

表面分析法对直接印模及石膏模型扫描获得数字模型的一致性分析

李青奕^{1*}, Chung How Kau²

(¹南京医科大学口腔疾病研究江苏省重点实验室,南京医科大学附属口腔医院正畸科,江苏 南京 210029;²阿拉巴马大学伯明翰分校牙学院正畸系,阿拉巴马州 伯明翰 AL35294,美国)

[摘要] **目的:**用表面分析方法对三维激光扫描仪分别扫描石膏模型和印模获得的数字模型的准确性和一致性进行比较。**方法:**对 20 个病例分别采用两种方法采集上颌和下颌数字模型。将同一病例的两种数字模型输入 RapidForm 软件以最佳配对算法进行叠加,并采用表面分析方法对叠加结果加以分析。测量两模型上各点的线性距离,在容差设定为 0.05、0.10、0.25、0.50、0.75、1.00 mm 的情况下,确定相关模型之间的重叠百分率。此外,对 6 个预定的线性测量指标也进行测量和分析。**结果:**平均上颌模型的线性距离是 0.097~0.191 mm,而下颌模型的平均线性距离是 0.092~0.257 mm。在 0.50 mm 容差值水平,可以得到超过 94% 的表面相关性。组内相关系数(intraclass correlation coefficients, ICCs) 统计表明两种方法获得的数字模型间有很好的 consistency (0.972≤ICCs≤0.998)。**结论:**两种方法生成的数字模型在软件中有很好的重叠,经表面分析方法分析统计两者一致性较好,表明直接从印模获取数字模型是可行的。

[关键词] 表面分析;数字模型;石膏模型

[中图分类号] R783.5

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2016)09-1132-04

doi: 10.7655/NYDXBNS20160923

Surface analysis of study models generated from ortho insight 3D digital scanner

Li Qingyi^{1*}, Chung How Kau²

(¹Jiangsu Key Laboratory of Oral Disease of NJMU, Department of Orthodontists, Affiliated Hospital of Stomatology of NJMU, Nanjing 210029, China; ²Department of Orthodontists, University of Alabama at Birmingham, Birmingham AL35294, USA)

[Abstract] **Objective:** We sought to determine the accuracy of digital models generated from impressions and casts respectively by an ortho insight 3D laser scanner (Motion View Software, Chattanooga, Tenn) and compare them with surface area analysis method. **Methods:** Two sets of maxillary and mandibular digital models of 20 subjects were obtained. The models were made from impressions and casts were scanned by ortho insight 3D digital scanner, respectively. Each patient's matched pairs of maxillary and mandibular models were superimposed by using a software program and a best-fit algorithm; surface-to-surface analysis was then performed. The average linear differences between the 2 files at all points on the surfaces were measured, and tolerance levels of 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, and 1.0 mm were set to determine the surface correlation amounts between the 2 files. Additionally, 6 linear measurements from predetermined landmarks were also measured and analyzed. **Results:** The average maxillary model linear difference was 0.097 to 0.191 mm, whereas the average mandibular model linear difference ranged between 0.092 and 0.257 mm. Greater than a 94% surface correlation was obtained on average at 0.5 mm tolerance level. The mean differences obtained from the linear measurements indicated strong agreement (0.972≤single measure ICCs≤0.998) between the maxillary and mandibular pairs. **Conclusion:** Surface-to-surface analysis of digital models generated from impressions and casts by ortho insight 3D digital scanner pointed to a fair overlap between the protocols. Therefore, the digital model generated directly from impressions is an alternative for that from casts.

