

## ◇ 口腔医学研究 ◇

## 种植体间距对口内扫描印模精度的影响

方诗颜,夏 荣

(安徽医科大学第二附属医院口腔科,合肥 230601)

**摘要** 目的 体外评估种植体间距对口内扫描印模精度的影响。方法 预设了不同种植体间距的实验模型通过模型扫描仪获取参照数据,通过口内扫描仪 Trios 生成实验数据。使用三维数据分析软件测量并计算参照数据与实验数据对应扫描杆的距离偏差和角度偏差。采用单样本  $t$  检验、Spearman 相关分析、Brown-Forsythe  $F$  检验、Games-Howell 事后多重比较及 Levene 检验评估实验结果( $\alpha = 0.05$ )。结果 口内扫描的整体距离偏差和角度偏差分别为  $(27.48 \pm 18.14) \mu\text{m}$ 、 $(0.24 \pm 0.19)^\circ$ ,均在临床可接受范围内( $P < 0.001$ )。在评估真实性时,结果显示种植体间距与扫描距离误差、角度误差均存在正相关( $P < 0.05$ )。在角度偏差方面,1-2 组(8.13 mm)与其他间距组之间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。种植体间距对口内扫描精确性存在影响( $P < 0.05$ )。结论 基于该实验结果,认为口内扫描技术获取的无牙颌印模精度在临床可接受范围内。8.13 mm 内的种植体间距能够获得高精度的口内扫描印模数据。种植体间距的增加会影响口内扫描技术的应用精度。

**关键词** 口内扫描仪;数字化印模;种植体间距;精度;距离偏差;角度偏差

中图分类号 R 783.4

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2024)10-1875-06

doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2024.10.026

种植义齿因其良好的远期稳定性成为牙列缺损的优选方案<sup>[1]</sup>。计算机辅助设计和计算机辅助制造(computer-aided design/computer-aided manufacturing, CAD/CAM)技术在医学领域的广泛应用使得口腔种植数字化诊疗成为可能。口内扫描仪(intra-oral scanner, IOS)作为口腔数字化诊疗的基础,其精度影响种植义齿修复体的被动适合性,进一步影响种植修复体的远期修复效果及生物、机械并发症的发生率<sup>[2]</sup>。国际标准化组织 5725-1 规定应从真实性、精确性两个维度对精度进行评价。真实性为口内扫描与实际数据间的偏差大小,精确性为同一口内扫描设备的多次扫描结果的一致性<sup>[3]</sup>。IOS 技术的精度受到缺陷跨度、种植体间角度、医师经验、设备等诸多因素的干扰。现有研究认为 IOS 技术的应用难点主要集中于长跨距及无牙颌种植病例中,其精度是否达到临床可接受范围存在争议<sup>[4-5]</sup>。目前认为种植体间距的增大会导致 IOS 技术应用精度的下降<sup>[6-7]</sup>,但其临界值尚未确定。研究<sup>[3]</sup>表明,临床应用中种植体间可接受的距离误差为  $100 \mu\text{m}$ ,种植

体间角度误差阈值为  $0.4^\circ$ 。

该研究运用体外模型评估口内扫描技术的精度是否达到临床可接受范围,评估种植体间距对口内扫描技术精度的影响。无效假设  $H_0$  为口内扫描技术精度未达到临床可接受范围;不同的种植体间距对口内扫描真实性及精确性无影响。

