

## • 专家笔谈 •

老年人修复的咬合设计策略——一些共识性的  
意见和一种数字化新方法于世宾<sup>1</sup> 张勉<sup>1</sup> 冯志宏<sup>1</sup> 董岩<sup>1</sup> 姜华<sup>2</sup> 刘洪臣<sup>2</sup> 李鸿波<sup>2</sup> 谢理哲<sup>3</sup> 尹德强<sup>4</sup> 刘洋<sup>5</sup>

1. 空军军医大学口腔医学院 口腔系统重建与再生全国重点实验室

口腔疾病国家临床医学研究中心 西安 710032;

2. 中国人民解放军总医院第一医学中心口腔科 北京 100853;

3. 南京医科大学口腔医疗数字化技术工程中心 南京 210029;

4. 重庆大学航空航天学院工程力学系 重庆 400044;

5. 口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 口腔疾病国家临床医学研究中心

四川大学华西口腔医院颞下颌关节科 成都 610041

**[摘要]** 随着人口老龄化程度的加深,老年人口腔复杂修复需求日益增多。由于缺牙数量多、颌位关系异常、牙槽嵴吸收及颌系统增龄性退变等因素,老年人修复治疗面临挑战。本文结合1例68岁全口牙列缺失伴下颌偏斜及颞下颌关节结构异常患者的临床修复过程,系统阐述了基于数字孪生技术的个性化咬合设计与治疗流程。通过构建患者数字孪生模型,实现了颌位三维调整、殆平面设计及咬合接触设计,显著提高了修复的可预测性与功能适配性。该数字化流程有效减少了就诊次数与椅旁时间,降低了对医师经验的依赖,为老年复杂修复病例提供了高效、精准且可推广的解决方案。

**[关键词]** 修复; 咬合设计; 颌位; 全口义齿; AVIA咬合功能重建方案设计软件

**[中图分类号]** R783.4 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2026124



本文链接

OSID码

**Occlusal design essentials and digital workflow for complex prosthetic rehabilitation in elderly patients**

Yu Shibin<sup>1</sup>, Zhang Mian<sup>1</sup>, Feng Zhihong<sup>1</sup>, Dong Yan<sup>1</sup>, Jiang Hua<sup>2</sup>, Liu Hongchen<sup>2</sup>, Li Hongbo<sup>2</sup>, Xie Lizhe<sup>3</sup>, Yin Deqiang<sup>4</sup>, Liu Yang<sup>5</sup>

1. School of Stomatology, Air Force Medical University, State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, National Clinical Research Center for Oral Diseases, Xi'an 710032, China; 2. Dept. of Stomatology, the First Medical Center, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100853, China; 3. Dental Digital Medical Technology Engineering Center, Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China; 4. Dept. of Engineering Mechanics, College of Aerospace Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 5. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Temporomandibular Joint, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: National Key Research and Development Program of China (2023YFC3605600)

Correspondence: Liu Yang, Email: liu@scu.edu.cn

**[Abstract]** As the population ages, the demand for complex oral rehabilitation in elderly patients continues to grow. Challenges, such as extensive tooth loss, abnormal jaw relationships, alveolar ridge resorption, and age-related degenerative

changes in the stomatognathic system, complicate prosthetic treatments. This article illustrates a digital workflow for personalized occlusal design and rehabilitation on the basis of digital twin technology by using the case of a 68-year-old fully edentulous female patient

**[收稿日期]** 2026-01-30; **[修回日期]** 2026-03-18

**[基金项目]** 国家重点研发项目 (2023YFC3605600)

**[第一作者]** 于世宾, 教授, 博士, Email: yushibin@fmmu.edu.cn

**[通信作者]** 刘洋, 主任医师, 博士, Email: liu@scu.edu.cn

with mandibular deviation and temporomandibular joint structural abnormalities. Three-dimensional jaw position adjustment, occlusal plane design, and occlusal contact optimization were achieved by constructing a patient-specific digital twin model, significantly improving the predictability and functional adaptation of the prosthesis. This digital approach effectively reduces the number of visits and chairside time; minimizes reliance on clinical experience; and offers an efficient, precise, and scalable solution for complex prosthetic rehabilitation in the elderly.

