

## · 专家笔谈 ·

## 数字化技术在全口义齿修复中的应用和体会

冯志宏

空军军医大学口腔医学院 口腔颌面系统重建与再生全国重点实验室  
国家口腔疾病临床医学研究中心 陕西省口腔医学重点实验室 西安 710032

**[摘要]** 随着口腔医学数字化技术的快速发展, 其已日益深入地应用于全口义齿修复的各个环节。以计算机辅助设计和计算机辅助制造 (CAD/CAM) 为核心, 整合口内扫描、面部扫描、3D 打印以及数控切削的数字化技术已经给全口义齿的修复流程带来了巨大的变化。本文就无牙颌数字化初模型、初步颌位关系记录、个别托盘复合体设计制作、无牙颌数字化终模型及最终颌位关系获取、全口义齿的数字化制作 5 个主要环节, 探讨数字化技术在全口义齿修复中应用的注意事项及体会。相较依赖经验和手工操作的传统模式, 数字化技术已经能够提高全口义齿修复的精度、可预测性和效率, 同时减少就诊次数, 提升患者的舒适度和就诊体验。然而, 目前并未实现全口义齿修复的全程数字化, 数字化技术与全口义齿修复的交叉融合、临床应用仍面临诸多亟待规范和深入研究的问题。

**[关键词]** 全口义齿; 数字化技术; 口内扫描; 3D 打印; 数控切削

**[中图分类号]** R783.4 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025102

开放科学 (资源服务)  
标识码 (OSID)**Application and experience of digital technology in complete denture restoration**

Feng Zhihong

School of Stomatology, Air Force Medical University, State Key Laboratory of Oral &amp; Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, National Clinical Research Center for Oral Diseases, Shaanxi Key Laboratory of Stomatology, Xi'an 710032, China

Supported by: Innovation Capability Support Program in Shaanxi Province (2023-CX-PT-27); National Clinical Research Center for Oral Diseases General Program (LCB202403)

Correspondence: Feng Zhihong, Email: 398823267@qq.com

**[Abstract]** With the rapid development of digital technology in stomatology, it has been increasingly applied in all aspects of complete denture restoration. With computer aided design and computer aided manufacturing (CAD/CAM) as the core, digital technology integrating intraoral scanning, face scanning, 3D printing and computer numerical control cutting has brought great changes to the restoration process of full dentures. This paper discusses the attention and experience of the application of digital technology in complete denture restoration from five main links: the preliminary digital model of edentulous jaw, the record of preliminary law relationship, the design and production of individual tray complex, the master digital model of edentulous jaw and the acquisition of final jaw relationship, and the digital production of complete denture. Compared to traditional models that rely on experience and manual operation, digital technology has been able to improve the accuracy, predictability and efficiency of complete denture restoration, while reducing the number of visits and improving patient comfort and experience. However, the whole-process digitalization of complete denture restoration

has not been realized at present, and the cross-fusion and clinical application of digital technology and complete denture restoration still face many problems that need to be standardized and further studied.

**[Key words]** complete denture; digital technology; intraoral scanning; 3D printing; numerical control cutting

[收稿日期] 2025-06-04; [修回日期] 2025-08-20

[基金项目] 陕西省创新能力支撑计划 (2023-CX-PT-27); 国家口腔疾病临床医学研究中心项目 (LCB202403)

[作者简介] 冯志宏, 副教授, 博士, Email: 398823267@qq.com

[通信作者] 冯志宏, 副教授, 博士, Email: 398823267@qq.com

牙列缺失是口腔修复领域的常见病、多发病<sup>[1]</sup>。全口义齿是恢复牙列缺失（无牙颌）患者口腔功能和美观的重要手段<sup>[2]</sup>。然而，传统全口义齿修复流程复杂，技术敏感性高，且存在印模材料变形<sup>[3]</sup>、模型石膏变形、基托蜡型变形、充胶树脂固化变形等多环节误差积累<sup>[4-6]</sup>，常会导致全口义齿修复效果欠佳的现象。从初诊到最终义齿戴入，患者需要就诊多次<sup>[7]</sup>，为老年患者带来了极大的不便<sup>[8]</sup>。

近年来，数字化技术在口腔医学领域的快速发展为全口义齿修复带来新的机遇<sup>[7-10]</sup>。口内扫描、面部扫描、计算机辅助设计和计算机辅助制造（computer aided design and computer aided manufacturing, CAD/CAM）等技术的应用，使全口义齿修复进入数字化时代。与传统方法相比，从无牙颌数字化初模型获取、个别托盘复合体的数字化设计打印，义齿的数字化设计及制作等多个环节，在很大程度上降低了医师和技师操作的敏感性、提高了工作效率和义齿精度，减少了人为误差，缩短了诊疗周期，并为患者提供更加优质的就诊体验<sup>[11-13]</sup>。

然而，目前数字化技术在全口义齿修复的临床应用中仍存在一些困惑，如无牙颌数字化初模型的要求、获取方式（直接口内扫描或扫描藻酸盐初印模或扫描石膏初模型）及病例选择；单颌

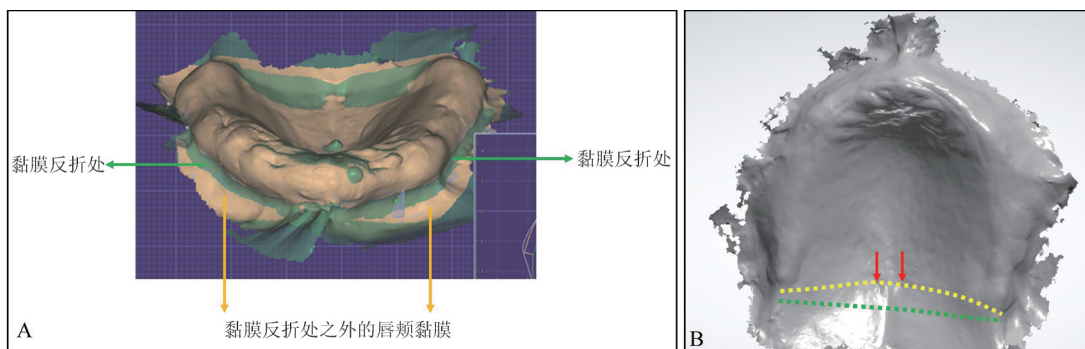
或双颌无牙颌初步颌位关系的记录；个别托盘复合体的数字化设计方式；印模终止器的设计形式及应用特点；可组装拆卸式哥特式弓的设计及应用；全口义齿的数字化制作方式的选择等。本文主要围绕上述几个方面，根据文献学习及作者的临床工作进行阐述，以供参考。

## 1 无牙颌数字化初模型

### 1.1 无牙颌数字化初模型的要求

无牙颌数字化初模型是设计制作个别托盘的重要参考，一是要全，能够包括全口义齿修复相关的重要解剖标志（如腭小凹、磨牙后垫等），同时扫描记录的范围要充足；二是要精准，避免较大误差，否则将对设计制作个别托盘造成误导。

