

# 终末牙列即刻修复的临床决策：颌位关系的确定与转移

古一平 杨胜涛 袁泉

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心  
四川大学华西口腔医院，成都 610041

**[摘要]** 无牙颌种植即刻固定修复技术已被证明有与常规种植修复类似的成功率，但其仍存在一定技术敏感性。在口腔种植即刻固定修复领域，可重复的稳定颌位关系是修复体设计制作的前提，同时也可以节约椅旁戴牙及调骀时间，并降低咬合相关并发症的风险。终末牙列患者全口种植手术后精准的颌位关系转移是种植支持咬合重建和功能修复的关键基础，也是当前种植支持式固定修复咬合重建领域的研究热点及难点。本文综述了种植即刻固定修复颌位关系确定与转移的流程及方法，以期

为终末牙列患者种植固定修复的决策提供参考。

**[关键词]** 无牙颌种植；颌位关系；即刻修复

**[中图分类号]** R783.4 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2025249



本文链接 开放科学标识码

## Clinical decision-making for immediate restoration of terminal dentition: determination and transfer of jaw relations

Gu Yiping, Yang Shengtao, Yuan Quan

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: National Natural Science Foundation of China (82125006)

Correspondence: Yuan Quan, E-mail: yuanquan@scu.edu.cn

**[Abstract]** Immediate implant-supported fixed restoration in edentulous jaws demonstrates a success rate comparable to that of conventional implant restoration. However, this approach still presents a certain degree of technique sensitivity. In the field of immediate implant-supported fixed restoration in dentistry, a repeatable and stable jaw relation is the prerequisite for the design and fabrication of prostheses. It also reduces chairside denture placement and occlusal adjustment time and lowers the risk of occlusion-related complications. For patients with terminal dentition, the precise transfer of jaw relation following full-arch implantation serves as the fundamental basis for implant-supported occlusal reconstruction and functional restoration. This process is also a key research focus and challenge in the area of implant-supported occlusal rehabilitation. This review summarizes the procedures and methods for determining and transferring jaw relation in immediate implant-supported fixed restoration. It aims to serve as a basis for clinical decision making in implant-supported fixed restorations for terminal dentition patients.

**[Key words]** edentulous jaw implant; jaw relation; immediate restoration

根据《第四次全国口腔健康流行病学调查报告》，我国牙列缺失患者超过2 100万人，且随着老龄化社会结构加剧，该数目将进一步攀升<sup>[1]</sup>。随

着口腔种植及修复技术的不断发展，种植支持式固定修复逐渐成为牙列缺失患者首选的治疗方式<sup>[2]</sup>。无牙颌种植即刻固定修复技术已经较为成熟，具有与常规种植修复流程类似的成功率，以及更好的患者满意度和接受度<sup>[3-4]</sup>。术后能否实现美观、功能的快速恢复，部分依赖于对术前颌位的评估与准确复制<sup>[5]</sup>。目前，颌位关系的确认与转

**[收稿日期]** 2025-06-20; **[修回日期]** 2025-08-05

**[基金项目]** 国家自然科学基金 (82125006)

**[第一作者]** 古一平，硕士，E-mail: 13550035196@163.com

**[通信作者]** 袁泉，教授，博士，E-mail: yuanquan@scu.edu.cn

移作为无牙颌种植即刻固定修复的核心环节，仍然高度依赖术者的临床经验<sup>[6-8]</sup>。因此，本研究基于终末牙列种植即刻固定修复技术，系统梳理了相关流程，并针对临床应用提供决策树。

## 1 传统方法

对于终末牙列患者的种植固定修复，即刻修复阶段常采用传统操作流程，即术后立即制取印模并同步确定颌位关系。通过开窗式印模技术获取种植体的精确三维位置，随后利用蜡堤和咬合记录材料等，在术者手法引导下，将下颌定位至垂直距离与水平关系均适宜的理想建颌位<sup>[9]</sup>。经传统殆架操作（排牙、树脂充填、研磨抛光）及口内调殆后，最终完成无牙颌种植即刻固定修复。尽管这一方法应用广泛，能够满足一定临床需求，但仍存在诸多局限性<sup>[10]</sup>。即使对于经验丰富的临床医生和技师而言，该流程也较为繁琐，椅旁时间较长，患者舒适度欠佳。同时一期手术后上下颌难以获得稳定且可重复的咬合基准点，且随咀嚼肌疲劳，难以持续引导下颌至理想的建颌位置，操作精度受限，流程的准确性与可重复性很大程度上依赖于术者操作经验，技术敏感性较高<sup>[11-12]</sup>。

## 2 数字化方法——术前颌位关系可用

近年来，随着数字化技术的发展，医生和技师可以选择更简便、技术敏感性更低的方法，不再需要在术后求取理想的颌位关系。对于部分终末牙列患者而言，其余留牙仍能维持较为理想的咬合，或者拥有功能行使正常的旧义齿，该颌位可以用于后续种植设计，同时作为即刻修复阶段颌位的参考。借助数字化的手段，主要有2种转移术前稳定颌位的途径：第1种是术前预成修复体，术后进行即刻Pick-up修复；第2种是以数字化匹配点为媒介，将术前的颌位转移到术后。后者又分为通过口内天然解剖标志点匹配、人为创建稳定的匹配媒介、基于骨标志点匹配。

