

# 数字化正畸模型测量的可靠性研究

刘金平 郑小婉 黄晓峰

**摘要** **目的** 评价数字化模型测量的可靠性。**方法** 在正畸门诊随机选取 13 例就诊患者的石膏记存模型,使用 3Shape 扫描仪扫描石膏模型转化为数字化模型并应用扫描仪辅助制作软件(Magics 20.03)进行测量,手工测量石膏模型作为金标准,每种方法都重复测量 3 次。测量参数包括牙冠宽度、牙弓现有长度、牙弓宽度、牙弓长度、腭穹高度。使用组内相关系数(ICC)和配对  $t$  检验评价测量的一致性。**结果** 石膏模型手工测量和数字化模型测量每个模型重复 3 次所得 ICC 值均  $>0.8$ ,两种测量方法的相关性值也  $>0.8$ ;配对  $t$  检验分析发现对两种测量方法的 24、26、35、36、37、46 牙冠宽度、下牙弓中段长度和腭穹高度差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余的测量数值,包括牙齿拥挤度等差异无统计学意义。**结论** 尽管个别测量参数会有差异,但数字化模型测量与石膏模型测量一致性较高,尤其是牙齿拥挤度与石膏模型的差异较小,不影响临床正畸方案的制定。

**关键词** 模型扫描 石膏模型 数字化测量 可靠性

中图分类号 R78

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2021.02.021

**Reliability Evaluation of Digital Orthodontic Model Measurement.** Liu Jinping, Zheng Xiaowan, Huang Xiaofeng. Department of Stomatology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

**Abstract Objective** To evaluate the reliability of digital orthodontic model measurement. **Methods** The plaster models of 13 orthodontic patients were randomly selected in clinic. The plaster models were scanned by 3shape scanner and transformed into digital images, and measured by the scanner aided software (magics 20.03). The plaster models were measured manually as the gold standard. Each method was repeated for three times. The measurement parameters include: crown width, existing arch length, arch width, arch length and palatal height. Statistical intra - group correlation coefficient (ICC) were used to evaluate the consistency of measurement, and paired  $t$  - test was used to analyze the data of the two measurement methods. **Results** The ICC values obtained by manual and digital plaster models and the correlation values of the two methods were both greater than 0.8. Paired  $t$  - test analysis showed that there were statistically significant differences in crown width (24, 26, 35, 36, 37 and 46), middle length of lower arch, and palatal height ( $P < 0.05$ ) between two groups, while there were no statistically significant differences in other measurement values, including tooth crowding. **Conclusion** Although some individual measurement parameters may be different, the consistency between the digital model measurement and plaster model measurement is high, especially the difference of dental crowding degree, which does not affect the orthodontic diagnosis and decision in clinic.

**Key words** Model scanning; Plaster model; Digital measurement; Reliability

近年来,数字医学蓬勃发展,其在口腔领域的应用也方兴未艾,主要包括三维扫描技术、数字化/计算机辅助设计制造、数字化辅助诊断分析、数字化导航等方面<sup>[1-3]</sup>。其中三维数字化成像技术的发展推动了三维数字化模型在口腔领域的应用,它可将石膏模型通过三维扫描系统转化为数字化模型进行储存和测量,减少了石膏模型带来的储存困难、易断裂磨损、会诊困难等缺点。模型测量是正畸治疗方案制定的关键环节,传统上是通过石膏模型测量来获得数据,

那么数字化模型测量是否能达到正畸模型测量的精度?可否将数字模型测量的结果用于临床正畸决策?本研究将使用扫描仪扫描石膏模型获取的数字化模型与石膏模型进行测量对比,检验其测量的可靠性,为正畸临床治疗提供更为科学、高效、便捷的模型测量方式。

## 对象与方法

1. 研究对象:根据样本量计算得到需要选择 13 个模型进行本研究。纳入标准:①2018 年 4 月 ~ 2019 年 4 月到首都医科大学附属北京友谊医院正畸门诊就诊患者的记存模型;②牙列完整,无缺失牙;③无牙体缺损、无修复体;④第二磨牙完全萌出;⑤牙列上下牙列拥挤 3 ~ 8mm。排除标准:①模型有明显气

基金项目:首都卫生发展科研专项项目(首发 2018 - 2 - 1102)

作者单位:100050 首都医科大学附属北京友谊医院口腔科

通讯作者:黄晓峰,主任医师,教授,电子邮箱:huangxf1998@163.

com

泡干扰;②模型牙齿边缘嵴、牙尖、窝沟及腭穹隆形态不清晰。将符合标准的每一个原始石膏模型通过EXCEL 软件进行随机赋值,选取最大的前13个数对应的13个模型。对该13个石膏模型进行边缘修整。