1.1.1 上颌无牙颌数字化初模型的范围要求 除了牙槽嵴的唇颊面、前庭沟外，最好能包括部分唇颊黏膜，以便于清晰地分辨黏膜反折处的位置（图1）。该处缩短2~3 mm即为个别托盘唇颊侧边缘的位置。后缘需超过翼上颌切迹与腭小凹连线向后延伸4~5 mm（图1），即上颌个别托盘后缘设计在翼上颌切迹与腭小凹连线后4~5 mm处<sup>[14]</sup>，以确保上颌后堤区整塑时的边缘整塑蜡或边缘整塑硅橡胶有硬性树脂托盘支撑，才能起到良好堤区整塑效果（图2）。



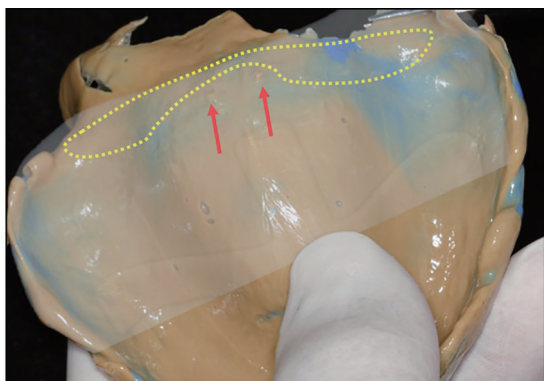
A: 黄色箭头所示区域为唇颊黏膜，绿色箭头所示为黏膜反折处；B: 红色箭头所示为腭小凹，黄色虚线为翼上颌切迹与腭小凹连线，绿色虚线为翼上颌切迹与腭小凹连线后4~5 mm的位置。

图 1 口内扫描获取良好的上颌无牙颌数字化初模型

Fig 1 A well-digitalized initial model of the edentulous maxilla obtained through intraoral scanning

1.1.2 下颌无牙颌数字化初模型的范围要求 牙槽嵴的唇颊面、前庭沟及部分唇颊黏膜区的扫描范围同1.1.1。向后需包括磨牙后垫，内侧除牙槽嵴的舌侧面、舌侧翼缘区外，最好能包括少部分口底，以便于技师清晰知晓个别托盘在舌侧的边缘位置（图3）。

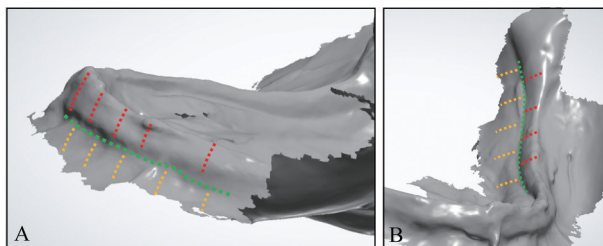
1.1.3 无牙颌数字化初模型范围不全的展示 为更好地理解无牙颌数字化初模型的范围要求，以下为扫描不全的案例展示（图4），以及软件自动修补扫描不全区域的效果（图5）。该区域的误差往往比较大，所制作的个别托盘在该区域的准确度较差，从而丧失了制作个别托盘的意义。



红色箭头所示为腭小凹，黄色虚线区域为后堤区，该区的边缘整塑及印模材料要有硬性的树脂托盘支撑（浅白色图像为虚化的个别托盘，展示其用以后堤区边缘整塑及印模材料的支撑）。

图 2 上颌边缘整塑终印模

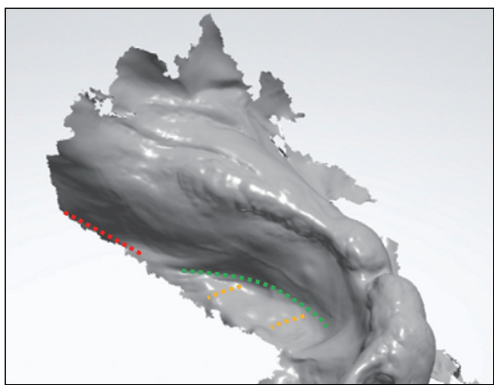
Fig 2 Final impression of maxilla through border molding technique



A: 唇颊面观，红色虚线所示为牙槽嵴唇颊面，绿色虚线所示为黏膜反折处，黄色虚线所示为部分唇颊黏膜；B: 舌侧面观，红色虚线所示为牙槽嵴舌侧面，绿色虚线所示为舌侧翼缘区，黄色虚线所示为部分口底黏膜。

图 3 口内扫描获取的良好的下颌无牙颌数字化初模型

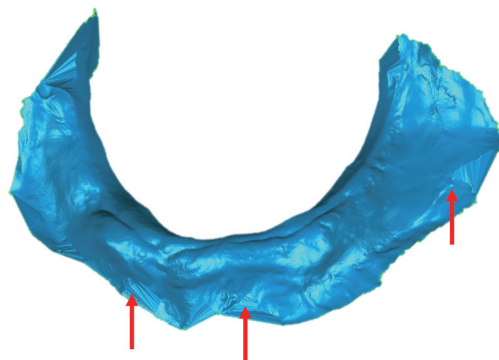
Fig 3 A well-digitalized initial model of the edentulous mandible obtained through intraoral scanning



红色虚线所示为欠佳区域，因在该处无法确定是否已经到达舌侧翼缘区，也有可能更向下伸展；而绿色虚线所示位置，则能明确定位舌侧翼缘区，因黄色虚线所示区域已经为口底黏膜组织。

图 4 下颌无牙颌数字化初模型舌侧观

Fig 4 The lingual perspective of digital initial model of the edentulous mandible



红色箭头所示为软件自动修复区域，与实际扫描获取的模型不能很好地连续协调。

图 5 下颌无牙颌数字化初模型唇颊面观

Fig 5 The labial and buccal perspective of digital initial model of the edentulous mandible

1.2 无牙颌数字化初模型的获取方式及病例选择

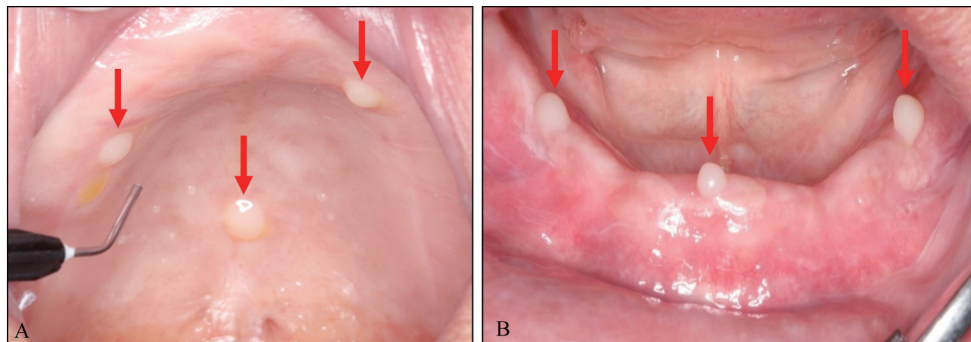
无牙颌数字化初模型主要有2种获取方式：一是口内直接扫描法，二是口外间接扫描法。大部分患者可以通过口内直接扫描获取无牙颌数字化初模型，特别是对于咽反射明显，无法耐受传统印模方式的<sup>[15]</sup>，以及因多种因素导致开口度不足<sup>[16]</sup>，成品托盘无法进入口内的患者，推荐使用口内直接扫描法。然而，当患者口腔软组织活动度过大、存在明显倒凹，或唾液分泌过多难以控制时<sup>[17-19]</sup>，可以选择口外间接扫描法。实际应用时，临床医生可以根据患者的具体情况进行选择。