### 2.1 术前预成修复体，术后即刻Pick-up

对于部分终末牙列患者，若其现有颌位关系可以作为最终修复颌位，在计算机辅助设计/计算机辅助制造（computer-aided design/computer-aided manufacturing, CAD/CAM）技术的辅助下，于现有颌位关系基础上进行数字化设计，并预先制作临时修复体，以实现术前颌位的精准复制和传递。

然而，终末牙列患者因口内稳定硬组织支持结构有限，Pick-up修复体在手术后的就位面临较大挑战，容易出现定位不准确或稳定性不足的问题。为克服上述难点，近年来临床上逐渐采用磁吸式或插销式组合导板来辅助Pick-up修复体的精准就位<sup>[13-15]</sup>。该流程一般包括以下几步：首先，借助基底导板与种植导板的精准定位关系实施种植手术，确保种植体按照数字化规划植入。种植体植入完成后，先取下种植导板，再更换为预先制作的Pick-up修复体，并通过基底导板提供定位与稳定支撑，使得临时修复体能够准确地与种植基台对接（图1）。修复体就位且与基台连接后，拆除Pick-up修复体，根据需要修整去除其与基底导板连接处的多余结构，最终获得符合预期颌位关系及咬合的临时修复体。



图1 Pick-up修复体就位于基底导板

Fig 1 Pick-up restoration seated on the base guide

这种基于组合导板的Pick-up修复技术无需术后印模和颌位关系转移，实现了数字化信息在手术和修复环节的高效衔接。其主要优势在于节省整体治疗时间，患者手术当天即可佩戴临时修复体，同时提升了种植即刻固定修复的精准度和可预测性<sup>[13,16]</sup>。然而，该方法对术前设计精度要求较高，且因修复体预先开孔，对手术操作的精准度要求也更高，同时现场椅旁操作步骤相对繁琐，椅旁时间较长，难以广泛适用。未来，随着数字化技术提升和操作流程的不断优化，组合导板Pick-up修复技术有望更加普及并广泛应用于复杂种植修复病例中。

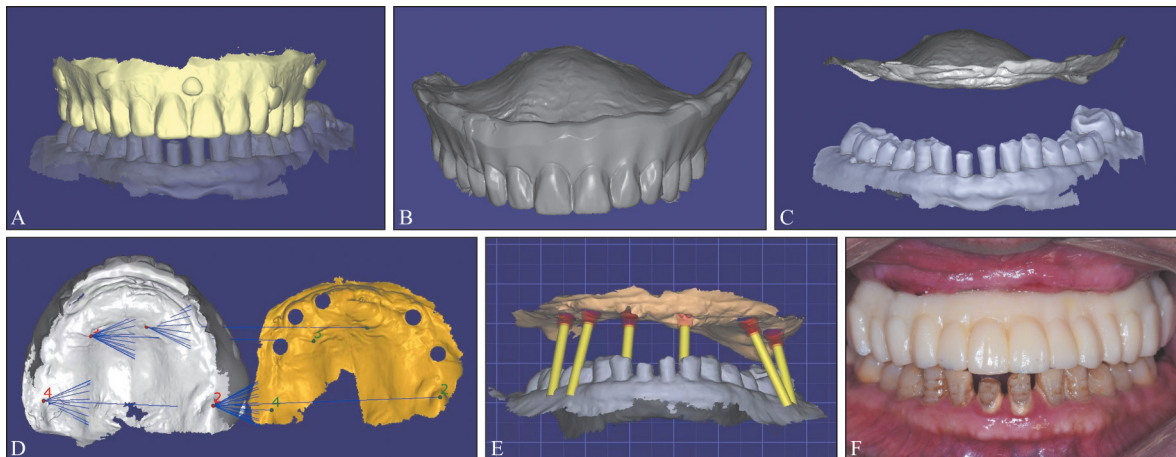
### 2.2 通过口内天然解剖标志点匹配

若终末牙列患者口内有正常行使功能的旧义齿，可先使用硅橡胶等材料重衬患者旧义齿组织面，待重衬材料固化后，使用口内扫描仪（intra-oral scanner）获取现有牙列信息及颌位关系。取下重衬后的义齿，用口内扫描仪或桌面扫描仪对其进行扫描，获得义齿尤其是组织面的三维形态数据。通过CAD软件，截取并翻转义齿的组织面，

获得患者旧义齿组织面所对应的口腔软组织及其与对颌牙的相对位置的完整信息,完成术前的信息采集及处理<sup>[17-18]</sup>。

种植术后,通过立体摄影测量设备捕捉患者口内种植体位置,同时使用口内扫描仪获取患者带有复合基台的黏膜数据。在CAD软件中,利用腭皱襞、上颌结节等天然解剖标志点作为配准基

