

技术方法

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.000331

3 种石膏材料构建的全冠数字化模型精度的对比研究

袁 荣¹, 谭发兵², 吴树洪², 马超逸², 喻 娜², 佟雪璐²

(1. 重庆市巴南区人民医院口腔科, 重庆 401338; 2. 重庆医科大学附属口腔医院修复工艺科、重庆口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室, 重庆 400015)

【摘要】目的:研究 Cerec Inlab MC XL 系统 3 种石膏材料构建的全冠数字化模型的精度。**方法:**制备一标准右上第一磨牙全冠预备体模型, 并复制超硬石膏、Esthetic-base、CAM-base 石膏扫描代型各 8 个。每组代型采用 InEos 扫描仪 Rotational 旋转扫描方式分别获取数字化模型 8 个(超硬石膏组采取喷粉后扫描), Inlab 3D(version 3.65)软件测量每个数字化模型相应位点的距离参数并与实物比较。本实验采用 SPSS 19.0 统计软件对数据进行分析。**结果:**超硬石膏组的成像质量略优于 Esthetic-base 组和 CAM-base 组。Esthetic-base 组、CAM-base 组与实物组在颊舌($P=0.199$)、近远区域($P=0.087$)的测量值比较差异无统计学意义, 但超硬石膏组与实物组比较有统计学差异($P=0.00$, $P=0.003$)。此外, 超硬石膏组在近远区域的偏差值较颊舌区域大, 差异有统计学意义($F=7.310$, $P=0.000$)。超硬石膏组、Esthetic-base 组、CAM-base 组的总体偏移值分别为(0.049 ± 0.036)、(0.016 ± 0.050)、(0.017 ± 0.052) mm。**结论:**在本实验条件下 Esthetic-base、CAM-base 石膏构建的数字化模型精度较高, 而超硬石膏喷粉构建的数字化模型精度较差, 不推荐使用。

【关键词】牙科石膏材料; 数字化模型; 光学成像粉; 全冠; 精确度**【中图分类号】**R783.3; R319**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2013-09-16

作者介绍: 袁 荣, Email: bnyyyr@sina.com,

研究方向: 口腔修复材料学。

通信作者: 谭发兵, Email: xiaosongtan@tom.com。

优先出版: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13406/j.cnki.cyx.000331.html>

参 考 文 献

- [1] Roupert M, Zigeuner R, Palou J, et al. European guidelines for the diagnosis and management of upper urinary tract urothelial cell carcinomas; 2011 update[J]. Eur Urol, 2011, 59(4): 584-594.
- [2] Dal Moro F, Valotto C, Guttilla A, et al. Urinary markers in the everyday diagnosis of bladder cancer[J]. Urologia, 2013, 80(4): 265-275.
- [3] Ho CC, Tan WP, Pathmanathan R, et al. Fluorescence-in-situ-hybridization in the surveillance of urothelial cancers; can use of cystoscopy or ureteroscopy be deferred?[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2013, 14(7): 4057-4059.
- [4] Shariat SF, Marberger MJ, Lotan Y, et al. Variability in the performance of nuclear matrix protein 22 for the detection of bladder cancer[J]. J Urol, 2006, 176(3): 919-926; discussion 926.
- [5] Todenhofer T, Hennenlotter J, Tews V, et al. Impact of different grades of microscopic hematuria on the performance of urine-based markers for the detection of urothelial carcinoma[J]. Urol Oncol, 2013, 31(7): 1148-1154.
- [6] Pesch B, Nasterlack M, Eberle F, et al. The role of haematuria in bladder cancer screening among men with former occupational exposure to aromatic amines[J]. BJU Int, 2011, 108(4): 546-552.
- [7] Karakiewicz PI, Benayoun S, Zippe C, et al. Institutional variability in the accuracy of urinary cytology for predicting recurrence of transitional cell carcinoma of the bladder[J]. BJU Int, 2006, 97(5): 997-1001.
- [8] Todenhofer T, Hennenlotter J, Kuhs U, et al. Influence of urinary tract instrumentation and inflammation on the performance of urine markers for the detection of bladder cancer[J]. Urology, 2012, 79(3): 620-624.
- [9] Atsu N, Ekici S, Oge OO, et al. False-positive results of the NMP22 test due to hematuria[J]. J Urol, 2002, 167(2Pt1): 555-558.
- [10] Oge O, Kozaci D, Gemalmaz H. The BTA stat test is nonspecific for hematuria: an experimental hematuria model[J]. J Urol, 2002, 167(3): 1318-1319; discussion 1319-1320.
- [11] Wang X, Zhang K, Sun L, et al. Short interfering RNA directed against Slug blocks tumor growth, metastasis formation, and vascular leakage in bladder cancer[J]. Med Oncol, 2011, 28(s1): S413-422.
- [12] Huang WT, Li LY, Pang J, et al. Fluorescence in situ hybridization assay detects upper urinary tract transitional cell carcinoma in patients with asymptomatic hematuria and negative urine cytology[J]. Neoplasia, 2012, 59(4): 355-360.
- [13] Banek S, Schwentner C, Tager D, et al. Prospective evaluation of fluorescence-in situ-hybridization to detect bladder cancer: results from the UroScreen-Study[J]. Urol Oncol, 2013, 31(8): 1656-1662.

