DOI：10.3969/j.issn.1004-4949.2025.15.001

•论著•

不同印模方式制取无牙颌种植印模精度比较

叶 爽[1,2]，王莉姣[1]，董晨曙[3]

（1.南昌医学院，江西 南昌 330052；

2.江西卫生职业学院，江西 南昌 330052；

3.苏州卫生职业技术学院附属口腔医院，江苏 苏州 215002）

[摘 要]目的 体外分析传统印模技术、口内扫描技术和口外摄影测量扫描技术对无牙颌种植修复的精度差异。方法 在标准下颌无牙颌树脂模型中植入6颗种植体，分别采用传统印模技术、口内扫描技术和口外摄影测量扫描技术制取印模，通过软件分析扫描体之间的线性距离和角度偏差，以评估不同印模方式的正确度和精密度差异。结果 口内扫描组线性距离、角度正确度偏差值均极显著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离正确度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）；传统印模组与口内扫描组角度正确度偏差值比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；口内扫描组线性距离精密度偏差值极显著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离精密度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）；口外扫描组角度精密度偏差值极显著低于传统印模组、口内扫描组（$P<0.001$）；传统印模组与口内扫描组角度精密度偏差值比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。结论 本实验条件下，制取无牙颌种植修复印模时采用口外摄影测量扫描技术的精度更佳。

[关键词] 无牙颌；口腔种植；数字化；摄影测量

[中图分类号] R781 [文献标识码] A [文章编号] 1004-4949（2025）15-0001-04

Comparison of the Accuracy of Different Impression Methods for Edentulous Jaw Implant Impressions

YE Shuang[1,2], WANG Lijiao[1], DONG Chenshu[3]

(1.Nanchang Medical College, Nanchang 330052, Jiangxi, China;

2.Jiangxi Health Vocational College, Nanchang 330052, Jiangxi, China;

3.Affiliated Stomatological Hospital of Suzhou Vocational Health College, Suzhou 215002, Jiangsu, China)

[Abstract]**Objective** To analyze in vitro the accuracy differences among traditional impression technology, intraoral scanning technology and extraoral photogrammetric scanning technology for edentulous jaw implant restoration. **Methods** Six implants were implanted in a standard mandibular edentulous resin model. Traditional impression technology, intraoral scanning technology and extraoral photogrammetric scanning technology were used to make impressions respectively. The linear distance and angular deviation between the scanned bodies were analyzed by software to evaluate the differences in accuracy and precision of different impression methods. **Results** The deviation values of linear distance and angle accuracy in the intraoral scanning group were significantly higher than those in the traditional impression group and the extraoral scanning group ($P<0.001$). The deviation value of linear distance accuracy in the extraoral scanning group was lower than that in the traditional impression group ($P<0.05$). There was no significant difference in the deviation value of angle accuracy between the traditional impression group and the intraoral scanning group ($P>0.05$). The deviation value of linear distance precision in the intraoral scanning group was significantly higher than that in the traditional impression group and the extraoral scanning group ($P<0.001$). The deviation value of linear distance precision in the extraoral scanning group was lower than that in the traditional impression group ($P<0.05$). The deviation value of angle precision in the extraoral scanning group was significantly lower than that in the traditional

基金项目：江西省教育厅科学技术研究项目（编号：GJJ215609）

第一作者：叶爽（1994.12-），女，湖北安陆人，硕士，主治医师，主要从事口腔方面的临床及教学工作

通讯作者：董晨曙（1996.2-），男，江苏盐城人，硕士，主治医师，主要从事口腔种植修复方面工作

医学美学美容

impression group and the intraoral scanning group (P<0.001). There was no significant difference in the deviation value of angle precision between the traditional impression group and the intraoral scanning group (P>0.05). **Conclusion**　Under the present experimental conditions, extraoral photogrammetric scanning technology yielded superior accuracy for edentulous implant restoration impressions.
[**Key words**]　Edentulous jaw; Dental implantation; Digitalization; Photogrammetry

无牙颌（edentulous jaw）是指上颌、下颌或上下颌牙齿全部缺失的一种口腔状态。以种植体为支撑的固定修复体，可恢复无牙颌患者口腔功能并减缓牙槽骨吸收，其修复精度取决于印模精确性。数字化印模技术包括口内扫描和口外摄影测量技术，以光学扫描获取三维数据，在口腔种植中的应用日益广泛[1]，在缺牙数较少的种植固定修复中，数字化印模技术表现出与传统印模技术相似甚至更高的精度[2, 3]。然而，对于大范围跨牙弓到无牙颌的种植修复，数字化印模的精度仍需更多研究验证。因此，本研究采用传统印模技术、口内扫描技术和口外摄影测量技术制取印模，通过比较三种不同印模方式制取无牙颌种植修复的精度差异，以期为临床选择提供依据，现报道如下。