1.2.1 口内直接扫描法 口内直接扫描法是指利用口内扫描仪直接记录无牙颌牙槽嵴、黏膜软组织的数据。由于无牙颌牙槽嵴黏膜平整光滑，缺乏相对固定、可准确识别的参考点；同时，唾液、舌体的运动以及黏膜位置的不断变化均会增加扫描图像的获取难度。所以口内直接扫描法更适用于 I、II 类无牙颌牙槽嵴，或者配合度较佳的 III 类无牙颌牙槽嵴患者。对于具有良好牙槽嵴高度及足够附着黏膜的上颌无牙颌患者，口内直接扫描法甚至可以获得用于制作义齿的数字化终模型。目前的研究<sup>[20-23]</sup>也显示，口内直接扫描获取的上颌无牙颌数字化模型的精度高于下颌。

为使口内直接扫描更为精准、快速，可在黏膜表面分散粘贴标记物，如树脂小球、溃疡贴等，以增加扫描面片数据之间的辨识度和拼接精度。所粘贴的标记物面积不宜过大，一般为2~3 mm (图6)。如面积较大，则黏膜表面信息被覆盖，影

响模型的精度。如粘贴树脂、玻璃离子等，则需

先将局部黏膜干燥。



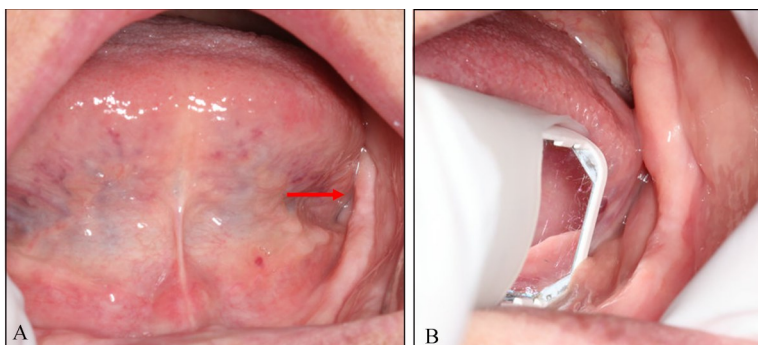
A: 上颌舌侧黏膜分散粘贴树脂标记点; B: 下颌牙槽嵴黏膜分散粘贴树脂标记点。粘贴区域充分干燥, 涂布粘接剂固化后再注射树脂固化。

图 6 牙槽嵴黏膜粘贴树脂标记点

Fig 6 Resin marks on the mucosa of the edentulous jaw

下颌后牙区因舌体与牙槽嵴紧贴, 最不易扫描。可先与患者沟通练习舌尖舔上颌的动作, 然后将扫描头伸入舌体与下颌牙槽嵴之间, 并推开

舌体, 以尽可能扫描下颌后牙区牙槽嵴舌侧及口底(图7)。



A: 嘱患者卷舌上抬, 舌体与牙槽嵴轻微离开, 后牙区牙槽嵴舌侧就会部分暴露; B: 卷舌上抬的状态下, 扫描头紧贴舌体伸入到牙槽嵴舌侧进行扫描。

图 7 下颌后牙区牙槽嵴舌侧扫描操作

Fig 7 Operation of lingual scan of the alveolar ridge in the posterior region of edentulous mandible

1.2.2 口外间接扫描法 口外间接扫描法是指先采用传统印模方式制取无牙颌初印模或初模型, 然后对印模或者模型进行扫描, 获取数字化初模型的方法。往往适合于下颌Ⅲ、Ⅳ类牙槽嵴患者, 因该类患者牙槽嵴极度低平, 甚至在后牙区呈凹陷状, 受舌体及口底软组织阻挡、唾液反光等因素的影响, 口内直接扫描时很难获得清晰的牙槽嵴轮廓及形态。

## 2 初步颌位关系的记录

获取数字化初模型的同时, 需要获取初步颌位关系, 为设计制作个别托盘复合体中的殆堤提供参考。其越准确, 设计制作的殆堤高度、突度、殆平面等参数就越接近最终义齿设计制作的要求, 在制取完终印模后记录最终颌位关系时, 越能为

医师操作提供便利。

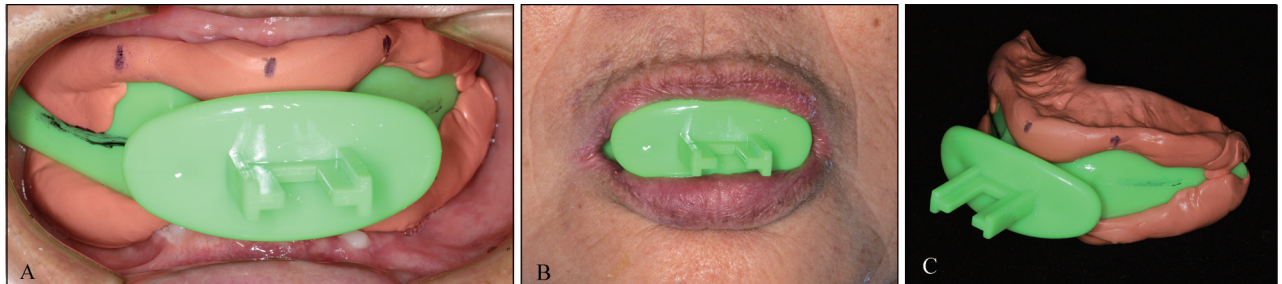
### 2.1 上下无牙颌患者初步颌位关系的记录

常规采用商品化的正中颌托盘加低流动性硅橡胶进行记录, 但存在些许不足之处。由于托盘把手自上下唇之间伸出口外, 其对上下唇的支撑导致无法闭合口唇, 则对垂直距离的判断易导致误差。其把手将上唇支撑凸出后, 无法判断上唇丰满度是否适宜。由于其为一体式结构, 亦无法确定殆平面信息(图8)。亦可使用分体式颌位关系记录托盘, 其分为上下两部分, 通过栓体栓道结构可组装拆分, 其把手亦能与托盘主体组装拆分。如此即可在获取初步垂直距离的同时, 获取上唇丰满度、殆平面、上唇下1 mm等信息。详细应用参见文献<sup>[24]</sup>。

### 2.2 上颌(或下颌)无牙颌患者初步颌位关系的记录 仅上颌或下颌为无牙颌时, 对颌牙列(天然

牙和/或义齿)的存在使其不宜使用一体式正中颌托盘。可采用分体式颌位记录托盘的上颌体记录

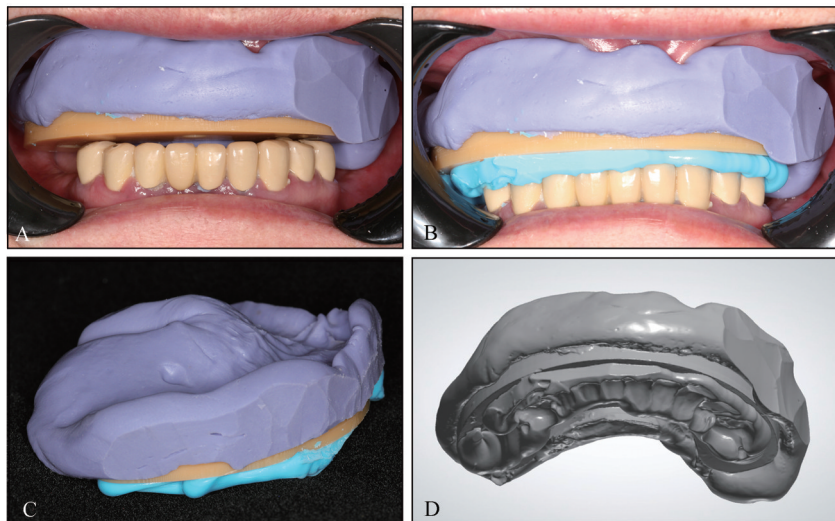
上颌无牙颌初步颌位关系、下颌体记录下颌无牙颌的初步颌位关系(图9)。



A: 一体式正中颌托盘加低流动性硅橡胶记录初步颌位关系, 口内正面观; B: 托盘把手把上下唇分开, 其支撑致口唇突出, 无法确定上唇以下 1 mm 的位置; C: 一体式结构, 无法较准确确定殆平面。

