



口内扫描结合 3D 打印技术在单牙缺失种植修复中的临床效果评价

胡刚刚 袁长永 李 敢 李晓飞 陈琪欣 王鹏来

摘 要

目的：评价口内扫描结合 3D 打印技术进行单颗后牙种植修复的可行性，并比较其与传统修复方式的疗效差异。**方法：**将 40 名患者随机分为试验组和对照组，每组各 20 例。试验组采用 CS 3600® 口内扫描仪结合 3D 打印技术，制作修复体。对照组采用传统硅橡胶取模，灌注石膏模型，制作修复体。对每个修复体质量进行盲评，记录取模时间、试戴修复体时间，并要求患者在取模及初戴修复体时填写满意度问卷调查表。**结果：**在取模时间上，试验组患者平均为 $14.1 \pm 2.2\text{min}$ ，对照组患者为 $17.4 \pm 1.5\text{min}$ ($P < 0.05$)；试验组患者平均试戴调磨时间为 $5.8 \pm 1.2\text{min}$ ，对照组平均为 $10.7 \pm 1.5\text{min}$ ($P < 0.05$)；试验组修复体外形优于对照组 ($P < 0.05$)，其余修复效果二者没有统计学差异；试验组患者满意度明显高于对照组 ($P < 0.05$)。**结论：**口内扫描结合 3D 打印技术进行单颗后牙种植修复的方法可行，其短期临床效果好，能减少医师椅旁操作时间，提高患者对种植修复的满意度，远期效果有待进一步观察。

关键词

口内扫描，数字化印模，种植修复，3D 打印

目前，我国已进入老龄化社会，随着生理机能的减退，大多数老年人均有不同程度的牙体缺损或缺失，严重的影响了老年人的生活质量。2017 年公布的第四次全国口腔流行病学调查结果显示，在我国 65—74 岁老年人中全口无牙的比例为 4.5%^[1]。

数十年来，种植支持式的修复体已经成功地治

疗了大量牙列缺损和牙列缺失的患者^[2]，相比于传统技术制作种植支持式的修复体而言，计算机辅助设计和计算机辅助加工 (CAD/CAM) 技术成为了另一种选择^[3]。CAD/CAM 技术通常由数据采集、计算机设计和机械加工 3 个部分组成。数据采集有直接法和间接法两种，直接法是使用口内扫描

作者单位 徐州医科大学口腔医学院

江苏省徐州市淮海西路 130 号徐州市口腔医院种植中心 221004

仪 (Intraoral Scanner Operation, ISO) 采集患者的口腔信息获取三维数据, 间接法是通过扫描印模或石膏模型将口腔信息传递给技师^[4]。间接法无法避免印模材料的收缩, 石膏硬化过程中产生的膨胀以及人为因素的影响, 容易导致模型的精确度降低。所以, 直接法获取口内信息制作修复体的精度是优于传统印模方式的^[5]。但是直接法缺少实体模型, 技师无法在修复体上整塑牙龈, 调整穿龈轮廓及邻接形态。3D 打印成功解决了这一问题。3D 打印技术是一种快速成型技术 (Rapid Prototyping, RP), 是利用扫描形成的三维数字模型, 根据“分层制造, 逐层叠加”的原理, 快速制作出三维实体^[6]。应用 3D 打印技术制作工作模型既实现了数字化模型向实体模型的准确转换, 又可以在模型上调整修复体的形态和堆加饰瓷, 提高了修复体的美观性和准确性。但由于 3D 打印机价格昂贵, 目前尚无相关临床研究报道。

本实验选取单颗后牙种植修复的中老年患者, 使用 CS 3600[®] 口内扫描仪结合 3D 打印技术与传统方式相比较, 评价其可行性、临床效果及患者满意度。

1 材料与方法

1.1 病例的选择与分组

从 2017 年 6 月至 2018 年 6 月就诊于徐州市口腔医院种植中心的患者中, 招募并筛选符合条件的志愿者。本实验经徐州市口腔医院医学伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。纳入标准: ①患者年龄在 40 周岁以上, 全身情况良好, 无种植禁忌症。②单颗后牙缺失的种植患者; ③咬合关系稳定, 覆殆覆盖基本正常, 有完整的邻牙和对颌牙; ④能够配合医生完成种植修复过程并填写满意度调

