OPEN ACCESS

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.202660124

·专家论坛·

人工智能在可摘局部义齿修复中的应用与进展

冯玥，　王富，　冯志宏，　牛丽娜
国家口腔疾病临床医学研究中心，口颌系统重建与再生全国重点实验室，陕西省口腔医学重点实验室，空军军医大学口腔医院修复科，陕西 西安（710032）

【摘要】 随着全球老龄化社会的加速到来，牙列缺损的修复需求持续增长，其中可摘局部义齿因其适应证广泛、非侵入性及经济性，依然是临床解决牙列缺损、重建咀嚼功能的重要手段之一。然而，相较于固定义齿的高度数字化，可摘局部义齿往往涉及余留牙与黏膜的双重支持、复杂的生物力学机制以及多变的解剖形态，其数字化设计与制造长期面临标准化困难、技术门槛高、专家经验依赖度大的瓶颈问题。近年来，人工智能（AI）技术经历了从早期的专家系统向机器学习及深度学习的跨越式发展，为解决可摘局部义齿设计的复杂逻辑与精度难题提供了新的机遇。本文结合文献回顾及笔者团队的临床经验，系统阐述了AI在可摘局部义齿修复牙列缺损全流程中的具体应用与规范：在数据采集阶段，强调多模态数据融合与数字化压力印模策略；在智能诊断与规划阶段，基于深度学习实现缺牙区及倒凹的自动识别，并依托机器学习与专家系统辅助基牙选择与修复方案生成；在自动化设计逻辑方面，解析了从共同就位道智能规划到基于生物力学优化的参数化设计过程；在临床操作层面，提出了“AI生成—医生审核—局部微调”的规范化人机协同流程；在伦理与责任认定上，强调了算法透明度及“临床医生作为最终责任主体”的原则。此外，本文结合临床实践创新性地提出了“AI辅助可摘局部义齿设计的能力分级体系（辅助分析级、规则化设计级、智能化自适应级）”，旨在为口腔修复领域的临床医师、牙科技师及相关研发人员提供临床实践建议，推动可摘局部义齿修复向精准化、智能化、规范化方向发展。

【关键词】 人工智能；　可摘局部义齿；　深度学习；　专家系统；　机器学习；
临床决策支持系统；　计算机辅助设计；　数字化工作流程
【中图分类号】 R78　【文献标志码】 A　【文章编号】 2096-1456（2026）07-0631-11
【引用著录格式】 冯玥，王富，冯志宏，等. 人工智能在可摘局部义齿修复中的应用与进展[J]. 口腔疾病防治, 2026, 34(7): 631-641. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.202660124.

微信公众号

Applications and advancements of artificial intelligence in removable partial dentures

FENG Yue, WANG Fu, FENG Zhihong, NIU Lina.　National Clinical Research Center for Oral Diseases, State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, Shaanxi Key Laboratory of Stomatology, Department of Prosthodontics, School of Stomatology, the Fourth Military Medical University, Xi′an 710032,China
Corresponding author: NIU Lina, Email: niulina831013@126.com

【Abstract】 With the rapid aging of the global population, the demand for prosthodontic rehabilitation of partial edentulism continues to increase. Among the available treatment options, removable partial dentures remain an essential clinical modality for restoring partially edentulous arches and masticatory function because of their broad indications, minimal invasiveness, and cost-effectiveness. However, unlike fixed prosthodontics, which have undergone substantial digitalization, removable partial denture therapy is characterized by dual tooth-tissue support, complex biomechanics, and highly variable anatomical morphology. As a result, the digital design and fabrication of removable partial dentures have long faced major bottlenecks, including limited standardization, steep learning curves, and heavy dependence on

【收稿日期】2026-03-30；　【修回日期】2026-05-19
【基金项目】陕西省卫生健康科研创新能力提升计划项目（2025TD-18）
【作者简介】冯玥，副研究员，硕士，Email：13120521535@163.com
【通信作者】牛丽娜，主任医师，教授，博士，Email：niulina831013@126.com

expert experience. In recent years, artificial intelligence (AI) has undergone a paradigm shift from early expert systems to machine learning and deep learning, creating new opportunities to address the complexity and precision demands of removable partial denture design. Based on a comprehensive literature review and our team's clinical experience, this article systematically elaborates on the specific applications and normative standards of AI throughout the entire removable partial denture fabrication workflow. In the data acquisition phase, we emphasize multimodal data fusion and digital pressure impression strategies. In the intelligent diagnosis and planning phase, deep learning is utilized to achieve the automatic identification of edentulous areas and undercuts, while machine learning and expert systems assist in abutment selection and treatment plan generation. Regarding automated design logic, the article analyzes the process from the intelligent planning of the common path of insertion to parametric design based on biomechanical optimization. At the clinical operation level, a standardized human - machine collaborative workflow of "AI generation-clinician review - local fine-tuning" is proposed. In terms of ethics and accountability, the principles of algorithmic transparency and "the clinician as the ultimate responsible subject" are emphasized. Furthermore, integrating clinical practice, this article innovatively proposes a "capability grading system for AI-assisted removable partial denture design (comprising the auxiliary analysis level, the rule-based design level, and the intelligent adaptive level)". The aim is to offer practical recommendations for dental clinicians, dental technicians, and researchers, thereby facilitating the transition of removable partial denture prosthodontics toward greater precision, intelligence, and standardization.

【Key words】 artificial intelligence; removable partial denture; deep learning; expert system; machine learning; clinical decision support system; computer-aided design; digital workflow

J Prev Treat Stomatol Dis, 2026, 34(7): 631-641.