## 1 材料与方法

**1.1 实验模型的制作及实验准备** 该实验为体外研究,无需伦理审批。参照以往报道的中国南部地区恒牙近远中径大小<sup>[8]</sup>,模拟双单位联冠种植桥修复体、三单位种植桥修复体、四单位种植桥修复体、多单位种植桥修复体多种缺陷长短。在数字化导板引导下,无牙颌石膏模型的 37、36、34、31、44 及 47 牙位上垂直于牙合平面平行植入 6 枚种植体代型(OPIA100, Anthogyr, 法国)。按照 37 至 47 的顺序命名为 1-6 号种植体。使用加成型硅橡胶材料(Silagum, DMG, 德国)以开窗夹板式印模技术制取阴模,按使用说明书以推荐水粉比( $25 \text{ ml}/100 \text{ g}$ )调拌石膏(IV 型,上海医疗器械股份有限公司齿科材料厂)并灌注模型,1 h 后脱模并静置 24 h 至其完全硬化。按同样的方法调拌超硬石膏置于标准模型底座,放入模型,于 1 h 后脱模并静置 24 h,修整模型得到实验模型。

2024-07-08 接收

基金项目:安徽省卫生健康科研项目(编号:AHWJ2022b1017)

作者简介:方诗颜,女,硕士研究生;

夏 荣,男,博士,主任医师,硕士生导师,通信作者, E-

mail: xiarongqh@aliyun.com

模型实际角度偏差量均值控制在  $(2.27 \pm 0.44)^\circ$ , 低于以往文献<sup>[9]</sup>所报道的数字化导板引导下种植体角度偏差值  $(5.712 \pm 3.347)^\circ$ 。

**1.2 实验分组设计** 模型根据同一水平面上种植体间距测量值, 设置了间距为 8.13 ~ 26.81 mm 5 种不同的种植体间距组别, 分别对应: 1-2、2-3、3-4、4-5、5-6 (表 1 和图 1)。除了 5-6 组, 其余组别间隔牙位数依次递增。

表 1 实验分组设计

Tab. 1 Design of experimental groups

| Groups | Inter-implant distance (mm) | Inter-implant angle (degree) |
|--------|-----------------------------|------------------------------|
| 1-2    | 8.13                        | 0.74                         |
| 2-3    | 17.61                       | 2.62                         |
| 3-4    | 17.79                       | 2.95                         |
| 4-5    | 24.57                       | 0.99                         |
| 5-6    | 26.81                       | 3.93                         |

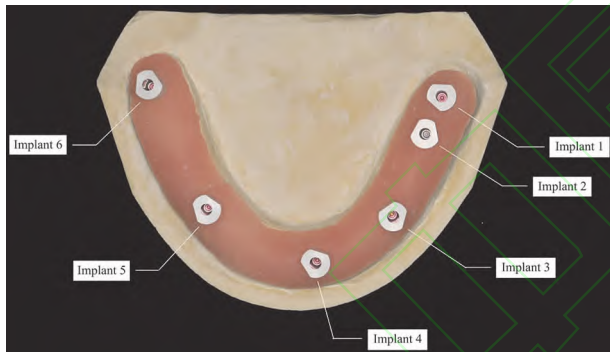


图 1 实验模型及分组设计

Fig. 1 The master cast model and design of groups

**1.3 样本量计算** 实验参照以往相似的研究进行样本量计算<sup>[10]</sup>, 得到每组样本量  $n = 10$ , 为避免扫描件损坏等原因致使样本量不足, 该研究最终拟定样本量  $n = 15$ 。

**1.4 参照数据获取** 按照使用说明, 使用手持式扭矩控制扳手 (15501, 法国 Anthogyr 公司) 以  $10 \text{ N} \cdot \text{cm}$  安装扫描杆 (152-27-SAA, 法国 Anthogyr 公司) 于实验模型。实验模型经精度  $\leq 10 \mu\text{m}$  的模型扫描仪 (AutoScan DS-EX Pro, Shining 3D) 扫描生成参照数字模型并以标准镶嵌语言 (standard tessellation language, STL) 文件格式导出, 作为该实验的参照数据。

**1.5 实验数据获取** 扫描杆以同样的方式固定于实验模型。使用口腔扫描仪 Trios (扫描软件 TRIOS

2015-1, 3shape, 丹麦) 并以 3 区远中植体为起点, 按照使用说明推荐的扫描方式对实验模型进行 15 次扫描, 每次扫描前均进行扫描杆的重新安装及口腔扫描仪的校准、加热。所有实验组数据以 30XZ 文件格式导出并转化成 STL 文件格式。