查表; ⑤患者选择 Straumann 系统种植体;

分组: 共计纳入 40 例患者, 随机分为试验组和对照组, 每组各 20 例。试验组采用 CS 3600 口内扫描仪结合 3D 打印模型, CAD/CAM 设计制作修复体。对照组硅橡胶取模, 灌注石膏模型, 制作修复体。

1.2 材料与设备

Straumann 种植系统 (Straumann 公司, 瑞士); CS 3600[®] 口内扫描仪 (Carestream 公司, 美国); Straumann 扫描杆 (Straumann 公司, 瑞士); Straumann 转移杆 (Straumann 公司, 瑞士); 硅橡胶印模材 (DMG, 美国); 模型处理软件 DentalCAD (EXO CAD, 德国); 3D 打印机 (EnvisionTec VIDA, 德国); 3D 打印模型材料、3D 打印牙龈材料、超硬石膏 (Whip Mix, 美国); 设计软件 (3Shape Dental System, 丹麦), 二氧化锆瓷块 (爱尔创公司, 中国); 切削仪 (WEILAND, 美国), 烧结炉 (WEILAND, 美国), 光固化树脂 (3M, 美国); Straumann Variobase[®] (Straumann 公司, 瑞士)。

1.3 修复体制作

种植外科完成后, 随机分为试验组和对照组, 每组各 20 例。试验组: 采用 CS 3600[®] 口内扫描仪按照推荐的流程采集患者的口内信息 (图 1.1), 扫描 1/4 牙列。包括对颌牙列及咬合记录, 生成标准镶嵌语言 (Standard Tessellation Language, STL) 格式的通用型文件, 导入模型处理软件 EXO dentalDB 中, 编辑生成带有种植体三位位置及其周围软硬组织形态的模型数据 (图 1.2), 生成 STL 文件, 导入 3D 打印机中 (图 1.3), 分别打印出

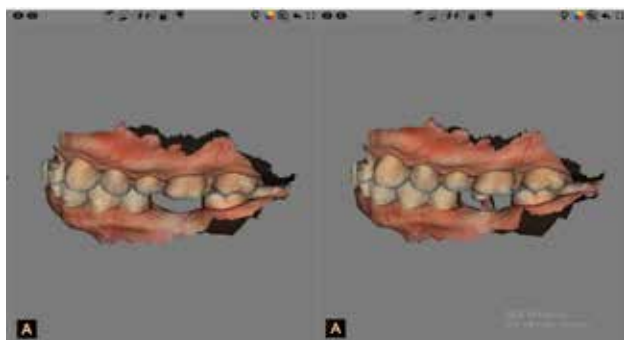


图 1.1 口内扫描



图 1.2 生成模型

模型和人工牙龈。同时,在模型处理软件中生成的 STL 格式的文件,导入修复设计软件 EXO dental CAD 中,进行上部修复体设计(图 1.4),设计完成后,传递给 WIELAND 切削仪,切削二氧化锆瓷块,烧结炉烧结出修复体。修复体和 Variobase[®] 分别戴入已经打印好的 3D 打印模型上,牙冠上釉、烧结, Variobase[®] 与牙冠粘接后,除去多余粘接剂。在模型上试戴调磨,高度抛光(图 1.5,图 1.6)。记录从口内开始扫描到扫描完成的时间。对照组:采用开窗取模法,材料为硅橡胶印模材。取下愈合帽,连接印模杆,口内试托盘,开窗打孔,手动调