图 8 一体式正中颌托盘记录初步颌位关系

Fig 8 The initial jaw relationship obtained with an integrated central tray



A: 分体式颌位记录托盘加低流动性硅橡胶记录初步垂直距离; B: 咬合记录硅橡胶记录托盘与下颌牙列的咬合关系; C: 取出颌位及咬合记录; D: 扫描颌位及咬合记录, 获得数字化颌位及咬合关系。

图 9 分体式颌位记录托盘记录上颌无牙颌初步颌位关系

Fig 9 The initial jaw relationship obtained with the split-type jaw relationship record tray

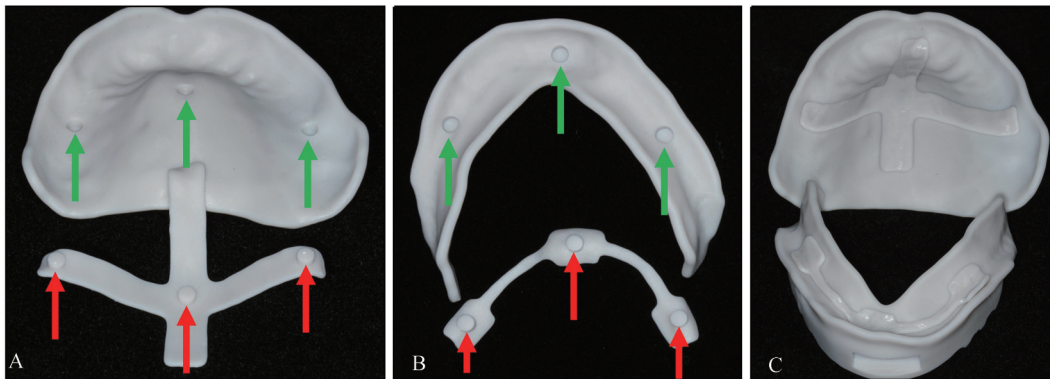
### 3 个别托盘复合体的数字化设计及制作

个别托盘复合体是指根据患者无牙颌解剖特点个性化设计制作的个别托盘及附属结构的组合体, 主要用于制取终印模和记录最终颌位关系。其核心为个别托盘主体, 附属结构包括组织终止器、殆堤、哥特式弓等。因个别托盘较为常用, 本文不再进行赘述。

#### 3.1 组织终止器的数字化设计

组织终止器是指在制作个别托盘时, 于托盘组织面特定区域预留的突起结构。其主要功能是个别托盘在口内就位时, 与部分牙槽嵴黏膜紧密

贴合, 从而限定托盘就位的位置, 并保持其稳定, 且有助于确保终印模材料的厚度均匀<sup>[25-26]</sup>。组织终止器的面积不宜过大, 不易过厚, 需既能起到定位作用, 又不影响印模材料的流动, 更不能因为组织终止器的存在而影响印模的准确性。作者团队经过试验, 发现厚度为1.5 mm的窄十字条带形组织终止器适宜上颌, 厚度为1.5 mm的弧形条带组织终止器适宜下颌应用。太厚时, 会导致终印模材料较厚, 且易出现气泡, 太薄则容易断裂。较便于临床使用的为可组装拆分式结构设计, 组织终止器与托盘之间通过栓体、栓道结构实现组装与拆分(图10)。



A: 上颌个别托盘与组织终止器, 红色箭头所示为组织终止器上的栓道, 绿色箭头所示为个别托盘组织面的栓道; B: 下颌个别托盘与组织终止器, 红色箭头所示为组织终止器上的栓道, 绿色箭头所示为个别托盘组织面的栓道; C: 个别托盘与组织终止器通过栓体、栓道组装在一起。

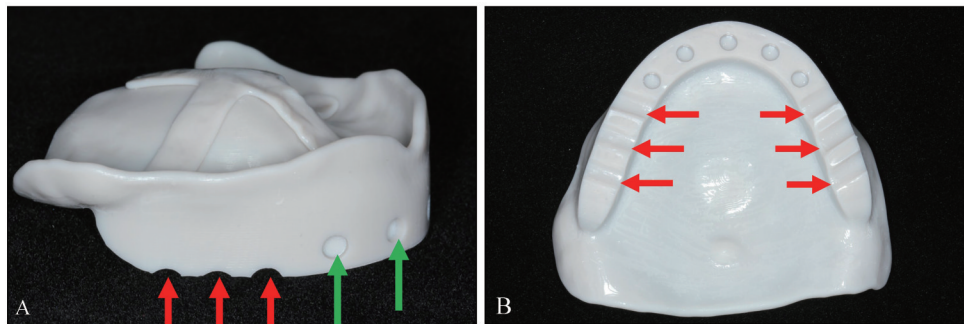
图 10 组织终止器与个别托盘的组装、拆分

Fig 10 Assembly and disassembly of the tissue stop with individual trays

### 3.2 殆堤的数字化设计

根据数字化初模型、初步颌位关系可在设计个别托盘的同时, 设计个体化殆堤, 并与个别托盘生成为一个文件。上殆堤前牙区的突度、上唇以下的位置、殆平面信息均可应用分体式颌位记录托盘在初步颌位关系记录时获取。殆堤的设计形式可多样化, 如类似常规蜡堤的形式, 也可将上颌前牙区设计为牙列形式, 便于从美观角度给患者更直观的感受。为便于在最终颌位关系记录

时暂时固定咬合记录材料, 可在殆堤咬合面设计2~4个凹槽结构。为便于调整上颌前牙区殆堤对上唇的支撑程度, 可在上颌前牙区殆堤唇侧设计洞形结构, 以暂时固定用于调整上唇支撑程度的蜡或硅橡胶等材料(图11)。殆堤的形式可多种多样, 只要符合原理、便于临床应用即可。如多层可组装拆分片式殆堤设计、可组装哥特式弓的设计等(图12)。



A: 个别托盘-殆堤复合体侧面观, 红色箭头所示为殆堤咬合面的凹槽, 用以暂时固定咬合记录硅橡胶, 绿色箭头所示为上殆堤前牙区唇面的洞形结构, 可用于暂时固定调整上唇支撑程度的蜡或硅橡胶; B: 个别托盘-殆堤复合体咬合面, 红色箭头所示为殆堤咬合面的凹槽, 用以暂时固定咬合记录材料。