准,可以实现术前与术后黏膜数据的良好拟合(图2)。选择这些标志点的原因在于,其位置相对稳定、形态清晰,且不易受到翻瓣、缝合等手术过程的影响,因此能够在术前术后保持一致性。该方法充分利用软组织的自然解剖结构,无需植入额外的配准标记,从而简化操作流程。



A: 术前颌位; B: 重衬上颌义齿组织面, 仓扫义齿; C: 翻转上颌义齿组织面, 获得上颌黏膜与下颌牙列的相对位置关系; D: 通过黏膜解剖标志点, 匹配术后口扫数据与术前数据; E: 完成颌位关系的复制与转移; F: 临时修复口内记录。

图2 翻转义齿组织面, 利用黏膜解剖标志点转移术前颌位

Fig 2 Invert the tissue surface of complete denture and use mucosal anatomical landmarks to transfer the preoperative jaw relation

### 2.3 人为创建稳定的匹配媒介

黏膜匹配的方法在上颌具有较好适用性,但是对于下颌黏膜而言,单纯依靠软组织的天然解剖标志点进行匹配则面临诸多挑战。具体而言,下颌可利用的黏膜标志远少于上颌,缺乏类似腭皱襞这类清楚且固定的解剖结构。其次,下颌口扫获取软组织模型时受限于空间狭小、患者舌体及口底活动的干扰,往往影响扫描精度和完整性。同时,术中翻瓣及缝合的操作,容易导致下颌软组织表面形态发生不可预测的变化,进一步影响模型的准确配准。

针对上述问题,有学者提出可以植入微支抗钉<sup>[19]</sup>或者在黏膜上贴上氧化锆小球<sup>[20]</sup>等,用人为增加的匹配标志点提高术前术后模型之间的配准准确性。以植入微支抗钉为例,操作流程一般包括:1) 术前于非手术区预先植入2~3枚微支抗钉,避开重要解剖结构与种植位点;2) 进行口扫,采集包含这些微支抗钉及软硬组织的完整三维模型;3) 术后再次扫描,确保图像中的微支抗钉清晰可辨;4) 在CAD软件中,以微支抗钉为匹配媒介,匹配术前与术后的信息(图3)。

相较于仅依靠软组织的匹配方式,植入微支

抗钉提高了匹配的准确性。此外,微支抗钉体积小、操作简便,在局部表面麻醉下即可完成。在缺牙数目多、无稳固解剖标志或种植区翻瓣广泛的病例中,此方法较为适用。但该技术也存在一些局限:1) 微支抗钉的植入和拆除需要额外的临床操作时间,并可能造成轻度不适;2) 标志钉的位置需经过充分规划,避免影响种植体植入。部分患者如有严重骨量不足、全身基础疾病或对植入异物有排斥心理,也会影响其适用性。

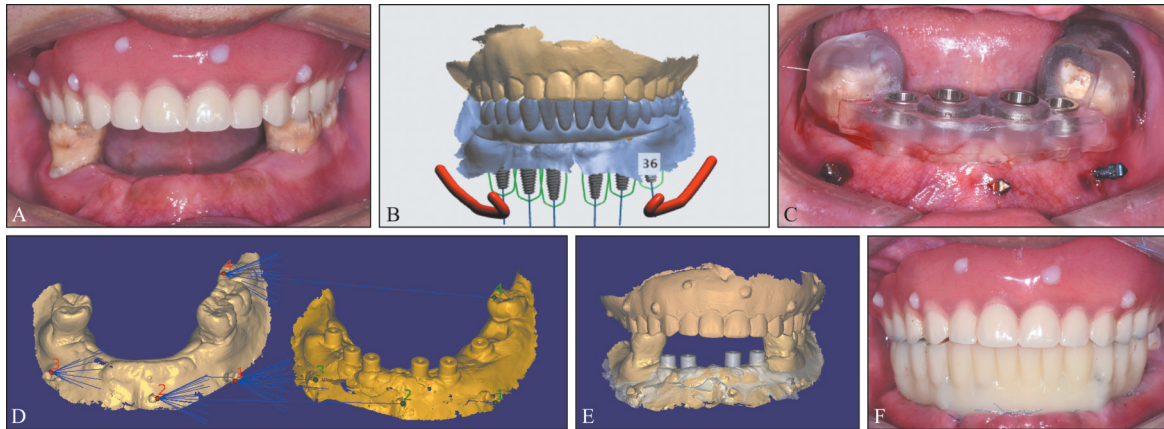
微支抗钉等人工标志的引入,为黏膜匹配提供了可靠、准确的技术方案,提升了数字化种植修复的精度与可操作性。但临床应用仍需根据个体差异权衡成本、操作与患者舒适度,在全流程数字化发展背景下进一步探索更简便、高效的终末牙列患者颌位关系转移新路径。