(责任编辑: 唐宗顺)

Accuracy of digital models of full crowns constructed by three types of dental gypsum materials: a comparative study

Yuan Rong¹, Tan Fabing², Wu Shuhong², Ma Chaoyi², Yu Na², Tong Xuelu²

(1. Department of Stomatology, People's Hospital of Banan District; 2. Chongqing Key Laboratory for Oral Diseases and Biomedical Sciences; Department of Dental Laboratory, The Affiliated Hospital of Stomatology, Chongqing Medical University)

[Abstract] **Objective:** To investigate the accuracy of digital models of full crowns which were constructed by three types of dental gypsum materials in Cerec Inlab MC XL system. **Methods:** A upper first right molar in the standard model was prepared, and eight scanned models made of superhard gypsum, Esthetic-base gypsum, and CAM-base were duplicated respectively. Eight digital models in each group were digitally imaged by scanning in InEos unit with Rotational method (superhard gypsum was scanned after spraying powder). The distance parameters of each digital model were measured by inlab 3D software (version 3.65) and compared with material object. Finally, the experimental data were analyzed by SPSS 19.0 statistical software. **Results:** The quality of digital imaging was better in superhard gypsum group than in Esthetic-base and CAM-base group. The observed values of Esthetic-base group, CAM-base group and the real group had no statistical difference in terms of buccal-lingual ($P=0.199$), and mesial-distal directions ($P=0.087$), but the observed values of the superhard gypsum group and real group were statistically different ($P=0.000$, $P=0.003$). In addition, the deviation values of superhard gypsum group were greater in mesial-distal directions than in buccal-lingual directions, with statistically significant differences ($F=7.310$, $P=0.000$). The overall offset of superhard gypsum group, Esthetic-base group and CAM-base group were (0.049 ± 0.036), (0.016 ± 0.050) mm and (0.017 ± 0.052) mm, respectively. **Conclusion:** Under the condition of this experiment, the esthetic-base and CAM-base have high accuracy, but superhard gypsum after spraying powder is not recommended due to its inaccuracy.