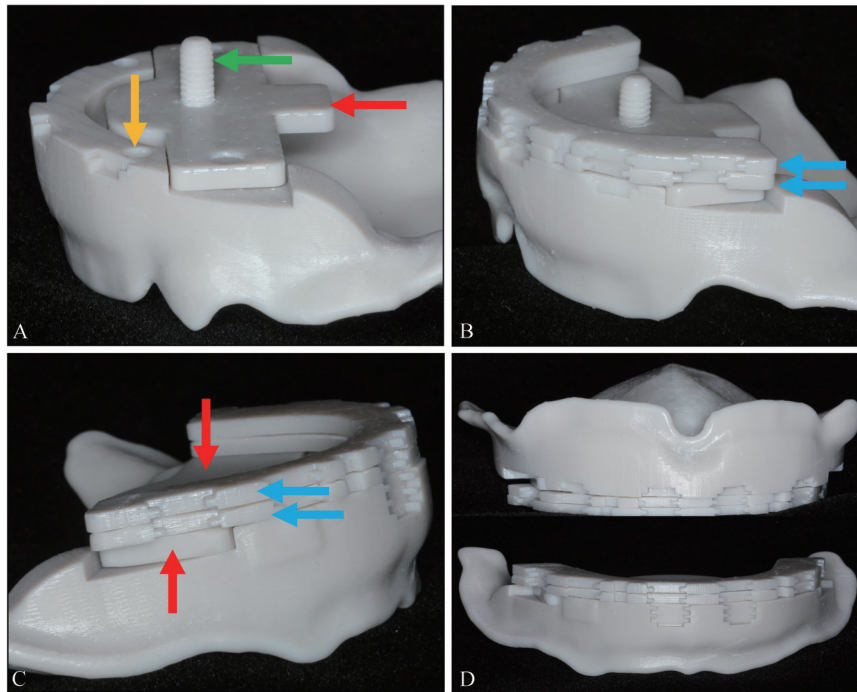
图 11 常规设计形式的个别托盘-殆堤复合体

Fig 11 The individual tray-occlusal rim complex in the conventional design form

### 3.3 哥特式弓的设计

哥特式弓描记法是记录正中关系的经典方法, 数字化技术的应用为其设计、制作和临床应用提供了新的途径。哥特式弓一般由描记针、描记针固定支架、描记板及固定板4个部分组成, 描记板与上颌或下颌托盘(或殆堤)相连接。哥特式弓通常与个别托盘的设计相结合, 形成一个集终印模制取和正中关系记录功能于一体的个别托盘复合体<sup>[27-28]</sup>。

在上颌个别托盘硬腭区或下颌殆堤的殆面区域设计哥特式弓的描记板, 为描记针的运动提供平整的表面; 在下颌个别托盘基托的殆面区域或上颌个别托盘硬腭区设计用于固定描记针的支架, 支架的位置应与描记板相对应, 在支架上设计用于固定描记针的结构, 确保描记针的稳固(图12)。还需预留描记针垂直方向调节的空间或结构, 以便在临床应用时根据上下颌垂直距离的不同而进行调整。



A: 上颌个别托盘-哥特式弓复合体侧面观, 红色箭头所示为描记针固定支架, 通过栓体栓道结构与殆堤组装, 绿色箭头所示为描记针, 可在支架中旋进旋出, 调节高度, 黄色箭头所示为与片式殆堤组装用的栓道; B: 上颌个别托盘-片式殆堤-哥特式弓复合体侧面观, 蓝色箭头所示为2层片式殆堤, 相互之间、与个别托盘之间均可通过栓体栓道组装和拆分, 便于调节殆堤高度, 根据颌间距离可增加或减少片式殆堤数量; C: 下颌个别托盘-片式殆堤-哥特式弓描记板复合体侧面观, 红色箭头所示为描记板, 与个别托盘通过栓体栓道连接, 蓝色箭头所示为片式殆堤; D: 上下颌个别托盘-片式殆堤-哥特式弓复合体正面观。

图 12 个别托盘-殆堤-哥特式弓复合体, 殆堤采用可组装拆分的多层片式设计

Fig 12 Individual tray-occlusal rim-Gothic arch composite structure, the occlusal rim adopts a multi-layered sheet-like design that is modular and detachable

### 3.4 个别托盘复合体的数字化制作

完成个别托盘主体及其复合结构(组织终止器、殆堤、哥特式弓等)的设计后, 所有数据均需以STL等可用于数字化加工的文件格式导出。通常推荐使用3D打印技术加工个别托盘复合体<sup>[29-33]</sup>, 常用的打印材料包括光敏树脂、聚乳酸等。

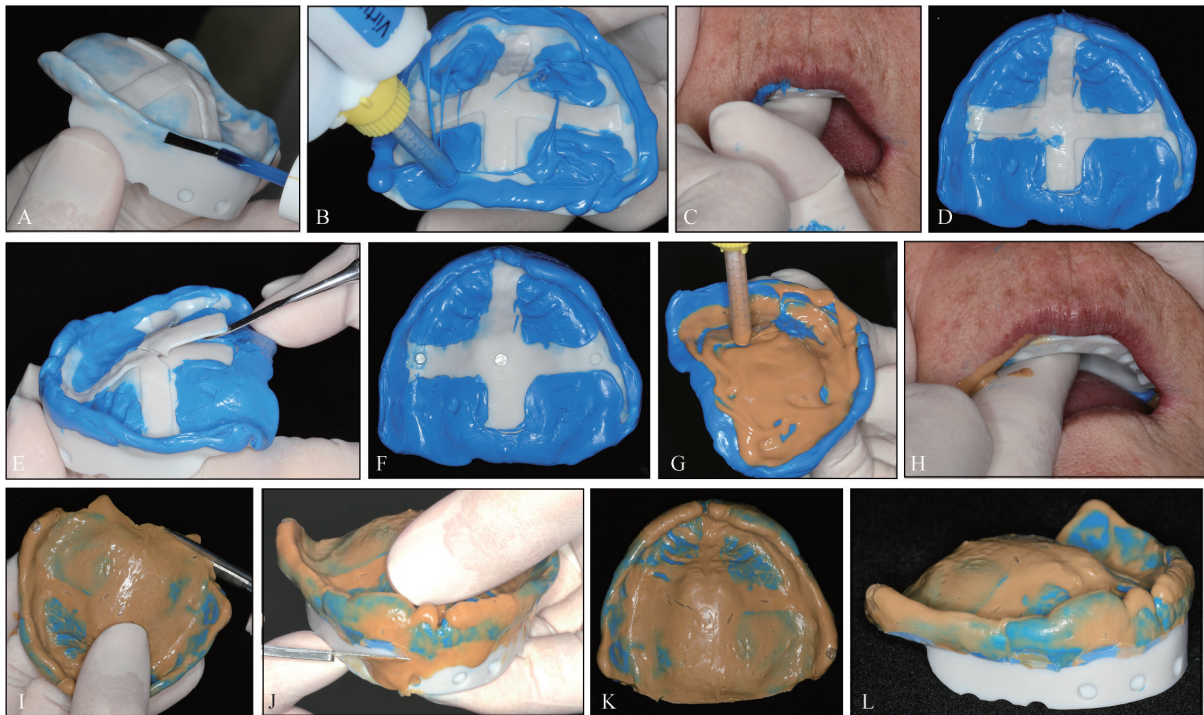
打印完成后、临床应用前, 应检查个别托盘主体与其他可组装拆分结构的装配密合性, 必要时可以进行微调磨, 确保组织终止器、哥特式弓等可组装拆分结构能够完全就位。最后, 对制作完成的个别托盘进行消毒处理。

