

## 功能、美学和微创导向的数字化咬合重建： 临床路径与关键技术

张新春 王昕 范乐

中山大学附属口腔医院, 光华口腔医学院, 广东省口腔医学重点实验室, 广东省口腔  
疾病临床医学研究中心, 广州 510055

通信作者: 张新春, Email: zhxinch@mail.sysu.edu.cn

**【摘要】** 咬合重建是治疗牙齿严重磨损和牙列缺损等的重要治疗手段。近年来, 数字化技术在咬合重建全流程的应用越来越普及, 涵盖了从数据采集到咬合分析, 从虚拟设计到修复体制作等流程, 极大提高了修复的精准度和诊疗效率。本文通过剖析咬合重建中功能、美学与微创原则指导下的临床路径与关键技术, 探讨数字化流程的临床价值与当前局限, 旨在为咬合重建数字化全流程应用提供临床借鉴和研发策略。

**【关键词】** 数字化咬合重建; 美学修复; 功能性修复; 微创修复; 口腔修复学

**基金项目:** 广东省自然科学基金(2022A1515012485)

**引用著录格式:** 张新春, 王昕, 范乐. 功能、美学和微创导向的数字化咬合重建: 临床路径与关键技术[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2026, 20(1): 34-39.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2026.01.005

### Digital occlusal reconstruction guided by functional, aesthetic, and minimally invasive principles: Clinical pathway and key technologies

Zhang Xinchun, Wang Xin, Fan Le

Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangdong Provincial Clinical Research Center of Oral Diseases, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Zhang Xinchun, Email: zhxinch@mail.sysu.edu.cn

**【Abstract】** Occlusal reconstruction serves as a critical approach for severe tooth wear and dentition defects. Recently, digital technology has increasingly integrated into the entire workflow of occlusal rehabilitation, covering data acquisition, virtual design and restoration fabrication, which has significantly enhanced both restoration precision and clinical efficiency. Guided by functional, aesthetic, and minimally invasive principles, this paper systematically reviews the clinical pathways and key techniques in occlusal rehabilitation. Furthermore, it explores the clinical value and current limitations of the digital workflow, aiming to provide clinical

insights and research strategies for digital occlusal rehabilitation.

**【Key words】** Digital occlusal rehabilitation; Aesthetics restoration; Functional restoration; Minimally invasive restoration; Prosthodontics

**Fund program:** Natural Science Foundation of Guangdong Province (2022A1515012485)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2026.01.005

咬合重建是以恢复多单位或全牙列殆接触关系为目标的综合性修复手段。《口腔修复学词典》中指出, 咬合重建也叫殆重建, 是指采用修复手段, 在正确的颌位关系下重新建立全牙列或多数牙的咬合接触关系的治疗方法, 是牙齿严重磨损或牙列缺损等的重要治疗手段<sup>[1-2]</sup>。咬合重建需要建立功能与美学协调的咬合关系, 建立稳定颌位以维护颞下颌关节和咀嚼系统的健康。临床工作中, 咬合重建技术难点众多, 如垂直关系和水平关系的确定、稳定的关节位置和状态、修复体咬合面形态的合理设计, 这些因素共同影响牙列静态接触与动态咬合的恢复和稳定<sup>[3]</sup>。传统的咬合重建步骤繁杂、流程多、耗时长、技术要求高, 且效果易受到传统模型质量、仪器设备选择、医师经验和技术等的影响, 导致其治疗周期长, 准确性和可预测性受到限制<sup>[4]</sup>。近年来, 数字化技术不断应用于咬合重建临床工作中, 助力功能、美学和稳定协调咬合关系的准确建立, 极大推动了临床技术的改善和提升<sup>[5]</sup>。

数字化咬合重建以三维数据为核心基础, 集合了口内扫描、面部扫描、锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)、下颌运动分析、虚拟设计及计算机辅助设计与制作(computer-aided design and computer-aided manufacturing, CAD/CAM)等技术, 将上述多模态数据整合后建立“静态虚拟患者”或“4D动态虚拟患者”<sup>[6-8]</sup>, 相比传统方法, 经过数字化设计和制作的最终修复体, 实现了全流程精准化、可视化和可量化, 大幅提升了修复体的精度、咬合稳定性及美学效果(图1)。基于此, 本文介绍了以功能、美学和微创为指导原则的数字化咬合重建临床路径及关键技术, 希望能为咬合重建数字化全流程应用提供临床借鉴和研发策略。

