

# 数字化切削树脂冠在正畸牙临时冠修复中 的应用

浦婷婷 王时敏 李晓利 贾 璐 孙 雨 佟 岱 1.2.\*

作者单位: '北京大学口腔医学院•口腔医院义齿加工中心, 国家口腔医学中心, 国家口腔疾病临床医学研究中心, 口腔生物材料和 数字诊疗装备国家工程研究中心: 2 北京大学口腔医学院•口腔医院修复科, 国家口腔医学中心, 国家口腔疾病临床医学 研究中心, 口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心

\* 通讯作者:佟岱,联系方式:010-82195235,电子邮箱:tongdai666@sina .vip.com,通讯地址:北京市海淀区中关村南大街 22 号,

【摘要】 目的: 利用数字化技术,将正畸牙临时冠制作时常用的手工堆积的光敏树脂冠改进为计算机辅 助设计及辅助制造(computer aided design/computer aided manufacturing, CAD/CAM)的切削树脂冠,从而实 现可完全复制牙冠形态的效果。方法:扫描临时冠预备体模型并设计临时冠,数控切削出聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate,PMMA)树脂冠,送交临床口内试戴,调改合适后,返回技工室扫描,将扫描数 (polymethyl methacrylate, PMMA) 树脂冠;送交临床口内试戴,调改合适后,返回技工室扫描,将扫描数据留存,以备再次需要树脂冠时可二次加工;将树脂冠返回临床并在患者口内粘固。对医师发放问卷,进行满意度评价。为验证用扫描数据可切削出与口内粘固的树脂冠(命名: Crown-01) 完全一致的另一树脂冠(命名: Crown-02) ,本研究对二者进行了一致性验证;数控切削 PMMA 树脂盘,获得 Crown-02,扫描两个全冠,进行三维偏差分析。结果:共纳入 21 例全冠,临床效果良好,医师问卷结果为牙冠固位满意度 92.9%,戴入时间满意度 100%,调改便利度满意度 100%。Crown-01 与 Crown-02 之间的平均偏差为 0.032 ± 0.064mm,方根值为 0.129 ± 0.063mm。结论:本研究探索的 CAD/CAM 切削树脂冠可满足临床正畸牙临时冠修复的要求,并在需要时可再次切削出与原树脂全冠完全一致的树脂冠,从而有利于正畸治疗。【关键词】树脂冠;计算机辅助设计及辅助制造;正畸牙修复;正畸附件;三维偏差分析

**Application of CAD/CAM process in orthodontic-restoration resin crowns**Tingting Pu<sup>1</sup>, Shimin Wang<sup>1</sup>, Xiaoli Li<sup>1</sup>, Lu Jia<sup>1</sup>, Yu Sun<sup>1</sup>, Dai Tong<sup>1,2,\*</sup>. (<sup>1</sup>Dental Laboratory, Peking University School and Hospital of Stomatology, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices, Beijing, P.R. China; <sup>2</sup>Department of Prosthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices, Beijing, P.R. China.)

Correspondence: Dai Tong. Tel: 010-82195235. Email: tongdai666@sina.vip.com. Address: No.22, Zhongguancun South

Avenue, Haidian District, Beijing 100081, P.R.China.

[Abstracts] Objective: The study aimed to improve the fabrication process of orthodontic-restorative resin crowns from manual stacking method into CAD/CAM milling method, so as to achieve the effect of completely replicating the shape of crowns. Methods: The dentitions were scanned, and the temporary crowns was digital designed. The PMMA resin tray was digitally milled, and the resin crowns was sent to the clinic for intraoral trial. After adjustment, the resin crowns was scanned and the scan data was saved so that it could be manufactured later. The resin crowns was then returned to the clinic and cemented. Questionnaires were issued to physicians simultaneously to evaluate the satisfaction of retention, insertion time and adjustment convenience. In order to verify that another resin crown (Crown-02), which is identical to the resin crown cemented (Crown-01), can be milled with the scan data, the consistency of both crowns was verified. The PMMA resin tray was digitally milled to obtain Crown-02, and the two crowns were scanned for 3D deviation analysis. Results: A total of 21 crowns were included and the clinical effect was good. The result of dentists' satisfaction was 92.9% for crown retention, 100% for wearing time, and 100% for adjustment convenience. The average deviation between the modified crown and the re-milled crown was  $0.032 \pm 0.064$ mm, and the RMS value was  $0.129 \pm 0.063$ mm. Conclusion: In the study, the CAD/CAM milling resin crowns can meet clinical requirements, and can be milled again to be exactly the same as the original resin crowns when needed, so as not to affect the orthodontic treatment.