[Key words] surface analysis; digital models; plaster models

[Acta Univ Med Nanjing, 2016, 36(09): 1132-1135]

[基金项目] 江苏省高校优秀中青年教师境外研修计划资助

*通信作者 (Corresponding author), E-mail: lqy@njmu.edu.cn

随着数字技术的进步,越来越多的正畸临床记录采用了数字格式^[1-4]。相对于石膏模型,数字化模型在存储、物理损害、信息丢失风险和与其他医生共享等情况下具有很大优势。三维数字模型可以采用口内扫描仪直接口内扫描获得,也可以通过锥形束CT(cone beam CT, CBCT)扫描藻酸盐印模或石膏模型来获得,或者用激光扫描方法扫描石膏模型或印模来获得,有很多商业公司提供这种服务。

最近, Motion View公司的三维激光扫描系统Ortho Insight 3D可以让医生自己通过扫描石膏模型或印模而获得患者牙齿的三维数字模型。在生成的三维模型上通过配套软件可以进行Bolton分析、咬合评价以及模拟牙齿移动进行排牙实验,可以很好地协助正畸医生进行诊断和制定治疗计划。许多研究已表明通过激光表面扫描石膏模型获得的3D数字模型与原石膏模型相比,有很好的一致性和重复性。在覆胎、覆盖、牙弓长度等线距测量上,两者没有统计学差异^[7-8]。

本研究的目的是通过表面分析方法比较两种数字模型的一致性,以确定临床上是否可以采用扫描印模来替代扫描石膏模型而获取数字模型。

1 材料和方法

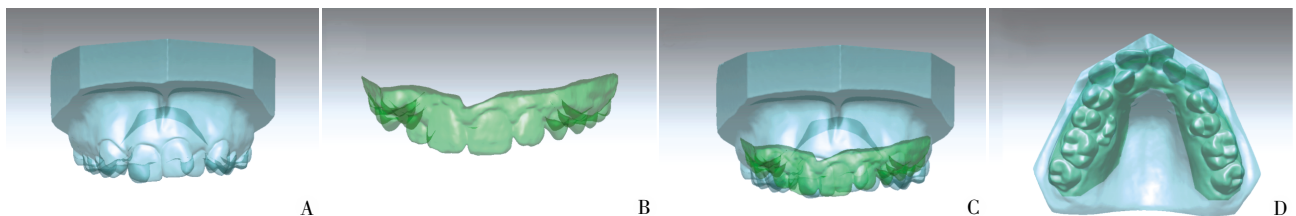
1.1 材料

随机选取在阿拉巴马大学伯明翰分校牙学院正畸系就诊的20例患者的上下颌初始模型。用藻酸盐印模材料(Aquasil, Dentsply公司, 美国)翻制印模。

1.2 方法

采用Ortho Insight 3D (Motion View Software公司, 美国)激光扫描系统分别对翻制的印模和原始石膏模型进行扫描,获得的数字模型以stl格式输出。扫描过程大约耗时2.5 min,扫描后处理约需5 min。在扫描过程中,Ortho Insight 3D激光扫描系统的固定台和机械臂可以进行三维方向的移动以进行全方位的扫描。所有扫描操作由同一名经培训的操作人员完成。

扫描完成后所有数字模型以stl格式导入RapidForm2006软件(INUS Technology公司, 韩国)。首先对模型进行修剪,去除多余硬组织,尽量保存牙槽嵴以上的牙齿结构。然后对采用两种方法获得的相应数字模型进行重叠(图1)。分别在扫描印模得到的数字模型和扫描石膏获得的数字模型上选取对应的3个标志点,RapidForm软件以最佳拟合方式对两个



A: 扫描石膏获得的数字模型; B: 扫描印模得到的数字模型; C: 两种数字模型重叠的前面观; D: 两种数字模型重叠的侧面观。

图1 两种数字模型的重叠

Figure 1 Superimposition of impression and cast-generated models

模型进行重叠。重叠后以表面分析法对两个数字模型进行比较。之后,截取下颌尖牙到尖牙段做进一步重叠分析比较。

利用RapidForm的“shell/shell deviation”功能,可以将模型之间的差异用彩色云图的方式显示出来。设定不同的容差值以便更好地观察模型间的一致性。本研究将容差值设定为0.05、0.10、0.25、0.50、0.75、1.00 mm(图2)。两模型间小于容差值的部分会以黑色显示,而大于容差值的部分,根据差异的大小会以不同的颜色显示在重叠图上。其中红色表示差异最大,蓝色表示差异较小。两模型的平均差异被记录并比较分析,不同容差下的一致性百分比也被加以记录并分析。