#### 一、功能导向的数字化咬合重建

咬合重建的核心目标是建立稳定协调的口颌系统, 恢复正常的咬合关系和生理功能<sup>[9]</sup>, 此流程一般包含4项关键内

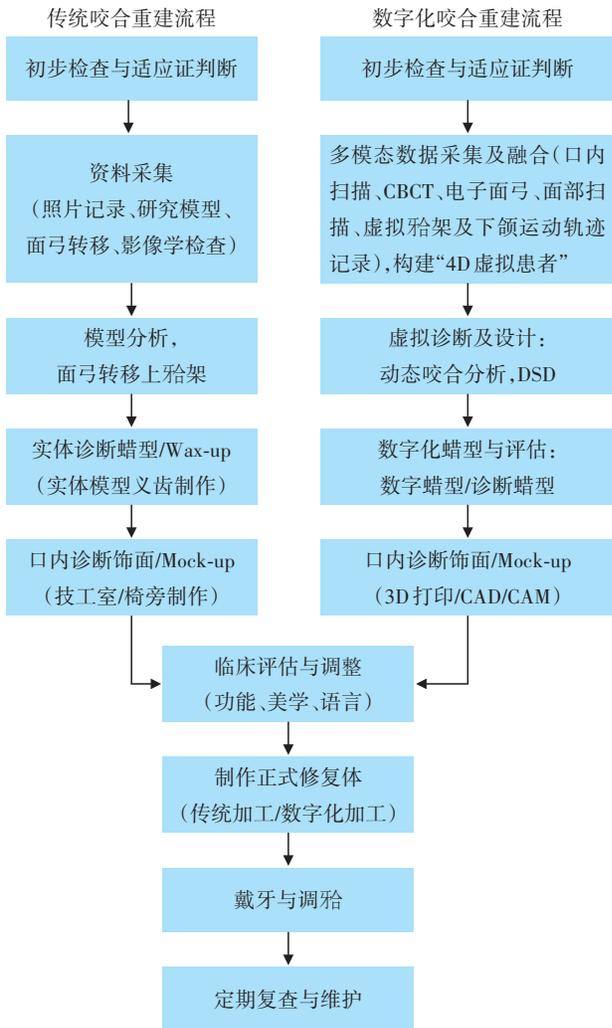


图1 不同方式咬合重建临床路径示意图 CBCT:锥形束CT;DSD:数字化微笑设计;CAD/CAM:计算机辅助设计与制作。

容:确定正中关系、恢复垂直距离、建立正确殆平面、设计稳定颌位及前牙动态引导,其中正中关系的确定尤为关键<sup>[3]</sup>。

近年来,多模态数据融合产生的“4D虚拟患者”,能够更逼真地助力咬合模拟和分析。首先通过口内扫描和面部扫描获得高精度的牙列及面部软组织形态特征;通过CBCT获得牙列、颌骨及颞下颌关节等硬组织的影像数据(图2);通过电子面弓、下颌运动轨迹描记获得下颌运动轨迹和动态咬合记录;接着通过数字化设计平台,将这些多源数据精准拟合,可构建出包含牙列、颌骨、关节及面部完整信息的“4D虚拟患者”模型<sup>[6]</sup>(图3)。该模型可静态展示牙列、颌骨、颞下颌关节和面部组织的各自部位或多部位重叠,也可动态展示下颌运动的前伸、侧向轨迹,设计人员可在设计软件中观察虚拟患者的张闭口、前伸和侧方运动,并可及时调整修复体的覆殆覆盖关系、牙尖斜度、咬合分离角度和纵横殆曲线等参数<sup>[7-9]</sup>,借助虚拟咬合分析再现正确的咬合关系,诊断并设计修复体的形态及咬合,同时在修复体开始制作前进行充分的医患沟通,减少因设计偏差导致的反复修改和复诊。研究证实,将“4D虚拟患者”作为模拟对象,通过个性化前导设计,即使在牙周病患者中,也可以建立功能性咬合修复<sup>[10]</sup>;还可通过精确匹配髁突中心点,在遵循组牙功能殆或尖牙保护殆原则下,实现平衡稳定的功能性咬合<sup>[5,11]</sup>。

