

双层压膜与3D打印导板在托槽间接粘接中准确性的对比研究

杨椿浩,李岩峰,夏冬,施婷婷

解放军总医院第四医学中心口腔科,北京 100048

【摘要】目的:评估目前双层压膜与3D打印单牙式导板在正畸间接粘接时对托槽定位准确性的差异。**方法:**利用离体牙按照牙弓形态排牙,标记测量点建立实验模型备用。3D打印组:利用扫描仪取得数字化模型,3Shape正畸软件设计、3D打印制作单牙位导板;双层压膜组:由实验模型翻制石膏工作模型,利用不同厚度的膜片制作双层压膜导板。通过制作的两种间接粘接导板分别将托槽转移定位到实验模型,测量标记点与托槽特定位点间距离,利用SPSS软件对转移前后距离的变化进行统计分析。**结果:**通过配对 t 检验分析,3D打印单牙导板与双层压膜导板在托槽粘接准确性无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**在上述实验条件下,双层压膜导板与3D打印单牙式导板在辅助托槽间接粘接过程中准确性无明显差异。

【关键词】3D打印导板;双层压膜导板;间接粘接;准确性

【中图分类号】R783.5

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2020)11-1464-05

Comparative study on the accuracy of double laminated film guide and 3D printed guide in indirect bonding

YANG Chunhao, LI Yanfeng, XIA Dong, SHI Tingting

Department of Stomatology, Fourth Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100048, China

Abstract: Objective To evaluate the differences between double laminated film guide and the 3D printed single-tooth guide in the positioning accuracy of bracket for indirect bonding in orthodontics. **Methods** Use isolated teeth to arrange teeth according to dental arch, and mark measurement points to establish experimental models for use; 3D printing group: use scanners to obtain digital models, and use 3Shape orthodontics software to design and 3D printer to make single-tooth guides; Double laminated film guide group: experimental models are used to convert to gypsum working models, and diaphragms of different thicknesses are used to make double laminated film guides. The brackets are transferred and positioned to the experimental model through the two indirect bonding guides, the distance between the marked point and the specific point of the bracket are measured, and SPSS software is finally used to perform statistical analysis on the change of distance before and after transfer. **Results** By paired t -test analysis, there was no statistical difference in the bonding accuracy between the 3D printed single-tooth guide and the double-layer laminating guide in the brackets ($P>0.05$). **Conclusion** Under the above experimental conditions, there is no significant difference in accuracy between the double laminated film guide and the 3D printed single-tooth guide in the indirect bonding process of the auxiliary bracket.

Keywords: 3D printed guide; double laminated film guide; indirect bonding; accuracy

前言

在正畸矫正过程中,托槽定位的准确性影响矫正效果,对于直丝弓矫治器尤其重要^[1]。托槽进行直接粘

接由于某些牙位难以观测,易受唾液、口内湿气等因素影响,耗时较长且有时缺乏精确性^[2]。因此1972年Silverman等^[3]提出正畸托槽间接粘接技术并应用于临床实践。正畸间接粘接是一种通过在患者的矫治前模型上直视下确定托槽的位置并制作间接粘接转移导板完成托槽口内粘接的技术。目前,临床上常规使用的间接粘接导板多为双层压膜导板,该类间接粘接导板的制作是根据口内临床牙冠的情况决定,通过托槽的位置并无法准确预估牙根在牙槽骨内的位置移动。现在随着3D打印技术、影像学及计算机辅助技术的结合与应用,现代数字化正畸诊疗的过程中需考虑牙-颌-颌-