牙列缺损与牙列缺失已成为严重影响老年人群口腔健康乃至全身健康的重要公共卫生问题[1-2]。尽管口腔种植技术发展迅速,但受限于患者生理条件及经济等因素,可摘局部义齿仍是牙列缺损修复的主流方式之一[3]。然而,传统修复方法高度依赖医技经验,手工流程繁琐且易产生人为误差,导致修复体精度受限及返工率较高[4]。此外,可摘局部义齿的生物力学环境远较固定义齿复杂,不仅需要考虑牙齿等硬组织,还必须兼顾黏膜等软组织的黏弹性与可压缩性。传统计算机辅助设计软件多停留在对人工操作的"电子化模拟",缺乏智能决策能力,致使其在可摘局部义齿修复领域的应用相对滞后。

人工智能(artificial intelligence,AI)技术的发展为突破这一瓶颈提供了新路径。早在1996年,吕培军等[5]便利用专家系统辅助铸造支架设计,初步验证了AI辅助设计的可行性。如今,以深度学习为代表的现代AI已具备强大的图像识别与逻辑推理能力,可在复杂设计中辅助甚至部分替代人工操作[6]。目前,在可摘局部义齿修复领域,AI在义齿设计、牙弓分类、材料性能预测以及临床决策支持等方面展现出广阔前景[7-10]。然而,当前临床实践中尚缺乏统一的AI应用标准,不同软件算法逻辑差异显著,数据采集流程不规范,导致AI设计的修复体在临床适配性、生物力学合理性方面存在较多争议。修复设计与AI的结合尚需规范的流程指导,否则可能引入新的系统误差[11]。因此,深入梳理AI在可摘局部义齿修复中的具体应用,系统阐述其基本原理、技术分级、应用场景、标准化操作流程、临床证据、质量控制与伦理规范,并对未来发展方向进行科学展望,具有重要的理论价值和临床意义。本文围绕AI在可摘局部义齿修复中的应用现状与研究进展进行讨论,旨在为口腔修复领域的临床医生、科研工作者及相关技术研发人员提供参考依据,推动AI技术在该领域的规范化应用与持续创新,在提升临床效率的同时切实保障医疗质量与患者安全。

1　AI辅助可摘局部义齿修复设计的基本原理与技术分级

可摘局部义齿的设计涉及复杂的生物力学逻辑与解剖形态适应,传统设计模式高度依赖临床医生的个人经验,缺乏统一操作标准,且在医技协作过程中易出现信息缺漏或丢失。AI技术的介入,旨在通过构建"临床决策支持系统(clinical decision support system,CDSS)",实现可摘局部义齿设计的标准化、自动化与精准化。目前,AI在可摘局部义齿修复设计中的应用主要基于两大核心逻

辑：知识驱动的专家系统（knowledge-based expert systems）及数据驱动的机器学习（data-driven machine learning）。

基于规则的专家系统是目前临床应用最成熟的技术路径。该类系统将经典的口腔修复学教科书原则及资深专家的临床诊疗经验，转化为计算机可执行的“If-Then”规则库。早期的RaPiD系统即通过逻辑约束实现了设计的初步自动化，而现代专家系统进一步融合了本体驱动与基于案例推理的技术，提升设计的灵活性与适配性[9-10]。例如，当系统识别出“Kennedy分类Ⅰ类下颌牙列缺损”且“余留牙牙周健康良好”时，算法可自动推荐“RPI（近中殆支托、远中邻面板、Ⅰ杆卡环组）”+“舌杆”的组合方案。Ali等[7]的研究指出，此类融合本体与案例推理的模型，在与资深修复专家的设计方案的比对中，平均精度达0.61，归一化折损累计增益达到0.74，验证了其在标准化设计中的临床有效性，有效规避了因医师经验差异导致的设计质量波动，保障修复方案的一致性。

机器学习是指通过算法解析海量结构化数据、挖掘潜在规律并做出决策的技术。在可摘局部义齿AI研究初期，支持向量机（support vector machine，SVM）或随机森林等传统机器学习算法被广泛应用，依托基牙健康状况、缺牙类型等临床结构化数据，进行辅助诊断或预后评估。随着计算机视觉技术的迭代升级，AI修复体设计已从单纯的“规则匹配”，逐渐演进为“视觉感知与自动生成”。作为机器学习的前沿分支，基于多层神经网络的深度学习技术，已成为处理口内扫描模型等非结构化数据的核心手段。在可摘局部义齿设计中，主要聚焦分类识别、流程设计及形态生成三个应用维度并取得阶段性进展。在自动识别与分类方面，卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）通过大量牙列缺损图像训练，可实现Kennedy分类的自动化精准识别[11]。在智能化设计方面，深度学习技术已被报道用于辅助或自动化可摘局部义齿的设计过程，包括支架设计和整体治疗规划[12-13]。这些应用旨在提高设计的精确性、效率，并为临床提供数据驱动的决策支持。此外，生成式AI（generative artificial intelligence）作为新兴研究方向，正在重塑义齿形态设计的技术路径。Broll等[14]的综述指出，生成式深度学习方法（如扩散模型和小波变换）在3D形状补全和牙冠重建方面表现出良好效果。Tian等[15]提出的两阶段生成对抗网络用于牙冠修复，其均方根误差小于0.161 mm，这种对口腔解剖形态的高精度还原能力，为可摘局部义齿人工牙的智能排列提供了技术基础。

为了更好地理解AI软件的性能，本文提出AI辅助可摘局部义齿设计的能力分级体系，明确不同级别系统的功能角色与应用场景（表1）。第一级为辅助分析级（analytical support），该阶段的AI主要扮演“视觉增强与数据赋能”的角色，系统能够自动完成Kennedy分类、识别余留牙位置、计算并可视化倒凹区域、自动绘制模型观测线，为临床医师判断就位道提供可靠辅助，但不直接生成修复设计方案[11,16-18]。第二级为规则化设计级（rule-based design），是目前主流商用AI软件所处的阶段。此级别AI系统内置丰富的口腔修复学规则库，能够基于输入的牙列缺损信息，自动生成大连接体（如舌杆、腭板）、卡环组件、支托凹及基托范围的初版设计方案[19-20]，大幅降低人工设计工作量。第三级为智能化自适应级（adaptive intelligence），是AI辅助可摘局部义齿设计的未来发展方向。该级别的AI系统具备“生物学感知”能力，可整合对颌牙磨耗面、颞下颌关节运动轨迹及面部扫描数据，构建动态的虚拟患者模型；基于该模型，通过有限元分析（finite element analysis，FEA）的实时反馈，预测不同设计方案下的基牙应力分布，进而自主优化就位道，实现固位稳定性与美学效果的平衡。目前临床应用仍以第二级规则驱动型系统为主，且正逐步集成第三级的应力预测、方案优化等功能，推动技术向智能化升级。

