表达。不准确的托槽位置会影响最终的牙齿位置, 需要正畸医生重贴托槽或弯制弓丝, 延长了治疗时间。舌侧矫治技术的出现使得托槽的间接定位技术受到更多关注, 与直接定位技术相比, 间接定位通过体外定位托槽增加了托槽定位精确性, 提高了矫治效率<sup>[1]</sup>。本文对托槽的粘接位置、直接定位技术、间接定位技术等方面的研究进展进行综述。

### 1 正畸托槽的粘接位置

无论方丝弓技术还是直丝弓 MBT 技术, 理想的托槽位置能够达到事半功倍的治疗效果, 同时会简化完成阶段的治疗, 提高矫治效率。托槽的定位包括角度定位和高度定位两方面。方丝弓矫治技术是按照殆面高度定位托槽实现牙齿正常的殆龈向高度, 通过弯制弓丝或改变托槽高度和角度实现牙齿的正常轴倾度; 直丝弓矫治器在方丝弓技术的基础上提出托槽按照临床冠中心(冠轴点, Facial-Axis point, FA点)定位<sup>[2]</sup>, 托槽轴向与临床冠长轴平行, 通过托槽预置的槽沟倾斜度和底板厚度控制牙齿的三维移动。正畸医师在临床定位托槽时, 除了按照以上标准外还需要根据患者的错殆类型和牙齿形

**[收稿日期]** 2015-10-11 **[接受日期]** 2015-12-17

**[作者简介]** 唐卫忠, 博士, 副教授、副主任医师。E-mail: 13122331118@163.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31162026, E-mail: wang\_dento@163.com

态,综合考虑整个矫治设计以及个别牙齿的形态变异,然后对托槽位置进行调整。例如临床中的扭转牙、冠折、重度磨耗、过小牙等,如果完全按 FA 点定位,难以实现牙齿整体移动以及邻牙间的良好接触。

## 2 直接定位技术

目前,直接定位技术多用于唇侧正畸中,正畸医师通过目测在口内定位粘贴托槽,然而对于后牙托槽轴向和水平向的定位,由于口内视野的限制很容易出现轴向和水平向误差,从而最终导致牙齿的轴倾度异常和牙齿旋转。很显然对于这种定位方法,医生主观性较大,而且口内环境的限制很难使托槽位于精确位置,影响托槽预置参数的精确表达。单纯靠医生目测实现托槽近远中向、殆龈向、轴向的准确定位是不可能的,因此借助托槽定位器和个体化的托槽定位表可以使托槽定位更准确。

2.1 托槽定位器 正畸医师在做出正确的诊断和治疗计划完成后,托槽的安放是整个治疗过程中最重要的方面。垂直定位是托槽定位中最困难的,传统的 Boone 和 Dougherty 测量定位器结合托槽定位表可以协助定位托槽的垂直高度,相对提高了垂直向准确性<sup>[3]</sup>。Mohammadi 等<sup>[4]</sup>认为托槽的垂直向定位时,托槽高度定位器要比 Boone 定位器精确,但是两者都存在垂直向、水平向和轴向定位误差,不能实现托槽预置参数的精确表达。Hattarki 和 Malag<sup>[5]</sup>在托槽高度定位器的基础上进行了简单改进,使托槽水平向定位时能较准确的对准牙齿的临床冠长轴。为了进一步提高托槽定位器的精确性,Mazzeo 等<sup>[6]</sup>研发了一种新的托槽定位器,包括定位前牙和后牙的两种类型,可以根据托槽定位表在这种定位器画出水平参考线,相对于传统定位器,可以使托槽在水平向和垂直向上更准确地定位于 FA 点。Anitha 等<sup>[7]</sup>认为,人为无法做到以 0.01 mm 的精确度将托槽中心定位于一点,但是计算机辅助激光引导的自动化校正体系可以使托槽定位精确度达到 0.024 mm,减少了人为定位误差而且节省了椅旁操作时间。直丝弓矫治器要求托槽翼与牙齿的临床冠长轴平行且均匀跨越长轴两侧,才能使牙齿获得正常的轴倾度和转矩。理想的托槽定位器应该能够同时定位托槽的高度和角度,然而目前的托槽定位器由于无法整合牙根的因素,不能精确定位临床冠