[Key words] dental gypsum materials; digital model casting; optical imaging powder; full crown; accuracy

当前,数字成像技术在口腔领域的应用愈加重要^[1-2]。有学者研究发现^[3],模型数字化扫描的精确性和可重复性优于模型的石膏复制品,而对于不同计算机辅助设计与辅助加工(computer aided design/computer-aided manufacture, CAD/CAM)系统而言,数字化模型精度对于保证修复体边缘和内部适合性均具有重要意义^[4]。但目前实际工艺流程仍主要是技工室根据医生制取的阴模灌制成阳模再构建数字化模型。因而,取模情况、模型灌制、扫描成像均会影响构建的数字化模型精度。

超硬石膏、Esthetic-base、CAM-base 石膏是目前牙科领域构建数字化模型常用的 3 种石膏材料。其中 Esthetic-base 是第一种用于 Cerec CAD/CAM 系统光电扫描的特殊石膏, CAM-base 是与 CAD/CAM 全兼容的超硬石膏,它们灌制的石膏模型可以不做任何表面处理即可获取数字化模型。而超硬石膏为了避免牙预备体表面反光现象对数字化模型图像的影响,在采集光学印模前还需要在其表面喷涂一种成像介质—光学成像粉。喷涂的成像粉可能在牙预备体表面形成一层额外的间隙,改变牙预备体表面的几何形态,影响构建的数字化模型精度。

回顾文献,以往学者们对石膏材料的物理机械性能研究较多,但尚无对超硬石膏、Esthetic-base、CAM-base 构建全冠数字化模型精度方面的报道。本研究通过模拟临床路径构建上述 3 种石膏材料的全冠数字化模型,并与实物相比较,为其实际应用提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料及设备

Cerec Inlab MC XL 系统及 Inlab 3D 软件版本 3.65 (Sirona 公司,德国),光学成像粉(Vita 公司,德国);全冠预备体模型(义齿制作公司提供);真空搅拌机(Whip-Mix 公司,美国);硅橡胶材料(Elite Double 22, Zhermack 公司,意大利);表盘式游标卡尺(丹纳赫工具上海有限公司,精度 0.02 mm);超硬石膏、Esthetic-base 及 CAM-base 石膏(Dentona 公司,德国)。

1.2 实验方法

1.2.1 模型的设计及复制 技工室制作一金属材质右上颌第一磨牙标准全冠预备体模型,深凹面形肩台,牙预备体颊、舌、近中、远中肩台中份边缘下分别设计一定宽度和深度的沟作为实物定位测量和分割数字化模型的标志。然后,将预备体模型翻制成高质量的硅橡胶印模阴模 24 个,随机分为

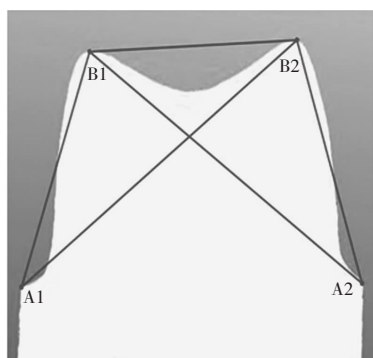
3组。根据3种石膏厂家使用说明书在真空搅拌机搅拌后分别灌注无缺陷超硬石膏、Esthetic-base、CAM-base石膏模型各8个,静置24 h后用于采集数字化图像。

1.2.2 数字化模型的获取 任选1种石膏材料的代型放置在InEos扫描单元底座上,调试InEos扫描单元的焦距,采用Rotational扫描方式得到其清晰完整的数字化图像。固定石膏代型在底座上的位置并画出边缘线,以保证每个石膏代型扫描时的位置恒定不变,分别采集超硬石膏、Esthetic-base、CAM-base数字化图像各8个。其中超硬石膏组表面进行喷粉处理后再采集光学印模,要求喷涂成像粉时,调定喷压装置的推进压力为0.3 MPa(3 bar),喷嘴距离牙预备体表面大约2.5 cm,分别喷涂牙预备体的4个轴面(成45°角)和牙合面(成90°角)各1次,每次将推进阀缓慢按压到最低部即放开。最后,在计算机界面上得到3组共计24个三维数字化图像。

1.2.3 数字化模型的测量

1.2.3.1 模型分割 为保证每个数字化模型分割位置相同,每次分割前将模型调整到同一三维坐标进行。在Inlab MC XL系统界面上,应用inLab 3D软件的“切割”功能将获得的数字化模型沿颊舌、近远中向标志点作分割。