[Key words] resin crown; computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM); orthodontic tooth restoration; orthodontic attachment; three-dimensional deviation analysis

#### 1 引言

对于正畸中的患者而言, 当正畸牙齿出现死髓、

根管治疗或大范围牙体缺损时,则需进行全冠修 复[1,2]。与普通全冠修复患者不同,正畸患者在正 畸过程中经常需要在牙齿上粘接托槽或附件<sup>[3]</sup>。因

DOI: 10.12337/zgkqjxjyzz.2023.02.007

基 金 项 目: 北京大学口腔医学院 2020 年临床新技术新疗法项目 (项目编号: PKUSSNCT-20B06)

Supported by Program for New Clinical Techniques and Therapies of Peking University School and Hospital of Stomatology (No. PKUSSNCT-

其需要承受一定的矫治力,因此要求正畸托槽和附件能与牙冠之间形成坚固粘接<sup>[4,5]</sup>。在现今临床常用的修复体中,瓷修复体因质坚光滑不易粘接,不能满足这个要求。有文献记载,如一定要将正畸托槽和附件粘固在瓷修复体上,则需要对修复体表面进行喷砂、打磨,此时修复体极易出现崩瓷的情况<sup>[6-8]</sup>。因此,近年来,口腔正畸科医师会要求口腔修复科医师对正畸中的需冠修复的牙齿用易粘接的材料进行修复,对计划正畸的患者的口内瓷修复体也更换为可以实现较好粘接效果的材料制作的修复体<sup>[9]</sup>。

以往,临床所用的正畸牙临时冠主要为技师手工堆积制作的光敏树脂冠<sup>[10]</sup>。由于这种树脂冠质地较脆,在两年左右的正畸过程中,经常发生因破碎而需要再次制作的情况<sup>[11]</sup>,而此种树脂冠再次制作的树脂冠与原来的牙冠形态不可能完全相同,从而导致新制作的临时冠戴入后影响患者的正畸治疗,尤其影响隐形正畸患者,可能导致初始矫治器无法使用,造成材料的浪费和正畸周期的延长。

随着数字化技术在口腔修复领域的应用,牙列扫描、修复体设计与切削技术日趋成熟<sup>[12]</sup>。同时,材料也在不断改进,适用于数字化切削的材料逐步体现出其性能优势<sup>[13]</sup>。为解决前文所述的临床问题,

作者使用数字化技术和新材料,将手工堆积的光敏树脂冠,改进为计算机辅助设计和辅助制造(computer aided design/computer aided manufacturing,CAD/CAM)的切削树脂冠,拟解决正畸过程中的完全复制牙冠的制作问题。

# 2 材料与方法

#### 2.1 研究对象

研究对象为到北京大学口腔医院就诊的需要制作树脂冠的正畸患者。纳人标准:①年龄>18岁;②正在或准备接受正畸治疗;③口内有牙体缺损,需进行全冠修复,或有牙冠需要更换,符合全冠修复适应证;④具备完全自主的行为能力和表达能力。排除标准:①严重深覆殆,导致无法获得足够的咬合空间的病例;②重度磨牙症病例;③无法坚持复诊的病例。