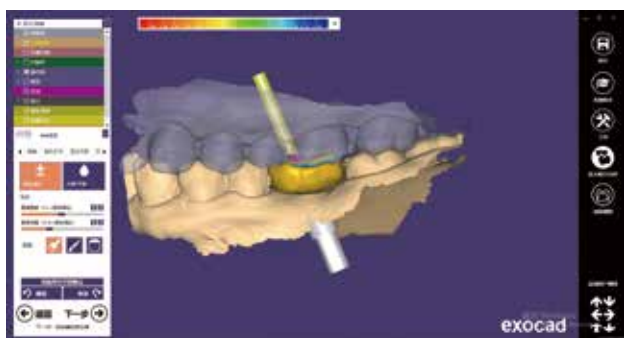


图 1.3 设计修复体

拌硅橡胶印模材,制取工作颌印模,同样采用硅橡胶印模材制取对颌模型。在工作印模上注入人工牙龈,灌制石膏模型,常规制作上部修复体。记录制取传统印模的时间。

1.4 口内试戴,固位

将修复体戴入患者口内,调改合适后,加扭力 35N·cm,使用光固化树脂封闭螺丝口。记录每个修复体试戴和调改的时间。所有治疗过程均由同一名医生完成。所有治疗过程均由同一名医生完成(图 1.7,图 1.8),术后拍摄 X 线片,检查修复体与基底、



图 1.4 排版打印模型

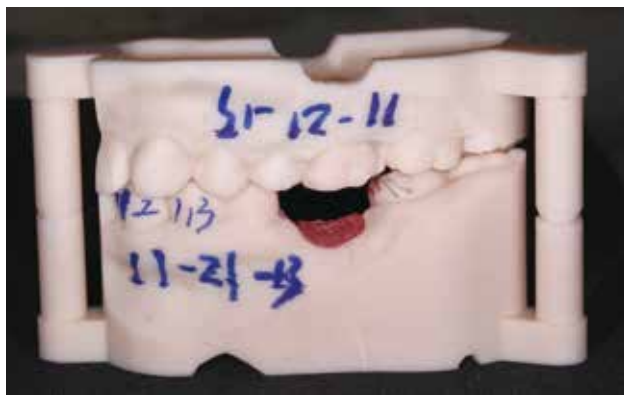


图 1.5 3D 打印的种植模型

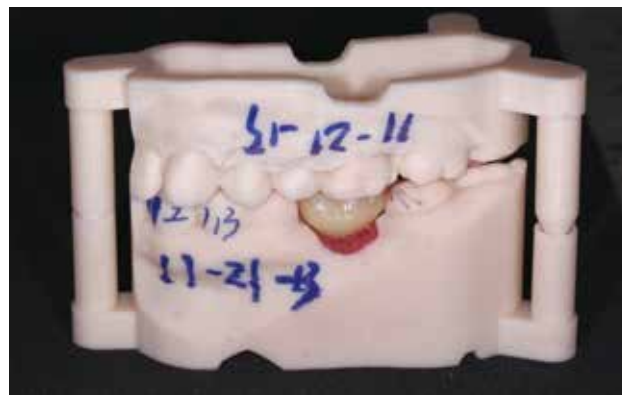


图 1.6 修复体戴入 3D 种植模型中



图 1.7 修复体戴入患者口内殆面照



图 1.8 修复体在患者口内的颊面照

基底与植体之间是否有间隙，上部修复是否完全被动就位（图 1.9）。

1.5 修复效果评价

请患者使用视觉模拟评分（VAS）量表对制取印模时的感受进行打分。修复结束后请患者填写关于对修复体满意程度的调查问卷。

1.6 修复体评价

如表 1 所示，根据改良的美国公共卫生署的（United States Public Health Service，



图 1.9 术后 X 线片

USPHS) 修复体评价标准^[7]，由一名未参与修复过程的种植修复医生对所有修复体盲测，盲测项目包括外形、边缘适应性能、表面质地、颜色匹配。

1.7 复诊

术后 3 ~ 6 个月对患者进行逐一随访，检查有无食物嵌塞、咬合高点等情况，以及牙龈、牙周、对颌牙及邻牙的健康状态。

1.8 数据处理

应用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析，对数据进行正态性检验，如有正态性，则采用 t 检验；如无正态性，则采用 Wilcoxon 秩和检验进行数据处理， $P<0.05$ 具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的一般情况