【收稿日期】2020-06-05

【作者简介】杨椿浩,住院医师,硕士研究生,研究方向:正畸间接粘接,E-mail: yangchunhaohao@126.com

【通信作者】李岩峰,主任医师,教授,博士,研究方向:正畸间接粘接,E-mail: m.god@yeah.net

颌面综合因素,已有数字化排牙、定制个性化托槽及间接粘接转移导板制作系统投入临床使用。数字化模型因能够记录牙根、颌面在内的口腔信息,所以在临床应用中越来越广泛。目前,在数字化牙列模型上可以进行排牙、模拟托槽的定位,然后利用计算机辅助快速成型技术制作带有托槽的转移导板从而完成间接粘接。但计算机辅助快速成型技术制作的间接粘接导板与传统间接粘接导板的精确性尚未见报道,为了探求两类导板即3D打印导板是否与传统双层压膜导板在托槽间接粘接时准确便捷,本文进行了如下体外实验研究。

1 材料与方法

1.1 实验设备与材料

本研究采用的硬件包括:3 Shape TRIOS® Standard(3 Shape, 丹麦, 扫描精度 20 μm);Erkoform-3D 型压膜机, ERKODENT 1.0 mm 软膜片及 0.6 和 0.8 mm 的硬膜片(爱科特, 德国);3D 打印机 ProJet® 3510 DP(3D Systems, 美国);打印材料 VisiJet® StonePlast(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物);托槽 3M Victory Series™ Low Profile MBT™, 粘接剂 3M Unitek Transbond™ XT 和 Sondhi Rapid-Set Indirect Bonding Adhesive(3M, 美国);离体牙;基托自凝树脂。计算机辅助设计软件:3 Shape OrthoAnalyzer™ 和 3 Shape Dental System。

1.2 实验方法

1.2.1 建模 收集 140 颗离体牙按牙弓形态体外排牙建立 5 副上、下颌正畸错殆模型,排牙标准:安氏 I 类、拥挤度<4 mm、Spee 曲线深度 0~2 mm、牙齿扭转<5°。利用高速涡轮手机及微创车针(固美车针

HM249M.314.007)分别在牙冠的颈 1/3 沿牙长轴近远中邻面距离相等唇面最凸点(约距龈缘 2 mm 处)、切/殆 1/3 远中(距邻接点约 1 mm 处)的位置做标记点用于实验测量,以此模型作为实验模型,如图 1 所示。



图1 上、下颌实验模型及标记点
Fig.1 Maxillary and Mandible experimental model and marked points

1.2.2 实验 (1)计算机辅助设计、3D 打印制作间接粘接导板。利用 3 Shape TRIOS® Standard 扫描仪,建立数字化牙颌模型,如图 2a 所示。应用 3 Shape OrthoAnalyzer™ 正畸分析软件标记每颗牙近远中点及龈缘完成齿龈分离,确定牙冠长轴和临床冠中心。定位咬合平面,选取托槽数据库中 3M Victory Series™ Low Profile MBT™,系统自动将托槽与相应牙齿的临床冠中心进行匹配,可据牙位适当调节个别托槽,如图 2b 所示。利用软件 3 Shape Dental system 打开以 .stl 格式输出的托槽及牙齿模型,设计导板,拟合托槽和牙齿,设定导板就位方向等数据;设计出单牙式导板,Projet 3510 DP 对材料 VisiJet® StonePlast 进行选择性的激光烧结成型,打印出托槽转移导板,如图 2c 所示。

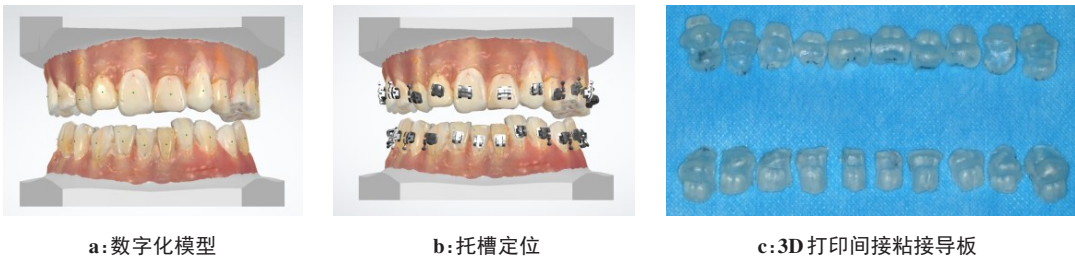


图2 数字化模型、托槽定位及3D打印间接粘接导板
Fig.2 Digital model, bracket positioning and 3D printing indirect bonding guides