2　AI在可摘局部义齿修复中的应用方向

2.1　数字化印模与多模态数据采集

传统口内扫描仪在硬组织记录方面精度优异，但在扫描可压缩黏膜软组织时，往往只能记录其静止形态，无法反映功能负荷下的黏膜形变特征，尤其在远中游离端缺失的Kennedy分类Ⅰ类、Ⅱ类病例中，这一局限更为突出[21]。为破解该技术瓶颈，基于AI的“数字化压力印模”技术应运而生。该技术借助深度学习算法对口内扫描数据进行语义分割，精准界定软硬组织边界，同时结合不同解剖区域（如主承托区、副承托区）的生物力学特性，预测黏膜在功能负荷下的预压形变量。通过算法仿真，系统可自动生成带有压力补偿的“功能性三维模型”，有效模拟传统取模中边缘整塑与压力印模的效果，提升义齿设计的适配性[22]。

表1　人工智能核心算法在可摘局部义齿修复中的应用对比

Table 1　Comparison of applications of artificial intelligence algorithms in removable partial dentures

Algorithm type	Core logic	Typical scenarios	Advantages	Disadvantages	Representative software/model	Capability level	Current stage
Machine learning	Learning patterns and rules from structured data	Treatment planning, abutment risk assessment, prognosis prediction, and material performance prediction	Suitable for structured data, relatively good interpretability	Difficult to handle high-dimensional complex data, relies on manual feature engineering	①CDSSinRPD[9]; ②RPD abutment selection model[15]; ③Denture material property prediction model[7]	Level 1: analytical support	Laboratory/*in vitro* research
Expert system	Encoding human expert knowledge into rules and logic	Assisted framework design, clinical decision support system	Transparent decision process, easy to understand and modify the rules, suitable for well-defined scenarios	Difficulties with knowledge acquisition, complex rule base maintenance, struggles with ambiguity and uncertainty	①RD-Designer[10]; ②AiDENTAL RPD; ③Surveyor and Designer[20]	Level 2: rule-based design	Commercially available for clinical use
Deep learning	Constructing multi-layer neural networks to learn complex features	Automatic anatomical structure identification, automatic dental arch classification and performance of diagnostics, denture design solution generation assistance	Excels at processing high-dimensional data like images, automatic feature extraction, and powerful performance	Requires massive high-quality data, "black box" models are hard to interpret, and has a high computational demand	①Dental arch classification model[11]; ②TranSDFNet[13]; ③Dentition defect recognition and classification model[17-18]	Level 1: analytical support & level 3: adaptive intelligence	Laboratory/*in vitro* research

此外，为满足复杂病例对美学与功能的双重需求，单一的口内扫描数据已难以支撑全面的智能设计，需引入面部扫描与颅颌面三维影像数据，构建多模态数据体系。对于涉及前牙缺失或需要垂直距离重建的复杂病例，建议采集高精度面部扫描数据，AI算法可通过特征点匹配技术，将口内扫描模型与面部扫描数据进行精准配准，构建"虚拟患者"[23]；在此基础上，智能系统可进一步分析患者的面部中线、瞳孔连线、笑线及唇齿关系，辅助进行符合面部美学标准的人工牙排列与义齿设计[24]。同时，多模态数据的整合应用，对基牙筛选及修复预后评估具有重要意义。将颅颌面三维影像数据纳入采集流程后，AI算法可自动分割牙根与牙槽骨结构[25-26]；未来还可能进一步融合牙根形态、牙周膜面积及骨质密度数据等参数，为智能设计系统提供生物力学边界约束，使AI在规划卡环与支托位置时，能够有效规避牙周储备力不足的基牙，生成兼顾表面形态匹配与内部生物力学安全的综合修复方案。

2.2　智能诊断与术前规划

准确识别牙列缺损类型（即Kennedy分类）是可摘局部义齿设计的首要环节，基于深度学习的计算机视觉技术已实现对口腔多模态数据的精准判读，可完成牙列缺损分类的自动化与标准化识别。Takahashi等[11]采用卷积神经网络对大量牙列缺损影像进行训练，实现了对上下颌牙列Kennedy分类的自动化识别；Liu等[18]进一步引入了最新的分割模型，在增强图像数据集上实现了牙列缺损的高精度分割与识别，为后续修复设计提供了精准的语义输入。Hassan等[17]基于YOLOv8s深度学习架构，通过大规模全景片数据集训练与数据增强，实现了对牙齿的自动检测与Kennedy分类，并能够同步输出缺牙区域测量与分类报告，其检测与分类性能均表现出高精度与高可靠性。

完成牙列缺损基础分类后，基牙的科学选择直接决定义齿的固位、稳定及预后。现阶段AI模型已突破单一形态识别的局限，逐步向多维临床数据融合的综合决策方向发展。吴宇佳等[16]构建了一种基于随机森林机器学习算法的基牙选择模型，通过结构化编码录入患者的牙周状况、牙体牙髓状态、牙齿松动度及位置分布等多维特征参数，可自动输出基牙选择建议；专家评价结果显示，该模型在基牙数目和牙体牙髓状况的判断合理性上表现优异，尤其适用于Kennedy分类Ⅰ类和Ⅱ类远

中游离端缺失病例，为临床医师提供了基于循证数据的客观决策依据参考。

在整合牙列缺损诊断结果与基牙评估信息的基础上，AI系统通过专家规则与案例推理相结合的方式，辅助生成个性化的修复方案。陈昕等[10]开发的专家系统采用逐次多级决策逻辑，通过“缺失牙位—基牙状况—个性化部件”的三级引导模式，辅助医师快速生成标准化的支架设计方案，临床接受率高达97.86%，同时有效解决了传统手工设计单绘图不规范导致的医技沟通障碍。针对规则系统灵活性不足的问题，Chen等[9]进一步提出了基于本体驱动和案例推理的决策支持模型，该模型构建了包含口腔解剖状况与义齿组件的知识图谱，通过算法检索并推荐最匹配的历史临床设计方案，AUC（area under curve）值达0.96，展示了AI利用过往临床大数据辅助决策的巨大潜力。此外，为解决设计方案与临床实施脱节的难题，智能系统正逐渐向术前规划指导延伸，先进的专家系统可根据确定的组件位置，自动生成具体的牙体预备指导方案（如支托凹位置、导平面磨除量等），防止医生遗漏关键步骤，降低了因牙体预备不足导致的义齿返工率[10]。