本研究已通过北京大学口腔医学院伦理委员会 审核,伦理批件编号为 PKUSSIRB-202059181,受 试者在研究开始前均已签署知情同意书。

### 2.2 技术路线

本研究的技术路线如图 1。

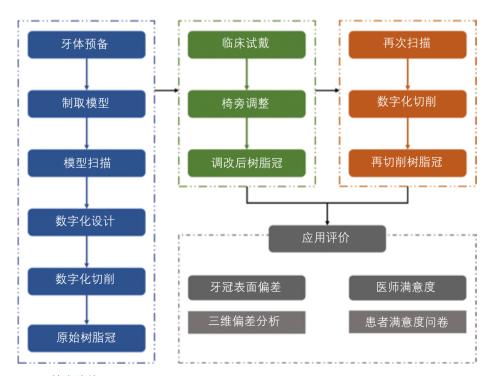


图 1 技术路线

#### 2.3 CAD/CAM 树脂冠的设计、制作

#### 2.3.1 牙列数据的获取

根据本研究的纳入与排除标准,在临床选择合适的正畸患者,对需要冠修复的牙齿进行牙体预备(图 2a, b),在临床制取牙列印模,并灌注石膏模型(图 2c)。模型转入技工室后,使用模型扫描仪 3Shape D2000(3Shape,丹麦)进行扫描,将患者的牙列数据保存为标准细分曲面语言(standard tessellation language, STL)格式备用(图 2d)。

#### 2.3.2 树脂冠的数字化设计与加工

将扫描获得的患者三维牙列数据导入口腔数字 化设计软件 3Shape Dental System 2020 (3Shape, 丹麦)中,建立全冠订单,经过代型分割、设定就 位道、绘制边缘线等步骤,并根据邻牙与对颌牙形 态进行个性化的邻接与咬合调整,设计出适合的全 冠形态(图 3a~c)。将设计数据文件保存为 STL 格式, 并传输至五轴切削设备 Organical Changer 20(R+K, Organical CAD/CAM GmbH,德国)中,湿法切 削聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA)树脂盘(图 3d),获得切削树脂冠,打磨、抛光,最终完成树脂冠的制作。

#### 2.3.3 树脂冠的临床试戴与扫描

将制作完成的树脂冠送交临床,医师在患者口内试戴,并进行适当的调改直至患者咬合、邻接关系均合适(图 4a),将调改后的树脂冠命名为 Crown-01,返回技工室扫描。在 3Shape Dental System 2020 软件中建立蜡型订单(图 4b),使用模型扫描仪 3Shape D2000,扫描已复位在代型模型上的树脂冠,获得树脂冠的外表面形态,将牙冠数据导出为 STL 格式文件(图 4c),作为患者的修复体信息进行留存。

#### 2.3.4 医师满意度评价

将牙冠返回临床并在患者口内粘固。向修复医师发放问卷,对制作完成的树脂冠进行评价,评价指标为:牙冠的固位、戴入时间与调改便利度。相关评价指标见表1。评价等级分为A、B、C三个等级,分别对应"满意""一般"与"不满意"。