利用RapidForm的“measure /distance”功能测量

了两种数字模型对应的线距值。测量项目的定义见先前研究^[10],分别为上下颌4、5颊尖之间及其到上下颌中线的距离。

1.3 统计学方法

以Excel表记录测量数据,采用SPSS 16.0进行统计分析。对线距值的统计采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)进行分析。

2 结果

印模获取的数字模型和石膏模型获取的数字模型在上颌的平均线距差为0.097~0.191 mm,中值是(0.151 ± 0.026)mm。下颌的平均线距差为0.092~0.257 mm,中值(0.152 ± 0.043)mm。下颌尖牙到尖牙段的平均线距差为0.112~0.331 mm,中值(0.180 ±

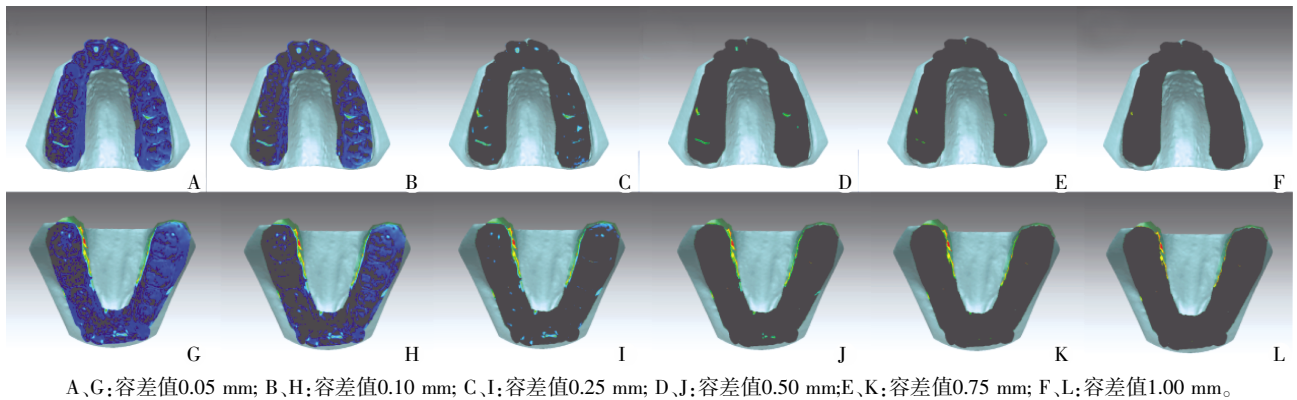


图 2 在不同容差下的表面分析

Figure 2 Surface correlation analysis at 6 tolerance levels

0.053)mm。不同容差值下的上颌及下颌一致性所占百分比大小见表1。在容差设为0.05 mm时,上颌模型的平均重叠百分比为35.919%,而在容差设为1.00 mm时,重叠率上升为97.501%。下颌模型的平均重叠百分比在容差设为0.05 mm时为32.159%,在1.00 mm时为97.889%。表2为测量的线距指标的均值和标准差。其结果显示两种模型在12项线距值测量上具有很好的一致性(0.972≤ICC≤0.998)。