在招募的志愿者中，试验组 20 例，其中男 9 例，女 11 例；年龄 44 ~ 83 岁，平均 (61.3 ± 5.6) 岁。对照组 20 例，其中男 12 例，女 8 例；年龄 43 ~ 84 岁，平均 (63.7 ± 5.2) 岁。两组患者性别、年龄差异均无统计学意义 ($P>0.05$)，具有可比性。

2.2 患者取模的满意度（VAS）评分

我们从取模的时间、便利程度、焦虑程度、不

表 1 修复体评价标准

参数	特点
边缘适合性能	
A	探针及肉眼均不能检测出间隙
B	探针探有间隙，肉眼可见超出或不足的边缘，但基底材料的暴露
C	探针探有间隙，肉眼可见超出或不足的边缘，有基底材料的暴露，但无活动或破裂充填材料
D	表面有破裂或者充填材料脱落
外形	
A	表面外形正确，或外形略有过突，接触点紧
B	表面外形不正确，外形突度不足，接触点松
C	修复体有缺陷，基底材料暴露，无邻接触点
表面质地	
A	表面光滑，感觉不到粗糙
B	肉眼可见及探针探到粗糙表面，无斑点状或弹坑样缺损，有不光滑裂纹
C	表面斑点状或弹坑样缺损，表面不光滑
颜色匹配	
A	无明显颜色改变，表面光泽度好
B	轻度透明度降低，但在正常牙色范围内
C	表面严重变暗，不在正常牙色范围内

适的味道、恶心、疼痛等方面,比较患者对数字化印模和传统印模的主观感受。结果显示,如表所示(表2),数字化取模对患者造成的不适感小,花费时间少,满意度高($P<0.05$)。

2.3 时间的花费

数字化的印模时间为 $14.1\pm 2.2\text{min}$,传统取模的时间为 $17.4\pm 1.5\text{min}$,两者具有统计学差异。试验组患者试戴修复体的平均时间为 $5.8\pm 1.2\text{min}$,对照组平均时间为 $10.7\pm 1.5\text{min}$ 。试验组有12颗修复体无需调改即刻就位,对照组仅有6颗修复体无需要调改。对不能直接就位的修复体,试验组的调磨部位和调改时间也显著小于对照组(表3)。

2.4 修复效果评价

根据改良的美国公共卫生署的(United States Public Health Service, USPHS)修复体评价标准,两种方法做出的修复体均取得较高的评价。在边缘适应性、表面质地和颜色匹配方面,均达到A类标准,无统计学差异。在外形方面,试验组有85%的修复体达到A类标准(表面外形正确,或外形略有过突,接触点紧),其余15%的修复体达到了B类标准(表面外形不正确,外形突度不足,接触点松),对照组仅有70%的修复体达到了A类标准,其余30%的修复体达到了B类标准。

试验组有90%的患者对修复体非常满意,而对照组仅有70%的患者对修复体非常满意,两者具有统计学差异。

2.5 随访

术后我们对所有患者进行了3~6个月的随访,

所有患者均没有食物嵌塞、咬合高点的情况,对颌牙、邻牙、牙周及牙龈情况良好。

3 讨论

单颗牙的数字化种植修复流程在国内外已有报道。Joda等^[8]采用iTero口内扫描仪结合CAD/CAM技术制作单牙缺失的种植修复体,其精度在临床可以接受的范围内。田杰华等^[9]对单颗前牙缺失的病人采用CEREC系统进行口内扫描,CAD/CAM制作全瓷螺丝固位一体冠,认为单颗牙的数字化种植修复流程可行。但牙冠需要临床调改的位置和时间相对较多。由于磨切设备的最小切削厚度有局限性,修复体的穿龈部分无法有效的进行牙龈塑性,无法获得合理的邻接形态,本实验通过添加3D打印模型这一步骤,使数字化印模转换成实体模型,实现更好的牙龈塑形,更精准的上部修复的设计和制作,更短的椅旁时间。