2. 测量参数:①牙冠宽度:上颌全牙列每颗牙牙冠的宽度;②牙弓现有长度:牙弓整体弧形的长度,本研究采用四段法测量;③牙弓宽度:牙弓前、中、后段宽度,即尖牙牙尖间宽度、第一前磨牙中央窝间的宽度、第一磨牙中央窝间的宽度;④牙弓长度:牙弓前、中、后段长度,即切牙近中接触点至尖牙连线间垂距,尖牙连线至第一磨牙近中接触点连线间垂距,第一磨牙近中面连线至第二磨牙远中面连线间垂距;⑤腭穹高度:第一磨牙合面平面至腭穹顶的距离<sup>[4]</sup>。详见图1。

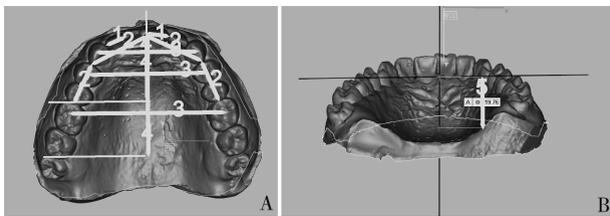


图1 数字化模型各项测量数据

A. 平面长度测量腭穹;B. 垂直高度测量腭穹。1. 牙冠宽度; 2. 牙弓现有长度;3. 牙弓宽度;4. 牙弓长度;5. 腭穹高度

3. 测量方法:(1)手工石膏模型测量方法:应用分规和电子游标卡尺(精确度0.01mm)测量,每周完成1次测量,隔周再测量1次,共3次,记录数据。(2)计算机辅助数字化模型测量方法:将石膏模型固定于用3Shape E3 激光扫描仪扫描箱内进行扫描,再应用 Geniusscanlite 软件进行数据转化并导入3Shape E3 激光扫描仪辅助制作软件(Magics 20.03)生成三维图像并进行测量。

4. 统计学方法:使用SPSS 24.0 统计学软件计算组内相关系数(inter-class correlation coefficient, ICC),比较同一模型重复测量3次的一致性。ICC 值介于0~1,0表示不可信,1表示完全可信;ICC > 0.8表示两种测量方法信度特优,0.61~0.80表示信度优<sup>[5]</sup>。石膏模型和数字化模型重复测量的均值进行配对t检验,以P < 0.05为差异有统计学意义。

结 果

1. 石膏模型手工测量和数字化测量牙齿宽度差异的比较:同一测量者在石膏模型和数字化模型测量参数的ICC 值为均 > 0.8(0.876~0.999),说明两种方法的重复性强,详见表1。两组在各项测量数据的相关系数均 > 0.8,两种测量方法具有强相关性。

两种测量方法的均值经配对样本t检验分析:左上颌第一前磨牙牙冠宽度差异为 -0.09 ± 0.13mm,左上颌第一磨牙牙冠宽度差异为 -0.18 ± 0.29mm;左下颌第一前磨牙牙冠宽度差异为 -0.13 ± 0.20mm;左下颌第一磨牙牙冠宽度差异为 -0.21 ± 0.20mm;左下颌第二磨牙牙冠宽度差异为 -0.19 ± 0.30mm;右下颌第一磨牙牙冠宽度差异为 -0.18 ± 0.27mm,差异有统计学意义(P < 0.05)。其余牙齿宽度的差异无统计学意义,详见表2。