3 讨论

传统上,正畸治疗的记存模型(初始模型)对正

表 1 在不同容差下上颌及下颌的重叠百分比

Table 1 Overlap amounts for maxillary and mandibular impression and cast models at the various tolerance levels (%)

| 容差 | 上颌(n=20) | | | 下颌(n=20) | | |
|---------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | 低值 | 高值 | 平均值 | 低值 | 高值 | 平均值 |
| 0.05 mm | 21.367 | 55.335 | 35.919 | 17.438 | 47.615 | 32.159 |
| 0.10 mm | 42.059 | 80.941 | 60.637 | 35.279 | 75.770 | 55.420 |
| 0.25 mm | 82.638 | 93.732 | 89.133 | 66.773 | 95.421 | 85.516 |
| 0.50 mm | 91.446 | 97.494 | 94.392 | 88.296 | 97.844 | 94.109 |
| 0.75 mm | 93.598 | 98.606 | 96.137 | 92.355 | 99.033 | 96.579 |
| 1.00 mm | 95.429 | 99.302 | 97.501 | 95.330 | 99.477 | 97.889 |

表 2 线距值测量的均值和标准差及统计分析(ICC)

Table 2 Means and standard deviations of the linear measurements on the paired impression and cast models with single-measure intraclass correlation coefficient(ICC)

| 指标 | 上颌(n=20) | | | 指标 | 下颌(n=20) | | |
|---------|----------------|----------------|-------|---------|----------------|----------------|-------|
| | 石膏模型法(mm) | 印模法(mm) | ICC | | 石膏模型法(mm) | 印模法(mm) | ICC |
| UR4-UL4 | 40.192 ± 3.647 | 40.162 ± 3.723 | 0.996 | LR4-LL4 | 34.356 ± 3.069 | 34.477 ± 3.006 | 0.995 |
| UR5-UL5 | 45.833 ± 3.989 | 45.937 ± 4.120 | 0.997 | LR5-LL5 | 40.417 ± 3.981 | 40.525 ± 3.838 | 0.998 |
| UR4-ML | 26.649 ± 2.980 | 26.655 ± 3.007 | 0.996 | LR4-ML | 20.595 ± 1.999 | 20.636 ± 2.056 | 0.987 |
| UR5-ML | 33.066 ± 2.658 | 33.111 ± 2.767 | 0.972 | LR5-ML | 26.871 ± 2.239 | 27.012 ± 2.154 | 0.980 |
| UL4-ML | 27.428 ± 3.533 | 27.461 ± 3.756 | 0.992 | LL4-ML | 20.290 ± 2.191 | 20.389 ± 2.190 | 0.973 |
| UL5-ML | 34.167 ± 4.041 | 34.013 ± 3.763 | 0.981 | LL5-ML | 26.805 ± 2.163 | 26.857 ± 2.205 | 0.991 |

UR;右上;UL;左上;LR;右下;LL;左下;ML;中线。

畸诊断和矫治计划的制定是必需和必要的。而且这些记存模型常常必须保存一定的年限,但这些物理的石膏模型往往会因各种原因导致丢失、缺损或磨损。随着现代数字化技术的发展,用数字模型取代传统石膏已成为趋势。

Ortho Insight 3D激光扫描系统允许正畸医生在很短的时间内将石膏模型或印模转换成数字模型。利用Ortho Insight 3D生成的数字模型已经被用来预测牙齿比率不调^[1]。既然可以通过扫描石膏模型获得数字模型又可以通过扫描印模获得数字模型,如果可以证明这两种方法获取的数字模型没有统计学差异,那么临床上就可以省去灌模的步骤及存储的空间。

本研究结果显示两种数字模型测量所得的平均线距差在下颌为0.092~0.257 mm,在上颌为0.097~0.191 mm,这意味着两种方法的一致性很好。接着在不同容差下对两数字模型的重叠率进行了分析,容差值被分别设定为0.05、0.10、0.25、0.50、0.75、1.00 mm。在上颌,当容差设定为0.25 mm时,两数字模型的重叠率接近90%(89.133%),当容差提高到0.50 mm时,重叠百分比接近95%(94.392%)。在下颌,0.25 mm的容差水平,重叠百分比为85.516%,略小于上颌。但当