本试验选择的样本均为中老年患者,是因为行种植义齿修复的患者中,中老年人占绝大多数,而且,大部分老年患者在就诊时会出现有牙科焦虑^[12],试验结果显示使用数字化方式取模,患者就诊体验更舒适,更高效,牙科焦虑的情况减少,患者的满意度较高。尤其在室温低、患者张口度小以及腭咽反应较重的情况下,数字化的舒适度体现的更为明显,这与Joda等^[13]、Yuzbasioglu等^[14]的实验结果相似。但是,从患者满意度调查问卷表中,我们也看到了口内扫描仪也存在着一一些问题,如当种植体位于下颌第二磨牙时,扫描头偏大,在扫描舌侧时会引起患者的异物感和腭咽反应。口内牙齿、扫描杆、牙龈等各种软硬组织需要保持干燥,患者会

表2 患者对取模的满意度

问题	数字化取模	传统取模
1. 对取模所花费的时间的意见? (VAS= 不满意 0—100 满意)	89.7 ± 11.5	87.6 ± 16.5
2. 取模对您来说的便利程度? (VAS= 不满意 0—100 满意)	90.2 ± 7.8	85.7 ± 15.4
3. 取模之前您的焦虑程度? (VAS= 低 0—100 高)	20.0 ± 20.2	49.9 ± 29.7
4. 取模时/之后口内是否有不好的味道? (VAS= 无 0—100 有)	8.7 ± 9.7	29.7 ± 11.5
5. 取模时是否感到恶心? (VAS= 无 0—100 有)	4.0 ± 9.1	20.7 ± 17.9
6. 取模时是否疼痛? (VAS= 不痛 0—100 痛)	12.5 ± 17.8	16.4 ± 25.0

表3 试戴修复体的时间和调磨部位

	邻面接触区	穿龈区	咬合面	唇颊外形	试戴时间 (min)
试验组	3	2	5	1	5.8 ± 1.2
对照组	5	6	10	3	10.7 ± 1.5

有不适的感觉。这些都是口内扫描仪需要进一步优化和改进的地方。

本试验采用的 VIDA 打印机是采用的激光光固化成型技术：以液态光敏树脂为材料充满液槽，由计算机控制激光束跟踪层状截面轨迹，并照射到液槽中的液体树脂，而使这一层树脂固化，之后升降台下降一层高度，已成型的层面上又布满一层树脂，然后再进行新一层的扫描，新固化的一层牢固地粘在前一层上，如此重复直到整个零件制造完毕，得到 1 个三维实体模型。该工艺的特点是：原型件精度高，零件强度和硬度好，可制出形状特别复杂的空心零件，生产的模型柔性化好，可随意拆装，是间接制模的理想方法。

而石膏模型石膏模型相较于 3D 打印模型存在明显不足。石膏模型在硬化过程中会产生纯膨胀现象，膨胀率约为 0.085%，且石膏模型材料的晶体为 12–25μm，形状呈棱柱状或不规则针状；3D 打印采用的树脂模型材料的微粒相较于石膏晶体小得多，且树脂颗粒均匀一致，因此石膏材料的精细结构复制能力较差^[15]。冯全胜等^[16]对口腔 3D 打印模型和传统石膏模型的精确性进行了比较，发现 3D 打印模型的精密度高于石膏模型。在临床操作中传统石膏模型也存在一系列缺陷，如在灌注时可能产生气泡而影响义齿制作，在储存时占用空间，会发生膨胀变形，在运输时存在破损的危险，重量过沉等，影响了修复体的制作，也不便于与相关专业人士和患者的交流沟通。