该实验所使用的口腔扫描头及扫描杆均在说明书限用次数以内。每次扫描后等待 20 min, 待口腔扫描仪完全冷却后再进行下一次扫描, 避免仪器发热对实验结果产生影响。所有扫描均在同一密闭环境及同样的光照条件下进行, 避免不同的光线对实验结果产生影响。扫描过程中, 模型均放置于固定位置, 以尽可能保证每次扫描角度的一致性, 避免差异过大的扫描角度对实验结果产生影响。该研究仅有一名操作人员在实验前进行扫描相关培训并在学习曲线趋于平稳后参与实验, 使用同一体位及同一扫描方式进行扫描件获取, 尽可能降低操作者经验对实验结果产生的不良影响。

**1.6 数据收集及偏差检验** 将上述获取的参照模型及实验模型的 STL 文件导入三维分析软件 (Geomagic studio 2013, Geomagic, 美国)。所有模型的扫描杆均以圆柱体顶面圆心为 a 点, 圆柱体底面圆心为 b 点, 作为该扫描杆上的标志点。a、b 连接线即为扫描杆中心轴所在线。在 Geomagic studio 上以软件测量功能测量每两个扫描杆 b 点之间的距离  $L_b$  及扫描杆中心轴夹角  $\theta$ , 见图 2 (图 2)。分别计算口内扫描数据上各组别  $L_b$ 、 $\theta$  与参照数据的差值绝对值, 记为  $\Delta L_b$  和  $\Delta \theta$ , 代表 IOS 技术产生的距离畸变及角度偏差。 $\Delta L_b$  和  $\Delta \theta$  作为该实验评估扫描精度的结果变量。

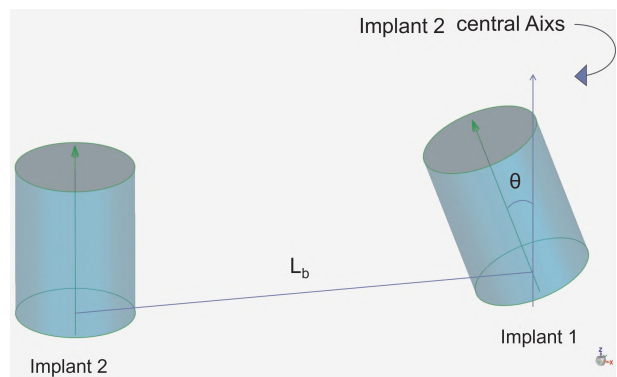


图 2 距离偏差、角度偏差示意图

Fig. 2 Schema of the distance and angular deviations

以所有  $\Delta L_b$ 、 $\Delta \theta$  数据集按照组别绘制各组箱线图, 以 2 个邻近点均值替换数据集中存在的异常值,

最终数据进行统计分析。

**1.7 统计学处理** 采用统计分析软件 SPSS (IBM SPSS Statistics 26, IBM, 美国) 进行统计分析。各组数据均进行 *Shapiro-Wilk* 正态性检验及 *Levene* 方差齐性检验。检验结果可得, 间距分组中所有  $\Delta L_b$ 、 $\Delta\theta$  数据集均符合正态分布 ( $P > 0.05$ ), 但各组方差不齐 ( $P > 0.05$ )。该研究中符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。