1.2.3.2 测量位点 参照其他学者^[5-6]的研究方法,本实验选取每个剖面的4个具有代表性的位点评价牙预备体形态对数字化模型精度的影响。这些位点通过Cerec inlab MC XL系统界面上的“测量工具”易于定位获取,连接各位点得到直线A1B1、A1B2、A2B1、A2B2、B1B2(图1)。



A1、A2:预备体的肩台边缘点;B1、B2:预备体牙合面与轴面的切线交点在模型表面投影点

图1 数字化模型剖面测量示意图

Fig.1 Scheme of measurement of digital model

1.2.3.2 测量方法 实物测量:由1名操作者用带表游标卡尺测量金属材质的全冠预备体上A1B1、A1B2、A2B1、A2B2、B1B2的距离参数。每个测量项目测量5次,计算均值和标准差。

数字化模型测量:根据计算机界面上的三维坐标,由同一名操作者采用inLab 3D 3.65软件上的“Distance”工具进行测量,每个测量项目测量5次,取平均值。计算该组所有数字化图像各测量项目的均值和标准差。

最后,由1名实验者分别计算该数值化模型与扫描前实物在A1B1、A1B2、A2B1、A2B2、B1B2项目上的偏移值。偏移值越大,精度越小。

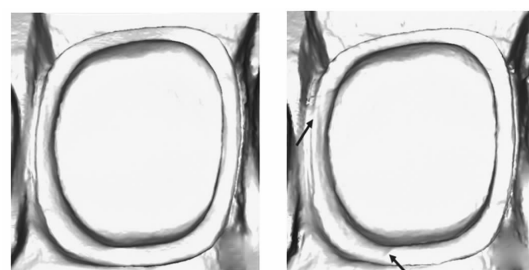
1.3 统计学分析

采用Excel 2007软件进行数据录入,数据采用SPSS 19.0统计软件处理,3组测量值数据均为计量资料,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,测量数据的差值以差值均数±差值的标准差($\bar{d} \pm Sd$)表示;对数据特征进行观察并进行正态性及方差齐性检验,超硬石膏组颊舌、近远中数据采用单因素方差分析,Esthetic-base与CAM-base组数据采用Mann-Whitney检验,3组独立样本数据采用Kruskal-Wallis法。检验水准定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

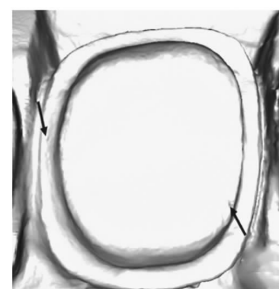
2.1 3种石膏材料构建的数字化模型表面形貌观察

肉眼观察,3种石膏模型均能获得高质量的数字化图像,其表面无明显缺损及忽略部分,线角清晰、完整。但就细节而言,超硬石膏经喷粉获得的数字化模型表面更光滑均一、线角轮廓更清楚、连续,无阴影和小缺陷(图2A)。而Esthetic-base(图2B)、CAM-base(图2C)表面略显粗糙,可见微小切迹或小缺陷,尤其是Esthetic-base肩台(远中部分)边缘的清晰度和连续性不如超硬石膏+喷粉和CAM-base数字化模型。比照实物,Esthetic-base、CAM-base数字化模型的表面细节更符合模型的真实情况,这说明在超硬石膏表面喷粉可能掩盖了牙预备体表面的某些细微形态。



A. 超硬石膏+喷粉

B. Esthetic-base石膏



C. CAM-base石膏

黑色箭头所示为小缺损、欠连续和小切迹

图2 3种石膏构建的数字化模型表面形貌

Fig.2 Surface topography of digital models constructed by 3 types of dental gypsum material

表 1 3 种数字化模型及实物的测量结果比较 (mm, $n=8, \bar{x} \pm s$)Tab.1 Comparison of measurement results among three kinds of digital models with real objects (mm, $n=8, \bar{x} \pm s$)