口内光学扫描的精度已有较多报道，很多学者认为目前口内扫描技术用于种植体支持式单冠制作的精度在临床可接受范围内^[17,18]。本实验采用的 CS 3600® 口内扫描仪的精度已有报道。Imburgia 等^[19]对四种口内扫描仪（CS 3600®、3shape Trios 3®、Cerec Omnicam®、True Definition®）的精准性进行了比较，发现四种口内扫描仪都可以获得精准的扫描数据，扫描部分口内信息比扫描全口信息更精准。其中 CS 3600® 口内扫描的精准度最高，其次是 Trios 3®、Omnicam®、Definition®。

硅橡胶需约 3 ~ 5min 在口内硫化凝固，当从口内取出硅橡胶时聚合反应仍在进行，持续时间约为 3min，最终导致硅橡胶有 0.05 ~ 0.1% 收缩率^[20]。加成型硅橡胶产品在 24h 内的尺寸变化均稳定在 0.1% 左右，永久变形量为 0.2 ~ 0.3%。此外，硅橡胶印模材的性能还受诸多周围环境的影响，如温度、消毒液和手套等^[21]。

两种取模方式的评价方式都是独立制定的。口内扫描成功的标准是种植扫描杆及邻牙清晰可见，咬合记录可被电脑系统确认。传统取模成功的标准是无人干扰及印模材料无变形条件下获取的种植转移杆的位置。咬合记录则经过在口中再次确认来检查是否可以重复无干扰就位。所有流程由一位有经验的种植科医师和助手共同完成。这名医师也负责评价印模的成功与否。结果表明，两组患者均成功获得了种植体的三维位置，没有失败及并发症。

关于数字化印模结合 3D 打印种植模型的精度，国外已有研究报道。有学者在体外研究了单颗后牙的数字化印模结合 3D 打印模型同传统方式印模灌注成型的精度，认为两者有相同的精度^[22]。但也有学者研究发现，在后牙缺失两颗种植体的患者中，数字化印模结合 3D 打印模型没有传统方式准确^[5,23]。国内尚无这部分的研究报道。

关于数字化 CAD/CAM 加工种植体支持式单冠的精度国外已有报道。Nejatidanesh 等^[24]比较了 CAD/CAM 方式和传统方式制作种植支持式单冠的边缘适应性和冠内间隙。发现前者的冠内间隙同后者没有统计学差异，但前者的边缘适应性明显好于后者。

综上，本研究以边缘适应性和修复体就位与调改情况作为精度的评价指标。在修复体顺利就位后，拍摄 X 线片，均未见到间隙影像。

本研究也采用 CAD/CAM 方法制作修复体，其边缘适应性 100% 达到 A 标准，大部分可直接就位，其余的经过少量调改均能顺利就位，说明本试验制作的修复体精度在临床可接受范围内，且试验组高于对照组。本实验以外形、颜色匹配、表面质地为美学评价指标，试验组外形比对照组达到 A 标准的数量明显多，可见有了 3D 打印的模型，技师可以在瓷块切削好后，改进形态，细致纹理，弥补机械切削的不足。其余两项均无统计学差异。

本病例选择了 Straumann 系统的软组织水平的植体，因其系统有扫描杆及原厂的成品钛基底基台，技工室 CAD/CAM 软件有与其相匹配的扫描杆及成品钛基底基台的数据；本研究由于病例筛选较为局限，多颗牙缺失及全口缺失的种植修复等病例并未纳入，此类病例的修复效果仍需后续研究。在术后 3 ~ 6 个月的短期随访中，无螺丝松动，食物嵌塞，植体松动等现象的发生，初步效果良好，其远期效果还需要进一步的观察随访。