口内扫描的整体距离误差及整体角度误差以临床阈值 ( $100 \mu\text{m}$ ,  $0.4^\circ$ ) 为检验值进行单样本 *t* 检验 (检验效能为 95%) 分析 IOS 临床应用的精度。研究从 IOS 技术的真实性和精确性评价其精度。*Spearman* 相关分析、*Brown-Forsythe F* 检验 (矫正 *F* 检验) 及 *Games-Howell* 事后多重比较评估种植体间距对口内扫描真实性的影响。*Levene* 检验评估种植体间距对口内扫描精确性的影响。该研究检验水平  $\alpha = 0.05$ ,  $P < 0.05$  时差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 口内扫描技术的临床应用精度分析** 经单样本 *t* 检验统计, 口内扫描件的整体距离偏差为 ( $27.48 \pm 18.14$ )  $\mu\text{m}$ , 显著低于临床可接受的距离误差  $100 \mu\text{m}$  ( $P < 0.001$ ); 口内扫描的整体角度偏差为 ( $0.24 \pm 0.19$ ) $^\circ$ , 显著低于临床可接受的角度偏差阈值  $0.4^\circ$  ( $P < 0.001$ ) (表 2)。

**2.2 种植体间距对口内扫描真实性的影响分析** 种植体间距各分组  $\Delta L_b$ 、 $\Delta\theta$  的  $\bar{x} \pm s$ 、最大值、最小值

及矫正 *F* 检验结果如表 3 所示。

*Spearman* 相关检验显示, 种植体间距与距离误差 ( $r_s = 0.316$ ,  $P = 0.006$ )、角度误差 ( $r_s = 0.339$ ,  $P = 0.003$ ) 存在明显正相关。

经统计分析种植体间距各分组的偏差显示, 各组距离偏差由小至大依次:  $1-2 < 2-3 < 3-4 < 5-6 < 4-5$ 。种植体间距越大, 各组在距离偏差上存在增大趋势。但 *Brown-Forsythe* 检验结果显示, 不同种植体间距的距离畸变量不存在显著差异 ( $F = 2.276$ ,  $P = 0.074$ )。

角度偏差上, 各组偏差由小至大依次:  $1-2 < 2-3 < 3-4 < 5-6 < 4-5$ 。种植体间距越大, 角度偏差呈现增大趋势。统计分析结果显示: 种植体间距大小对口内扫描真实性存在显著影响 ( $F = 4.943$ ,  $P = 0.002$ )。通过多重比较显示, 在种植体间距最短的  $1-2$  组可观察到明显更小的角度偏差 (图 3)。

## 2.3 种植体间距对口内扫描精确性的影响分析

*Levene* 检验结果可得, 口内扫描精确性的距离误差、角度误差在不同的种植体间距上均呈现出不同的离散趋势 ( $P < 0.05$ ) (图 4)。种植体间距对口内扫描精确性存在影响。

## 3 讨论

基于上述研究结果, 该研究拒绝两个无效假设  $H_0$ , 认为口内扫描技术所致的精度偏差在临床可接受阈值 ( $100 \mu\text{m}$ ,  $0.4^\circ$ ) 之内, 且不同的种植体间距能够影响口内扫描技术的真实性和精确性。

表 2 口内扫描技术的整体距离偏差、角度偏差及单样本 *t* 检验结果

Tab. 2 The overall distance and angular deviations of IOS and A one-sample *t* test results

| Item           | $\bar{x} \pm s$   | Test value | <i>P</i> value | <i>t</i> value | 95% CI          |
|----------------|-------------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| $\Delta L_b$   | $27.48 \pm 18.14$ | 100.0      | $< 0.001$      | -34.62         | -76.69 - -68.34 |
| $\Delta\theta$ | $0.24 \pm 0.19$   | 0.4        | $< 0.001$      | -7.37          | -0.21 - -0.12   |