传统咬合重建过程中,如何在正确的正中关系位建立稳定的咬合关系,以及在可摘式临时修复体稳定后如何将咬合关系准确地转移到正式修复体中,是临床工作中的难点和重点。在数字化流程中,患者戴用可摘式咬合板稳定咬合关系后,可直接进行口内扫描,准确记录咬合关系和将来修复空间,并通过数据拟合,将颌位关系精准转移到虚拟颌架上<sup>[11]</sup>。对于临床常见的复杂牙列缺损病例,采用标准化的数字化流程,可将稳定的过渡性咬合关系精确定位并转移,从而为后



图2 数字化咬合重建多模态数据的获取 A:面部扫描;B:口内牙列扫描;C:颌骨锥形束CT(CBCT)重建。



图3 数字化咬合重建虚拟患者的建立(牙列数据+面部扫描+颌骨数据拟合重建) A:正面观;B:左侧面观;C:右侧面观。

续功能性重建、优化诊断和设计打下坚实基础。对于多数牙齿缺失的复杂病例,个性化的哥特式弓描记装置可通过虚拟患者模型确定正中关系,评估关节功能<sup>[9]</sup>。有研究证实,戴用殆垫后进行口内扫描的直接转移法,比间接转移法误差更小、步骤更少、临床效率更高<sup>[12]</sup>。

个性化咬合参数的还原是实现精准咬合的另一项重要保证。借助电子面弓和下颌运动分析系统,数字化技术可以精准模拟患者个性化的下颌运动参数、咬合参数和髁突位置,进一步确定铰链轴位置、切点运动轨迹等关键数据,这将有助于在虚拟设计过程中根据需要调整牙列修复体的动态咬合接触<sup>[13]</sup>。通过建立个性化的虚拟殆架,可以克服传统殆架及模型的误差和局限,更真实地模拟下颌前伸、侧方等功能性运动,也可通过观察髁突的运动变化,更为精确地评估和设计前牙引导和后牙咬合的尖窝关系,进一步判断虚拟修复体的接触点和干扰点,从而获得更为稳定的咬合<sup>[14]</sup>。在一项双盲临床试验中,使用动态下颌运动追踪技术,修复体能够获得更少的咬合干扰<sup>[5]</sup>。数字化流程可指导临床提高咬合设计和制作的精准性和功能性,降低了传统流程的不确定性和医师的主观性(图4)。因此,借助“4D虚拟患者”进行咬合分析,有利于建立长期稳定的功能性咬合<sup>[15-16]</sup>。

## 二、美学导向的数字化咬合重建

咬合重建的美学目标不仅仅局限于单颗牙齿的色泽和形态,其核心是恢复美观协调的牙列、唇齿关系和面部形态,包括面下1/3比例协调,唇齿关系、牙弓形态和牙龈轮廓符合美学标准<sup>[17]</sup>。数字化技术的可预见、可重复和可修改优势,为美学效果的可靠获得提供技术支持。

美学设计经历了从2D到3D的发展历程,面部扫描数据可为上前牙位置及空间设计提供直接诊断参考。通过不断验证的唇齿关系,可在微观和宏观上寻找最适宜的前牙美学表达。利用“4D虚拟患者”的动态下颌运动分析,可辅助设计更为个性化的安全、美观和稳定的前导结构<sup>[4-5]</sup>。在4D患者基础上进行数字化微笑设计(digital smile design, DSD),利用数字化技术对牙齿形态、牙龈轮廓和唇齿关系进行虚拟重建,呈现出可视化、可量化的美学效果,提高了修复体形态设计的自由度和精确度,把患者主观、模糊的美学诉求呈现为客观的、具体的3D图像<sup>[18-20]</sup>。

咬合重建常规流程包括可摘式过渡修复体、固定式临时修复体和正式修复体3个阶段,如能在模拟阶段及早准确地进行固定修复,将有助于患者早期建立舒适稳定咬合,缩短治疗周期。因此,使用体积小、拟真临时修复体有助于促进患者