2.3　智能模型观测与就位道设计

模型观测和就位道设计是可摘局部义齿设计中极具挑战性和经验依赖性的环节。传统模型观测仪操作繁琐，仅能在单一平面上进行测量，难以全面兼顾多颗基牙的倒凹分布状况，易导致就位道设计不合理，影响义齿固位与稳定。AI驱动的智能模型观测技术，有效突破了传统观测模式的局限，提升了操作的便捷性与设计效率[20-21]。AI算法依托算力开展遍历计算，无需依赖医师进行“试凑”或“目测”确定角度，而是通过对所有潜在就位角度进行系统筛选，最终明确“共同就位道”的数学最优解。其目标是在确保所选基牙的固位体能进入预设倒凹深度、保障固位效果的同时，最大限度消除非倒凹区硬组织干扰，并尽可能减少前牙区因就位道倾斜而产生的“黑三角”美学缺陷。

导平面和倒凹是保证可摘局部义齿固位、稳定和支持功能的关键因素。AI能够精确地分析三维模型，自动识别和量化基牙上的倒凹区域，并根据预设的固位要求（如卡环臂尖进入倒凹的深度）进行可视化标记。同时，AI可辅助完成导平面设计，确保其与就位道保持平行，从而提高义齿的就位精度和稳定性。Eldamy等[27]比较了不同设计软件在可摘局部义齿设计中的应用效果，发现专用牙科AI软件在临床适应性和固位力计算方面，优于通用设计软件。未来的AI系统将进一步实现阻碍就位的牙体区域的自动标记，以色谱图的形式定量呈现需调磨的牙体量。例如，系统会提示“左下5远中邻面需预备0.5 mm以形成导平面”，这种量化指导相较于肉眼判断的“少量调磨”更为精准。同时，AI亦可精确计算卡环固位臂尖端的最佳放置位置，确保其位于倒凹区内，而卡环的坚硬部分位于非倒凹区，既保证义齿具备足够固位力，又可避免对基牙产生侧向扭力，降低基牙损伤风险。

2.4　可摘局部义齿的智能化设计

在确定最终就位道的基础上，AI可进一步完成可摘局部义齿支架的智能化生成，该过程主要依托规则驱动的参数化设计与深度学习技术的结合。AI系统可基于前期完成的Kennedy分类及生物力学原则，自动从预设组件数据库中调用适配的模型，生成与患者口腔解剖形态精准贴合的大连接体、小连接体及殆支托。Mahrous等[20]研发的AI测量与设计系统（AiDENTAL），内置算法驱动的支架生成模块，临床医师仅需确认主要参数，软件即可在三维模型上自动生成与解剖形态紧密贴合的卡环、支托及大连接体，同时支持导出包含详细设计参数的PDF文件或STL模型，打通临床设计与加工制造的数字化智能化路径，提升工作效率与设计准确性。除了基于规则和宏观参数的整体系统设计外，针对可摘局部义齿中拓扑结构极其复杂且对固位至关重要的关键组件（如卡环），前沿的深度学习生成算法亦提供了突破性的解决方案。Shen等[13]提出了一种结合截断符号距离场与Transformer自注意力机制的端到端深度学习框架。该算法仅需输入选定的基牙三维模型，即可通过底层数据驱动，自动生成表面平滑且与解剖形态高度贴合的个性化卡环实体，为可摘局部义齿组件的生成提供了智能方案。

此外，AI在可摘局部义齿应力分布预测方面也显现出一定的优势。Zhu等[21]的综述强调了有限元分析在可摘局部义齿设计中的价值，并指出AI与FEA的融合是实现修复设计自动优化的关键。Chen等[28]开发了一种全自动形状优化程序，采用双向进化结构优化技术，构建患者特异性颌骨—黏膜—义齿复合体有限元模型，通过模拟咀嚼负荷下的应力传导过程，算法进行迭代计算，可

自动识别基托与黏膜界面的应力集中高风险区域并增加材料厚度，同时识别低应力区域并移除冗余材料，最终使黏膜峰值接触压力降低70%，显著提升压力分布的均匀性。尽管该算法未涉及深度学习技术，但其所具备的“自动化决策”与“最优解搜索”能力，仍是可摘局部义齿智能化诊疗的重要组成部分。未来的技术趋势是将AI的快速生成能力与双向渐进结构优化法（bi-evolutionary structural optimization，BESO）的生物力学验证优势相结合，建立“AI生成初态+力学算法精修”的混合驱动模式，可实现修复方案在美学呈现、功能适配与生物力学安全方面的优化。

2.5　智能排牙与咬合设计

智能排牙与咬合设计是可摘局部义齿修复中兼顾功能与美学的关键环节，AI技术的介入有效破解了传统排牙依赖技师经验、美学适配性不足、咬合调整繁琐等难题。可摘局部义齿AI智能排牙系统基于海量牙齿形态数据库，结合患者剩余牙列的邻接关系、咬合平面及对颌牙形态，通过算法自动检索、匹配最优人工牙型号。Cho等[29]和Çakmak等[30]的研究表明，基于深度学习的设计方法，在固定修复领域的前、后牙冠设计中，其时间效率、咬合接触点分布及形态美学方面，已达到甚至超越人工设计水平，为该技术向可摘局部义齿领域的延伸应用奠定了坚实基础。

在美学特征匹配方面，生成式AI的应用前景广阔。结合面部扫描数据，AI系统可结合患者的面型、年龄及性别，智能推荐人工牙的形态与个性化排牙方案，避免传统排牙千篇一律的“假牙感”。尽管目前该领域的研究多集中在固定义齿修复，但随着技术的不断迭代，相关核心算法与技术路径必将逐步向可摘局部义齿修复领域转化应用，未来有望实现兼顾咬合功能稳定性与美学自然性的可摘局部义齿智能排牙方案的全自动生成。

3　AI应用于可摘局部义齿修复的标准化操作流程

3.1　多模态数据采集规范

标准化数据采集是AI发挥效能的前提。对于Kennedy分类Ⅲ类、Ⅳ类牙支持式可摘局部义齿，推荐采用全数字化口内扫描流程。扫描时不仅要获取清晰的牙列数据，还需完整扫描余留牙的颊舌侧倒凹区以及硬腭、舌侧口底等大连接体覆盖区域的软组织形态。利用AI算法自动识别并修整扫描过程中的软组织伪影，即可满足精度要求。对于Kennedy分类Ⅰ类、Ⅱ类混合支持式可摘局部义齿，推荐采用“混合印模策略”。即首先利用个别托盘制取包含功能性边缘整塑和压力印模的传统印模，直接或灌注模型后进行高精度台式扫描；或者在口内扫描的基础上，结合数字化个别托盘进行二次印模扫描，以确保游离端黏膜形态的真实性。在咬合记录方面，必须在口内处于正中关系（centric relation，CR）或牙尖交错位（intercuspal position，ICP）最稳定状态下进行双侧颊面扫描，针对咬合不稳定病例，建议采用数字化𬌗堤辅助确定咬合关系，保障咬合记录的准确性。