表 3 种植体间距各分组  $\Delta L_b$ 、 $\Delta\theta$  的描述分析及统计检验结果

Tab. 3 Descriptive analysis and statistical test results of  $\Delta L_b$  and  $\Delta\theta$  for each subgroup of inter-implant distances

| Item           | Group | $\bar{x} \pm s$   | Min value | Max value | <i>P</i> value | <i>F</i> value |
|----------------|-------|-------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| $\Delta L_b$   | 1-2   | $17.19 \pm 8.98$  | 1.32      | 30.41     | 0.074          | 2.276          |
|                | 2-3   | $24.31 \pm 16.94$ | 1.21      | 56.09     |                |                |
|                | 3-4   | $29.55 \pm 17.55$ | 1.97      | 63.63     |                |                |
|                | 4-5   | $34.09 \pm 25.67$ | 4.22      | 83.05     |                |                |
|                | 5-6   | $32.26 \pm 14.30$ | 11.81     | 61.93     |                |                |
| $\Delta\theta$ | 1-2   | $0.09 \pm 0.05$   | 0.02      | 0.16      | 0.002          | 4.943          |
|                | 2-3   | $0.23 \pm 0.15$   | 0.01      | 0.46      |                |                |
|                | 3-4   | $0.24 \pm 0.17$   | 0.03      | 0.59      |                |                |
|                | 4-5   | $0.37 \pm 0.22$   | 0.05      | 0.73      |                |                |
|                | 5-6   | $0.26 \pm 0.21$   | 0.01      | 0.67      |                |                |



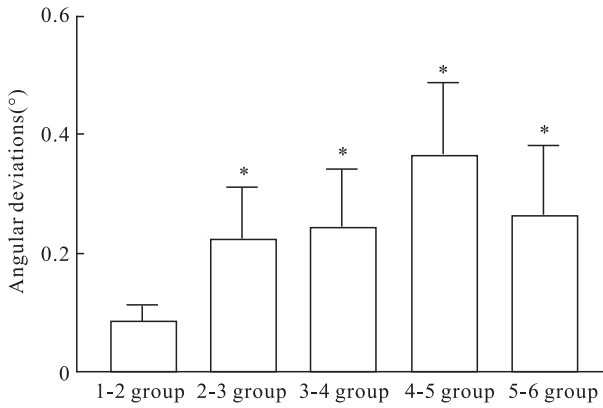


图3 不同种植体间距下的角度偏差值

Fig. 3 Angular deviations discrepancies of inter-implant distances

\*  $P < 0.05$  vs 1-2 group.

研究<sup>[11]</sup>表明,种植体间距越大,IOS技术精度降低。这可能是由于过大的种植体间距缺乏明显的标志点供口内扫描进行图像拼接,且此类拼接错误将在扫描过程中进一步累积,从而导致扫描件在一定程度上出现失真。Tan et al<sup>[10]</sup>通过比较参照数据和实验数据之间种植体水平上扫描杆的质心位置,从线性误差、角度误差、整体偏差、距离畸变4个方面研究比较了传统印模与口内扫描印模系统在两种不同种植体间距下的上颌无牙弓三维精度,研究表明,减小种植体间距能够提高口腔内扫描仪系统的精度。近年的另一项研究<sup>[12]</sup>使用4个平行扫描体的无牙颌模型进行IOS临床情况的模拟,实验结果

得出种植体间距的大小对口内扫描精度存在影响,且显著影响体内外扫描精度的差异。Flügge et al<sup>[13]</sup>指出,口内扫描仪的精度会随着扫描杆间距离的增加而降低,且存在6~18 mm的种植体间距内扫描精度较高,在40~50 mm内扫描精度偏低的情况。Fukazawa et al<sup>[14]</sup>通过两个不同种植体间距的模型进行体外实验,以种植体连接的球形基台中心为参照点,对比不同口内扫描设备的精度大小,结果分析得出种植体间距为18.4 mm的模型B所得的扫描件比种植体间距为9.6 mm的模型A具有更高的误差。

研究中1-2组在b31点所在平面上的实际间距为8.13 mm,2-3组在同一平面的实际间距为17.61 mm,两者在口内扫描精度上具有明显差异,可以认为与以往的相关研究具有较高的一致性。实验结果显示,8.13 mm内的种植体间距能够获得更高精度的口内扫描印模。种植体间距的增加将导致口内扫描印模精度的降低,当种植体间距大于17.61 mm时应谨慎应用IOS技术。