(2)制作双层压膜间接粘接导板。硅橡胶二次取模法获取带唇面标记点的精确工作模型并灌注石膏模型,修整边缘,修整模型上的气泡和石膏瘤。在实验室内,在石膏模型上涂布分离剂后用 3M Transbond™ XT 粘接剂将托槽粘接在临床冠中心^[4],去除托槽边缘多余的粘接剂,并用光固化灯对托槽每个边缘进行光固化^[5];利用压膜法制作内层软膜为

1 mm、外层为 0.6 mm 的双层间接粘接导板并修整导板的边缘范围;将修整完成的转移托盘放入冷水中浸泡 2 h 以完全溶解分离剂,喷砂处理托槽树脂底板以清除托槽底板的菲边,将制作好的转移导板放入超声震荡器中清洗后彻底吹干后放置备用,避免转移导板内托槽的树脂底板受到污染^[6],如图 3 所示。

(3)临床粘接。由一名操作熟练且经过训练的



图3 双层压膜导板
Fig.3 Double laminated film guide



图6 测量点
Fig.6 Measuring point

医生进行粘接,3D打印导板需将托槽放置到导板内利用3M Unitek Transbond™ XT粘接剂进行粘接,光固化后去除多余粘接剂;双层压膜导板使用3M Sondhi快速凝固间接粘接剂进行粘接^[7],自固化后去除多余粘接剂,如图4所示。



a:3D打印导板粘接后 b:双层压膜导板粘接后
图4 完成间接粘接导板转移

Fig.4 After the indirect bonding guide being transferred

(4)数据测量。利用改装后的游标卡尺(图5)对托槽转移前的工作模型标记点与托槽特定点(托槽下翼与背板交接点及托槽远中下翼凸点,图6)间距离(dA1、dB1、dB2、dC2)和托槽转移后的实验模型标记点与托槽特定点间距离进行测量,并记录数据。由专人利用Mimics软件和改装后数字游标卡尺分别对数字化模型及粘接完成后的实验模型上托槽特定位置至标记点间距离进行测量、记录。



图5 改装后的游标卡尺
Fig.5 Modified vernier caliper

利用上述方式完成另外4副颌模型的间接粘接,并完成测量点数据的记录。

1.3 统计学方法

利用SPSS 20软件对统计数据进行分析。计量资

料用均数±标准差表示,3D打印组内进行时间及对每牙位测量点间差值绝对值取和后配对 t 检验,择优后与压膜组进行配对 t 检验分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

3D打印制作的单牙导板与双层压膜导板对托槽进行间接粘接后位置的变化,两者进行统计学分析结果为:双层压膜导板组为 (0.22 ± 0.08) mm,3D打印导板组为 (0.22 ± 0.05) mm,两者无统计学差异($P=0.075>0.05$)。然而,从临床粘接所需椅旁时间方面来看,双层压膜法导板因整体对托槽进行间接粘接,所需椅旁时间明显更短。

3 讨论

1972年,间接粘接这一概念由Silverman等^[3]提出。传统的间接粘接技术是通过取患者的牙齿模型,实验室内在模型上进行托槽定位制作转移导板,然后使用转移导板将托槽在模型上的位置关系转移到患者口腔内的一种技术。与此同时,依托信息技术、精密机械及材料学等多学科发展起来的3D打印技术,越来越多地应用于口腔医疗领域^[8]。由于其可快速而精确地制造复杂精密装置及广泛的临床应用前景,其已成为正畸领域最热门的技术之一^[9]。