本研究结果提示：单颗牙缺失的数字化种植修

复流程,即口内扫描仪获取口内信息,3D打印模型,CAD/CAM设计制作螺丝固位一体冠的流程可行,

精度高,印模时间及椅旁调改时间短,中老年患者满意度高,其远期效果有待于进一步的观察随访。

参考文献

- [1] 刘洪臣,王培欢.上颌骨结构变化对老年人种植修复的影响[J].中华老年口腔医学杂志,2018,16(1):1-5.
- [2] Gallucci GO, Benic GI, Eckert SE, et al. Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols[J]. Int J Oral Maxillofac Implants 2014;29(suppl):287-90.
- [3] Kapos T, Evans C. CAD/CAM technology for implant abutments, crowns, and superstructures[J]. Int J Oral Maxillofac Implants 2014;29(suppl):117-36.
- [4] Karl M, Priv-Doz, Dr med dent. In vitro studies on CAD/CAM restorations fabricated with Procera technology: an overview[J]. Quintessence Int 2015;46:561-574.
- [5] Marghalani A, Weber HP, Finkelman M, et al. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy[J]. The Journal of prosthetic dentistry, 2017.
- [6] Derby B. Printing and prototyping of tissues and scaffolds[J]. Science, 2012, 338: 921-926.
- [7] Bayne SC. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials[J]. Clinical oral investigations, 2005, 9(4): 209-214.
- [8] Joda T. Complete digital workflow for the production of implant-supported single-unit monolithic crowns[J]. Clinical oral implants research, 2014, 25(11): 1304-1306.
- [9] 田杰华, 邸萍, 林野, 等. 单牙即刻种植椅旁数字化即刻修复的临床观察[J]. 中华口腔医学杂志. 2017, 52(1): 3-9.
- [10] Elhakim SF, Blais F, Beraldin JA. Comparative evaluation of the performance of passive and active 3D vision systems (C). Digital Photogrammetry and Remote Sensing, International Society for Optics and Photonics, 1995: 14-25.
- [11] Commer P, Bourauel C, Maier K. Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions[J]. Medical engineering & physics, 2000, 22(9): 625-635.
- [12] Bedi R, McGrath C. Factors associated with dental anxiety among older people in Britain [J]. Gerodontology, 2000, 17(2): 97-103.
- [13] Joda T, Ferrari M, Bragger U. Patient-centered Outcome comparing digital and conventioned implant impression procedures: a randomized crossover trial[J]. Clinical oral implants research, 2018, 29(9): 954-961.
- [14] Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes[J]. BMC oral health, 2014, 14: 10.
- [15] 赵庆鸿. 石膏模型材料物理机械性能研究进展 [J]. 口腔材料器械杂志, 2003, 12(4): 198—200.
- [16] 冯全胜, 马竿, 徐文秀, 等. 口腔3D打印模型与传统石膏模型精确性对比研究 [J]. 中国老年保健医学, 2015, (3): 80-81.
- [17] Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, et al. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review[J]. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists, 2016, (1-7).
- [18] Mühlemann S, Greter EA, Park JM, et al. Precision of digital implant models compared to conventional implant models for posterior single implant crowns: A within-subject comparison[J]. Clinical oral implants research, 2018, 29(9): 931-936.
- [19] Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, et al. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study[J]. BMC oral health, 2017, 17(1): 92.
- [20] Craig R G. Restorative dental materials 9th edition[M]. St Louis: Mosby. 1993.
- [21] Hondrum S O. Tear and energy properties of three impression materials[J]. Int J Prosthodont, 1994, 7: 349.
- [22] Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of Digital versus Conventional Implant Impressions[J]. Clin. Oral Impl. Res. 26, 2015, 715-719.
- [23] Alshawaf B, Weber HP, Finkelman M, et al. Accuracy of printed casts generated from digital implant impressions versus stone casts from conventional implant impressions: A comparative in vitro study[J]. Clinical oral implants research, 2018, 29(8): 835-842.
- [24] Nejatidanesh F, Shakibamehr AH. Comparison of Marginal and Internal Adaptation of CAD/CAM and Conventional Cement Retained Implant-Supported Single Crowns[J]. Implant dentistry, 2016, 25(1): 103-108.