## 4 无牙颌数字化终模型及最终颌位关系的获取

### 4.1 利用带有组织终止器的个别托盘复合体制取无牙颌终印模

首先进行个别托盘的口内试戴。若设计了可组装拆分的组织终止器, 需要先将组织终止器通

过栓体、栓道结构组装于个别托盘, 并在口内检查托盘边缘的伸展范围, 调磨过长边缘, 避让系带。边缘整塑时, 在托盘边缘及组织面除组织终止器外的区域涂抹托盘粘接剂、加载边缘整塑硅橡胶, 通过组织终止器的引导与限定就位托盘, 完成边缘整塑; 同时, 利用组织终止器的厚度支撑, 可确保托盘组织面除终止器以外区域也能保留与终止器厚度一致的边缘整塑硅橡胶。待硅橡胶结固后, 取出个别托盘, 打开栓体、栓道结构, 去除组织终止器, 并在托盘组织面加载高流动性硅橡胶; 个别托盘再次就位口内时, 可通过边缘整塑硅橡胶的引导准确复位, 不施加额外力量。待结固后取出, 即可获得印模材料厚度均匀(与组织终止器厚度基本一致)的无牙颌终印模。若组织终止器为不可拆卸式, 在完成边缘整塑后, 需要在口外检查并磨除组织终止器暴露的区域, 然后再加载高流动性硅橡胶制取终印模(图13)。



A: 除组织终止器外, 个别托盘组织面、边缘及外表面3~5 mm 涂抹托盘粘接剂; B: 加载边缘整塑硅橡胶于托盘边缘、除组织终止器外的组织面区域; C: 借助组织终止器就位托盘, 边缘整塑; D: 整塑完成的个别托盘, 除组织终止器外, 组织面亦有一层与终止器厚度一致的硅橡胶; E: 通过栓体、栓道结构, 去除组织终止器; F: 组织终止器去除后; G: 原组织终止器区域加载稍厚的高流动性硅橡胶, 其他区域加载一薄层即可; H: 借助边缘整塑硅橡胶的引导, 托盘复位于口内; I: 取出终印模, 修剪后缘腭小凹之后4~5 mm 之外的多余部分; J: 修剪唇颊侧多余硅橡胶, 观察上唇支撑度, 必要时再次修剪, 或添加材料; K: 完成的终印模组织面观; L: 完成的终印模侧面观。

图 13 利用个别托盘-组织终止器复合体制取终印模

Fig 13 Using an individual tray-tissue stop device to take the final impression

#### 4.2 最终颌位关系记录

4.2.1 直接咬合法 上下颌终印模完成后, 复位于口内, 检查上唇丰满度、殆平面及垂直距离。确定垂直距离后, 可指导患者下颌后退直接咬合, 记录正中关系。为避免下颌前伸, 可在上颌个别托盘腭顶设计一个突起的小球, 嘱患者卷舌尖向后上舔舐小球, 慢慢咬合; 或嘱患者吞咽、医师以手轻推患者颈部辅助后退下颌。在确定了稳定的垂直距离与水平关系后, 在上下颌殆堤间注射咬合记录硅橡胶, 待其凝固后, 在口内标记中线、口角线、唇高线及唇低线。完成记录 (图14)。

4.2.2 哥特式弓描记法确定正中关系 如果通过直接咬合法获取正中关系较为困难, 在确定了预期的垂直距离后, 也可以使用3D打印的哥特式弓辅助确定正中关系<sup>[28-29]</sup>。以上颌固定描记针, 下颌安装描板为例, 在口外将预先打印好的描记板、固定支架与个别托盘进行组装。在保持垂直距离不变的情况下, 安装并调整描记针顶端至恰好接触下颌描记板。



终印模完成后, 直接咬合法行颌位关系记录。

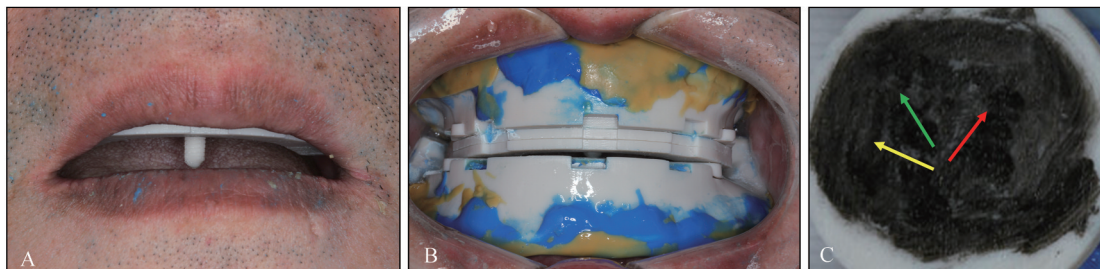
图 14 最终颌位关系记录口内正面照

Fig 14 Intraoral frontal view of final jaw relationship record

此时, 可磨除一薄层下颌殆堤, 或拆除下颌一层片式殆堤, 还需注意上颌结节区、下颌磨牙后垫区的个别托盘、印模材料等空开足够的距离。确保下颌前伸或侧向运动时, 上下殆堤间、托盘及印模材料间无阻挡。指导患者依次重复进行前伸、左侧方及右侧方运动。此时, 描记针会在描记板上刻画出下颌运动轨迹, 形成一个“哥特式弓”或“箭头”的形状。找到哥特式弓的顶点, 即患者的正中关系位。而后将固定板安装在描记

板上，使其中心对准哥特式弓顶点。通过螺丝将固定板固定，将下颌的位置锁定在正中关系位，或在上下颌殆堤间注射咬合记录材料（图15）。但3D打印的描记板会吸收记号笔的墨汁，导致描记

针不能像在金属描记板上一样刻画出非常明显的下颌运动痕迹。故建议将可组装拆式哥特式弓采用金属制作，并分为几种不同的牙弓大小规格，以与不同患者的个别托盘匹配。



A: 确定垂直距离后，将描记针螺丝旋转至恰好接触描记板，并去除下颌的片式殆堤；B: 去除下颌片式殆堤口内观，上殆堤与下颌个别托盘间空出间隙；C: 下颌运动在描记板上刻画的痕迹：红色箭头所示为下颌向左侧运动痕迹，绿色箭头所示为下颌前伸运动痕迹，黄色箭头所示为下颌向右侧运动痕迹。

图 15 个别托盘-片式殆堤-哥特式弓确定正中关系

Fig 15 To determine centric relation with individual tray-plate type occlusal rim-Gothic arch

4.2.3 下颌运动记录系统辅助确定正中关系 下颌运动记录系统是一种利用超声波、光学或其他传感技术，记录下颌在三维空间内运动轨迹等参数的设备。它能捕捉患者下颌功能运动模式，为诊断、治疗计划制定以及修复体的设计和制作提供关键信息<sup>[34-37]</sup>。按照产品操作说明正确使用即可。