随着数字化技术在正畸诊疗中的应用,可以根据牙-颌-颌模拟排牙实验,进一步提高托槽在模型上定位的准确性,通过计算机辅助设计制造导板完成间接粘接。目前对于3D打印制作间接粘接导板受到打印材料的限制^[10],国内外常见报道的3D打印法导板多为单颗牙齿导板^[11];由于在临床常见的病例中多为牙列不齐,故而既可保证间接粘接导板精度又能获得共同就位道整段式导板的报道较少^[12]。故本实验所采用的3D打印法导板为目前临床多见的单牙式间接粘接导板。另外,国内外对于用压膜法制作托槽间接粘接导板的方式较多,有的利用单层膜片对托槽进行间接粘接^[13-15];然而,临床上更多见的是利用双层硬度不同的膜片压制导板:潘成琼等^[6]与Sondhi^[7]在制作转移导板时所利用的是内层厚度为

1.5 mm的软膜片而外层为0.75 mm的硬膜片;兰泽栋等^[16]在利用计算机辅助托槽定位粘接时所利用的导板为两层1 mm厚的膜片。鉴于对于间接粘接导板制作内外膜片厚度的不同,通过预实验使用双层压膜导板体外模拟间接粘接发现内膜1 mm、外膜0.6 mm的双层压膜导板在粘接完成后具有较高的精确度,故制作的双层压膜导板内层为1 mm厚度的软膜片,外层为0.6 mm厚度的硬膜片。

关于间接粘接准确性的研究报道较多,然而评价转移导板准确性的方式不一。陈慧等^[17]测定牙尖或切角到托槽特定点间距离以及托槽在牙面粘接前后的角度变化来判断托槽的准确性。Nichols等^[18]和Grünheid等^[19]通过对转移前后的托槽进行数字化重叠匹配研究转移导板的准确性。但是对于间接粘接导板间对托槽转移定位准确性的研究则少之又少。Castilla等^[20]通过对300个托槽利用相机拍照记录托槽粘接后近远中位置的变化、利用数字化卡尺测量颊舌向位置的变化,以此在二维方向上研究5种间接粘接转移导板间的准确性。本实验研究方法是借鉴Castilla等^[20]研究方法,利用数字化测量尺对140个托槽特定点与牙面不同平面的标记点间进行三维方向上的测量,进一步分析,以研究两种间接粘接转移导板的准确性。

双层压膜导板和3D打印法制作单牙式导板对托槽进行转移定位后,通过统计学分析发现两者对托槽进行间接粘接准确性并无统计学差异。但利用3D打印制作间接粘接导板对托槽进行转移定位后,其标准差较压膜组小,原因可能主要是由于3D打印法制作导板是利用计算机辅助软件对数字化模型进行导板的设计、加工制造,通过激光快速成型技术用光敏树脂直接输出导板,由于材料无弹性和收缩性、精度高,而压膜制作的双层转移导板内层材料质软,具有一定的弹性域收缩性,因此3D打印导板组相对更稳定。

然而,无论是制作导板所需时间还是临床粘接所需时间,双层压膜导板所需时间相对更短:制作导板过程双层压膜导板是利用成品膜片真空负压成型,3D打印导板是需要利用材料进行激光烧结成型;临床粘接过程主要是由于压膜导板在进行制作过程中托槽已就位于导板内,托槽背板已有贴合牙齿唇面的个性化树脂背板,进行粘接时只需对牙面和托槽背板分别涂不同的粘接剂,且多余的粘接剂易去除;而3D打印导板进行粘接时仍需将托槽和粘接剂放置到导板内,且对托槽每个边缘进行光固化处理;多余粘接剂的去除需要用手机磨除,需要额外的

临床时间。但是,计算机辅助的3D打印间接粘接导板却简化了实验室转移导板制作的所需过多人为参与的步骤,极大地减少了托槽定位的时间。总之,无论是从设计到粘接所花费时间,还是椅旁时间方面考虑,双层压膜导板所需时间较短。