表1 两种测量方法3次重复测量 ICC 值

测量项目	石膏模型 ICC 值	数字化模型 ICC 值
17 牙冠宽度	0.961	0.993
16 牙冠宽度	0.952	0.990
15 牙冠宽度	0.976	0.965
14 牙冠宽度	0.956	0.988
13 牙冠宽度	0.975	0.989
12 牙冠宽度	0.978	0.994
11 牙冠宽度	0.998	0.987
21 牙冠宽度	0.988	0.986
22 牙冠宽度	0.963	0.992
23 牙冠宽度	0.985	0.971
24 牙冠宽度	0.974	0.990
25 牙冠宽度	0.977	0.980
26 牙冠宽度	0.968	0.970
27 牙冠宽度	0.950	0.992
37 牙冠宽度	0.998	0.993
36 牙冠宽度	0.986	0.950
35 牙冠宽度	0.995	0.990
34 牙冠宽度	0.991	0.970
33 牙冠宽度	0.989	0.980
32 牙冠宽度	0.994	0.969
31 牙冠宽度	0.995	0.990
41 牙冠宽度	0.975	0.973
42 牙冠宽度	0.997	0.991
43 牙冠宽度	0.989	0.978
44 牙冠宽度	0.993	0.987
45 牙冠宽度	0.988	0.950
46 牙冠宽度	0.977	0.993
47 牙冠宽度	0.998	0.997
腭穹高度	0.921	0.993
上牙弓现长度	0.977	0.980
下牙弓现长度	0.939	0.993
上牙弓前部宽	0.999	0.999
上牙弓中部宽	0.977	0.999
上牙弓后部宽	0.985	0.998
下牙弓前部宽	0.967	0.998
下牙弓中部宽	0.979	0.999
下牙弓后部宽	0.928	0.998
上牙弓前段长	0.990	0.997
上牙弓中段长	0.977	0.997
上牙弓后段长	0.989	0.998
下牙弓前段长	0.985	0.998
下牙弓中段长	0.876	0.989
下牙弓后段长	0.937	0.963

表 2 石膏模型测量和数字化测量牙冠宽度的差异(配对 *t* 检验)

测量目标	相关性	差值	标准差	<i>P</i>
17 牙冠宽度	0.983	-0.04	0.15	0.364
16 牙冠宽度	0.926	-0.10	0.22	0.125
15 牙冠宽度	0.938	-0.04	0.15	0.317
14 牙冠宽度	0.865	-0.06	0.21	0.296
13 牙冠宽度	0.917	0.04	0.18	0.420
12 牙冠宽度	0.876	0.00	0.39	0.989
11 牙冠宽度	0.860	-0.13	0.28	0.122
21 牙冠宽度	0.965	-0.06	0.13	0.108
22 牙冠宽度	0.961	-0.09	0.16	0.071
23 牙冠宽度	0.940	-0.06	0.12	0.097
24 牙冠宽度	0.950	-0.09	0.13	0.028
25 牙冠宽度	0.847	-0.03	0.21	0.669
26 牙冠宽度	0.864	-0.18	0.29	0.044
27 牙冠宽度	0.961	-0.14	0.24	0.059
37 牙冠宽度	0.976	-0.19	0.30	0.036
36 牙冠宽度	0.957	-0.21	0.20	0.002
35 牙冠宽度	0.935	-0.13	0.20	0.034
34 牙冠宽度	0.856	-0.02	0.21	0.773
33 牙冠宽度	0.912	-0.11	0.20	0.069
32 牙冠宽度	0.931	-0.06	0.17	0.197
31 牙冠宽度	0.899	-0.02	0.24	0.746
41 牙冠宽度	0.817	0.08	0.22	0.189
42 牙冠宽度	0.931	0.03	0.18	0.566
43 牙冠宽度	0.843	-0.13	0.28	0.109
44 牙冠宽度	0.956	0.01	0.11	0.740
45 牙冠宽度	0.906	-0.01	0.23	0.915
46 牙冠宽度	0.938	-0.18	0.27	0.029
47 牙冠宽度	0.975	-0.15	0.25	0.058

2. 石膏模型手工测量和数字化测量牙弓宽度、牙弓长度和腭穹高度差异的比较:两种测量方法的均值经配对样本 *t* 检验分析,下牙弓中段长度差异为  $0.96 \pm 1.32\text{mm}$ ,腭穹隆高度差异为  $0.96 \pm 1.31\text{mm}$ ,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 3。

表 3 石膏模型测量和数字化测量腭穹高度、牙弓宽度和牙弓长度的差异(配对 *t* 检验)

测量目标	相关性	差值	标准差	<i>P</i>
腭穹高度	0.871	0.96	1.31	0.022
上牙弓现长度	0.919	0.16	0.85	0.521
下牙弓现长度	0.818	0.29	1.24	0.412
上牙弓前部宽	0.995	-0.12	0.35	0.231
上牙弓中部宽	0.938	0.18	1.04	0.555
上牙弓后部宽	0.931	-0.28	1.57	0.537
下牙弓前部宽	0.941	0.20	1.07	0.513
下牙弓中部宽	0.863	0.94	1.65	0.063
下牙弓后部宽	0.932	0.16	1.63	0.735
上牙弓前段长	0.958	0.33	0.69	0.115
上牙弓中段长	0.843	-0.02	1.54	0.959
上牙弓后段长	0.968	0.02	0.72	0.910
下牙弓前段长	0.927	-0.22	0.55	0.173
下牙弓中段长	0.814	0.96	1.32	0.022
下牙弓后段长	0.926	0.16	0.85	0.521