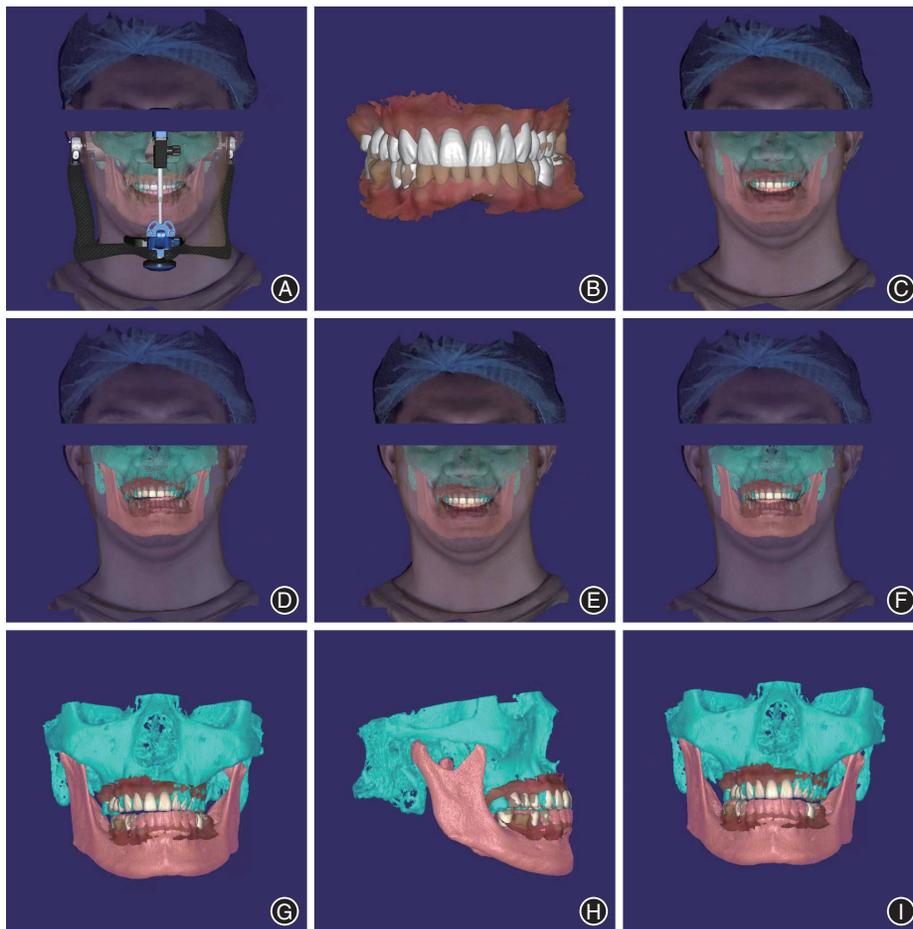


图4 数字化咬合重建虚拟殆架构建及虚拟美学、咬合设计 A:虚拟患者的虚拟殆架;B:牙列美学设计;C:美学设计完成后的正面观;D:左侧方咬合时面部观;E:前伸咬合时面部观;F:右侧方咬合时面部观;G:左侧方咬合时虚拟牙列+颌骨拟合;H:前伸咬合时虚拟牙列+颌骨拟合;I:右侧方咬合时虚拟牙列+颌骨拟合。

早期适应。基于最后确定的DSD方案,CAD/CAM或3D打印将虚拟美学修复方案平行转变为患者口内可感知的实体临时修复体——诊断饰面(Mock-up或Trial Restoration)或可摘式咬合板,可精准体现预设的美学效果(图5)。较小的无基托可摘式咬合板较传统可摘义齿式咬合板,可加速患者适应新的咬合高度和口颌系统改变,3D打印咬合板则进一步减小体积或接近最终修复体,在微创理念下实现患者美学区效果的直观呈现,减少了模拟修复与最终修复的美学差异。患者可以直观地看到自身微笑的改变,通过“设计-验证-改进”的叠加反馈,实现了从口内实体到数字虚拟的“逆向反馈”和调整<sup>[21-22]</sup>,数字设计到临床实现的精准转移,减少了临时修复的美学偏差和适应时间,能够确保美学效果与功能目标的和谐统一。

### 三、微创导向的数字化咬合重建

2025年国际口腔修复学会共识提出,牙列重度磨损等导致的咬合重建应优先采取微创策略<sup>[23]</sup>。咬合重建的微创

原则是指,将传统的牙体预防性扩展转为最大限度的牙体保存,以最小的牙体破坏获得功能与美学的长期稳定<sup>[24]</sup>。研究发现,微创修复策略可缓解牙列磨损诱发的咀嚼肌症状,有效恢复颌颌功能及髁突位置,提升修复体的远期预后<sup>[25-27]</sup>。