长轴从而无法实现托槽的角度定位。

2.2 托槽定位表 按照托槽定位表的推荐高度定位托槽,可以较准确地实现托槽的垂直定位。目前国内广泛应用的 MBT 矫治技术推荐使用的托槽定位表数据来源于西方人的殆特征,因此,国内学者曾祥龙等<sup>[8]</sup>通过对中国人正常的牙齿形态和殆特征进行研究,提出了适合绝大部分中国人的托槽定位表。然而托槽定位表推荐的高度值一般应用于平均大小且没有磨耗的牙齿,因此临床中对于个体化的错殆类型,正畸医师在个体化托槽定位表的基础上还需要结合整个矫治设计,采用不同的定位技巧来兼顾牙列的美观和咬合功能。

## 3 间接定位技术

间接粘结技术在 1972 年首次被详细阐述,是伴随舌侧矫治技术发展起来的,并且在 40 多年的期间里不断得到改善和发展。临床随机对照试验显示,间接定位比直接定位方法能够更精确定位托槽的垂直向、水平向和轴向位置<sup>[9-10]</sup>。如今,结合数字化殆模型的间接粘结技术避免了传统间接粘结技术复杂的实验室操作,在模型精确测量分析以及与颌骨、牙根的三维立体整合方面显示了极大的优越性<sup>[11]</sup>。

3.1 传统的间接定位方法 传统的间接定位技术是由口腔技师在石膏模型上定位托槽,通过转移托盘将托槽转移粘贴到口内。由于该技术的技工室操作程序相对复杂,Ciuffolo 等<sup>[12]</sup>指出间接粘结技术中临床医生的取模、灌模、石膏模型表面处理、托槽定位参考线的标识、托盘转移等操作步骤都会影响托槽最终的定位。因此,随着正畸材料学和间接粘结技术的发展,传统间接定位方法仍需不断改善和简化以准确粘贴托槽。

3.1.1 石膏模型上的托槽定位 在石膏模型上定位托槽,允许技师从颊舌向、近远中向以及殆向观察托槽位置,克服了口内直接定位技术对医生视野的限制、避免了口内环境的影响、允许技师有充足时间在模型上粘结托槽、减少了医生的椅旁操作时间并提高了患者舒适度。Joiner<sup>[1]</sup>在石膏模型上画出水平和垂直参考线来定位托槽,认为与直接粘结技术相比,间接粘结技术可以提高托槽定位精确性。Shpack 等<sup>[13]</sup>分别在仿头模型上和石膏殆模型上粘贴托槽,通过对比托槽的水平向和轴向位置,发现间

接定位法比直接定位法更为准确。

3.1.2 转移托盘 间接粘结技术是通过转移托盘将托槽转移到口内定位粘结的, 托盘能否准确转移模型上的托槽位置直接影响托槽在口内的精确性。为了提高托盘转移的准确性, 相继出现了不同的转移托盘材料, 包括丙烯酸树脂、不透光的硅橡胶材料、热塑性真空压膜片、透明硅橡胶托盘、快速成型树脂托盘。Castilla 等<sup>[14]</sup> 体外对比研究了硅橡胶材料为基础的转移托盘和真空压模托盘, 发现前者能更准确地转移托槽垂直向位置。Grünheid 等<sup>[15]</sup> 使用硅橡胶转移托盘将石膏模型上的托槽转移到口内, 通过锥形束计算机断层扫描术 (cone beam computed tomography, CBCT) 扫描口内托槽实际粘贴位置, 并与带有托槽的石膏模型的扫描影像进行重叠对比, 得出硅橡胶转移托盘能够较精确地转移托槽位置。现代转移托盘系统多是双层转移托盘, 外层托盘保证托槽位置的稳定性, 内层托盘能够保证托槽转移到口内时方便从托盘移除。随着正畸材料学的发展, 现在采用的多是双层透明树脂托盘、单层全牙列硅橡胶托盘或单个牙的有机硅丙烯酸树脂托盘。其中 Sondhi<sup>[16]</sup> 提出的快速粘结系统中使用的双层透明树脂转移托盘, 由于操作便捷, 在临床中广泛应用。托盘可以全牙列或分段转移入口内, 后者虽然操作复杂但可以相对精确地转移。另外, 粘结力不足会导致托槽脱落, 从而影响托槽再次定位的精确度。Menini 等<sup>[17]</sup> 通过临床纵向研究表明, 直接粘结和间接粘结的托槽脱落率差异无统计学意义, 因此正畸医师对于重度拥挤病例也可以采用间接粘结。