1　材料与方法

1.1　实验模型制备　在标准下颌无牙颌树脂模型上，按照预定植入位点逐级备洞，植入6颗种植体（FX40 10SW，Dentium，韩国）（图1）。种植体上安装种植体水平扫描体（SSJ5080H，Dentium，韩国），使用仓式扫描仪（WIELAND D800，Wieland 公司，德国）扫描实验模型（图2），将获取的参考模型扫描体三维数据保存为“.stl”格式，作为对照组。

1.2　方法　传统印模组：实验模型种植体安装开窗式印模杆，使用丙烯酸树脂（GC公司，日本）将印模杆相互连接，使用车针将树脂夹板从中间磨开，后重新连接。使用个性化开窗式托盘制取硅橡胶印模，连接替代体，采用围模法灌注石膏模型替代体上安装种植体水平扫描体（图3），仓式扫描仪扫描，同一操作者重复上述流程10次，数据均保存为“.stl”格式。口内扫描组：在实验模型种植体上安装种植体水平扫描体（图4），确认完全就位后，同一操作者用3Shape Trios2口内扫描仪（3Shape公司，丹麦）按照标准流程进行扫描，从模型左侧后牙区咬合面到右侧后牙区咬合面，在依次扫描唇/颊侧和舌侧，重复10次扫描，数据均保存为“.stl”格式。口外扫描组：在实验模型种植体上安装2.5 mm穿龈高度的直型螺栓固位基台，再连接ICamBody扫描体（Imetric公司，瑞士）（图5），使用ICam4D口外摄影测量扫描仪（Imetric公司，瑞士）（图6）按照标准流程进行扫描，从模型左侧后牙区颊侧到右侧，获取种植体的三维数据，然后安装口内扫描帽ICamRefs（Imetric公司，瑞士），使用3Shape Trios2口内扫描仪获取牙龈的三维数据，将种植体数据与牙龈数据导入IScan3D Dental软件中并进行匹配，同一操作者重复上述流程10次，数据以“.stl”格式保存。

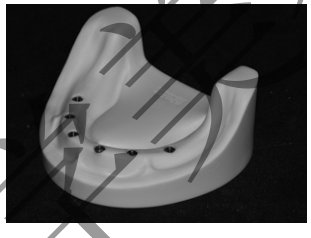
图1　在下颌无牙颌模型上植入 6 颗种植体

图2　仓式扫描仪扫描实验模型

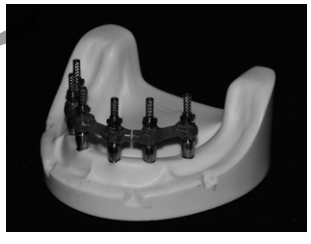
图3　石膏模型上安装扫描体

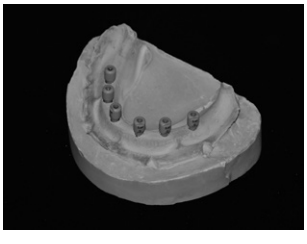
图4　在实验模型种植体上安装扫描体

图5　连接 ICamBody 扫描体

图6　ICam4D 口外摄影测量扫描仪

1.3　数据处理　数据导入逆向工程软件，经建模方法统一扫描体的中心点、中心轴（图7），计算其他扫描体对该参考坐标系的线性距离偏差、角度偏差。种植体的三维位置的偏差（图8）从正确度与精密度方面评估种植印模精度。将每个实验组

模型分别与对照组模型进行精度比对，每组可得到10组线性距离偏差值和角度偏差值；精密度指多次重复印模操作所得结果间的一致程度，通过对实验组组内模型进行两两相互比较，每个实验组可得到45组线性距离偏差值和角度偏差值。