### 2.4 基于骨标志点匹配

近年来,随着数字化医学影像技术的飞速发展,基于骨标志点的匹配作为精准种植支持修复中的配准技术,受到了越来越多临床与科研领域的关注<sup>[21]</sup>。其中,锥形束CT(cone beam computed tomography, CBCT)的成像精度不断提升,能够为口腔颌面部提供高分辨率、低剂量的三维影

像数据。与此同时，DICOM（数字成像与通信医学标准）与STL（标准三角网格语言）文件的转换与配准算法日益完善<sup>[22-23]</sup>，使跨平台、多模态的

三维数据的整合更为高效、流畅，为数字化种植的全流程管理创造了坚实的技术基础<sup>[24]</sup>。



A: 术前颌位; B: 虚拟排牙, 并根据理想修复体虚拟放置植体; C: 术前试戴导板, 避开植体位置植入微支抗钉并口扫; D: 通过微支抗钉与余留天然牙, 匹配术后口扫数据与术前数据; E: 完成颌位关系的复制与转移; F: 临时修复口内记录。

图 3 植入微支抗钉, 人为增加匹配参考点

Fig 3 Place mini-implants to artificially increase matching reference points

具体流程上, 首先针对具有稳定颌位关系的终末牙列患者, 保持该颌位拍摄术前CBCT, 并通过口扫获取口内软硬组织及咬合信息。术后, 需进行口扫以获取带有复合基台(或扫描杆)的软组织表面数据, 同时让患者佩戴复合基台(或扫描杆)再次拍摄CBCT, 并使用口外立体摄影技术<sup>[25-26]</sup>等获取植入种植体的空间位置。通过三维重建CBCT数据, 分别获得术后颌骨与术前颌骨STL模型。选择远离牙槽嵴且较为明显、易于识别的解剖结构(如上颌骨的鼻嵴、颧突、眶下缘, 下颌骨的正中联合、髁孔、外斜线等)作为匹配标志点, 将术后颌骨与术前颌骨最佳拟合。然后, 依据复合基台或扫描杆的形态特征, 将术后口扫与术后颌骨数据进行匹配, 实现完整上、下颌软组织数据的整合与颌位转移, 保证最终修复体设计的准确性(图4)。

Yan等<sup>[27]</sup>纳入6例患者(共9个牙弓、58颗种植体), 针对基于CBCT的骨匹配方法进行系统研究, 通过评价术前术后CBCT重叠后上下颌的18个空间角度指标, 发现只有1个角度出现稍大的偏差。整体匹配误差显著低于临床可接受误差数值, 证明了基于骨匹配的颌位转移方式具有较好的临床精度。此外, 该方法能有效节约椅旁操作时间, 减少人为操作变量, 简化医生操作步骤, 技术敏感性低, 适应临床多样化的需求。该技术既可以用于即刻修复, 也可用于最终修复, 适用于术后拍摄CBCT检查的患者。但该技术也存在一定局限

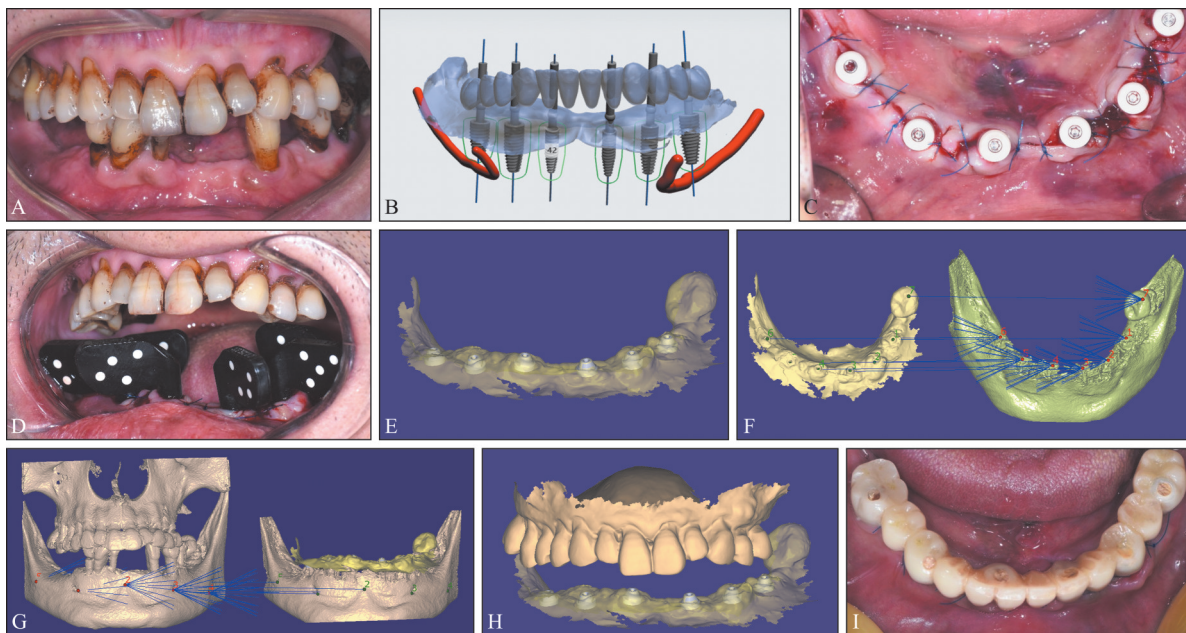
性: 1) 对于术后未拍摄CBCT的患者并不适用; 2) 术后拍摄CBCT时, 口内的复合基台或扫描杆可能产生伪影, 影响配准效果。目前, 该技术的优化方向包括优化CBCT采集参数和算法降噪等<sup>[27]</sup>。该技术还需更大样本量和长期随访的临床验证, 同时随着人工智能、机器学习和多模态数据融合技术的不断进步<sup>[28-30]</sup>, 未来基于骨标志点的匹配流程有望进一步减少人工干预, 提升匹配速度, 纠正影像噪声及配准误差, 实现更精准、更高效、更智能化的全数字化颌位转移与修复流程。