3.2 计算机辅助的间接定位方法 相对于传统间接定位技术中复杂的技工室操作, 计算机辅助的定位方法则简化了临床操作, 节省了椅旁操作时间。基于数字化模型的间接定位技术是通过口内直接扫描或对硅橡胶印模或翻制的石膏模型的间接扫描, 获得数字化殆模型, 通过对数字化模型进行测量分析来虚拟托槽定位, 然后快速成型出个体化的转移托盘实现托槽的间接定位。因此, 数字化模型测量的精确性和可重复性以及转移托盘的精确性都会影响到托槽的精确定位。

3.2.1 数字化殆模型 口内直接扫描或对石膏模型间接扫描牙列及咬合, 获得数字化印模, 通过数据

转换构建数字化殆模型。传统石膏模型仅能提供患者的牙冠和牙列咬合信息, 然而理想的托槽粘贴位置需要综合考虑包括牙冠、牙根、颅颌骨以及软组织的三维整体信息, 数字化殆模型和颅面骨的 CBCT 扫描影像的结合很好地解决了这一问题。由于 CBCT 扫描影像中的牙列影像精确度较低, 如何使数字化殆模型与 CBCT 扫描影像准确融合仍需要进一步研究。Gateno 等<sup>[18]</sup> 采用钛球作为基准标记点来配准整合 CBCT 影像和虚拟殆模型, 通过对比整合的头颅虚拟模型和体外头颅骨模型在牙齿、骨以及骨与牙齿之间的线距测量结果, 认为以基准标记点为基础的图像融合方法能够得到较准确的整合虚拟模型。Lin 等<sup>[19]</sup> 认为, 以基准标记点为基础的图像整合方法容易受图像失真的影响而不能准确地配准模型, 采用以区域性牙面为基础的配准方法则不容易受失真的影响而且具有较高的配准精确度。然而这些研究仅限于体外研究, 还需要临床进一步证实。

托槽的虚拟粘贴位置是以殆模型和颅面骨测量分析为前提的, 因此模型测量分析是否准确直接影响托槽的准确定位。关于数字化模型测量方面, 有关研究显示数字化模型在牙齿近远中距离、牙弓长度、牙弓宽度等线距测量方面, 与传统石膏模型的体外测量结果具有一致性, 而且测量结果具有可重复性<sup>[20-22]</sup>。判断托槽是否准确定位还是由患者最终的矫治效果决定, Yau 等<sup>[23]</sup> 通过激光扫描获得牙冠影像与 CBCT 影像中的牙根影像进行整合, 三维重建包括牙根在内的殆模型, 能够帮助模拟矫治过程中的牙齿移动以及预测矫治效果, 帮助实现虚拟托槽的个性化精确定位。Grauer 和 Proffit<sup>[24]</sup> 使用计算机辅助设计/计算机辅助制造 (computer-aided design/computer-aided made, CAD/CAM) 技术制作出个性化的舌侧矫治器和一系列弓丝, 临床应用 94 例患者, 将患者正畸治疗结束时的数字化殆模型与最初设计阶段的虚拟矫治效果进行图像配准, 得出 CAD/CAM 技术制作出个性化的舌侧矫治器能够实现最初设计的矫治结果, 该技术具有较高的托槽定位精确度。CAD/CAM 技术定制的矫治器作为新生事物, 仍需要临床进一步检验其定位准确性, 由正畸医师通过大量临床实践进行反馈、总结, 不断改善此项技术, 最终实现理想的矫治结果和较