Kim et al<sup>[15]</sup>使用3D打印的下颌部分牙列缺失模型进行体外实验,以标志点与参照模型上同一标志点的偏差值评估不同的5种扫描设备及6个不同的种植体位置对口内扫描的影响,实验结果证实了不同种植体位置的IOS扫描精度存在差异,越靠近扫描起始点的种植体精度更高。因此,实验中种植体位置的不同可能加大种植体间距各分组的精度差异。此外,位于口角处的3-4组和4-5组在实际扫描中沿着牙弓弧度的实际距离大于所测量的种植

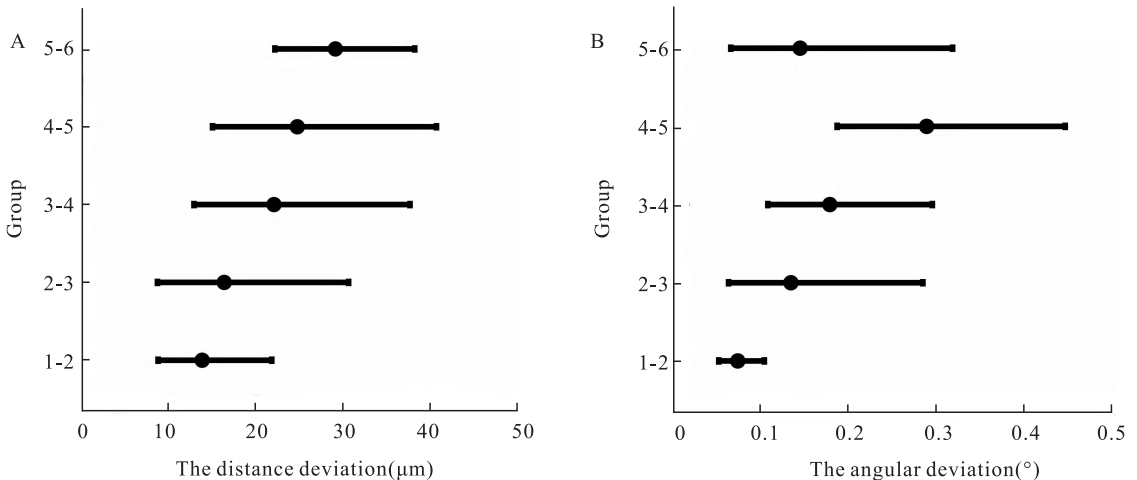


图4 组间精确度对比

Fig. 4 Comparison of precision between groups

A: The distance deviation discrete trend distribution; B: The angular deviation discrepancies trend distribution.

体间距,这可能导致5-6组在测量种植体间距大于4-5组的情况下,表现出更小的角度偏差。实验结果提示,三单位、四单位或多单位种植桥修复体在采用口内扫描制取印模时的精度低于双单位联冠种植桥修复体。但需要注意的是,在临床上以种植体间隔牙位数目为参照选取印模方式时应当考虑种植体位置对IOS精度的影响,处于后牙区的种植体即使在间隔牙位数目更少的情况下实际间距仍可能偏大从而导致口内扫描精度的降低。

由于实验模型设计、植入物的数量和位置、扫描设备、扫描路径、扫描杆型号及材料、扫描环境的差异,多数实验结果难以与该研究直接进行对比,需进一步实验加以探究。该研究的局限性在于采用了体外研究的方法,从而避免了舌体运动、唾液、开口度等临床因素的影响,有别于真实的临床情况,且仅使用一种扫描设备进行探究,不能代表其他扫描设备的精度分析结果。需进行进一步的临床试验,在真实的临床条件下评估口内扫描印模技术的精度大小及扫描设备对其精度的影响。另外,应当做进一步研究确定种植体间距对口内扫描印模精度影响的临界值,并确定口内扫描技术的精度及其在实际临床环境中的性能,以提供口内扫描技术的未来发展建议,改善数字化口腔诊疗的治疗效果。

### 参考文献

[1] 李趁趁,夏荣,庞诗梦,等. 基台表面抗菌涂层 PDMS-CHXG 的构建及抗菌性能的研究[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57(10): 1542-6. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2022.10.006.