采用数字化技术,有助于微创理念的实现和全程精准控制。数字化技术可将微创原则转化为明确可行的临床路径。目前,高精度口内扫描可达到微米级误差,在数字化平台上可实现修复体、修复空间微米级控制,这为后续修复体的精准设计和制作提供了保障。多模态数据构建“4D虚拟患者”模型后,根据下颌运动轨迹和虚拟颌架,可更精准地设计咬合平面、咬合曲线和咬合接触区,根据虚拟下颌运动评估修复空间和牙体预备空间,设计修复体形态与就位道(图6),从而在术前即可制定出保守且合理的牙齿预备方案,最大限度避免牙体组织过度预备<sup>[28-30]</sup>。此外,在牙体预备实际操作过程中,牙弓分段式预备导板有助于医师精确控制牙齿预备



图5 数字化三维打印临时修复体 A:上颌微创诊断饰面;B:下颌微创诊断饰面;C:上颌可摘式咬合板;D:下颌可摘式咬合板。

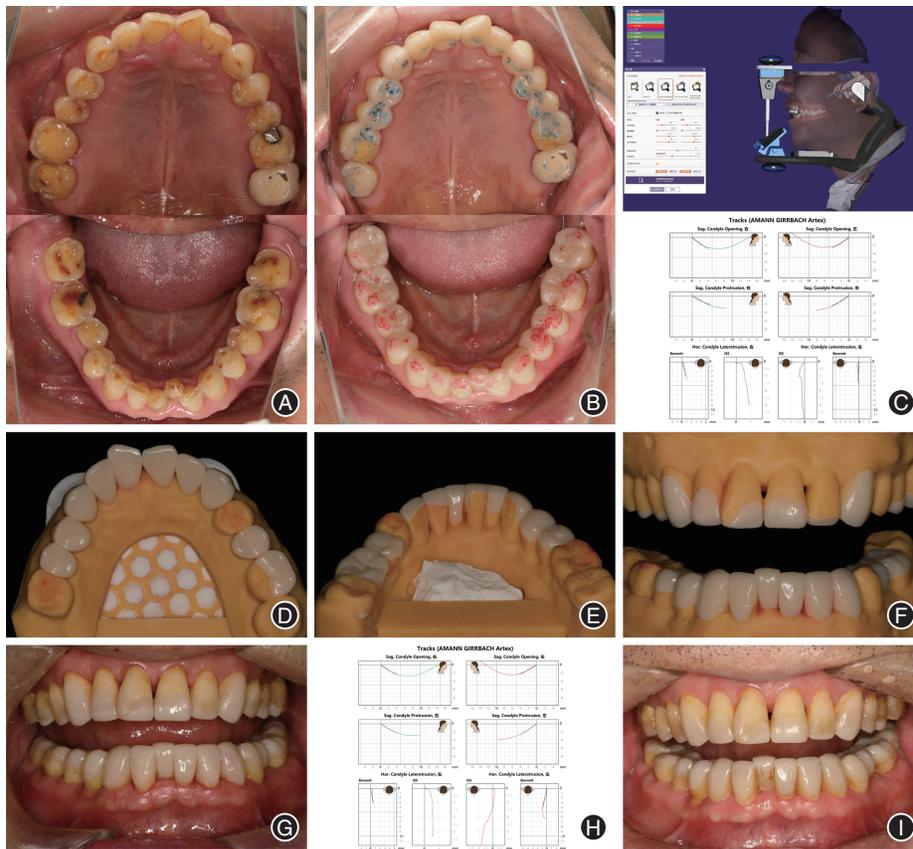


图6 数字化微创咬合重建示例 A:术前照;B:过渡阶段临时修复体;C:过渡修复稳定后咬合记录及电子面弓分析;D:上颌最终全瓷修复体殆面观(上前牙舌贴面+上后牙殆贴面+部分冠微创全瓷修复体);E:下颌最终全瓷修复体舌侧观(下前牙贴面+下后牙殆贴面+部分冠微创全瓷修复体);F:最终修复体正面观;G:戴牙后正面观;H:最终修复后电子面弓记录及分析;I:戴牙后18个月。