此外，面对复杂病例时，为了实现美学与功能的统一，AI技术可以构建虚拟患者。即在静态口内扫描数据的基础上，进一步采集患者面部形态与下颌运动动态数据：通过面部扫描获取患者静息、微笑时的唇齿关系，借助下颌运动分析及记录系统采集患者个性化下颌运动轨迹，通过AI配准技术将上述多模态数据进行三维整合，以用于AI辅助美学设计和功能分析。

3.2　AI辅助可摘局部义齿设计

AI辅助可摘局部义齿设计的核心是构建了一个从特征识别到力学优化的闭环系统。该流程以深度学习精准语义分割为起点，系统可自动识别缺损类型与关键解剖标志，通过三维空间遍历计算，寻找兼顾倒凹固位需求与美学呈现的最佳共同就位道。在此基础上，算法依据口腔解剖学原则与生物力学核心要求，自动生成义齿各组件，并结合基牙牙周状态、牙体形态等个体特征设计卡环类型与放置位置。最终，通过模拟咀嚼负荷下的应力传导，自适应调整基托厚度与形态，优化应力分布，实现从“解剖适配”到“生物力学功能适配”。

需要明确的是，当前AI辅助设计尚未达到全自动程度，临床医师需通过交互界面对AI草案进行校验与调整，确保最终方案既符合算法逻辑，又满足临床个性化需求。首先，医师需审查AI生成的就位道方向的合理性，检查倒凹填补是否恰当，避免因过度填倒凹导致固位力不足，或填补不足导致义齿无法就位。其次，在AI生成可摘局部义齿组件后，重点检查卡环臂尖是否准确进入设计的倒凹深度，大连接体是否避开了龈缘，以及𬌗支托是否有足够的厚度，支点线的分布是否合理，间接固位体的设置是否有效防止义齿转动等。最

后，在完成数字化排牙后，逐一校验义齿覆𬌗、覆盖关系的合理性，同时评估人工牙排列的美学效果，确保修复方案兼顾功能稳定性与美学自然性。

3.3　数字化导板生成与精准牙体预备

在AI辅助可摘局部义齿修复的标准化路径中，数字化导板技术是连接虚拟设计与实体修复、实现“所见即所得”修复目标的关键环节。传统徒手牙体预备难以精确复现软件规划的共同就位道及标准化的支托凹深度，常导致义齿就位困难或固位功能不佳，成为影响修复质量的重要问题。因此，在完成义齿支架的AI设计后，应基于已确定的共同就位道参数，自动生成包含导平面角度约束、支托凹深度定位及边界范围界定的牙体预备导板数据。采用3D打印技术制作导板后，临床医师须严格利用其物理约束进行牙体制备，从而精准确立预定的就位道方向。研究证实，应用导板辅助预备能将导平面的制备误差控制在微米级，提升口内实际形态与设计模型的一致性，从而减少因预备问题导致的返工或调整[31]。对于复杂病例，建议在预备完成后进行二次扫描与AI设计方案比对验证，必要时进行预备量的调整或设计方案的微调，以形成完整的质量控制闭环。

3.4　数据输出与智能制造

经临床医师审核确认的最终设计方案，以标准曲面细分语言（standard tessellation language，STL）格式输出至制造终端，进入实体义齿的制造环节。目前，可摘局部义齿的制造主要依托增材制造（3D打印）与减材制造（数控切削）两大技术路径。对于金属支架的制作，选择性激光熔化（selective laser melting，SLM）技术因其能直接成型复杂的网状结构与微小卡环，且材料利用率高，已成为主流推荐工艺。在数据预处理阶段，AI识别义齿支架的悬空结构与细微倒凹，自动生成最优化的支撑策略，在保证打印成功率的同时尽量避开关键的组织面和卡环尖端，从而减少后处理工作量。针对金属3D打印（SLM）中常见的热变形问题，基于机器学习的补偿算法能够提前预测烧结过程中的收缩与翘曲趋势，自动对STL模型进行反向几何补偿，确保最终成品的尺寸精度控制在临床允许的微小误差范围内。在基托与人工牙的制造上，3D打印树脂及预成切削树脂盘正逐渐取代传统充胶。但在进行3D打印时，需严格控制打印层厚与光固化参数，以确保义齿的力学强度与生物相容性。

4　AI辅助可摘局部义齿修复的临床应用证据与评价

目前，AI在可摘局部义齿修复领域的应用已经积累了一定证据，主要体现在其在诊断、设计效率和修复体质量方面的提升。

在诊断与规划准确性方面，AI在牙弓智能分类任务中表现优异。Takahashi等[11]采用卷积神经网络对牙弓图像进行分类，上颌和下颌的准确率分别高达99.5%和99.7%。Hassan等[17]基于YOLOv8s架构开发的Kennedy分类系统，在牙齿检测中平均精度均值达到98.1%，分类任务的综合F1值达到0.939，实现了检测与分类的高精度平衡。吴宇佳等[16]通过机器学习模型评估了可摘局部义齿基牙选择的合理性，结果显示该模型在不同Kennedy分类的牙列缺损模型中具有较好的合理性，可作为临床决策参考。

在教育与培训方面，AI也显示出积极效果。Chantanahom等[32]和Siu等[33]的研究发现，使用计算机辅助学习和3D模拟软件的教学模式，可显著提升学生在可摘局部义齿设计测试中的成绩，且学习满意度显著高于传统教学组。这表明AI不仅能辅助临床实践，也是提升低年资医生设计能力、规范诊疗思维的有效工具。

尽管AI在可摘局部义齿修复中展现出巨大潜力，但仍存在诸多局限性与研究空白。Ali等[7]的综述指出，当前AI应用仍主要集中在诊断方面，针对治疗规划的研究相对有限。Tabatabaian等[34]和Revilla-León等[35]的综述也强调，尽管AI模型在义齿修复领域表现出可接受的准确性，但缺乏充分的临床验证。Zhu等[21]提出当前可摘局部义齿设计相关的有限元分析模型，普遍缺乏患者特异性因素考量，导致力学模拟结果与临床实际情况存在偏差，影响AI优化设计的临床适配性。