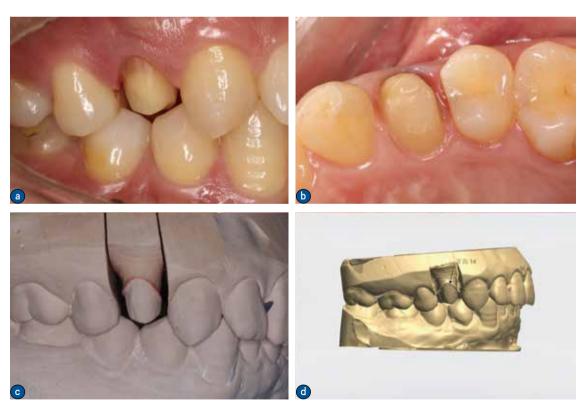


图 2 牙列数据的获取

a. 牙体预备颊面观,b. 牙体预备船面观; c. 石膏模型; d. 模型扫描数据

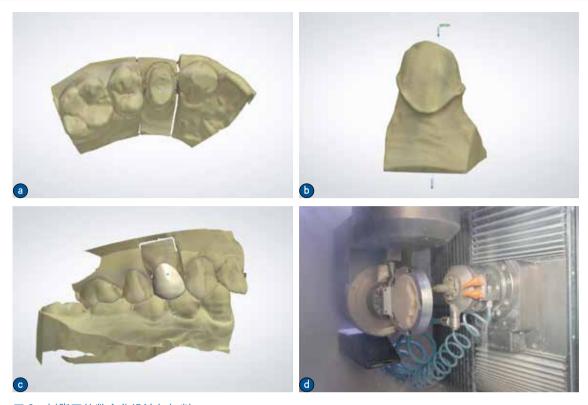
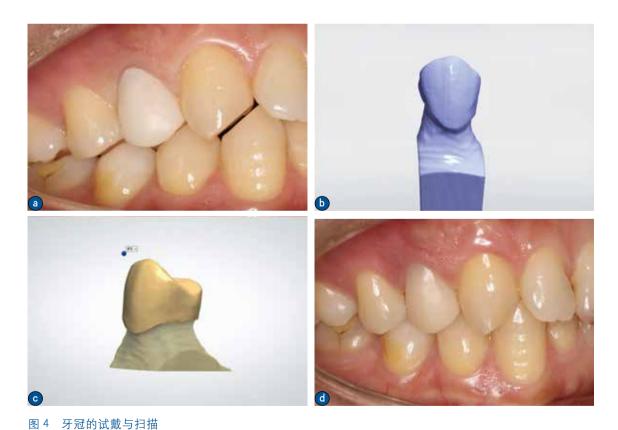


图 3 树脂冠的数字化设计与切削 a. 确定就位道, b. 绘制边缘线; c. 设计解剖形态; d. 湿切树脂盘



a. 树脂冠口内试戴, b. 建立蜡型扫描订单, c. 扫描树脂冠数据, d. 再切削后口内试戴

表 1 医师满意度评价指标

	A. 满意	B. 一般	C. 不满意
牙冠固位	牙冠固位良好,边缘密合,无翘动	牙冠在预备体上稍有翘动,调改 后获得良好的固位力	牙冠在预备体上无固位力,需返工
戴入时间	牙冠顺利戴入, 戴入时间短	牙冠需少量调改,戴入时间较长	牙冠需大量调改,花费大量时间
调改便利度	材料便于调改(增或减),且调改 后效果良好	材料较易调改,效果较好	材料不易调改,或调改后效果不佳

# 2.3.5 一体切削树脂全冠和正畸附件

为避免临时树脂冠正畸附件脱落后再粘接时与原粘接位置不一致,在本研究的基础上,作者还深入探索了将附件与全冠一体切削的流程,具体方法如下:扫描预备体模型,在数字化设计软件中设计目标牙冠形态(图 5a, b),并在牙冠的颊侧按照正畸医生要求增加附件,导出 STL 数据后,传输至五轴切削设备中,切削出带附件的树脂临时冠(图 5c)。将临时冠转交临床,医师在患者口内试戴并粘固(图 5d),此方法受到了正畸医生的肯定。

# 2.4 CAD/CAM 树脂冠的一致性验证

为检验用扫描数据切削出的树脂冠(命名为 Crown-02)与将在患者口内戴入的树脂冠(Crown-01)有无差异,对二者进行了一致性验证。具体方法为:

- 1. 临床调改后的 Crown-01 树脂冠暂不给患者粘固,对其进行扫描,用扫描数据再切削出一个树脂冠 Crown-02(图 4d),比较 Crown-01与Crown-02之间的差异。
  - 2. 将 牙 冠 Crown-02 复 位 于 模 型 上, 对