### 3 数字化方法——术前颌位关系不可用

部分终末牙列患者随着软硬组织的退行性变化, 原有的颌位关系参考价值有限, 基于“以修复为导向”的种植理念, 需要术前重新获取理想的颌位关系并在此基础上规划理想修复体。传统方法常采用蜡堤、个性化托盘等进行颌位关系的确定与转移, 技术敏感性较高, 可重复性和精度更多依赖于医生经验。随着数字化技术的发展, 颌位关系的确认也可通过数字化方法完成<sup>[31]</sup>。相较于传统方法, 标准化的数字化流程技术敏感性较低, 诊疗效率较高。对于终末牙列患者而言, 由于多颗牙缺失或牙列缺失, 原有的牙尖交错位(intercuspal position, ICP)丧失, 口内无法形成紧密、广泛的咬合接触, 在由关节决定的正中关系位(central relation position, CR)建殆是临床

上重要且重复性较好的治疗方案<sup>[32]</sup>。哥特式弓描记法由 Gysi 提出, 通过固定在上颌与下颌的描记指针和描记板追踪并记录下颌前伸、侧方运动, 描记指针在描记板上绘出箭头样轨迹, 箭头的顶点即 CR<sup>[33]</sup>。目前已有较多数字化全口义齿系统研发了配套的成品哥特式弓, 用于确定颌位关系<sup>[34]</sup>。与此同时, 成品哥特式弓尺寸较为固定, 组装方式也较为单一, 不能适配所有的患者。近年来, 随着 3D 打印技术及其配套打印材料的发展<sup>[35-36]</sup>, 也可选择设计并打印制作个性化哥特式弓<sup>[37-38]</sup>以弥补成品哥特式弓的局限性 (图 5)。相比传统双手定位或手法导引法, 哥特式弓描记法不仅可视化下颌运动, 同时也显著降低了操作技术敏感性, 对术者操作水平的要求较低。其过程直观、简便、

可重复性好, 减少了因手法不一导致的错误和分歧。哥特式弓描记法也存在一定的临床局限性, 对于余留牙较为松动、垂直距离偏高需要降低的患者, 其使用效果有限。同时, 对于进行种植支持咬合重建的终末牙列患者, 非正中的个性化运动数据也是实现长期稳定、舒适功能重建的重要一环<sup>[39-40]</sup>。随着数字化口腔工具、智能运动传感器和 AI 分析技术的不断发展, 电子面弓、虚拟胎架和多模态数据融合等新技术、新装置可以提供终末牙列患者的个性化运动轨迹、肌电信息等, 为医生和技师提供更全面的可视化信息, 辅助其确定用于种植支持式固定修复的理想颌位, 为复杂口腔种植病例提供更科学、可靠的诊疗基础<sup>[41-42]</sup>。



A: 术前颌位; B: 虚拟排牙, 并根据理想修复体虚拟放置植体; C: 术后口内照; D: 口外立体摄影取模; E: 带有复合基台信息的术后口扫数据; F: 根据基台, 将术后软组织数据匹配至术后颌骨; G: 根据骨标志点将术后颌骨匹配至术前颌骨; H: 完成颌位关系的复制与转移; I: 临时修复口内记录。

