

# 传统手工与数字化印模技术的精度与效果：研究进展与临床应用评价

余涛 王兴强<sup>(通讯作者)</sup>

(河南省洛阳市联勤保障部队第九八九医院 口腔科 471032)

**【摘要】**本文系统综述了传统手工与数字化口内扫描印模技术的精准度差异及其临床应用。分析表明，数字化技术在单位牙冠修复中，尤其在边缘与内部适应性上，常显示出精度优势，且显著提升患者舒适度与效率。然而，在全口修复、种植多单位桥等复杂病例中，传统印模在某些指标上仍具竞争力或可靠性。综述指出，两种技术各具优势，其选择应基于具体的修复类型、口腔条件及患者需求。未来的发展将依赖于技术的进一步优化、标准化扫描协议的建立以及完全数字化工作流程的整合。

**【关键词】**口腔印模；数字化口内扫描；修复体精准度；边缘适应度；临床决策

Accuracy and Efficacy of Traditional Manual Techniques versus Digital Impression Technology: Research Progress and Clinical Application Evaluation

Yu Tao Wang Xingqiang<sup>(Corresponding Authors)</sup>

(Department of Stomatology, 989th Hospital of Joint Logistics Support Force, Luoyang City, Henan Province 471032)

[Abstract] This systematic review examines the precision differences between traditional manual techniques and digital intraoral scanning impression technology, along with their clinical applications. Analysis demonstrates that digital technology often exhibits superior accuracy in unit crown restorations, particularly in marginal and internal adaptation, while significantly enhancing patient comfort and efficiency. However, traditional impressions remain competitive or reliable in certain metrics for complex cases such as full-arch prosthetics and multi-unit implant bridges. The review highlights that both technologies possess distinct advantages, and selection should be based on specific restoration types, oral conditions, and patient needs. Future advancements will depend on further technological optimization, establishment of standardized scanning protocols, and integration of fully digital workflows.

[Key words] Oral impression; Digital intraoral scanning; Prosthesis accuracy; Marginal adaptation; Clinical decision-making

## 引言

随着数字化口内扫描技术的快速发展，口腔修复的印模方法正经历深刻变革。传统手工印模技术虽历经长期验证，但存在步骤繁琐、患者不适等局限；而数字化技术以其高效、舒适及易于整合数字化工作流程的优势迅速普及。然而，两种技术在针对不同修复类型（如单冠、多单位桥、全口义齿）及临床情境下的精度表现、可靠性与适应症仍待系统明确。本文旨在综述对比这两种技术的精准度差异、临床适用性与发展趋势，为临床选择与技术创新提供依据。

## 一、口腔印模技术概述与精准度评估体系

### 1.1 传统手工制取印模技术的原理与特点

传统印模技术使用 PVS、聚醚等弹性材料记录形态，经

口内固化、石膏灌注获得模型。其流程复杂，依赖操作经验与患者配合。优势在于临床验证充分，结果稳定可预测。局限包括石膏模型可能收缩变形、数字化需额外步骤引入新误差、材料消耗大及患者易感不适。

### 1.2 数字化口内扫描印模技术的发展与原理

数字化口内扫描（IOS）利用光学成像直接获取三维数据，实现印模的即时数字化。其显著优势是提升患者舒适度、操作可视化且数据可直接用于 CAD/CAM 流程，避免模型收缩误差。市场有 TRIOS、CEREC 等多系统。局限在于对高反光表面识别困难、记录可动软组织有挑战及可能引起患者疲劳。

### 1.3 修复体精准度的评估指标与测量方法

精准度从“真实度”（接近真值，反映系统误差）和“精确度”（测量一致性，反映随机误差）两个核心维度评估。临床适合度细分为“边缘适合度”（边缘间隙，关乎寿命）

和“内部适合度”(整体间隙)。常用测量方法包括经典的硅胶复制法、可三维详测的显微 CT 及进行全面偏差分析的三维表面匹配软件。

## 二、单位牙冠修复体的精准度对比研究

### 2.1 边缘适应度的系统对比分析

多数研究表明,数字化印模在制作单位牙冠时,其边缘适合度常优于传统方法,具体表现为更小的边缘间隙。有研究显示数字化组间隙为  $45.8 \mu\text{m}$ ,显著优于传统组的  $61.3 \mu\text{m}$ 。Meta 分析也证实了这一趋势。值得注意的是,实现“全数字化工作流程”(印模-设计-制作)可最大化精度优势,其边缘间隙可进一步降低至约  $33.3 \mu\text{m}$ 。但需注意,尽管测量学差异显著,其长期临床意义(如边缘完整性评分)可能有限。