此外，AI的角色定位仍需明确，其核心价值在于辅助与增强医师诊疗能力，而非完全替代人工。Cho等[36]的研究表明，深度学习工作流程虽能显著提高设计效率、降低技师间操作差异，但人类专业知识在修复体定量评估和定性判断中仍发挥不可替代的作用。同时，多数AI模型目前仍处于基础研究阶段，缺乏大规模、长期随访的临床试验数据，其长期临床效果与安全性未得到充分验证。

综上所述，当前关于AI辅助可摘局部义齿修复的临床研究尚存在一定不足，多数研究仍停留在体外实验或回顾性数据集的验证阶段。未来应

开展大样本、多中心、双盲的随机对照临床试验，并明确设定核心结局指标，包括但不限于义齿的长期存留率与成功率、基牙及牙周组织的并发症发生率、咀嚼效能客观评估以及基于量表的患者报告结局（如美观满意度、舒适度等），从而为AI技术的全面临床转化提供可靠的循证医学证据。

5　AI辅助可摘局部义齿修复的质量控制与伦理考量

5.1　质量控制

尽管AI技术日益成熟，但全程的质量控制仍是保障临床应用安全性和有效性的核心环节。首先，需正视AI在处理口腔软组织弹性形变方面的局限性。对于牙槽嵴严重低平、黏膜松软或存在多颗松动牙的复杂病例，AI的模拟往往难以复现临床实际，因此建议在此类病例中采用传统印模技术与数字化技术结合的方式，或在义齿试戴阶段通过临床重衬处理进一步提升修复体适配性。其次，应建立可摘局部义齿AI设计的“安全红线”机制。软件系统需内置强制性规则，例如，严禁设计对基牙产生持续侧向扭力的卡环组件，严禁连接体厚度低于材料疲劳极限等。任何突破安全红线的设计都应被系统拦截并强制要求修改。最后，应关注并提升输入数据质量。Umer等[37]指出，数据质量是决定AI模型性能的关键，必须警惕因训练数据单一导致的算法偏见，行业应致力于建立多中心、高质量的标准数据集。

5.2　伦理与责任

随着AI在可摘局部义齿修复诊疗中介入深度的不断提升，伦理与法律责任界定成为亟待明确的核心问题。Ducret等[38]探讨了欧盟AI法案对牙科AI系统的影响，强调了算法透明度（explainability）和以人为本的重要性。在现行医疗法律框架下，AI仅作为辅助医疗工具，不具备医疗主体资格。最终的诊疗方案及义齿设计必须由执业医师进行签名确认。若因设计不当导致医疗纠纷，最终医疗责任由确认方案的医师或技师承担，而非AI算法本身[39-40]。此外，在利用云端AI进行数据处理时，必须严格遵守数据脱敏与隐私保护法规，严防患者的面部扫描、口腔数据及个人信息泄露或滥用[41-42]。特别是在应用生成式AI进行治疗效果预测时，需警惕算法生成过度完美但临床无法实现的虚拟图像，避免因误导性展示而引发因患者预期提高而产生的医疗纠纷。随着我国《生成式人工智能服务管理暂行办法》《互联网诊疗管理办法（试行）》等法规的相继出台，数据安全与算法备案机制已初步建立。然而，针对口腔专科领域，尤其是数字化修复的细则仍有待完善。未来国内相关法律法规的建立应重点关注以下条款：一是确立AI医疗软件的三类医疗器械审批标准与准入机制；二是明确“医—技—机”多主体协同下的医疗损害责任分摊原则；三是强化针对口腔三维扫描及面部特征数据的专项隐私保护与脱敏存储规范；四是要求AI算法模型提供可解释性报告，确保临床医生对智能生成方案具有实质性审查能力，从而为AI技术在包括但不限于可摘局部义齿修复的口腔数字化领域长远规范发展保驾护航。

6　未来展望

展望未来，AI在可摘局部义齿领域的应用将向更深层次、更精细化方向迭代演进，逐步实现从“形态适配”向“功能优化”“个性化定制”及“医疗均质化”的跨越。其一，功能性AI模拟将成为临床标配，未来的智能系统将整合下颌运动数据，实时模拟义齿在咀嚼周期中的动态稳定性，从而在设计阶段即消除潜在的创伤性殆力。其二，材料与设计的一体化融合将成为核心发展趋势，AI算法可基于新型生物材料的力学特性，自动调整支架的截面形态与厚度，实现材料特性与结构设计的最佳匹配。其三，生成式AI将进一步突破现有规则约束，能够根据患者的微表情和发音习惯，生成独一无二的个性化排牙方案。其四，AI技术有望成为破解医疗资源分布不均的重要途径，依托标准化智能设计能力与远程医疗平台，构建“基层数据采集—云端AI设计—中心工厂制造”的协同诊疗模式，有效弥补偏远地区修复专科人才匮乏的短板，推动口腔修复医疗服务同质化发展。为支撑上述技术突破，笔者呼吁行业内加强协同合作，构建涵盖不同牙列缺损类型、牙槽骨吸收程度及软组织特性的可摘局部义齿标准标注数据集，打破数据孤岛，为AI算法的持续迭代与临床转化提供坚实的数据支撑。

【Author contributions】 Feng Y conceptualized and wrote the article Wang F and Feng ZH revised the article. Niu LN conceptualized and reviewed the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

【Ethics statement】 The authors have nothing to report.

【Funding】 This study was supported by the grant from Research Innovation Team Project of Shaanxi Provincial Health Commission (No.

2025TD-18). The funder had no role in the study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

【Competing interests】 All authors have completed the ICMJE uniform disclosure form at www.icmje.org/disclosure-of-interest/ and declare: support from the Research Innovation Team Project of Shaanxi Provincial Health Commission (No. 2025TD-18) for the submitted work; no financial relationships with any organisations that might have an interest in the submitted work in the previous three years; no other relationships or activities that could appear to have influenced the submitted work. Niu LN is an Editorial Board Member and Vice Editor-in-Chief of the *Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases*. Niu LN had no involvement in the peer review of this article and had no access to information regarding its peer review.