[1] Li C C, Xia R, Pang S M, et al. The research of PDMS-CHXG coating construction and antibacterial properties on abutment surface[J]. Acta Univ Med Anhui, 2022, 57(10): 1542-6. doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2022.10.006.

[2] Abduo J, Palamara J E A. Accuracy of digital impressions versus conventional impressions for 2 implants: an *in vitro* study evaluating the effect of implant angulation[J]. Int J Implant Dent, 2021, 7(1): 75. doi:10.1186/s40729-021-00355-6.

[3] Sanda M, Miyoshi K, Baba K. Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review[J]. Int J Implant Dent, 2021, 7(1): 97. doi:10.1186/s40729-021-00352-9.

[4] Ke Y, Zhang Y, Wang Y, et al. Comparing the accuracy of full-arch implant impressions using the conventional technique and digital scans with and without prefabricated landmarks in the mandible: an *in vitro* study[J]. J Dent, 2023, 135: 104561. doi:10.1016/j.jdent.2023.104561.

[5] Albayrak B, Sukotjo C, Wee A G, et al. Three-dimensional accuracy of conventional versus digital complete arch implant impressions[J]. J Prosthodont, 2021, 30(2): 163-70. doi:10.1111/jopr.13264.

[6] Rutkunas V, Larsson C, Vult von Steyern P, et al. Clinical and laboratory passive fit assessment of implant-supported zirconia restorations fabricated using conventional and digital workflow[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2020, 22(2): 237-45. doi:10.1111/cid.12885.

[7] Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans[J]. J Dent, 2022, 127: 104307. doi:10.1016/j.jdent.2022.104307.

[8] Yuen K K, So L L, Tang E L. Mesiodistal crown diameters of the primary and permanent teeth in southern Chinese—a longitudinal study[J]. Eur J Orthod, 1997, 19(6): 721-31. doi:10.1093/ejo/19.6.721.

[9] 叶盛佳,杨晓燕,章家铭,等. 口内光学扫描评价数字化导板种植精度的临床研究[J]. 上海口腔医学, 2023, 32(5): 491-6. doi:10.19439/j.sjos.2023.05.008.

[9] Ye S J, Yang X Y, Zhang J M, et al. Accuracy evaluation of static guided implant placement using an intraoral scan method[J]. Shanghai J Stomatol, 2023, 32(5): 491-6. doi:10.19439/j.sjos.2023.05.008.

[10] Tan M Y, Yee S H X, Wong K M, et al. Comparison of three-dimensional accuracy of digital and conventional implant impressions: effect of interimplant distance in an edentulous arch[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2019, 34(2): 366-80. doi:10.11607/jomi.6855.

[11] Papispyridakos P, Vazouras K, Chen Y W, et al. Digital vs conventional implant impressions: a systematic review and meta-analysis[J]. J Prosthodont, 2020, 29(8): 660-78. doi:10.1111/jopr.13211.

[12] Rutkunas V, Gedrimiene A, Akulauskas M, et al. *In vitro* and *in vivo* accuracy of full-arch digital implant impressions[J]. Clin Oral Implants Res, 2021, 32(12): 1444-54. doi:10.1111/clr.13844.

[13] Flügge T V, Att W, Metzger M C, et al. Precision of dental implant digitization using intraoral scanners[J]. Int J Prosthodont, 2016, 29(3): 277-83. doi:10.11607/ijp.4417.

[14] Fukazawa S, Odaira C, Kondo H. Investigation of accuracy and reproducibility of abutment position by intraoral scanners[J]. J Prosthodont Res, 2017, 61(4): 450-9. doi:10.1016/j.jpor.2017.01.005.