4.2.4 无牙颌数字化终模型获取及最终颌位关系转移 将完成终印模的个别托盘、调整合适的殆堤、颌位关系记录通过扫描转换为数字信息，并以STL格式输出；若在终印模阶段进行了面部扫描，则将数据以PLY或OBJ格式输出；若进行了下颌运动记录，还需扫描带有咬合记录的上颌定位殆叉，以STL格式输出；并从下颌运动记录系统中输出用于转移虚拟殆架的电子面弓参数以及下颌运动轨迹数据（.xml）。

## 5 全口义齿的数字化制作

应用数字化技术制作全口义齿主要包括增材的3D打印技术和减材的数控切削树脂盘2种方法。

### 5.1 增材制造

制作全口义齿的3D打印技术可分为一体式打印和分体式打印2种形式。一体式打印时，基托和人工牙使用同一种颜色的材料，制作的义齿常为人工牙颜色，还需要单独对基托进行染色，以模拟牙槽嵴黏膜色泽。随着喷墨打印技术的发展，采用不同质地、颜色的材料将基托与人工牙一体化打印已初步成型。分体式打印时，可将义齿基

托和人工牙分别制作，然后再将人工牙粘接到基托上。这种加工方式可以为基托和人工牙选择不同的打印材料和颜色。但该方式需要额外的粘接步骤，可能会影响义齿的整体强度和精度。

### 5.2 减材制造

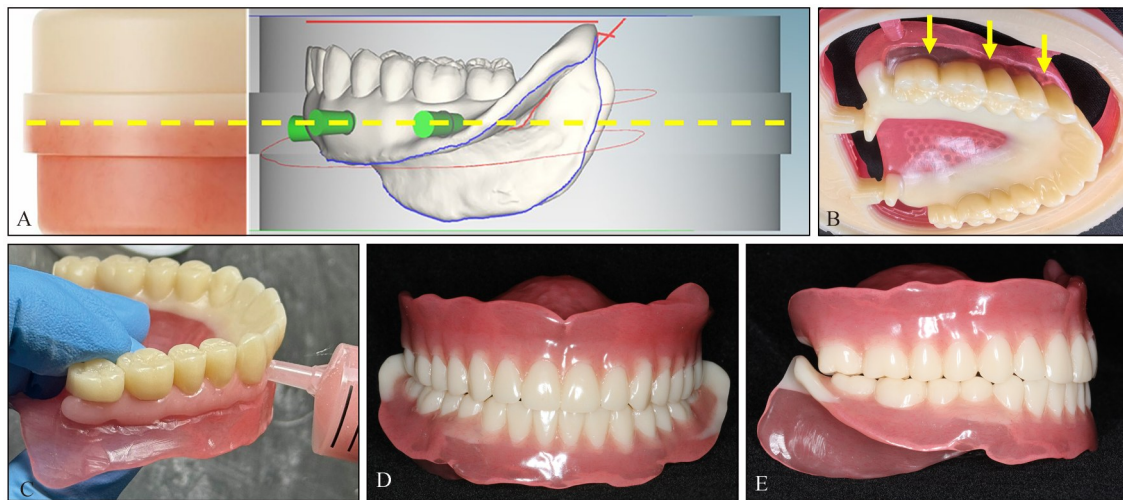
目前常用于全口义齿制作的数控切削材料为聚甲基丙烯酸甲酯（polymethyl methacrylate, PMMA）树脂盘。主要包括一体式切削和分体式切削2种方式<sup>[38-39]</sup>。分体式切削时，仍需在分别切削义齿基托和人工牙后进行粘接，不可避免存在人工牙就位误差；同时，粘接于基托上的人工牙存在崩裂或脱落的可能，从而该方式并不常用。故目前常采用一体式切削方式。

一体式切削，是指使用一块PMMA树脂盘，完成基托和人工牙为一个整体的一次性切削技术。根据树脂盘类型不同，又分为基于单色树脂盘，直线分界的双色树脂盘、曲线分界的双色树脂盘的一体式切削方案。单色树脂盘的一体式切削通常选用齿色树脂盘，完成切削后，再使用牙龈色光固化树脂进行基托染色。

使用直线分界的双色树脂盘时，在义齿设计软件中，将义齿的龈缘曲线与树脂盘的粉白分界线尽可能接近，并在龈乳头间隙、龈缘处设计出用于充填粉色树脂的间隙。切削完成后，使用粉色基托树脂充填预留的间隙，并进行修整、打磨抛光即可获的最终完成的义齿（图16）。该方法无需特殊设备，相对简易，是目前常用的一次性切削制作全口义齿的策略。

曲线分界的双色树脂盘是基于大量全口义齿的三维数据，设计了牙齿和基托之间的曲线过渡形态。但这种预成的曲线分界盘需要配合特殊加

工设备，且使用该类树脂盘时，牙龈的设计受到一定限制，牙龈乳头的形态无法修改，龈乳头顶点的高度也不可调整<sup>[39]</sup>。故该方式目前尚未普及应用。



A: 设计义齿时，在软件内，将龈缘曲线尽可能接近树脂盘分界线，同时需兼顾基托在树脂盘中的位置；B: 切削完成的全口义齿，黄色箭头所示为预留的用以充填基托树脂以修整龈缘及龈外展隙的凹槽；C: 以基托树脂充填预留凹槽；D: 修整龈缘曲线，并打磨抛光充填树脂后，完成的最最终全口义齿正面观；E: 完成的最终全口义齿侧面观。

图 16 使用直线分界的双色树脂盘数控切削制作全口义齿

Fig 16 Manufacturing complete denture using double-color resin disc with plane segmentation through computer numerical control cutting

### 6 应用前景与展望

数字化全口义齿修复技术虽已展现出巨大的临床应用潜力，但仍需在材料性能提升、流程标准化智能化、软硬件精度提升，设备成本降低及长期临床数据积累等方面寻求突破。未来，人工智能技术与增强现实的深度融合将革新全口义齿的CAD/CAM流程，实现更智能的临床路径及患者全程参与的个性化美学定制；而CAD/CAM软件的发展、新设备及新材料的涌现，也有望提升无牙颌口内扫描的精度和效率，降低义齿制作成本和技术敏感性，提高技术普及率。最后，仍需开展大规模、多中心随机对照临床研究，以充分验证数字化全口义齿的长期临床效果与成本效益，为其更广泛的临床应用提供循证医学依据。

致谢：感谢空军军医大学口腔医院修复科冯玥医师、朱朋主管护师在无牙颌相关数据采集与分析方面所作出的贡献。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

### 7 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.

[2] Kutkut A, Bertoli E, Frazer R, et al. A systematic review of studies comparing conventional complete denture and implant retained overdenture[J]. *J Prosthodont Res*, 2018, 62(1): 1-9.

[3] Hack G, Liberman L, Vach K, et al. Computerized optical impression making of edentulous jaws—an *in vivo* feasibility study[J]. *J Prosthodont Res*, 2020, 64(4): 444-453.

[4] Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, et al. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques[J]. *J Prosthet Dent*, 2016, 116(2): 249-256.

[5] Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, et al. CAD/CAM produces dentures with improved fit[J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(8): 2829-2835.

[6] Hsu CY, Yang TC, Wang TM, et al. Effects of fabrication techniques on denture base adaptation: an *in vitro* study[J]. *J Prosthet Dent*, 2020, 124(6): 740-747.