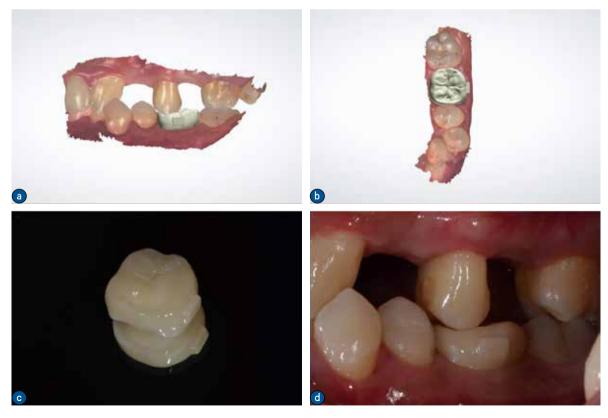


图 5 一体切削树脂全冠和正畸附件

a. 数字化设计带附件的全冠颊面观,b. 数字化设计带附件的全冠船面观,c. 带附件的树脂临时冠,d. 带附件的树脂冠口内试戴

Crown-02 进行扫描(图 6a)。

3. 将 牙 冠 Crown-02 的 扫 描 数 据 与 牙 冠 Crown-01 的扫描数据一同导入三维逆向工程软件 Geomagic Studio 2014(3d system, 美国)中,对 Crown-01 与 Crown-02 进行三维偏差分析。

选取邻牙牙尖作为标志点,对二者进行最佳对齐(图 6b)。随后进行多次匹配,当二者均方根值(root mean square, RMS)不再变化时,记录此时的平均偏差与 RMS 值(图 6c, d)。

# 3 结果

本研究共纳入14名患者,完成树脂冠修复21例,其中前牙3例、后牙18例。通过牙列扫描、数字化设计与切削,获得PMMA树脂全冠,该PMMA树脂全冠完全满足正畸牙临时冠的要求。将这样制作的PMMA树脂切削冠在患者口内调改合适后,先返回技工室扫描留存牙冠形态信息数据,再给患者戴入口内,这样留存的数据就可供牙冠破损后即刻重新制作外形完全一致的相同材料牙冠时使用。

#### 3.1 医师满意度评价

医师对牙冠固位、戴入时间与调改便利度的满意度结果分别如下:牙冠固位 92.9%(A: 92.9%;B: 7.1%;C: 0%),戴入时间 100%(A: 100%;B: 0%;C: 0%),调改便利度 100%(A: 100%;B: 0%;C: 0%)。

### 3.2 牙冠表面偏差

7 例调改后的 PMMA 树脂全冠 Crown-01 与再次切削的 Crown-02 的扫描数据三维偏差分析结果显示,二者之间的平均偏差为  $0.032\pm0.064$ mm, RMS 值为  $0.129\pm0.063$ mm。

# 4 讨论

成人正畸周期约 2~3 年,临床常见正畸过程中因牙体缺损而需全冠修复的患者,如未能及时治疗,则可能出现对颌牙过长、邻牙复发移位等情况 [14]。 有多篇文献表明,为患者制作树脂临时冠成为正畸与修复医师的首选方法 [2,6,9]。近年来,随着数字化技术在口腔领域的普及,CAD/CAM 技术在正畸一

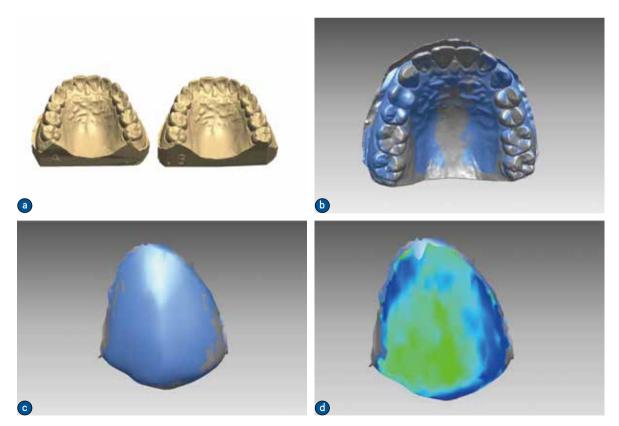


图 6 模型偏差分析

a. 牙冠分别复位于模型上并扫描; b. 两模型对齐; c. 对齐后树脂冠的三维偏差; d. 三维偏差分析

修复联合治疗中也有所应用<sup>[15]</sup>。有学者曾利用 3D 打印技术,将牙冠与托槽一体制作,利用数字化技术的优势,实现了跨学科治疗中对牙齿移动程度的指导与设计<sup>[16]</sup>。