但是计算机辅助、3D打印制作导板在未来的正畸治疗中却有无法取代的优势,因其在整合CBCT影像学数据和模型扫描数据后获得的牙颌-颅面数字化模型上按照正常幕上第六项标准^[21]模拟排牙和定位托槽,让排牙既考虑了牙冠又考虑了牙根,再将托槽和牙齿绑定后再将牙齿移回初始位置,最后制作间接粘接导板用于临床,为避免出现治疗后颌骨内牙根不平行、骨开裂和开窗等问题提供解决方案,使得我们对患者的正畸治疗变得更加科学、可预测和便捷^[22-25]。即使治疗过程中出现托槽脱落,个性化3D打印导板可再次利用或者通过设计数据再次打印间接粘接导板从而保证托槽的准确粘接^[26]。

众所周知,托槽的准确定位与粘接是保证正畸后效果的前提、基石,但是这也仅是漫长正畸中的一小部分;而且此次实验是在体外进行,托槽的转移定位并不会受到舌、唇颊粘膜的阻挡以及口内湿气等因素的影响;而在口内进行托槽的转移定位时是否仍能取得良好的粘接准确性尚需在临床进一步验证。同时,正畸的长期性和复杂性决定了影响正畸术后效果的因素很多,间接粘接后能否达到预期设计效果尚需进一步验证,同时应由有经验的正畸医生进行总体的掌控、调节。

4 结 论

在此实验条件下制作的3D打印单牙式导板与双层压膜导板对托槽进行间接粘接定位的准确性并没有明显差别,均可满足对托槽转移准确性的要求,但相对目前而言,双层压膜导板更加便捷方便。

【参考文献】

- [1] ANDREWS L. The straight-wire appliance[J]. Br J Orthod, 1979, 6(3): 125-143.
- [2] 陈越,艾虹. 正畸托槽间接粘接技术的相关研究现状[J]. 新医学, 2009, 40(3): 209-211.
CHEN Y, AI H. Research status of indirect bonding of orthodontic brackets[J]. New Medical Science, 2009, 40(3): 209-211.
- [3] SILVERMAN E, COHEN M, GIANELLY A A, et al. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets[J]. Am J Orthod, 1972, 62(3): 236-244.
- [4] 傅民魁. 口腔正畸学(第6版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 144.
FU M K. Orthodontics (6th edition)[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013: 144.
- [5] 马丽辉,李飒,宋国俊,等. 简化间接粘接技术的应用效果[J]. 中国