### 2.2 内部适应度的对比与影响因素

内部适合度的对比结果与边缘适合度相似,数字化印模通常能获得更小的内部间隙。然而,其表现受修复体复杂度影响。例如,在修复窝沟封闭体时,数字化印模的精度会随预备体深度增加而显著下降,而传统方法则相对稳定,提示数字技术对深部隐蔽形态的记录可能存在局限。研究同时指出,整合数字化设计与制造流程能进一步改善内部适合度,表明精度提升依赖于从印模到制作的全流程数字化。

### 2.3 不同基础材料对扫描精准度的影响

被扫描材料的性质是影响精度的关键因素。对于非金属表面,两种印模技术精度相当。但对于高反射率的金属表面(如钴铬合金),传统印模的真实度显著优于口内扫描。临床为改善扫描而采用的喷粉处理,可能因改变表面微观形态而导致精度反而降低。因此,对于存在大面积金属结构的病例,应谨慎评估口内扫描的适用性,传统印模可能更为可靠。

## 三、多单位固定义齿与全口义齿的精准度研究

### 3.1 传统印模与数字扫描的全口印模精准度对比

多项研究表明,在全口印模中,传统印模(如 PVS)可能真实度与精确度上优于某些口内扫描系统。然而,临床研究结果存在差异,部分扫描系统在全口真实度上可达到甚至优于传统方法。分析指出,数字扫描精度具有区域依赖性,其在前牙区表现通常优于后牙区。这表明,修复体的复杂程度和范围是影响技术表现的关键,数字技术在处理大跨度、多区域的全口印模时面临更大挑战。

### 3.2 种植体多单位印模的精准度与影响因素

对于种植体支持的多单位修复体,数字印模常能提供优异的边缘适合度,其边缘错位值可显著低于传统印模。然而,其精准度受植体位置参数显著影响:当植体存在非平行倾斜时,数字扫描的准确度会明显下降,而传统方法相对稳定。此外,植体龈下深度存在一个最优扫描范围(如约  $6\text{mm}$ ),此深度下三维扭曲最小。因此,在植体位点理想时,数字印模可表现高精度,但其对临床复杂条件的适应性仍需审慎评估。

### 3.3 完整牙列种植修复中的系统误差分析

在全口种植印模中,两种技术的误差模式不同:在衡量与真实值接近程度的“真实度”上,传统方法可能更优;而在衡量结果可重复性的“精确度”上,数字扫描则更具优势。这意味着传统方法可能更“准”,而数字方法更“稳”。研究证实,通过采用优化的工作流程,如特定的校准口内扫描协议,可显著提升数字扫描在全口病例中的真实度与精确度,使其达到甚至超越传统夹板印模的水平。这表明,标准化、优化的扫描协议是释放数字技术在全口复杂病例中潜力的关键。

## 四、不同印模方法对特定临床情况的适应性分析

### 4.1 无牙颌患者的印模精准度特殊考虑

无牙颌印模的挑战主要源于软组织的活动性及印模压力的控制。研究表明,口内扫描在记录硬组织形态时精度良好,但在可动软组织区域(如前庭、软腭)则存在显著偏差,这些区域的高偏差值是目前数字技术完全替代传统全口印模的主要障碍。尽管数字流程在获取数据阶段可能节省时间,但由于其对活动软组织记录的局限性,在处理此类复杂病例时,其整体效率优势可能并不显著。因此,对于全口无牙颌修复,传统印模方法在获得可预测的边缘封闭和软组织形态方面仍具价值。

### 4.2 带有活动牙齿的部分缺失情况

对于伴有牙齿松动(活动度增加)的部分缺失患者,印模技术需考虑如何最小化取模过程中的牙齿移位。研究显示,对于活动度较高的前牙,数字口内扫描在防止牙齿偏移方面的表现显著优于藻酸盐印模,并与硅橡胶印模效果相当。然而,对于后牙区,不同印模技术间的精度差异则不显著。这表明,数字扫描技术能够有效应对前牙区因牙齿活动带来的取模挑战,可能成为此类情况下的优选方案。