图 4 基于骨标志点的匹配

Fig 4 Alignment based on stable bone markers

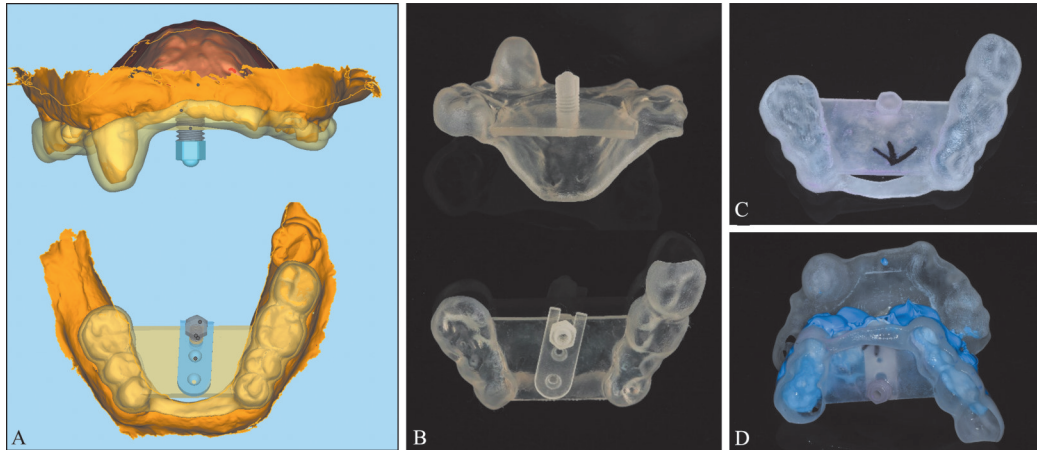
#### 4 小结

数字化技术已成为推动口腔种植即刻固定修复不断进步的重要动力。如何实现术前颌位关系的准确采集与可靠转移, 决定着无牙颌及终末牙列患者种植支持修复体的美观与功能, 同时也决定着患者满意度。传统方法, 如术后即刻取模同时手法引导确定颌位, 虽然在多年来的临床实践中发挥了关键作用, 但其技术敏感性高、操作繁

琐、椅旁耗时长, 修复效果的可重复性及患者舒适度有限。面对现代医疗对高效、精准、可预测修复的需求, 数字化方法通过预成 Pick-up 修复体、黏膜匹配、人为配准点及骨匹配等路径, 为不同临床情境下的颌位关系转移提供了更多选择。尤其以骨匹配为代表的新兴技术, 基于 CBCT 高精度影像及骨性解剖标志点, 精准拟合术前术后颌骨三维模型, 以更高的配准精度和更低的技术敏感度实现了颌位关系的复制及转移, 有效节约了椅旁时间, 优化了患者体验。对于原有颌位关系不

可用的终末牙列乃至无牙颌患者，则需重新确定颌位关系，待颌位关系确定后，种植术后复制术前颌位制作即刻修复体即可（图6）。未来，数字化颌位关系转移有望借助人工智能及多模态数据

融合等技术，进一步整合CBCT、口扫、面扫、口外立体摄影、下颌运动轨迹等多源信息，推动配准算法的优化，实现更自动化、更精准、更高效的数字化种植修复流程。



A: 数字化设计个性化哥特式弓; B: 3D打印哥特式弓; C: 描记指针在描记平面上绘出箭头样轨迹; D: 使用咬合记录硅橡胶材料, 将上下颌位置锁定在箭头顶点位置。

图 5 哥特式弓描记法

Fig 5 Gothic arch tracing method

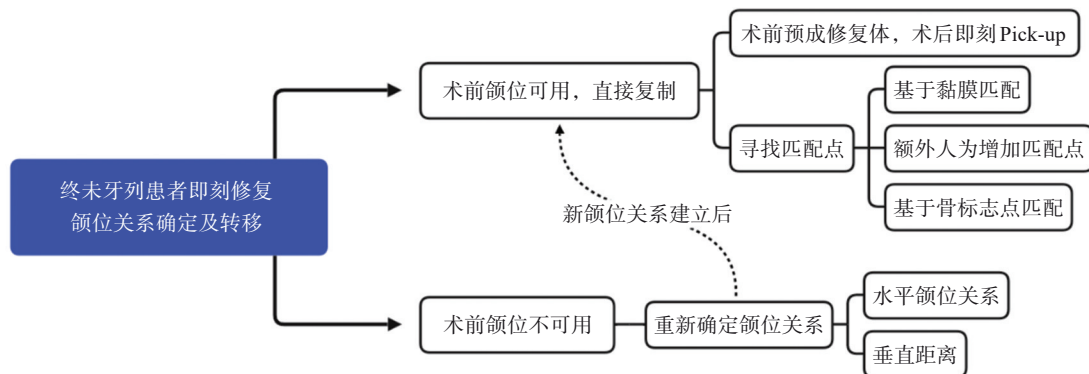


图 6 终末牙列患者种植即刻修复颌位关系确定与转移的决策树

Fig 6 Decision tree of determination and transfer of jaw relation in immediate implant restoration for terminal dentition patients

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

[1] 国家卫生和计划生育委员会. 第四次全国口腔健康流行病学调查报告[R]. 北京: 中华口腔医学会, 2017. National Health and Family Planning Commission. The fourth national oral health epidemiological survey report [R]. Beijing: Chinese Stomatological Association, 2017.

[2] Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, et al. The All-on-4 treatment concept for the rehabilitation of the completely edentulous mandible: a longitudinal study with 10 to 18 years of follow-up[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2019, 21(4): 565-577.

[3] Zhang RD, Ge ZY, Lang XR, et al. A CBCT study of changes in temporomandibular joint morphology with immediate implant placement and immediate loaded full-arch fixed dental prostheses[J]. BMC Oral Heal, 2024, 24: 1392.