- 现代护理杂志, 2015, 21(9): 1097-1098.
- MA L H, LI S, SONG G J, et al. Effect of simplified indirect bonding technique[J]. Chinese Journal of Modern Nursing, 2015, 21(9): 1097-1098.
- [6] 潘成琼, 李媛, 邵胜, 等. 正托槽间接粘接的临床应用[J]. 口腔医学, 2015, 35(6): 442-444.
- PAN C Q, LI Y, SHAO S, et al. The application of indirect bonding to orthodontic brackets[J]. Stomatology, 2015, 35(6): 442-444.
- [7] SONDHIA A. Efficient and effective indirect bonding: the sondhi method[J]. Semin Orthod, 2007, 13(1): 43-57.
- [8] 杨慧芳, 赵建江, 王勇. 3D打印技术在口腔医学领域中的应用[J]. 中国医疗设备杂志, 2015, 30(5): 63-65.
- YANG H F, ZHAO J J, WANG Y. Application of 3D printing technology in stomatology[J]. China Medical Equipment, 2015, 30(5): 63-65.
- [9] FAYYAZ A, APROS K, VIJAYA K. 3D-printed orthodontic auxiliaries[J]. J Clin Orthod, 2015, 49(5): 337-341.
- [10] GROTH C, KRAVITZ N D, JONES P E, et al. Three-dimensional printing technology[J]. J Clin Orthod, 2014, 48(8): 475-485.
- [11] FABIO C, ETTORE E, GIONNI D, et al. Rapid prototyping: a new method of preparing trays for indirect bonding[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006, 129(1): 75-77.
- [12] 郭宏铭, 陈慧, 周晶. 数字化整合模型和激光快速成型技术在舌侧间接粘接系统中的初步应用[J]. 北京口腔医学, 2011, 19(2): 95-97.
- GUO H M, CHEN H, ZHOU J. Application of laser rapid prototyping technology and digital integrated modeling in lingual indirect bonding system[J]. Beijing Journal of Stomatology, 2011, 19(2): 95-97.
- [13] 袁文钧, 贺红, 李卫海, 等. MBT托槽间接粘接法与光固化直接粘接法的比较研究[J]. 口腔医学研究, 2002, 18(6): 421-422.
- YUAN W J, HE H, LI W H, et al. Study of comparison between modified indirect bonding and light-cured direct bonding of MBT bracket[J]. Journal of Oral Science Research, 2002, 18(6): 421-422.
- [14] DALESSANDRI D, DALESSANDRI M, BONETTI S, et al. Effectiveness of an indirect bonding technique in reducing plaque accumulation around braces[J]. Angle Orthod, 2012, 82(2): 313-318.
- [15] 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(4): 504-509.
- [16] 兰泽栋, 周丽淑. 计算机辅助托槽定位系统的建立[J]. 中国口腔正畸学杂志, 2014, 21(3): 140-143.
- LAN Z D, ZHOU L S. Establishment of computer aided bracket positioning system[J]. Chinese Journal of Orthodontics, 2014, 21(3): 140-143.
- [17] 陈慧, 郭宏铭, 白玉兴, 等. CAD/CAM转移托盘粘接托槽位置准确性研究[J]. 北京口腔医学, 2012, 20(5): 270-273.
- CHEN H, GUO H M, BAI Y X, et al. A comparison of virtual and actual bracket position orientated by CAD/CAM indirect bonding method[J]. Beijing Journal of Stomatology, 2012, 20(5): 270-273.
- [18] NICHOLS D A, GARDNER G, CARBALLEYRA A D. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2013, 144(5): 770.
- [19] GRÜNHEID T, LEE M S, LARSON B E. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding[J]. Angle Orthod, 2016, 86(3): 468-474.
- [20] CASTILLA A E, CROWE J J, MOSES J R, et al. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques[J]. Angle Orthod, 2014, 84(4): 607-614.
- [21] ANDREWS L F. The six keys to normal occlusion[J]. Am J Orthod, 1972, 62(3): 296-309.
- [22] 周晶, 郭宏铭, 白玉兴. 包括牙根三维牙颌模型在舌侧间接粘接系统中的应用[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2010, 17(3): 127-130.
- ZHOU J, GUO H M, BAI Y X. Application of digital model in lingual indirect bonding[J]. Chinese Journal of Orthodontics, 2010, 17(3): 127-130.
- [23] 唐敏, 郭宏铭. 三维整合牙颌模型的精度研究[J]. 北京口腔医学, 2011, 19(3): 128-130.
- TANG M, GUO H M. The accuracy of integrate digital dental models established with 3-dimensional cone-beam computed tomography images[J]. Beijing Journal of Stomatology, 2011, 19(3): 128-130.
- [24] 林泽, 陈军, 李雪, 等. 数字化3D打印技术在口腔舌侧正托槽粘接中应用研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2016, 9(2): 104-107.
- LIN Z, CHEN J, LI X, et al. Application study of digital 3D printing in individual lingual orthodontic brackets[J]. Chinese Journal of Practical Stomatology, 2016, 9(2): 104-107.
- [25] 张达, 王林川, 周彦恒. 3D打印间接粘接托槽精度[J]. 北京大学学报(医学版), 2017, 49(4): 704-708.
- ZHANG D, WANG L C, ZHOU Y H. Precision of 3D printed brackets[J]. Journal of Peking University (Health Sciences), 2017, 49(4): 704-708.
- [26] 张涛, 杨四维, 徐晓梅. 快速成型技术在口腔正畸中的应用进展[J]. 现代诊断与治疗, 2015(1): 60-62.
- ZHANG T, YANG S W, XU X M. The advance of rapid prototyping technology in orthodontics[J]. Modern Diagnosis and Treatment, 2015(1): 60-62.

(编辑:陈丽霞)