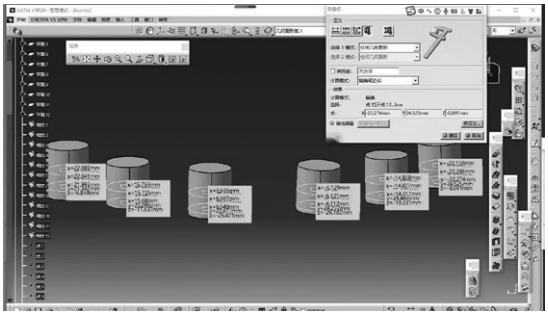

图7 读取上中下圆心点的坐标

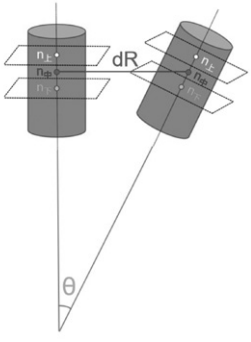

图8 种植体之间的线性距离偏差和角度偏差

1.4 统计学方法 采用SPSS 28.0统计学软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以（$\bar{x} \pm s$）表示，组间两两比较采用t检验，多组间比较采用F检验；非正态分布的计量资料以[M（P_{25}，P_{75}）]表示，组间比较采用Kruskal–Wallis H检验。$P<0.05$表示差异有统计学意义，$P<0.01$表示统计学意义显著，$P<0.001$表示统计学意义极显著。

2 结果

2.1 三组线性距离和角度正常度偏差值比较 口内扫描组线性距离、角度正常度偏差值均极显著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离正常度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）；传统印模组与口内扫描组角度正常度偏差值比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），见表1。

2.2 三组线性距离和角度精密度偏差值比较 口内扫描组线性距离精密度偏差值极显著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离精密度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）；口外扫描组角度精密度偏差值极显著低于传统印模组、口内扫描组（$P<0.001$）；传统印模组与口内扫描组角度精密度偏差值比较，差异无统计学意义（$P>0.05$），见表2。

表1 三组线性距离和角度正确度偏差值比较（$\bar{x} \pm s$）

组别	n	线性距离偏差值（μm）	角度偏差值（°）
传统印模组	10	130.30 ± 39.27	2.53 ± 0.76
口内扫描组	10	242.40 ± 100.75*	2.92 ± 1.04#
口外扫描组	10	84.90 ± 5.26*	0.96 ± 0.02*
F		16.824	19.417
P		< 0.001	< 0.001

注：与传统印模组比较，*$P < 0.05$，#$P > 0.05$。

表2 三组线性距离和角度精密度偏差值比较 [M（P_{25}，P_{75}）]

组别	n	线性距离偏差值（μm）	角度偏差值（°）
传统印模组	45	121.00（64.50，180.50）	2.04（0.74，2.83）
口内扫描组	45	224.00（126.00，361.50）*	2.14（0.91，2.14）#
口外扫描组	45	6.00（3.00，20.50）*	0.05（0.02，0.08）*
H		87.697	88.603
P		< 0.001	< 0.001

注：与传统印模组比较，*$P < 0.05$，#$P > 0.05$。

3 讨论

随着数字化技术的发展，口内扫描、口外摄影测量等数字化印模技术，凭借非接触式操作、即时可视化等独特优势逐步应用于临床，尤其在单牙或部分牙缺失修复中，已展现出与传统印模技术相当甚至更优的精度表现。然而，无牙颌修复场景存在显著特殊性，无牙颌缺乏天然牙特征点、牙槽骨形态复杂且扫描范围广，这使得数字化印模技术在应用中易面临图像拼接误差累积、软组织干扰等问题，其在无牙颌大范围种植修复中的精度稳定性仍需进一步验证[4，5]。

本研究结果显示，口内扫描组线性距离、角度正确度偏差值均极显著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离正确度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）。口内光学扫描技术依赖光源照明和数字传感器，但现有研究显示[6，7]，其精度未达理想水平。这可能归因于无牙颌患者口内解剖结构复杂、扫描路径长、缺乏足够的特征点以及软组织活动性等，这些因素导致图像拼接困难且误差累积，最终影响了高精度数字化无牙颌种植印模的获取[8]。口内扫描组线性距离精密度偏差值极显