高的矫治效率。

3.2.2 快速成型转移托盘 计算机辅助设计制造的快速成型技术节省了椅旁操作时间,提高了托槽定位精确度,并开始用于唇侧托槽的粘结<sup>[25]</sup>。舌侧矫治技术中,Schubert 等<sup>[26]</sup>通过扫描带有托槽的石膏模型,然后使用“QMS”系统制作个体化的转移托盘将石膏模型上的托槽转移到口内,通过对比口内托槽实际粘结位置和石膏模型上的托槽位置,认为该系统能够较精确地转移托槽位置。陈慧等<sup>[27]</sup>使用 CAD/CAM 制作的托盘将托槽转移粘结到口内然后取阴模,灌制出带有托槽的石膏模型,通过测量石膏模型上的托槽的线距和角度,与数字模型上托槽虚拟位置进行对比,得出 CAD/CAM 制作的转移托盘能够较精确地转移托槽位置。张文健等<sup>[28]</sup>在数字化颌模型基础上虚拟托槽定位,通过对托槽倒凹的充填及布尔运算等技术,打印出不带托槽的个体化托盘,这就免去了在光固化模型上压制转移托盘的制作程序,减少了托槽的定位粘结误差。笔者认为快速成型转移托盘作为间接粘结的一种新的定位工具,充分体现了 CAD/CAM 的技术优势,然而关于这项新技术的托槽定位精确性方面还需要大量的临床实践证实。

#### 4 展 望

对于目前临床上广泛使用的直丝弓技术,将托槽位置称为正畸治疗的基石并不为过,间接粘结技术由于精确定位托槽的优势而受到更多的关注。伴随着数字化口腔医学时代的到来,间接粘结结合计算机辅助诊断设计的数字化诊疗模式已被公认为今后口腔正畸的发展趋势和主流技术。然而现在国内,基于数字化模型的间接粘结技术在临床中还处于初步探索阶段,如何提高托槽的虚拟定位和转移精确度以达到预期矫治效果,以及实现临床医师到商业化的技工中心来集中完成托槽虚拟定位和转移托盘的制作的过渡转变,仍需要软件信息技术的不断成熟和临床实践的不断探索。另外,临床正畸医师通过临床实际矫治效果,对虚拟托槽的个性化粘结位置进行反馈总结,可以不断完善正畸理论体系,寻找更加客观稳定的定位标识和更加精确、可重复的定位方法来实现托槽精确、高效地定位,从而快速、高效地获得平衡、稳定、美观的矫治结果。

#### [参 考 文 献]

- [1] Joiner M. In-house precision bracket placement with the indirect bonding technique[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 137: 850-854.
- [2] McLaughlin R P, Bennett J C. Bracket placement with the preadjusted appliance[J]. *J Clin Orthod*, 1995, 29: 302-311.
- [3] Samuels R H. A new bracket-positioning instrument [J]. *J Clin Orthod*, 2000, 34: 482-483.
- [4] Mohammadi A, Moslemzadeh S H. Comparison of the accuracy of bracket placement with height bracket positioning gauge and boone gauge[J]. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 2011, 5: 111-118.
- [5] Hattarki R S, Malag S. A modified bracket-positioning gauge[J]. *Orthodontics (Chic.)*, 2011, 12: 268-269.
- [6] Mazzeo F, Marchese E, Assumma V, Sepe J, Perillo L. A new device (FAQ.FIX<sup>®</sup>) for orthodontic bracket placement in straight wire technique[J]. *Prog Orthod*, 2013, 14: 23.
- [7] Anitha A, Kumar A, Mascarenhas R, Husain A. Laser guided automated calibrating system for accurate bracket placement[J]. *Ann Med Health Sci Res*, 2015, 5: 42-44.
- [8] 曾祥龙,高雪梅. Z2 矫治器——基于正常颌中国人牙齿特征的直丝弓矫治器[J]. *华西口腔医学杂志*, 2008, 26: 573-579.
- [9] Hodge T M, Dhopatkar A A, Rock W P, Spary D J. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement[J]. *J Orthod*, 2004, 31: 132-137.
- [10] Yi G K, Dunn W J, Taloumis L J. Shear bond strength comparison between direct and indirect bonded orthodontic brackets [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2003, 124: 577-581.
- [11] Jacquet W, Nyssen E, Ibel G, Vannet B V. On the augmented reproducibility in measurements on 3D orthodontic digital dental models and the definition of feature points[J]. *Aust Orthod J*, 2013, 29: 28-33.
- [12] Ciuffolo F, Tenisci N, Pollutri L. Modified bonding technique for a standardized and effective indirect bonding procedure [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 141: 504-509.
- [13] Shpack N, Geron S, Floris I, Davidovitch M, Brosh T, Vardimon A D. Bracket placement in lingual vs