组别	A1B1		A1B2		A2B1		A2B2		B1B2	
	颊舌	近远	颊舌	近远	颊舌	近远	颊舌	近远	颊舌	近远
实物	4.955 ± 0.004 ^a	2.158 ± 0.005 ^a	9.363 ± 0.004 ^a	7.494 ± 0.003 ^a	9.159 ± 0.004 ^a	7.666 ± 0.004 ^a	4.862 ± 0.002 ^a	2.408 ± 0.006 ^a	6.169 ± 0.002 ^a	6.328 ± 0.007 ^a
超硬石膏	4.988 ± 0.007 ^b	2.219 ± 0.043 ^b	9.389 ± 0.014 ^b	7.593 ± 0.013 ^b	9.206 ± 0.026 ^b	7.716 ± 0.013 ^b	4.902 ± 0.027 ^b	2.464 ± 0.033 ^b	6.215 ± 0.072 ^b	6.358 ± 0.013 ^a
Esthetic-base	4.964 ± 0.058 ^a	2.163 ± 0.022 ^a	9.378 ± 0.017 ^a	7.552 ± 0.041 ^a	9.160 ± 0.010 ^a	7.694 ± 0.045 ^a	4.872 ± 0.018 ^a	2.422 ± 0.069 ^a	6.177 ± 0.098 ^a	6.339 ± 0.043 ^a
CAM-base	4.966 ± 0.016 ^a	2.164 ± 0.026 ^a	9.370 ± 0.025 ^{ab}	7.541 ± 0.030 ^a	9.161 ± 0.037 ^a	7.699 ± 0.069 ^a	4.882 ± 0.022 ^a	2.429 ± 0.033 ^a	6.171 ± 0.011 ^a	6.344 ± 0.138 ^a
F 值	1.721	8.675	3.536	19.40	7.778	1.984	6.023	2.627	0.984	0.240
P 值	0.185	0.000	0.027	0.000	0.001	0.139	0.003	0.070	0.414	0.867

注:表中所示不同字母间差异有统计学意义($P < 0.05$),相同字母间差异无统计学意义($P > 0.05$)

2.2 3 种石膏材料构建的数字化模型测量结果

2.2.1 3 种数字化模型与实物测量结果比较 经 LSD 多重比较(表 1), Esthetic-base 组、CAM-base 组与实物组在所有测量项目的颊舌、近远区域比较差异均无统计学意义;但超硬石膏组与实物组在除 B1B2 外的所有颊舌、近远区域比较差异明显。而超硬石膏组、实物、Esthetic-base、CAM-base 组在 B1B2 的颊舌和近远区域比较差异也无统计学意义;实物组、超硬石膏组、Esthetic-base 与 CAM-base 组在 A1B1 的近远区域、A1B2 颊舌及近远区域、A2B1 及 A2B2 的颊舌区域测量结果比较差异明显。以上结果表明喷粉对超硬石膏组构建的数字化模型影响较大,且对牙预备体的肩台和牙合面的影响大于轴面。

2.2.2 3 种石膏构建的数字化模型的偏差值比较 根据差值数据特征结合 K-S 正态分布和方差齐性检验。表 2 超硬石膏组颊舌、近远中数据采用方差分析, Esthetic-base 与 CAM-base 组数据比较采用 Mann-Whitney 检验。结果显示,超硬石膏组($F=7.310, P=0.000$)近远区域的偏差值较颊舌区域大,差异有统计学意义。而 Esthetic-base 组($Z=-1.574, P=0.116$)、CAM-base 组($Z=-1.713, P=0.087$)的颊舌与近远区域比较无统计学差异。此外, Esthetic-base、CAM-base 组在颊舌($Z=-4.071, P=0.000; Z=-4.677, P=0.000$)和近远区域($Z=-3.378, P=0.001; Z=-2.950, P=0.003$)的偏移值明显小于超硬石膏组,而 Esthetic-base 与 CAM-base 组在颊舌($Z=-0.037, P=0.973$)和近远区域($Z=-0.226, P=0.821$)无明显差异。将颊舌及近远所有测量项目的偏差值纳入统计,得到超硬石膏组、Esthetic-base 组、CAM-base 组的总体偏移值分别为(0.049 ± 0.036)、(0.016 ± 0.050)、(0.017 ± 0.052) mm,三者有统计学差异($\chi^2=35.379, P=0.000$)。综上,超硬石膏组精度较 Esthetic-base、CAM-base 组差,而 Esthetic-base 与 CAM-base 组的精度相当。