【Data availability statement】 Data sharing is not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study.

【Generative AI statement】 The authors declared that generative AI was not used in the creation of this manuscript.

参考文献

[1] Chen HM, Shen K, Ji L, et al. Global and regional patterns in edentulism (1990-2021) with predictions to 2040[J]. Int Dent J, 2025, 75(2): 735-743. doi: 10.1016/j.identj.2024.11.022.

[2] Alamoush RA, Abu-Mahfouz HN, Rahhal RJ, et al. Impact of a removable prosthesis on chewing ability, quality of life, and patient satisfaction[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 39038. doi: 10.1038/s41598-025-23340-0.

[3] Feng Y, Feng Z, Li J, et al. Expert consensus on digital restoration of complete dentures[J]. Int J Oral Sci, 2025, 17(1): 58. doi: 10.1038/s41368-025-00388-2.

[4] Manoharan PS, Wase PR, Sivakumar S. Challenges and solutions in clinical workflow for the rehabilitation of completely edentulous patients through CAD/CAM dentures: a case study[J]. Cureus, 2024, 16(3): e55394. doi: 10.7759/cureus.55394.

[5] 吕培军, 李国珍, 王勇, 等. 人工智能专家系统在口腔修复中的应用[J]. 中华口腔医学杂志, 1996, 31(6): 367-369.
Lv PJ, Li GZ, Wang Y, et al. Application of artificial intelligence expert system in prosthodontics[J]. Chin J Stomatol, 1996, 31(6): 367-369.

[6] Pareek M, Kaushik B. Artificial intelligence in prosthodontics: a scoping review on current applications and future possibilities[J]. Int J Adv Med, 2022, 9(3): 367-370. doi: 10.18203/2349-3933.ijam20220444.

[7] Ali IE, Tanikawa C, Chikai M, et al. Applications and performance of artificial intelligence models in removable prosthodontics: a literature review[J]. J Prosthodont Res, 2024, 68(3): 358-367. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00073.

[8] Revilla-León M, Kois DE, Zeitler JM, et al. An overview of the digital occlusion technologies: intraoral scanners, jaw tracking systems, and computerized occlusal analysis devices[J]. J Esthet Restor Dent, 2023, 35(5): 735-744. doi: 10.1111/jerd.13044.

[9] Chen Q, Wu J, Li S, et al. An ontology-driven, case-based clinical decision support model for removable partial denture design[J]. Sci Rep, 2016, 6: 27855. doi: 10.1038/srep27855.

[10] 陈昕, 毛渤淳, 解晨阳, 等. 一种逐次多级专家系统辅助的可摘局部义齿支架修复技术[J]. 华西口腔医学杂志, 2020, 38(4): 475-478. doi: 10.7518/hxkq.2020.04.022.
Chen X, Mao BC, Xie CY, et al. A technique to design the framework of removable partial denture by multi-stage expert system[J]. West Chin J Stomatol, 2020, 38(4): 475-478. doi: 10.7518/hxkq.2020.04.022.

[11] Takahashi T, Nozaki K, Gonda T, et al. A system for designing removable partial dentures using artificial intelligence. Part 1. Classification of partially edentulous arches using a convolutional neural network[J]. J Prosthodont Res, 2021, 65(1): 115-118. doi: 10.2186/jpr.JPOR_2019_354.

[12] Mahrous A, Botsko DL, Elgreatly A, et al. The use of artificial intelligence and game-based learning in removable partial denture design: a comparative study[J]. J Dent Educ, 2023, 87(8): 1188-1199. doi: 10.1002/jdd.13225.

[13] Shen X, Zhang C, Jia X, et al. TranSDFNet: transformer-based truncated signed distance fields for the shape design of removable partial denture clasps[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2023, 27(10): 4950-4960. doi: 10.1109/JBHI.2023.3295387.

[14] Broll A, Goldhacker M, Hahnel S, et al. Generative deep learning approaches for the design of dental restorations: a narrative review[J]. J Dent, 2024, 145: 104988. doi: 10.1016/j.jdent.2024.104988.

[15] Tian S, Wang M, Dai N, et al. DCPR-GAN: dental crown prosthesis restoration using two-stage generative adversarial networks[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2022, 26(1): 151-160. doi: 10.1109/JBHI.2021.3119394.

[16] 吴宇佳, 周崇阳, 徐子能, 等. 基于机器学习的可摘局部义齿基牙选择模型的合理性评价[J]. 中国实用口腔科杂志, 2023, 16(3): 333-338. doi: 10.19538/j.kq.2023.03.014.
Wu YJ, Zhou CY, Xu ZN, et al. Rationality evaluation of the machine learning-based removable partial denture abutment selection model[J]. Chin J Pract Stomatol, 2023, 16(3): 333-338. doi: 10.19538/j.kq.2023.03.014.

[17] Hassan NA, Abdelmongi A, Magdi S, et al. A novel artificial intelligence approach to Kennedy classification for partially edentulous patients using panoramic radiographs[J]. Eur J Prosthodont Restor Dent, 2025, 33(2): 155-163. doi: 10.1922/EJPRD_2801Hassan09.

[18] Liu X, Lin W. Ai-powered dental defect recognition for removable partial denture design[J]. Int Dent J, 2025, 75: 105201. doi: 10.1016/j.identj.2025.105201.

[19] Chen Q, Lin S, Wu J, et al. Automatic drawing of customized removable partial denture diagrams based on textual design for the clinical decision support system[J]. J Oral Sci, 2020, 62(2): 236-238. doi: 10.2334/josnusd.19-0138.

[20] Mahrous A, Botsko DL, El-Gendy T, et al. Enhancing digital workflows for removable partial dentures: a novel diagnostic surveyor and designer[J]. J Prosthodont, 2026, 35(1): 102-107. doi: 10.1111/jopr.14059.

[21] Zhu Y, Hu J, Luo B, et al. Biomechanical considerations in RPD design: application and perspective of finite element method in

distal extension removable partial denture rehabilitation[J]. Front Dent Med, 2025, 6: 1667504. doi: 10.3389/fdmed.2025.1667504.

[22] 邬雪颖, 龚志成, 房硕博, 等. 用于口内三维模型的数字化压力印模的系统、方法和电子装置: CN202510741734.3[P]. 2025-08-29.
Wu XY, Gong ZC, Fang SB, et al. System, method, and electronic device for digital pressure impression of intraoral 3D models: CN202510741734.3 [P]. 2025-08-29.