[4] Pappaspyridakos P, Sinada N, Ntovas P, et al. Zirconia full-arch implant prostheses: survival, complications, and prosthetic space dimensions with 115 edentulous jaws[J]. J Prosthodont, 2025, 34(3): 271-280.

[5] 马博文, 林潇, 耿威. 三维扫描结合CBCT配准技术实现无牙颌全程数字化即刻种植修复的效果评估[J]. 中国口腔种植学杂志, 2023, 28(4): 233-238. Ma BW, Lin X, Geng W. The evaluation of immediate full-process digital implant restoration in edentulous

- arches using a combination of three-dimensional scanning and CBCT registration technology[J]. *Chin J Oral Implantol*, 2023, 28(4): 233-238.
- [6] 孙欣荣, 冯玥, 刘伟才. 多模态数据融合的可视化技术在咬合重建中的应用[J]. *华西口腔医学杂志*, 2022, 40(4): 468-475.
- Sun XR, Feng Y, Liu WC. Application of visualization technology of multimode data fusion in occlusal rehabilitation[J]. *West China J Stomatol*, 2022, 40(4): 468-475.
- [7] Nuytens P, Grande F, Li J, et al. Maxillomandibular relationship and virtual facebow integration in complete-arch intraoral implant scan: a novel clinical technique[J]. *J Prosthodont*, 2025, 34(5): 545-553.
- [8] Nuytens P, Grande F, D'haese R, et al. Novel complete-arch pillar system (CAPS) to register implant position and maxillomandibular relationship in one single visit [J]. *J Dent*, 2024, 143: 104885.
- [9] 杨帆, 李峥, 王飞龙, 等. 咬合重建的六阶段实用治疗原则[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2021, 14(5): 621-628.
- Yang F, Li Z, Wang FL, et al. Six-stage practical treatment principle of occlusal reconstruction[J]. *Chin J Pract Stomatol*, 2021, 14(5): 621-628.
- [10] Azpiazu-Flores FX, Mata-Mata SJ. Overlay occlusion rim technique to facilitate the recording of maxillomandibular relationships[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 126(5): 715-717.
- [11] Bessadet M, Auduc C, Drancourt N, et al. Comparative analyses of time efficiency and cost in fabricating fixed implant-supported prostheses in digital, hybrid, and conventional workflows: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(3): 689-712.
- [12] Ivanhoe JR, Cibirka RM, Parr GR. Treating the modern complete denture patient: a review of the literature[J]. *J Prosthet Dent*, 2002, 88(6): 631-635.
- [13] Bessadet M, Drancourt N, El Osta N. Time efficiency and cost analysis between digital and conventional workflows for the fabrication of fixed dental prostheses: a systematic review[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(1): 71-84.
- [14] García-Sala Bonmati F, Pérez-Barquero JA, Ilzarbe Ripoll LM, et al. An additively manufactured, magnetically retained, and stackable implant surgical guide: a dental technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2023, 130(4): 444-452.
- [15] Wang J, Fang M, Xin H, et al. Use of a digitally guided triple technique for bone reduction, implant placement, and immediate interim prostheses in complete-arch implant surgery[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(5): 703-708.
- [16] Mouhyi J, Salama M, Mouhyi A, et al. A novel coded healing abutment for a simplified digital workflow: a retrospective clinical study on 103 patients with a one year follow-up[J]. *J Dent*, 2025, 152: 105465.
- [17] Li J, Chen Z, Dong B, et al. Registering maxillomandibular relation to create a virtual patient integrated with a virtual articulator for complex implant rehabilitation: a clinical report[J]. *J Prosthodont*, 2020, 29(7): 553-557.
- [18] Li J, Sommer C, Wang HL, et al. Creating a virtual patient for completely edentulous computer-aided implant surgery: a dental technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(4): 564-568.
- [19] Shao J, Qing H, Zhu Z, et al. CAD-CAM-fabricated interim fixed complete-arch implant-supported restorations based on the existing dentition[J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 121(5): 717-723.
- [20] Troncoso-Pazos J, Matamala P, Jusari MF, et al. Position of digitally guided implants in completely edentulous maxillae by using a modified double-scan and overlap of three digital surface protocol[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(3): 780-789.
- [21] Ntovas P, Ladia O, Barmak AB, et al. Accuracy of registration between digitized extraoral scan bodies and virtual casts: effect of the edentulous area, tooth anatomy, and registration method[J]. *J Prosthet Dent*, 2025: S0022-3913(25)00080.
- [22] Zhang S, Chen W, Lin Y, et al. A digital technique for transferring the maxillomandibular relationship for complete arch implant rehabilitation in edentulous jaws[J]. *J Prosthet Dent*, 2024, 132(4): 688-694.
- [23] Pozzi A, Carosi P, Laureti A, et al. Accuracy of navigation guided implant surgery for immediate loading complete arch restorations: prospective clinical trial[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2024, 26(5): 954-971.
- [24] Joda T, Ferrari M, Gallucci GO, et al. Digital technology in fixed implant prosthodontics[J]. *Periodontol 2000*, 2017, 73(1): 178-192.
- [25] Cui Z, Fang Y, Mei L, et al. A fully automatic AI system for tooth and alveolar bone segmentation from cone-beam CT images[J]. *Nat Commun*, 2022, 13(1): 2096.
- [26] Brakoč J, Todorović A, Mangano FG, et al. Accuracy of intraoral photogrammetry versus direct digital implant impressions in the fully edentulous lower jaw: an *in vitro* study[J]. *J Dent*, 2025, 156: 105654.