医学美学美容

著高于传统印模组、口外扫描组（$P<0.001$）；口外扫描组线性距离精密度偏差值低于传统印模组（$P<0.05$）；口外扫描组角度精密度偏差值极显著低于传统印模组、口内扫描组（$P<0.001$）；传统印模组与口内扫描组角度精密度偏差值比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。口外摄影测量技术通过融合摄影测量与结构光扫描技术捕捉三维数据，其核心设备（摄影测量扫描仪）由4个高清摄像镜头与1个投影镜头构成。该设备可在口外开展多角度扫描，通过获取物体表面的多个参考点并生成三维立体坐标，有效减少图像拼接过程中产生的精度误差[9]。此外，口外摄影测量技术还具备扫描速度更快、覆盖范围更广的优势，同时能进一步规避口内唾液、血液及潮湿环境对扫描精度的干扰，为后续数据处理与修复体制作提供更稳定的基础[10]。有研究显示[11，12]，口外摄影测量技术在无牙颌种植印模制取中展现出的高精度优势，其核心优势源于对传统印模技术和单纯口内扫描技术短板的针对性优化：一方面，通过口外操作规避了口腔内潮湿环境、软组织活动等干扰因素，减少了材料聚合收缩或扫描拼接误差带来的精度损耗。孙玉洁等[13]通过体外实验研究显示，在制取无牙颌患者种植修复基台水平印模时，摄影测量技术的精度优于传统印模技术，并有效减少了精度损耗。张丹丹等[14]对30例全牙弓种植固定修复患者分别采用传统印模技术和口外摄影测量技术进行终印模制取，结果显示口外摄影测量技术可以增加患者的舒适度，节省取模时间，并且所获得的印模精度也可以满足临床需要。由此可见，临床在选择印模方式时，需结合修复需求、患者口腔条件等综合考量，既要利用口外摄影测量的高精度优势保障种植体位置还原的准确性，也要通过与口内扫描的协同弥补软组织信息获取的不足，从而在精度与实用性之间实现平衡[15]。

综上所述，在本实验的条件下，口外摄影测量技术获取的无牙颌种植印模在精度方面具有较明显的优势。然而，因本实验为体外研究，数字化印模的精度受口腔环境复杂性的影响较大，尤其在多颗牙缺失及无牙颌病例中，不同技术路径的适用性与精度仍需进一步验证。

［参考文献］

[1]陈青,姜华.数字化技术在口腔修复领域的应用及研究进展[J].口腔颌面修复学杂志,2020,21(6):371-375,381.

[2]唐天弘,朱陈元,翁维民.数字化印模技术应用于口腔种植修复的精度分析[J].口腔颌面修复学杂志,2024,25(2):97-102.

[3]徐英新.通过集中数字化印模提高临床效率的横断面研究[J].华西口腔医学杂志,2025,43(1):63-67.

[4]Kosago P,Ungurawasaporn C,Kukiattrakoon B.Comparison of the accuracy between conventional and various digital implant impressions for an implant-supported mandibular complete arch-fixed prosthesis:An in vitro study[J].J Prosthodont,2023,32(7):616-624.

[5]朱洁莹,赵克,顾新华.无牙颌种植修复患者应用口内数字化印模准确性研究进展[J].浙江大学学报(医学版),2024,53(5):569-577.

[6]奚祺,吴国锋.数字化口内扫描技术的发展与应用[J].实用口腔医学杂志,2021,37(1):136-140.

[7]Huang R,Liu Y,Huang B,et al.Improved scanning accuracy with newly designed scan bodies:An in vitro study comparing digital versus conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation[J].Clin Oral Implants Res,2020,31(7):625-633.

[8]高雨童,杨静文,王勇,等.数字印模技术在无牙颌种植修复中的应用及研究进展[J].现代口腔医学杂志,2023,37(1):37-42.

[9]雷妍汐,袁泉,吕鸣樾.立体摄影测量技术在全口种植修复印模制取中应用的文献回顾[J].中国口腔种植学杂志,2024,29(6):590-595.

[10]唐金鑫,王昱,王中熠,等.影响全口义齿患者美学满意度的客观因素分析[J].口腔生物医学,2019,10(3):135-138,148.

[11]付馨靓,王浩,甘雪琦.ICam4D摄影测量技术在无牙颌种植固定修复中的应用1例并文献回顾[J].口腔医学,2022,42(1):72-78.

[12]Revilla-León M,Barmak AB,Lanis A,et al.Influence of connected and nonconnected calibrated frameworks on the accuracy of complete arch implant scans obtained by using four intraoral scanners,a desktop scanner,and a photogrammetry system[J].J Prosthet Dent,2024:S0022-3913(24)00048-9.

[13]孙玉洁,马博文,岳新新,等.摄影测量与传统印模技术制取牙列缺失种植修复印模精度的比较研究 [J].中华口腔医学杂志,2022,57(2):167-171.

[14]张丹丹,李娟,周荣华,等.ICam4D摄影测量技术应用于全牙弓种植固定终修复的临床研究[J].口腔颌面修复学杂志,2024,25(1):22-27.

[15]宋艺蔚,林祥祥,张佳男,等.锥形束CT叠加口内扫描法与锥形束CT影像法测量牙龈厚度的一致性[J].中国组织工程研究,2024,28(4):569-573.

收稿日期：2025-7-14　　编辑：扶田

医学美学美容