表 2 3 种数字化模型的偏差值比较 (mm, $n=40, \bar{d} \pm Sd$)Tab.2 Comparison of deviation values among three kinds of digitized model (mm, $n=40, \bar{d} \pm Sd$)

区域	例数(n)	超硬石膏	Esthetic-base	CAM-base
颊舌	40	0.038 ± 0.036 ^a	0.009 ± 0.049 ^b	0.008 ± 0.024 ^b
近远	40	0.060 ± 0.034 ^a	0.023 ± 0.049 ^b	0.025 ± 0.069 ^{ab}

注:表中所示不同字母间差异有统计学意义($P < 0.05$),相同字母间差异无统计学意义($P > 0.05$)

3 讨论

CAD/CAM 修复体的适合性或精确性是近年来学者们关注的重点^[7-8]。而牙科石膏材料的数字成像情况是修复体精确性得以实现的前提。数字化模型的精度通常包含了 2 个部分:一是利用三维测量设备获取物体测量数据的阶段,即设备测量精度;二是利用计算机软件对所获取的数据进行处理重构出三维数字化模型的阶段^[9];本实验反映的是三维数字化模型相对于被测实物在几何尺寸、几何特征相对位置和表面质量上的差异程度,因而得到的三种数字化模型精度仍是一个合成精度。

3.1 关于实验扫描对象的要求

CAD/CAM 系统三维扫描仪是通过三角线测量法原理成像的。扫描仪的扫描头发出的高精度光束(白光、激光)照射在目标区域表面,摄像机通过捕获反射的光束来获得图像。由于摄像机和光源(扫描头)之间已知的角度和距离,通过三角函数计算出光线反射处(被扫描物体)的三维坐标。每一条光线可获得一条线性三维轮廓,通过扫描头和被扫描物体间相对运动就可以使光线照射到更多位置,从而获得更多的三维外形轮廓^[9]。在获取成像信号时,光束之间的折射率是不同的,会使 CAD/CAM 成像设备光栅上的反射光束呈现出不同的高度差值(Z 值),使最终拼接得到的数字化图像扭曲失真,甚至不能识别扫描目标^[10]。因此,实验扫描对象应当满足^[11],本身不具有发光性或产生镜面反射,几何外形明显;具有良好的光洁度,能提供有利于显示目标表面细节的均一反射面。本实验使用的 Esthetic-base 和 CAM-base 石膏具有良好的光洁度;超硬石膏表面经喷涂光学成像粉,能使超硬石膏呈现一个均一的反光面。三者均获得了较高的成像质量。

3.2 关于实验扫描方式

本实验选用的 inEos 扫描仪是技工室扫描系统,主要适用于扫描石膏模型,有 Top view 和 Rotational 2 种扫描方式^[12]。本实验选择了 Top view 扫描方式:Top view 为顶端拍摄,拍摄方向一般为就位道方向,每个部位只拍摄 1 次,相邻的视野能够自动拼接,可获得单冠、联冠或桥的数字化模型。尽管 Top view 采用的是定焦、单向拍摄,扫描次数有限,但本实验选用的牙预备体牙合龈距并不大,因而数字化模型不存在不清晰或阴影现象。若牙预备体存在倒凹时或牙合龈距比较大时,数字化模型可能不能反映预备体的真实情况^[10-11],则需要采用 Rotational 旋转扫描。Rotational 旋转扫描是从 8 个不同的角度进行连续拍摄后自动生成一个数字化模型,单独使用时只用于单颗基牙的扫描,可与 Top view 扫描联合使用。但有学者^[6]研究表明 Rotational 与 Top view 联合使用不及单独应用 Rotational 扫描方式精度高。