本研究探索并成功建立了一套为正畸患者制作树脂临时冠的数字化流程,扫描并设计临时冠的形态,并通过数控切削,制作出了精度更高、性能更佳的树脂临时冠。此外,本研究关键之处在于采用扫描一设计制作一临床调船—再扫描—再切削的方式,实现复制正畸牙牙冠的效果。三维逆向工程软件中的三维偏差分析结果表明,调改后牙冠与再次切削的牙冠之间偏差极小,戴人患者口内后,几乎完全一致,咬合与邻接的适合性均较高。

值得一提的是,基于数字化数据信息可永久保存的特点,本研究将调改合适的牙冠再次扫描,及时留存扫描数据资料,如需再次切削,可随时调用,从而复制一个与旧修复体一致的新牙冠。这一特点对于佩戴隐形矫治器且需要进行冠修复的患者意义重大:原有牙冠的复制,使得旧矫治器可以继续佩戴在新制作的牙冠上,从而避免因重新制作矫治器而延长正畸周期、或改变已有正畸计划的情况。另外,在经过临床调改至患者口内合适的牙冠修复体,也可利用口内扫描仪记录形态,保留模型数据,如需再次制作,这种方法也便于调取修复体数据,并再次切削同样的树脂冠,避免了一系列传统工艺制作导致的误差,大幅提高精度与效率。

研究所用 3Shape D2000 模型扫描仪,最新研究表明其精度最高可达 5μm,可以保证每次扫描数据的准确性,精确识别牙冠预备体的边缘特征,同时也可记录牙冠调殆后殆面的形态细节 [17]。本研究采用的切削设备为五轴切削仪,切削精度最高可达1μm,可将虚拟数据如实转换为实体模型。扫描与切削的高精度保证了修复体在临床的顺利戴入,为节省医患的椅旁时间奠定基础。

研究所选树脂冠的切削材料主要成分为聚甲基 丙烯酸甲酯,该树脂盘具有优异的机械性能与柔韧

性,色泽与透光度接近天然牙齿,兼顾咀嚼功能与美观性,强度与颜色均优于手工堆积的光敏树脂,可以减少树脂冠劈裂,延长使用寿命。同时,与瓷修复体相比,树脂材料的优越性能也保证了正畸附件与牙冠的粘接效果<sup>[18]</sup>。

本研究中,除 1 例牙冠固位"一般"外,其余病例的医师满意度均为"满意",表明该方法制作的 CAD/CAM 树脂冠可以满足临床要求。医师满意度中固位选择"一般",是由于该树脂冠较易脱粘接,以往有文献表明,对牙冠组织面采用氧化铝喷砂可提高粘接强度<sup>[19,20]</sup>。在后续应用中,本研究在粘接前先对树脂冠的组织面进行了表面处理,并改换粘接剂种类,改善了脱粘接的问题。

此外,本研究的技术路线同样可拓展用于氧化 锆全冠以及固定桥的制作。技师先利用数字化方法 制作1副树脂冠送交医师,在患者口内调改至合适 后,再次返回技师扫描树脂冠外表面与组织面,切 削氧化锆材料盘,完成最终氧化锆修复体的制作。 通过这种方法制作出的氧化锆冠、桥,无需医师再 次调改,修复体戴入更顺利,咬合与邻接更为合适, 同时大大减少了医师的椅旁操作时间,改善了患者 的就医感受。