[7] Kattadiyil MT, AlHelal A. An update on computer-engineered complete dentures: a systematic review on clinical outcomes[J]. *J Prosthet Dent*, 2017, 117(4): 478-485.

- [8] Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives[J]. *J Prosthet Dent*, 2013, 109(6): 361-366.
- [9] Thu KM, Molinero-Mourelle P, Yeung AWK, et al. Which clinical and laboratory procedures should be used to fabricate digital complete dentures? A systematic review[J]. *J Prosthet Dent*, 2024, 132(5): 922-938.
- [10] Avelino MEL, Costa RTF, Vila-Nova TEL, et al. Clinical performance and patient-related outcome measures of digitally fabricated complete dentures: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2024, 132(4): 748.e1-748.e10.
- [11] Alqutaibi AY, Alghauli MA, Mahmoud II. Digital fabrication of complete dentures, compared to conventional methods, may offer a more cost-effective approach with improved patient outcomes[J]. *J Evid Based Dent Pract*, 2024, 24(2): 101986.
- [12] Russo LL, Salamini A, Troiano G, et al. Digital dentures: a protocol based on intraoral scans[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(4): 597-602.
- [13] Russo LL, Di Gioia C, Salamini A, et al. Integrating intraoral, perioral, and facial scans into the design of digital dentures[J]. *J Prosthet Dent*, 2020, 123(4): 584-588.
- [14] 赵铤民. 口腔修复学[M]. 8版. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- Zhao YM. *Prosthodontics*[M]. 8th ed. Beijing: People's Health Publishing House, 2020.
- [15] Kattadiyil MT, Mursic Z, AlRumaih H, et al. Intraoral scanning of hard and soft tissues for partial removable dental prosthesis fabrication[J]. *J Prosthet Dent*, 2014, 112(3): 444-448.
- [16] Wu J, Li Y, Zhang YM. Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening[J]. *J Am Dent Assoc*, 2017, 148(5): 338-341.
- [17] Tasaka A, Uekubo Y, Mitsui T, et al. Applying intraoral scanner to residual ridge in edentulous regions: *in vitro* evaluation of inter-operator validity to confirm trueness[J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 264.
- [18] Deferm JT, Schreurs R, Baan F, et al. Validation of 3D documentation of palatal soft tissue shape, color, and irregularity with intraoral scanning[J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(3): 1303-1309.
- [19] Schimmel M, Akino N, Srinivasan M, et al. Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: an *in vitro* analysis[J]. *Clin Oral Investig*, 2021, 25(4): 1839-1847.
- [20] Hayama H, Fueki K, Wadachi J, et al. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible[J]. *J Prosthodont Res*, 2018, 62(3): 347-352.
- [21] Fang YQ, Fang JH, Jeong SM, et al. A technique for digital impression and bite registration for a single edentulous arch[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): e519-e523.
- [22] Fang JH, An XY, Jeong SM, et al. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws[J]. *J Prosthet Dent*, 2018, 119(5): 733-735.
- [23] Russo LL, Caradonna G, Troiano G, et al. Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: a clinical study[J]. *J Prosthet Dent*, 2020, 123(2): 264-268.
- [24] 潘景光, 朱朋, 冯玥, 等. 分体式颌位关系记录托盘的设计与应用[J]. *实用口腔医学杂志*, 2024, 40(3): 443-448.
- Pan JG, Zhu P, Feng Y, et al. The design and clinical application of a split-type jaw relationship record tray[J]. *J Pract Stomatol*, 2024, 40(3): 443-448.
- [25] Sun YC, Chen H, Li H, et al. Clinical evaluation of final impressions from three-dimensional printed custom trays[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 14958.
- [26] Deng KH, Chen H, Li R, et al. Clinical evaluation of tissue stops on 3D-printed custom trays[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 1807.
- [27] Miao XC, Luo YC, Jiang XQ, et al. Digitally printed custom trays assembled with occlusion rims and Gothic arch tracing devices attached with tenon-and-mortise joints for biofunctional complete dentures: a dental technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(6): 1424-1429.
- [28] 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.
- [29] Wang X, Su JS. Evaluation of precision of custom edentulous trays fabricated with 3D printing technologies[J]. *Int J Prosthodont*, 2021, 34(1): 109-117.
- [30] 周永胜. 三维打印技术在口腔修复中的应用现状及发展趋势[J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(10): 716-721.  
Zhou YS. Present status and outlook of prosthodontic treatments based on three-dimensional printing technologies[J]. *Chin J Stomatol*, 2020, 55(10): 716-721.
- [31] Chen H, Yang X, Chen LT, et al. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 19207.
- [32] Alhajj MN, Khalifa N, Abduo J, et al. Determination of occlusal vertical dimension for complete dentures patients: an updated review[J]. *J Oral Rehabil*, 2017, 44(11): 896-907.
- [33] 周永胜, 孙玉春, 王勇. 数字化全口义齿的临床应用和研究进展[J]. *华西口腔医学杂志*, 2021, 39(1): 1-8.  
Zhou YS, Sun YC, Wang Y. Clinical application and research progress of digital complete denture[J]. *West China J Stomatol*, 2021, 39(1): 1-8.
- [34] de Moraes Melo Neto CL, Dos Santos DM, de Magalhães Bertoz AP, et al. Comparison of techniques for obtaining centric relation based on the reproducibility of the condylar positions in centric relation—a systematic review[J]. *Eur J Dent*, 2022, 16(2): 251-257.
- [35] Revilla-León M, Zeitler JM, Kois JC. Digital maxillo-mandibular relationship and mandibular motion recording by using an optical jaw tracking system to acquire a dynamic virtual patient[J]. *J Prosthet Dent*, 2024, 132(1): 14-19.
- [36] Wang JR, Jin CX, Dong B, et al. Fully digital workflow for replicating treatment dentures: a technique for jaw relation transfer and dynamic occlusal adjustment[J]. *J Prosthet Dent*, 2023, 130(3): 288-294.
- [37] Koralakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry[J]. *J Clin Diagn Res*, 2014, 8(7): ZE25-ZE28.
- [38] Rasaie V, Abduo J. Current techniques for digital complete denture fabrication[J]. *Int J Comput Dent*, 2022, 25(2): 181-199.
- [39] Silva NRFA, Kukucka ED. Innovative subtractive production of a digital removable complete denture from start to finish: a JPD Digital video presentation [J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(1): 1-5.

(本文编辑 王姝)

## • 专家简介 •



冯志宏，空军军医大学口腔医院修复科副教授，副主任医师，硕士研究生导师。中华口腔医学会颌面修复专业委员会常务委员，陕西省口腔种植专业委员会常务委员，陕西省口腔医学会理事，陕西省口腔修复专业委员会常务委员。发表论文50余篇，科学引文索引 (Science Citation Index, SCI) 数据库收录论文22篇。主译专著2部。获国家发明专利5项，实用新型专利8项。完成国际首创“数字化一体成型钛网加强树脂基托全口义齿”技术流程，高校成果转化“数字化一体成型树脂基托全口义齿”项目。作为主要完成人获国家科技进步一等奖1项，军队科技进步一等奖1项，陕西省高等教育教学成果特等奖1项。擅长规范化全口义齿、数字化全口义齿、无牙颌即刻种植即刻修复技术、复杂骨增量及复杂牙列缺损的修复重建等。