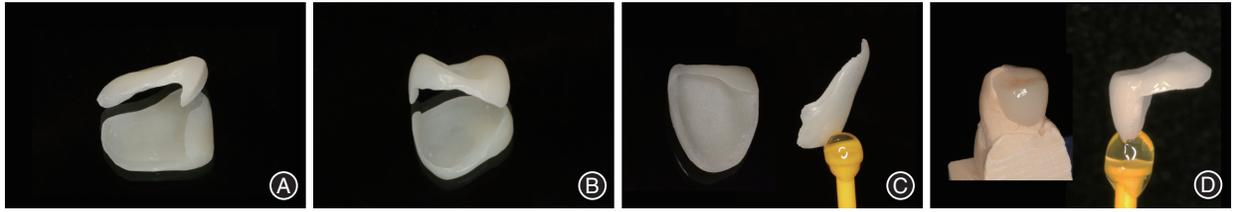


图7 咬合重建中的常见微创修复体 A:舌贴面;B:颊贴面;C:唇贴面;D:部分冠。

深度,确保预备后的修复空间与设计的目标空间对齐<sup>[31]</sup>。

临床上常见的微创修复体有瓷贴面、微小瓷贴面、嵌体、高嵌体、骀贴面和部分冠等<sup>[32-34]</sup>,在设计阶段,设计人员即可依据修复体最小厚度要求,结合应力分布特征,进行微创导向的预备体设计,从起始阶段即着眼于控制牙体磨除量。修复体制作环节,通过CAM或3D打印技术将这些优化设计转化为实体的微创修复体(图7),不仅形态精准,强度和抗疲劳性能也表现优异<sup>[35]</sup>。其中,3D打印增材制造技术能快速成型复杂薄层修复体,边缘适合度明显优于传统工艺<sup>[36]</sup>。该技术制作的改良贴面导板,结合复合树脂注射成形技术,可用于修复前牙缺损,既解决了传统导板摘戴困难的问题,同时又能保证修复精度<sup>[37]</sup>。对于磨耗变短的上颌前牙,也有学者提出免备牙方案,通过口内扫描与CAD/CAM技术,直接在未预备牙体上设计制作舌贴面,采用3D打印个性化导板,精准引导多单位舌贴面就位粘接,降低了操作敏感性,解决无边缘贴面就位难题<sup>[38]</sup>,最大程度实现了微创修复,达到了保存健康牙体,成功恢复垂直咬合高度和口腔功能的整体修复效果。

#### 四、结论

数字化咬合重建以数据为脉络,将功能、美学与微创三大原则贯穿于临床实践的全过程。虽然数字化流程具有诸多优势,但其临床路径仍存在多重限制与挑战。“4D虚拟患者”模型本质上是有限数据的数学模拟,难以完全复制颌系统复杂的调节反馈机制,虚拟环境模拟的“理想咬合关系”,受仪器设备和口内复杂的生理条件影响,仍需临床过渡性验证,并依赖医师的经验进行调改。采用数字化平台进行DSD美学设计时,主要聚焦于修复体的形态与比例塑造,在患者面部个性化特征及口唇软组织动态变化的协调上仍有不足,导致修复体美学模拟与临床实际仍有偏差。由于CAD软件尚无法完全模拟口内复杂的咬合应力分布,因此必须反复衡量微创修复体的材料强度和粘接性能与患者实际咬合力的匹配协调,否则可能影响修复体的长久耐用性。同时,数字化设备的购买使用成本,技术人员的学习能力,亦会影响到基层医院的使用和推广。随着设备软硬件的升级,数据采集的精准化和多维立体化,数字化CAM材料的高仿真色彩层次和机械加工性的提升,人工智能的深度学习和应用,仍是未来重点发展方向,将有助于美学、功能与微创相结合的整体目标实现。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参 考 文 献

[1] 于海洋,吴嘉诚,税钰森,等. 数字化全颌固定咬合重建(一):

有牙颌的“5-19N”骀重建临床技术方案[J]. 华西口腔医学杂志, 2025,43(3):325-335. DOI:10.7518/hxkq.2025.2025003.

[2] 谭建国. 一步一步做好牙列重度磨耗咬合重建中咬合关系的复制和转移[J]. 中华口腔医学杂志, 2021,56(8):825-828. DOI:10.3760/cma.j.cn112144-20210708-00318.

[3] 何凯讯,张思慧,陈江. 数字化咬合重建的流程管理[J]. 口腔医学, 2021,41(3):193-197. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2021.03.001.

[4] 程辉. 全天然牙列咬合重建修复的数字化路径[J]. 中华口腔医学杂志, 2025,60(8):829-837. DOI:10.3760/cma.j.cn112144-20250408-00125.

[5] Park MH, Son K, Jin MU, et al. Comparison of interference from eccentric movements of dental crowns fabricated via dynamic jaw motion tracking and conventional methods: A double-blind clinical study[J]. J Adv Prosthodont, 2025,17(1):36-46. DOI:10.4047/jap.2025.17.1.36.