# 5 结论

本研究利用数字化技术的优势,成功建立了一 套为正畸患者制作树脂临时冠的数字化流程。

将手工堆积的光敏树脂冠,改进为 CAD/CAM 切削树脂冠,减少了传统工艺流程中出现的误差,提高了技师的加工精度与医师椅旁的效率。

保存经医师调改至合适的树脂冠数据,如需再次制作,可再次切削出完全一致的牙冠,减少了 因临时冠破损对正畸治疗过程的影响,提高了工作 效率。

可见,本研究所述的数字化切削树脂冠的加工 方法在正畸牙临时冠修复中可以满足临床需求,优 化工艺流程,是一种值得推广的好方法。

# 参考文献

- [1] 周永胜.口腔修复学 [M]. 第 3 版.北京大学医学出版 社,2021.
- [2] 程德盛.光固化复合树脂修复成人正畸牙冠缺损的可行性[J].中国组织工程研究,2016,20(21):3051-3056.
- [3] 李巍然. 口腔正畸学 [M]. 第3版. 北京大学医学出版

社,2021.

- [4] 陈文儿,钱玉芬.应用3种光固化复合树脂材料制作的无托槽隐形矫治附件粘接效果比较研究[J].中国实用口腔科杂志,2019,12(4):222-226.
- [5] 王瑜, 刘畅, 传统与数字化间接粘接技术在正畸治疗

- 中的应用进展 [J]. 中国美容医学, 2022, 31(7):177-181.
- [6] Goracci C, Özcan M, Franchi L, et al. Bracket bonding to polymethylmethacrylate-based materials for computer-aided design/manufacture of temporary restorations:Influence of mechanical treatment and chemical treatment with universal adhesives[J]. Korean J Orthod. 2019; 49(6):404-412.
- [7] 高雪,段少宇,张栋梁.口腔正畸中瓷修复体托槽间接 粘接的实验与临床应用研究[J]. 粘接,2022,49(3):67-70,75.
- [8] Hallmann L, Ulmer P, Reusser E, et al. Surface characterization of dental Y-TZP ceramic after air abrasion treatment[J]. J Dent. 2012; 40(9):723-735.
- [9] Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns[J]. J Appl Oral Sci. 2016; 24(3):258-263.
- [10] 周永胜,佟岱.口腔修复工艺学[M].第3版.北京大学医学出版社,2021.
- [11] Finnema KJ, Ozcan M, Post WJ, et al. In-vitro orthodontic bond strength testing:a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010; 137(5):615-622
- [12] Komine F, Honda J, Kusaba K, et al. Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based CAD/CAM materials[J]. J Oral Sci. 2020; 62(4):353-355.
- [13] Morales K, Garces G, Yagnam S, et al. Comparison of shear bond strength of metal orthodontic brackets

- bonded to a CAD/CAM prosthetic provisional material after the use of a self-adhesive resin cement versus a light adhesive paste and different surface conditioning protocols: An in vitro study[J]. Int Orthod. 2022; 20(3):100661.
- [14] 于敏,晏凡雨,刘燕,等.正畸-修复联合治疗中保持器的使用原则[J].中国口腔医学继续教育杂志,2022,25(4):247-250.
- [15] Regish KM, Sharma D, Prithviraj DR. Techniques of fabrication of provisional restoration: an overview[J]. Int J Dent. 2011; 2011:134659.
- [16] Sánchez-Monescillo A, Duarte S. PROA concept: prosthetic restoration with orthodontic appliance[J]. Quintessence Int. 2020; 51(4):304-308.
- [17] Chiu A, Chen Y, Hayashi J, et al. Accuracy of cad/cam digital impressions with different intraoral scanner parameters[J]. Sensors(Basel). 2020; 20(4):1157.
- [18] Fotovat F, Shishehian A, Alijani S, et al. Comparison of shear bond strength of orthodontic stainless-steel brackets on temporary crowns fabricated by three different methods: An in vitro study[J]. Int Orthod. 2022; 20(2):100641.
- [19] Nejat AH, Lee J, Shah S, et al. Retention of CAD/CAM resin composite crowns following different bonding protocols[J]. Am J Dent. 2018; 31(2):97-102.
- [20] Shi X, Zhan Y, Liu F. A Digital Way for Fabricating a Resin-Bonded Fixed Partial Denture Combined with Periodontal Splint in the Mandibular Anterior Region[J]. Biomed Res Int. 2022; 2022;6254551.