- labial systems and direct vs indirect bonding[J]. *Angle Orthod*, 2007, 77: 509-517.
- [14] Castilla A E, Crowe J J, Moses J R, Wang M, Ferracane J L, Covell D A Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques[J]. *Angle Orthod*, 2014, 84: 607-614.
- [15] Grünheid T, Lee M S, Larson B E. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding [J]. *Angle Orthod*, 2015, 10. [Epub ahead of print]
- [16] Sondhi A. Efficient and effective indirect bonding[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1999, 115: 352-359.
- [17] Menini A, Cozzani M, Sfondrini M F, Scribante A, Cozzani P, Gandini P. A 15-month evaluation of bond failures of orthodontic brackets bonded with direct versus indirect bonding technique: a clinical trial[J]. *Prog Orthod*, 2014, 15: 70.
- [18] Gateno J, Xia J, Teichgraber J F, Rosen A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2003, 61: 222-227.
- [19] Lin H H, Chiang W C, Lo L J, Sheng-Pin Hsu S, Wang C H, Wan S Y. Artifact-resistant superimposition of digital dental models and cone-beam computed tomography images [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2013, 71: 1933-1947.
- [20] Wiranto M G, Engelbrecht W P, Tutein Nolthenius H E, van der Meer W J, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 143: 140-147.
- [21] Cuperus A M, Harms M C, Rangel F A, Bronkhorst E M, Schols J G, Breuning K H. Dental models made with an intraoral scanner: a validation study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 142: 308-313.
- [22] Lippold C, Kirschneck C, Schreiber K, Abukiress S, Tahvildari A, Moiseenko T, et al. Methodological accuracy of digital and manual model analysis in orthodontics—a retrospective clinical study[J]. *Comput Biol Med*, 2015, 62: 103-109.
- [23] Yau H T, Yang T J, Chen Y C. Tooth model reconstruction based upon data fusion for orthodontic treatment simulation[J]. *Comput Biol Med*, 2014, 48: 8-16.
- [24] Grauer D, Proffit W R. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 140: 433-443.
- [25] Ciuffolo F, Epifania E, Duranti G, De Luca V, Raviglia D, Rezza S, et al. Rapid prototyping: a new method of preparing trays for indirect bonding[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006, 129: 75-77.
- [26] Schubert K, Halbich T, Jost-Brinkmann P G, Müller-Hartwich R. Precision of indirect bonding of lingual brackets using the Quick Modul System (QMS)® [J]. *J Orofac Orthop*, 2013, 74: 6-17.
- [27] 陈慧, 郭宏铭, 白玉兴, 历松. CAD/CAM 转移托槽粘接托槽位置准确性研究[J]. *北京口腔医学*, 2012, 20: 270-273.
- [28] 张文健, 王林, 严斌, 蔡传宝, 李剑, 鲍旭东. 计算机辅助正畸托槽间接粘接技术的研究[J]. *口腔医学*, 2007, 27: 184-186.

[本文编辑] 魏学丽