[6] Qiu A, Xu L, Zhang Y, et al. Digital-assisted multidisciplinary treatment for complex occlusal rehabilitation: An 18-month follow-up case report [J]. BMC Oral Health, 2024,24(1):818. DOI:10.1186/s12903-024-04574-2.

[7] Anandapandian PA, Raza FB, Ar PK, et al. Digital occlusal analysis of the impact of natural dentition and different types of rehabilitation on the occlusal force variations: Systematic review and Meta-analysis[J]. J Oral Biol Craniofac Res, 2025,15(3):534-540. DOI:10.1016/j.jobcr.2025.03.006.

[8] El-Danasory MB, Khamis MM, Abdel Hakim AA, et al. CAD-CAM custom healing abutments: A dental technique [J]. J Prosthet Dent, 2024,132(3):496-499. DOI:10.1016/j.prosdent.2022.09.019.

[9] He Z, Li R, Zhang X, et al. Digital workflow of occlusal rehabilitation in partial edentulism based on multifunctional gothic arch tracing devices: A case report[J]. Int J Prosthodont, 2025,38(4):483-490. DOI:10.11607/ijp.9207.

[10] Cacciò C, Tallarico M, Lumbau AI, et al. The role of digital workflow in creating a new, esthetic and functional smile in a periodontally compromised patient: A case report [J]. Reports (MDPI), 2025,8(3):105. DOI:10.3390/reports8030105.

[11] Risciotti E, Squadrito N, Montanari D, et al. Digital protocol to record occlusal analysis in prosthodontics: A pilot study [J]. J Clin Med, 2024,13(5):1370. DOI:10.3390/jcm13051370.

[12] 王宇轩,杨静文,许桐楷,等. 数字化颌位关系转移方法应用于咬合重建的精度研究[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2022,23(2):115-123. DOI:10.19748/j.cn.kqxf.1009-3761.2022.2.007.

[13] Alnasser AH. Maxillary and mandibular implant rehabilitation using a completely digital workflow: A technique [J]. J Prosthet