容差提高到0.50 mm后,重叠率达到94.109%,与上颌结果相当。这表明两种数字模型只有5%的表面差异大于0.50 mm,也说明两种数字模型是可以相互替代的。Kim等^[12]把Ortho Insight 3D系统扫描获得的数字模型、CBCT获取的数字模型与石膏模型三者在这18项指标上进行了比较,结果显示三者之间有很好的 consistency,由此可以推论印模获取的数字模型和作为金标准的石膏模型也具有很好的一致性。

在0.25 mm的容差下,下颌两种数字模型的差别比上颌更大。在RapidForm软件中,按最大拟合方法重叠两模型后,两模型的差异可以由不同颜色表现出来。小于容差的部分显示为黑色,大于容差的部分根据差异大小以不同颜色显示。在仔细观察了下颌重叠图后,发现大部分的差异集中在下颌尖牙到尖牙区域。所以本研究又将下颌尖牙到尖牙段分割出来单独进行了分析,并将其与整个下颌的结果进行了对比。两种数字模型在此区段的平均差别为0.180 mm,高于上颌的0.152 mm及下颌的0.151 mm。我们考虑其原因可能在于下颌尖牙到尖牙段多拥挤而且下切牙多较小,扫描时激光束无法对其表面进行完整的扫描。

同时本研究对6项线距指标进行了测量(表2),其结果经组内相关系数统计同样表明两种数字模型有很好的 consistency,这就对临床采用印模直接获取数字模型提供了依据。表面重叠分析是由软件基于最大重叠进行拟合,而线距测量基于人工定点来进行。人工定点存在不可避免的误差,很难保证在两次测量中将同一标志点以及在两个模型上的同一标志点定在同一位置。所以本研究以表面分析法作为首要的分析方法。

当然,现在也可以采用直接口内扫描的方法进行数字模型的获取,但口内扫描往往需要花费更多的椅旁时间。通过三维激光扫描,只要几分钟,正畸医师就可以将印模转换为数字模型,并对其进行分析,包括虚拟排牙。在研究过程中我们也发现,扫描过程虽然是一个简单的步骤,但操作者还是需要经过一定的培训,扫描系统在扫描前也需要进行校正。操作过程要严格按照操作说明进行,操作者越熟练,结果也越好。

综上,经表面分析和线距测量分析统计表明,由印模获取的数字模型和由石膏模型获得的数字模型没有统计学差异,由印模直接获取数字模型的方法是符合临床要求的。

[参考文献]

- [1] Garino F, Garino B. From digital casts to digital occlusal set-up: an enhanced diagnostic tool [J]. *World J Orthod*, 2003, 4: 162-166
- [2] Garino B, Garino F. Comparison of dental arch measurements between stone and digital casts [J]. *World J Orthod*, 2002, 3: 250-254
- [3] Redmond WR. Digital models: a new diagnostic tool [J]. *J Clin Orthod*, 2001, 35(6): 386-387
- [4] Redmond WR, Redmond WJ, Redmond MJ. Clinical implications of digital orthodontics [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2002, 117(2): 240-241
- [5] Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, et al. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning [J]. *Angle Orthod*, 2005, 75(3): 300-304
- [6] Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, et al. 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(1): 140-147
- [7] Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models [J]. *Angle Orthod*, 2003, 73(3): 301-306
- [8] Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, et al. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs. digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006, 129(6): 794-803
- [9] Okunami TR, Kusnoto B, Begole E, et al. Assessing the American board of orthodontics objective grading system: digital vs. plaster dental casts [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 131(1): 51-56
- [10] Lighthouse KG, English JD, Kau CH, et al. Surface analysis of study models generated from Ortho CAD and cone-beam computed tomography imaging [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 141(6): 686-693
- [11] Bailey E, Nelson G, Miller AJ, et al. Predicting tooth-size discrepancy: A new formula utilizing revised landmarks and 3-dimensional laser scanning technology [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013, 143(4): 574-585
- [12] Kim J, Heo G, Lagravère MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography [J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(3): 443-450