3.3 3 种石膏材料构建数字化模型的精度情况

3 种石膏构建的数字化模型中,超硬石膏组在近远区域的偏差值较大,而对其余 2 组影响并不显著,这可能与本实验牙预备体近远中未分割模型对喷粉效果有影响有关。实际临床口内扫描时,当成像设备以一定角度发出的光束经过牙预备体牙合轴线角到达预备体肩台时,成像设备可能无法接受到由光束线、牙预备体轴壁、肩台构成的三角形区域内的反射光束,这一区域将形成阴影,从而影响数字化模型的精度^[9-10]。这一结果提示如能保持分割代型形态及位置的稳定性,技工室 CAD/CAM 三维扫描前应当分割模型,以尽量规避邻近障碍物对成像精度的影响。

此外,在本实验条件下,超硬石膏喷粉构建的数字化模型精度较差,且对牙预备体的肩台和牙合面的影响大于轴面,这与先前学者^[10]的研究结果一致。可能与成像粉的喷涂方向存在相关性——同等条件下,向下喷涂的光学成像粉因受重力影响可能比向上喷涂更易沉积在牙预备体肩台和牙合面区域。

综上,尽管本实验得到的光学成像粉对全冠数

字化模型精度的影响值并未超出全冠适合性的可接受范围($\leq 100 \mu\text{m}$)^[4],但与 esthetic-base、CAM-base 石膏相比精度较差,且喷涂成像粉时难以保证构建的数字化模型精度的稳定性。因而,在能规避近远中向的扫描障碍的情况下,推荐使用 Esthetic-base、CAM-base 等光洁性较好的石膏构建数字化模型。

参 考 文 献

- [1] Essen SD. Digital imaging in dentistry[J]. Today's FDA, 2011, 23(6): 62-68.
- [2] Persson AS, Andersson M, Odén A, et al. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology[J]. Dent Mater, 2008, 24(8): 1123-1130.
- [3] van Noort R. The future of dental devices is digital[J]. Dent Mater, 2012, 28(1): 3-12.
- [4] Beuer F, Aggstaller H, Edelhoff D, et al. Marginal and internal fits of fixed dental prostheses zirconia retainers[J]. Dent Mater, 2009, 25(1): 94-102.
- [5] Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology[J]. Dent Mater, 2008, 24(10): 1311-1315.
- [6] 吴树洪, 王璐, 萧智利, 等. CEREC 3D/inlab MC XL 系统 5 种扫描方法构建数字化模型精度的对比研究[J]. 第三军医大学学报, 2011, 33(2): 200-203.
- [7] Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MM, et al. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems[J]. J Prosthet Dent, 2013, 109(2): 83-87.
- [8] Rinke S, Fornefeldt D, Gersdorff N, et al. Multifactorial analysis of the impact of different manufacturing processes on the marginal fit of zirconia copings[J]. Dent Mater J, 2012, 31(4): 601-609.
- [9] Mou SH, Chai T, Wang JS, et al. Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns[J]. J Prosthet Dent, 2002, 87(3): 248-255.
- [10] 谭发兵, 王璐, 付钢, 等. 不同光学印模法对全瓷冠边缘和内部适合性影响的实验研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2010, 28(1): 29-33.
- [11] Lewis Elaine. Imaging powder for CAD/CAM device; United States, US7413597 B2[P]. 2008-08-19.
- [12] Kurbad A, Reichel K. InEOS—new system component in Cerec 3D[J]. Int J Comput Dent, 2005, 8(1): 77-84.

(责任编辑:唐宗顺)