- [27] Yan Y, Yue X, Lin X, et al. A completely digital workflow aided by cone beam computed tomography scanning to maintain jaw relationships for implant-supported fixed complete dentures: a clinical study[J]. J Prosthet Dent, 2023, 129(1): 116-124.
- [28] Zhao Y, Zhu L, Wang W, et al. Progressive multi-task learning for fine-grained dental implant classification and segmentation in CBCT image[J]. Comput Biol Med, 2025, 189: 109896.
- [29] Zhu Z, Liu Z, Huang L, et al. Automated dental registration and TMJ segmentation for virtual surgical planning of orthognathic surgery via three-step computer-based method[J]. J Dent, 2025, 153: 105443.
- [30] Park HS, Hyun CM, Lee SH, et al. Automatic 3D registration of dental CBCT and face scan data using 2D projection images[J]. IEEE Access, 2024, 12: 101289-101298.
- [31] Alhossaini SJ, Neena AF, Issa NO, et al. Accuracy of markerless registration methods of DICOM and STL files used for computerized surgical guides in mandibles with metal restorations: an *in vitro* study[J]. J Prosthet Dent, 2024, 132(5): 986-993.
- [32] Baba NZ, Goodacre BJ, Goodacre CJ, et al. CAD/CAM complete denture systems and physical properties: a review of the literature[J]. J Prosthodont, 2021, 30(S2): 113-124.
- [33] Goldstein GR. Centric relation: a needed reference position[J]. J Prosthodont, 2023, 32(6): 482-488.
- [34] Kattadiyil MT, Alzaid AA, Campbell SD. What materials and reproducible techniques may be used in recording centric relation? Best evidence consensus statement [J]. J Prosthodont, 2021, 30(s1): 34-42.
- [35] 满毅, 蓝冬萍. 数字化颌位关系记录与转移方法的研究进展[J]. 中国口腔种植学杂志, 2024, 29(3): 212-217.
- Man Y, Lan DP. Research progress on digital methods for recording and transferring maxillomandibular relationship[J]. Chin J Oral Implantol, 2024, 29(3): 212-217.
- [36] Pérez MM, Espinar C, Pecho OE, et al. Effect of aging on optical behavior and color of 3D printing resin-based dental restorative materials[J]. J Dent, 2025, 157: 105734.
- [37] Schettini A, Pesun IJ, França R. Assessment of mechanical properties and microstructure of Co-Cr dental alloys manufactured by casting, milling, and 3D printing[J]. J Prosthet Dent, 2025, 133(3): 906.e1-906.e7.
- [38] Parisini P. A digital, custom Gothic arch tracing technique for vertical dimension of occlusion and centric relation recording[J]. J Prosthet Dent, 2024, 132(6): 1128-1132.
- [39] Qu F, Du X, Liu WC. 3D-printed custom trays with a Gothic arch for centric relation recording and definitive impression making for complete dentures: a dental technique[J]. J Prosthet Dent, 2019, 121(1): 32-36.
- [40] 戈善为, 周卓靓, 李林, 等. 数字化技术在无牙颌种植义齿颌位关系转移中的应用[J]. 口腔生物医学, 2025, 16(2): 87-93.
- Ge SW, Zhou ZL, Li L, et al. Application of digital technology in the transfer of occlusal relationship of dental implants for edentulous patients[J]. Oral Biomed, 2025, 16(2): 87-93.
- [41] Kim JE, Kwon JH, Kim JH, et al. Recording the trajectory of mouth opening and closing for the fabrication of an occlusal splint[J]. J Prosthet Dent, 2017, 117(5): 597-600.
- [42] Li W, Chen H, Wang Y, et al. Digital determination and recording of edentulous maxillomandibular relationship using a jaw movement tracking system[J]. J Prosthodont, 2022, 31(8): 663-672.

### · 专家介绍 ·



袁泉, 四川大学华西口腔医院教授、博士生导师。国家自然科学基金委杰出青年基金和优秀青年基金获得者, 国家高层次人才特殊支持计划科技创新领军人才。担任国际牙科研究会 (IADR) 种植研究分会主席 (2021-2022), 中国医师协会口腔医师分会口腔种植工作委员会副主任委员, 中华口腔医学会口腔种植专业委员会常务委员, 四川省口腔医学会口腔种植专业委员会主任委员。发表第一/通讯作者论文 80 余篇, 担任《口腔种植学》规划本科教材共同主编, 主编/主译专著 10 部。

(本文编辑 李彩)