3. 石膏模型测量和数字化测量牙齿拥挤度的比较:石膏模型测量上颌平均拥挤度为  $3.29 \pm 3.27\text{mm}$ ,下颌为  $3.14 \pm 2.74\text{mm}$ ;数字化模型测量上颌平均拥挤度为  $3.45 \pm 3.34\text{mm}$ ,下颌为  $3.11 \pm 2.50\text{mm}$ 。拥挤度两种方法测量的上颌拥挤度差异为  $-0.15 \pm 0.40\text{mm}$ ,下颌拥挤度差异为  $0.03 \pm 0.58\text{mm}$ 。两种方法测量牙齿拥挤度经配对 *t* 检验,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),详见表 4。

表 4 石膏模型测量和数字化测量拥挤度的差异(配对 *t* 检验)

测量目标	相关性	差值	标准差	<i>P</i>
上颌拥挤度	0.993	-0.15	0.40	0.190
下颌拥挤度	0.980	0.03	0.58	0.844

## 讨 论

激光扫描石膏模型并结合立体摄影测量技术并进行三维重建,从而产生一个可三维旋转的数字化模型,是目前获取患者三维数字化牙颌模型的主要方式之一<sup>[6-8]</sup>。激光扫描原理简单、速度快,但是对被扫描物体的表面存在阴影效应。许多研究者对模型扫描生成的数字模型的精度进行了研究,个别测量参数的结果不尽相同<sup>[9-13]</sup>。Gül 等<sup>[9]</sup>和 Czernota 等<sup>[10]</sup>比较了手工石膏模型测量和数字化模型测量在牙冠宽度和牙弓宽度的差异,结果无统计学意义。但也有研究者测量比较得出数字化测量的牙齿宽度较标准值大  $0.024\text{mm}$ <sup>[11]</sup>。Kim 等<sup>[12]</sup>认为激光扫描数字化模型和石膏模型间平均差异为  $0.230 \pm 0.169\text{mm}$ ,但差异  $< 0.5\text{mm}$ ,不影响临床正畸方案的制定。Liang 等<sup>[13]</sup>比较了数字化模型测量在不同拥挤度下牙弓宽度、牙弓所需间隙,牙弓现有间隙的差异,得出下颌所需间隙轻度拥挤组 ( $0.28 \pm 0.01\text{mm}$ ) 和重度拥挤组 ( $0.21 \pm 0.09\text{mm}$ ) 间有差异,但差异较小不影响临床决策。但是,对于正畸临床来说,单纯牙齿宽度的测量尚不足以给正畸诊断、分析和治疗方案的制定提供足够的数字化数据。本研究对两种模型的正畸各种参数进行了较全面的测量,同时也首次比较了上下颌牙弓拥挤度的差异。

本研究中每个模型经过 3 次重复测量的相关性均  $> 0.8$ ,说明两种方法的可重复性强。两种测量方法的均值经配对样本 *t* 检验分析,24、26、35、36、37 和 46 牙冠宽度差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),且数字化模型测量的牙冠宽度值较手工测量石膏模型组偏大。这与 Czarnota 等<sup>[10]</sup>的研究结论相似。除了测量误差的原因,笔者考虑可能也会因为石膏模型每手工测量

一次,其定点位置都可能会有部分磨损或是因储存不当导致模型摩擦产生磨损,而产生差异。而数字化模型一经扫描完成则数据永久保存,不存在磨损的问题。本研究还发现牙冠宽度的测量差异主要集中于前磨牙和磨牙区的数据,可能是因为牙齿的拥挤集中于前磨牙区且下颌后牙牙冠近中舌向倾斜,邻面接触点的定位可能出现误差,导致后牙测量的不精确,这提示在数字化测量时,需要对数字化模型进行多次翻转,寻找每个牙位的最佳测量位置进行测量。

本研究中石膏模型和数字化模型进行配对比较腭穹高度差异为  $0.96 \pm 1.15\text{mm}$ ,下牙弓中段长度差异为  $0.61 \pm 0.83\text{mm}$ 。与牙冠宽度差异不同的是数字化模型测量值小于石膏模型组,且差异均较大。下牙弓中段长度差异较大,笔者分析是因为牙列拥挤的位置集中于前磨牙区,那么拥挤重叠的区域定点困难,容易造成差异的产生。手工测量石膏模型可以通过视觉和触觉来确定相对“真实”的三维标识,而数字化模型在电脑屏幕上需将虚拟图像旋转到视觉上能够识别出正确点的位置上,从而造成一定的影响。腭穹高度是垂直向高度的测量,测量者利用分规可轻松感知石膏模型上腭黏膜的定点,但数字化模型只能通过视觉定位。因为电脑屏幕上二维图像,当在视线垂直的位置时会遮挡腭部定点,测量者需要将模型翻转至与视线完全平行,而此时在屏幕上定位实际模型上前后向的垂点会有误差,可能会造成测量的误差。而牙弓宽度的测量需要定位牙齿(牙合)面中央窝,无论在石膏模型还是数字化模型上,都较容易找到定点,所以两种测量方法在测量牙弓宽度时无差异。