[15] Kim R J, Benic G I, Park J M. Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position[J]. PLoS One, 2019, 14(11): e0222070. doi:10.1371/journal.pone.0222070.

# Influences of inter-implant distances on the accuracy of intraoral scanning techniques

Fang Shiyan, Xia Rong

(Dept of Stomatology, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601)

**Abstract Objective** To assess the influence of inter-implant distances on the accuracy of intraoral scanning impressions *in vitro*. **Methods** A master cast model with different inter-implant distances was scanned by laboratory and intraoral scanners, which were used as the reference and intraoral scan data. The distance and angular deviations of the scan bodies corresponding to the reference and intraoral digital scan standard tessellation language (STL) files were measured and calculated in a three-dimensional analysis software. The one-sample *t*-test, Spearman's correlation analysis, *Brown-Forsythe F* test, *Games-Howell post-hoc* test, and Levene's test were used for comparisons ( $\alpha = 0.05$ ). **Results** The overall distance and angular deviations of the intraoral digital scan were  $(27.48 \pm 18.14) \mu\text{m}$  and  $(0.24 \pm 0.19)^\circ$ , within clinically acceptable limits ( $P < 0.001$ ). The inter-implant distances exhibited a significant positive correlation with both the scanning distance and angular deviations in terms of scanning trueness. The angular deviation differed significantly between the 1–2 group (8.13 mm) and the other distance groups. Additionally, inter-implant distances affected the precision of the intraoral scanner ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The findings of this study indicate that intraoral scanning impressions of complete-arch implant-supported prostheses are within clinically acceptable ranges of accuracy. Inter-implant distances  $\leq 8.13$  mm can result in a higher accuracy of intraoral scanning. Increased inter-implant distances can adversely affect intraoral scanning accuracy.

**Key words** intraoral scanner; digital impression; inter-implant distances; accuracy; distance deviation; angular deviation

**Fund program** Health Research Project of Anhui Province (No. AHWJ2022b017)

**Corresponding author** Xia Rong, E-mail: xiarongqh@aliyun.com

(上接第 1874 页)

( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), and they were divided into OP group and non OP group based on T value. The general clinical data, blood biochemical indicators, and ASMI between the two groups were compared, and Logistic regression analysis, ROC curve were further used to analyze the correlation and diagnostic power. **Results** Compared with non OP group, OP group had a higher incidence of sarcopenia (SAC) ( $P < 0.05$ ); the differences in age, ASMI, body mass index (BMI), and estradiol (E2) had significant differences between the two groups ( $P < 0.05$ ); Logistic regression analysis showed that the reduction of ASMI [ $OR = 0.133, 95\% CI (0.029 - 0.611)$ ], BMI [ $OR = 0.785, 95\% CI (0.625 - 0.985)$ ], and E2 [ $OR = 0.967, 95\% CI (0.942 - 0.993)$ ] were protective factors for OP; receiver operating curve (ROC) suggested that the AUC of ASMI for OP prediction was 0.752 (95% CI 0.632–0.872,  $P < 0.001$ ) with sensitivity 87.5%, specificity 47.8%, and the best diagnostic value was 5.52  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

**Conclusion** The reduction of ASMI, BMI, and E2 is positively correlated with the occurrence of osteoporosis. ASMI is an important protective factor for osteoporosis. Early OP screening and risk factor assessment should be conducted for elderly postmenopausal T2DM patients, and early intervention measures should be taken to reduce the risk of falls and fractures.

**Key words** type 2 diabetes; osteoporosis; bone mineral density; sarcopenia; appendicular skeletal mass index

**Fund programs** Health Research Project of Anhui Province (No. AHWJ2023A10010); Scientific Research Project of Anhui Medical University (No. 2022xkj177)

**Corresponding author** Pan Tianrong, E-mail: ptr1968@163.com