### 4.3 夹板技术对全口植体印象准确度的影响

夹板技术常用于连接多个种植体替代体,旨在提高传统印模的精度。然而,在数字印模中引入物理夹板的研究显示,其并未显著提升口内扫描的准确度。这表明,应用于传统印模的夹板技术,其优势可能无法直接迁移至光学扫描流程。优化数字扫描的准确性,或许更应依赖于改进扫描策略、软件算法或使用专用的数字编码扫描体,而非简单沿用传统的机械连接思路。

## 五、口内扫描系统间的比较与临床应用策略

### 5.1 不同口内扫描系统的性能差异

不同品牌的口内扫描系统(如 TRIOS 与 CEREC Omnicam)在真实度与精确度上可能无统计学显著差异,但研究显示二者均可能低于传统 PVS 印模。扫描体的品牌、设计及扫描路径长度(路径越长,偏差可能越大)是影响种植体位置转移准确度的重要变量。不过,扫描软件的后处理算法可在一定程度上补偿由扫描体带来的误差。

### 5.2 扫描协议优化对准确度的影响

扫描策略的选择显著影响精度。临床研究证实,优化的扫描协议(如针对无牙颌的二步法策略)能有效控制整体形

变。特别开发的校准口内扫描协议(CISP)可使全口种植体扫描的准确度达到甚至超越传统夹板印模的水平,凸显了标准化、优化的工作流程对发挥数字技术潜力的关键作用。

### 5.3 辅助技术在优化数字扫描中的应用

为提升扫描质量,多种辅助技术被应用。使用颊部牵开器有助于暴露术野,但可能引入扫描偏差,不过患者对其接受度高。对于龈下边缘等关键区域,有研究采用放射外科等技术进行微创的牙龈位移,以改善扫描条件,提高该区域的扫描效率和精度。这些技术旨在克服数字扫描固有的解剖限制。

## 六、结论

综合现有证据,数字化印模在单位牙冠修复中常显现精度优势,且显著提升了患者舒适度与工作效率,尤其受儿童青睐。然而,在记录无牙颌活动软组织或面对高反光金属表面时,传统印模仍更具可靠性。对于种植修复,两种技术临床预后总体相当。未来需通过技术改进、协议优化、流程整合及加强临床研究来推动发展。临床决策应基于具体病例特点、患者需求与医疗条件,灵活选择最适宜的技术。

## 参考文献:

- [1]Topdagi Basak, Guler Ceren, Sultanoglu Elifnur. Marginal and internal fit accuracy of single-crown restorations: the impact of digital and conventional impression techniques[J]. BMC Oral Health, 2025, 26 ( 1 ): 79.
- [2]Malik Junaid, Rodriguez Jose, Weisbloom Michael, et al. Comparison of Accuracy Between a Conventional and Two Digital Intraoral Impression Techniques[J]. The International Journal of Prosthodontics, 2018, 31 ( 2 ): 107-113.
- [3]Husein Hassan, Morad Mhd, Kanout Shaza. Accuracy of Conventional and Digital Methods of Obtaining Full-Arch Dental Impression ( In Vitro Study ) [J]. Cureus, 2022, 14 ( 9 ): e29055.
- [4]J ú nosi Kinga, Cerghizan Diana, M ú rtha Krisztina, et al. Evaluation of Intraoral Full-Arch Scan versus Conventional Preliminary Impression[J]. Journal of Clinical Medicine, 2023, 12 ( 17 ) .
- [5]Burzynski Jennifer, Firestone Allen, Beck F, et al. Comparison of digital intraoral scanners and alginate impressions: Time and patient satisfaction[J]. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2018, 153 ( 4 ): 534-541.
- [6]Onbasi Yonca, Abu-Hossin Sabrin, Paulig Maria, et al. Trueness of full-arch dental models obtained by digital and conventional impression techniques: an in vivo study[J]. Scientific Reports, 2022, 12 ( 1 ): 22509.
- [7]Suese Kazuhiko. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners[J]. Dental Materials Journal, 2019, 39 ( 1 ): 52-56.
- [8]Zarbaksh Arash, Jalalian Ezatollah, Samiei Nazanin, et al. Accuracy of Digital Impression Taking Using Intraoral Scanner versus the Conventional Technique[J]. Frontiers in Dentistry, 2021, 18. 6.