本研究不仅对石膏模型和数字化模型的牙冠宽度、牙弓宽度、牙弓长度和腭穹高度进行比较,并对两种模型测量的拥挤度差异进行分析。拥挤度是影响正畸方案制定的重要因素,拥挤度测量的可靠性为数字化模型测量是否可直接应用于临床正畸方案的制定提供参考。本研究比较上下颌牙齿的拥挤度后发现上颌拥挤度为  $-0.15 \pm 0.40\text{mm}$ ,下颌拥挤度为  $0.03 \pm 0.58\text{mm}$ ,两种方法的差异都在  $0.5\text{mm}$  之内,差异无统计学意义。在正畸临床的诊断和治疗方案的制定中, $0.5\text{mm}$  的差异是可以接受的。因此数字化模型的数字化测量与传统的石膏模型测量在临床实际应用中并没有较大的差异。因此本研究认为,数字化模型和数字化测量可以替代传统石膏模型测量方法来进行牙列拥挤量的计算。尽管两种测量方法的差异无统计学意义,但是观察两组数据的SD值相

对较大。这可能和本研究选择的病例的拥挤度范围较大有关。牙列拥挤的程度不一,测量的误差可能会增大,那么不同拥挤度的石膏模型测量和数字化模型测量是否有差异呢?针对这一问题将继续深入研究。

综上所述,数字化模型测量可以为临床正畸治疗提供一个易于保存、相对准确、可靠的测量方法。本研究比较数字化模型测量与石膏模型测量一致性较高,个别测量参数会有差异,但差异较小,尤其是研究牙齿的拥挤度后发现,数字化模型的数字化测量牙齿拥挤度与石膏模型的差异在  $0.5\text{mm}$  之内,对正畸临床的诊断和治疗方案的制定没有实际的影响,可以应用于临床。

#### 参考文献

- 1 杨洋,郭磊,郭卫星. 数字医学三维成像技术在原发性肝癌治疗中的应用[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2019, 8(1): 14-17
- 2 Diego RS, Michele R, Ahmed HS, et al. Use of CAD-CAM technology to improve orthognathic surgery outcomes in patients with severe obstructive sleep apnoea syndrome[J]. J Cranio Maxill Surg, 2019, 47(9): 1331-1337
- 3 邵琴,杨国利. 全程导航与部分导航的数字化种植导板的对比分析[J]. 口腔医学, 2020, 40(3): 285-288
- 4 傅民魁. 口腔正畸学[M]. 5版. 北京:人民卫生出版社, 2007: 60-69
- 5 Shrout PE. Measurement reliability and agreement in psychiatry[J]. Stat Methods Med Res, 1998, 7(3): 301-317
- 6 Yuki T, Jun U, Masahiro K, et al. Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning[J]. Dent Mater J, 2018, 37(4): 628-633
- 7 Verma RK, Singh SP, Verma S, et al. Comparison of reliability, validity, and accuracy of linear measurements made on pre- and post-treatment digital study models with conventional plaster study models[J]. J Orthodence, 2019, 8(1): 18
- 8 Rossi, Diego Sergio, Romano, et al. Use of CAD-CAM technology to improve orthognathic surgery outcomes in patients with severe obstructive sleep apnoea syndrome[J]. J Cranio Maxill Surg, 2019, 47(9): 1331-1337
- 9 Gül A, Nisa, Karsli E, et al. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning[J]. Int Orthod, 2019, 17(1): 151-158
- 10 Czarnota J, Hey J, Fuhrmann R. Measurements using orthodontic analysis software on digital models obtained by 3D scans of plaster casts[J]. J Orofacil Orthop, 2016, 77(1): 22-30
- 11 Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein NHE, 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
- 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
- 13 Liang YM, Rutchakitprakarn L, Kuang SH, et al. Comparing the reliability and accuracy of clinical measurements using plaster model and the digital model system based on crowding severity[J]. J Chin Med Assoc, 2018, 81(9): 842-847

(收稿日期: 2020-09-15)

(修回日期: 2020-10-22)