- Dent, 2024, 132(4): 687.e1-687.e5. DOI: 10.1016/j.prosdent.2024.05.008.
- [14] Saini RS, Alshoail HH, Kanji MA, et al. Virtual articulator software: Accuracy, usability, and clinical applicability: A systematic review[J]. *Int Dent J*, 2025, 75(3): 1691-1704. DOI: 10.1016/j.identj.2025.03.005.
- [15] Azer SS. Simulating mandibular movements and articulator design [J]. *J Prosthet Dent*, 2023, 129(3): 377-379. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.01.015.
- [16] Schierz O, Hirsch C, Krey KF, et al. Digital dentistry and its impact on oral health-related quality of life[J]. *J Evid Based Dent Pract*, 2024, 24(1S): 101946. DOI: 10.1016/j.jebdp.2023.101946.
- [17] 金晓婷, 赵维家, 罗洁, 等. 咬合重建: 科学与艺术的结合[J]. *口腔颌面修复学杂志*, 2023, 24(1): 1-6. DOI: 10.19748/j.cn.kqxf.1009-3761.2023.1.001.
- [18] Alharkan HM. Integrating digital smile design into restorative dentistry: A narrative review of the applications and benefits[J]. *Saudi Dent J*, 2024, 36(4): 561-567. DOI: 10.1016/j.sdentj.2023.12.014.
- [19] Zhivago P, Turkyilmaz I, Yun S. Aesthetic and functional rehabilitation of collapsed occlusal vertical dimension using an advanced digital workflow[J]. *Prim Dent J*, 2023, 12(1): 57-61. DOI: 10.1177/20501684231154320.
- [20] Yue ZG, Luoyang ZQ, Hou JX, et al. Application of 3D digital smile design based on virtual articulation analysis in esthetic dentistry: A technique[J]. *J Prosthet Dent*. 2025, 133(1): 24-30. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.11.014.
- [21] Morón-Conejo B, Gil A, Bonfanti-Gris M, et al. Esthetic and functional rehabilitation: Retreatment of anterior fixed dental prosthesis with biologically oriented preparation technique and digital workflow [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2025, 37(3): 761-770. DOI: 10.1111/jerd.13393.
- [22] Ma Y, Li W, Li L, et al. Clinical evaluation of 3D printed splint in the treatment of temporomandibular disorders [J]. *BMC Oral Health*, 2025, 25(1): 1263. DOI: 10.1186/s12903-025-06622-x.
- [23] Ioannidis A, Pitta J, Panadero RA, et al. Rehabilitation strategies and occlusal vertical dimension considerations in the management of worn dentitions: Consensus statement from SSRD, SEPES, and PROSEC conference on minimally invasive restorations [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2025, 37(3): 702-706. DOI: 10.1111/jerd.13432.
- [24] Matos TP, da Cruz KR, Favoreto MW, et al. Clinical performance of an ormocer-based single-shade resin composite for the restoration of non-carious cervical lesions: 18-month randomized clinical trial [J]. *J Dent*, 2025, 153: 105519. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105519.
- [25] Orta A, Newberry N, Torosian A, et al. Advanced adhesive approach to support a minimally invasive full mouth rehabilitation [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2025, 37(1): 156-164. DOI: 10.1111/jerd.13355.
- [26] Caetano GM, Slomp C, Andrade JP, et al. Partial ceramic veneer technique for challenging esthetic frontal restorative procedures[J]. *Dent J (Basel)*, 2023, 11(4): 101. DOI: 10.3390/dj11040101.
- [27] Gong N, Wang L, Xu L, et al. Digital occlusal reconstruction in patients with failed veneer restorations with full mouth severely worn teeth[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2025, 37(7): 1667-1680. DOI: 10.1111/jerd.13465.
- [28] Feng Y, Zhan L, Sun X, et al. A fully digital workflow to register maxillomandibular relation using a jaw motion tracer for fixed prosthetic rehabilitation: A technical report [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2023, 35(7): 1068-1076. DOI: 10.1111/jerd.13058.
- [29] 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. DOI: 10.7518/hxkq.2022.04.015.
- [30] Zambrana N, Sesma N, Fomenko I, et al. Jaw tracking integration to the virtual patient: A 4D dynamic approach [J]. *J Prosthet Dent*, 2024, 131(3): 370-374. DOI: 10.1016/j.prosdent.2022.02.011.
- [31] Liu H, He Z, Xie C, et al. A digital workflow for full-mouth rehabilitation using CAD-CAM tooth reduction template [J]. *J Prosthodont*, 2024, 33(9): 926-931. DOI: 10.1111/jopr.13914.
- [32] del Cisne Maldonado K, Espinoza JA, Astudillo DA, et al. Resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers to fatigue and fracture in worn posterior teeth: A systematic review [J]. *Dent Med Probl*, 2024, 61(3): 417-426. DOI: 10.17219/dmp/157347.
- [33] 沈冬妮, 施莹, 傅柏平. 后牙贴面修复的研究进展[J]. *国际口腔医学杂志*, 2021, 48(3): 287-291. DOI: 10.7518/gjkq.2021030.
- [34] Charoenporn W, Sornsuan T, Sae-Lee D, et al. Evaluating fatigue resistance in occlusal veneers: A comparative study of processing techniques and material thickness of lithium disilicate (IPS e.max Press vs. IPS e.max CAD) [J]. *BMC Oral Health*, 2024, 24(1): 1542. DOI: 10.1186/s12903-024-05347-7.
- [35] Paqué PN, Gantner C, Mätzener KJ, et al. Load-bearing capacity, internal accuracy and time-efficiency of heat-pressed, milled and 3D-printed lithium disilicate ultra-thin occlusal veneers [J]. *Dent Mater*, 2024, 40(10): 1602-1610. DOI: 10.1016/j.dental.2024.07.017.
- [36] Grande F, Pavone L, Molinelli F, et al. CAD-CAM complete digital dentures: An improved clinical and laboratory workflow [J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(6): 1430-1435. DOI: 10.1016/j.prosdent.2024.11.016.
- [37] Zhu J, Wei J, Anniwaer A, et al. Esthetic rehabilitation of labial tooth defects caused by caries of the anterior teeth using a composite resin injection technique with veneer-shaped 3D printing indices [J]. *J Prosthodont Res*, 2025, 69(1): 127-132. DOI: 10.2186/jpr.JPR\_D\_24\_00051.
- [38] Peng M, Li C, Huang C, et al. Digital technologies to facilitate minimally invasive rehabilitation of a severely worn dentition: A dental technique [J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 126(2): 167-172. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.05.012.

(收稿日期:2025-09-02)

(本文编辑:王嫚)