[23] Jindanil T, Burlacu-Vatamanu OE, Meyns J, et al. Automated orofacial virtual patient creation: a proof of concept[J]. J Dent, 2024, 150: 105387. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105387.

[24] Baaj RE, Alangari TA. Artificial intelligence applications in smile design dentistry: a scoping review[J]. J Prosthodont, 2025, 34(4): 341-349. doi: 10.1111/jopr.14000.

[25] Fontenele RC, Gerhardt MDN, Picoli FF, et al. Convolutional neural network-based automated maxillary alveolar bone segmentation on cone-beam computed tomography images[J]. Clin Oral Implants Res, 2023, 34(6): 565-574. doi: 10.1111/clr.14063.

[26] Mohammed M, Fernandez-Medina T, Rajashekhar M, et al. Alveolar bone segmentation methods in assessing the effectiveness of periodontal defect regeneration through machine learning of CBCT data: a systematic review[J]. Int J Biomed Imaging, 2025, 2025: 9065572. doi: 10.1155/ijbi/9065572.

[27] Eldahmy LS, Sabet ME, Rizk FN, et al. Evaluation of non-dental open source software in comparison to dental software in construction of digitally designed partial dentures frameworks[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 27501. doi: 10.1038/s41598-025-12403-x.

[28] Chen J, Ahmad R, Suenaga H, et al. Shape optimization for additive manufacturing of removable partial dentures: a new paradigm for prosthetic CAD/CAM[J]. PLoS One, 2015, 10(7): e0132552. doi: 10.1371/journal.pone.0132552.

[29] Cho JH, Çakmak G, Choi J, et al. Deep learning-designed implant-supported posterior crowns: assessing time efficiency, tooth morphology, emergence profile, occlusion, and proximal contacts[J]. J Dent, 2024, 147: 105142. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105142.

[30] Çakmak G, Cho JH, Choi J, et al. Can deep learning-designed anterior tooth-borne crown fulfill morphologic, aesthetic, and functional criteria in clinical practice?[J]. J Dent, 2024, 150: 105368. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105368.

[31] Bai H, Ye H, Chen H, et al. Preparing guiding planes for removable partial dentures: an *in vitro* comparison between assisted CAD-CAM template procedure and freehand preparation[J]. J Dent, 2022, 123: 104166. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104166.

[32] Chantanahom P, Rungsiyakull C, Sukapattee M, et al. Effects of computer-assisted learning for removable partial denture design on learning outcomes and satisfaction[J]. BMC Med Educ, 2025, 25(1): 104. doi: 10.1186/s12909-025-06703-z.

[33] Siu Y, Bai H, Yoon JM, et al. Enhancing preclinical training for removable partial dentures through participatory 3D simulation: development and usability study[J]. JMIR Med Educ, 2025, 11: e71743. doi: 10.2196/71743.

[34] Tabatabaian F, Vora SR, Mirabbasi S. Applications, functions, and accuracy of artificial intelligence in restorative dentistry: a literature review[J]. J Esthet Restor Dent, 2023, 35(6): 842-859. doi: 10.1111/jerd.13079.

[35] Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, et al. Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: a systematic review[J]. J Prosthet Dent, 2023, 129(2): 276-292. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.06.001.

[36] Cho JH, Yoon HI, Yilmaz B, et al. Benchmarking deep learning-designed inlay restorations across operator experience: an *in vitro* comparison of time efficiency, contact intensity, and contour quality[J]. J Dent, 2025, 162: 106083. doi: 10.1016/j.jdent.2025.106083.

[37] Umer F, Adnan N. Generative artificial intelligence: synthetic datasets in dentistry[J]. BDJ Open, 2024, 10(1): 13. doi: 10.1038/s41405-024-00198-4.

[38] Ducret M, Wahal E, Gruson D, et al. Trustworthy artificial intelligence in dentistry: learnings from the EU AI act[J]. J Dent Res, 2024, 103(11): 1051-1056. doi: 10.1177/00220345241271160.

[39] Göndöcs D, Dörfler V. AI in medical diagnosis: AI prediction & human judgment[J]. Artif Intell Med, 2024, 149: 102769. doi: 10.1016/j.artmed.2024.102769.

[40] Zhang J, Zhang ZM. Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2023, 23(1): 7. doi: 10.1186/s12911-023-02103-9.

[41] Tuygunov N, Samaranayake L, Khurshid Z, et al. The transformative role of artificial intelligence in dentistry: a comprehensive overview part 2: the promise and perils, and the international dental federation communique[J]. Int Dent J, 2025, 75(2): 397-404. doi: 10.1016/j.identj.2025.02.006.

[42] Liu TY, Lee KH, Mukundan A, et al. AI in dentistry: innovations, ethical considerations, and integration barriers[J]. Bioengineering, 2025, 12(9): 928. doi: 10.3390/bioengineering12090928.

（编辑　周春华，曾曙光）

Open Access
This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Copyright © 2026 by Editorial Department of Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases

官网



【通信作者】 牛丽娜，教授/主任医师、博士研究生导师，现任空军军医大学第三附属医院（口腔医院）院长，国家杰出青年科学基金、国家优秀青年科学基金获得者。兼任中华口腔医学会口腔修复专业委员会副主委；*Journal of Dentistry* 副主编，《口腔疾病防治》副主编，*Journal of Orthopaedic Translation*、《口腔生物医学》等期刊编委。主持青年863项目等20项基金。以第一/通信作者在 *Nature Materials* 等国际高影响力期刊发表SCI论文100余篇。荣获教育部科技进步奖等省部级一等奖4项。入选全球前2%顶尖科学家榜单，曾获世界牙科研究协会百年新兴领袖奖、第四届国之名医-青年新锐奖、树兰医学青年奖等。率团队先后荣获陕西省高校青年创新团队、陕西省科技创新团队及三秦学者创新团队称号。



【作者简介】 冯玥，副研究员，陕西省口腔医学会口腔修复专业委员会青年委员，从事数字化固定及可摘修复技术的临床与转化研究。以第一/共同第一作者在 *International Journal of Oral Science* 等期刊发表SCI论文8篇，中文核心论文2篇。参与发布数字化全口义齿国际专家共识1项；起草团体标准2项。获授权国家专利6项，完成专利转化1项。参译专著3部，参编专著2部。