**[Key words]** prosthodontics; occlusal design; jaw position; complete denture; AVIA software

口颌系统是由上下颌骨、牙齿、颞下颌关节以及相关软组织（如咀嚼肌、口腔黏膜、神经和血管）等结构构成的复杂功能整体，通过各结构间的动态协调实现咀嚼、吞咽及言语等多样化功能。衰老会使口颌系统出现大量不利于修复的增龄性改变，如颞下颌关节异常改建、口腔黏膜弹性下降、牙槽骨严重吸收、咀嚼肌功能减退、感觉敏感性下降、神经反射调控能力衰退、功能负荷承载能力降低、组织修复能力减弱以及牙体严重磨损等<sup>[1-5]</sup>。这些增龄性特征会增加老年人缺牙的修复难度。常见的困难包括但不限于：缺牙多且分类复杂、垂直距离丧失、水平向咬合关系不确定、殆曲线异常等。这些问题会直接增加临床操作难度并降低治疗效果，使治疗流程复杂且漫长。

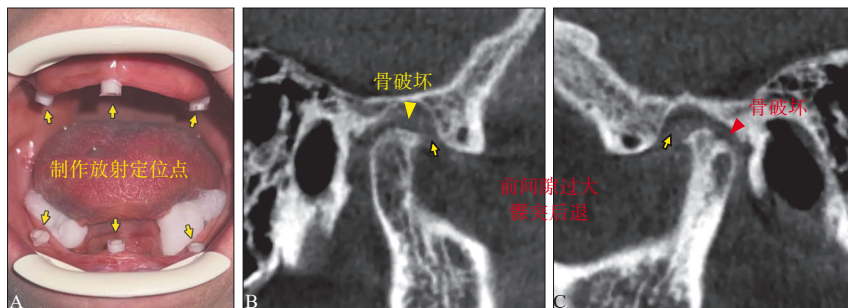
鉴于上述特殊情况，老年患者的修复需在常规原则基础上融入额外的针对性考量：1) 全面评估口颌系统功能状态，重点关注口腔黏膜弹性下降、牙槽骨严重吸收等增龄性改变；2) 结合全身健康状况评估治疗耐受性，特别需注意对临床操作的耐受性和配合度，制定可承受的治疗方案；

3) 修复设计需以减轻口颌系统（尤其是颞下颌关节）应力负担为核心，匹配患者生理机能设定功能目标；4) 优先选择椅旁操作时间短、复诊频次低且便于日常维护的修复方案。

为实现稳定修复效果并恢复良好的咀嚼功能，本文汇总整合国内多位修复和咬合专家的意见，以一个无牙颌患者的活动全口义齿修复案例为切入点，从下颌升支相对高度评估、颌位关系确定、殆平面及咬合设计等维度，系统阐述衰老条件下复杂修复案例的咬合设计要点，为临床决策提供参考。

## 1 临床案例

68岁女性患者，全口牙列缺失，拟行全口义齿修复。患者在自然放松状态下（息止颌位）下颌右偏，张口运动时下颌偏摆、双侧关节摩擦音；锥形束计算机断层扫描（cone-beam computed tomography, CBCT）影像显示双侧髁突后移位，右侧髁突有轻度骨破坏，左侧髁突骨破坏较重（图1）。



A: 患者全牙列缺失，牙槽嵴吸收明显，CBCT检查前，先分别在上、下颌牙槽嵴上制作放射定位点；B、C：双侧髁突骨破坏，后移。

图 1 全口牙列缺失患者初诊口内检查与息止颌位CBCT影像

Fig 1 Initial intraoral examination revealed complete edentulism with mild alveolar ridge resorption

## 2 分析设计与临床修复过程

本案例为合并下颌骨偏斜和颞下颌关节结构

异常的牙列缺失修复案例，此类情况在老年人群中较为常见。其成因主要为长期缺牙导致的咬合垂直距离丧失，进而引发下颌骨逆时针旋转移位、关节内结构位置关系异常和应力过载；合并衰老

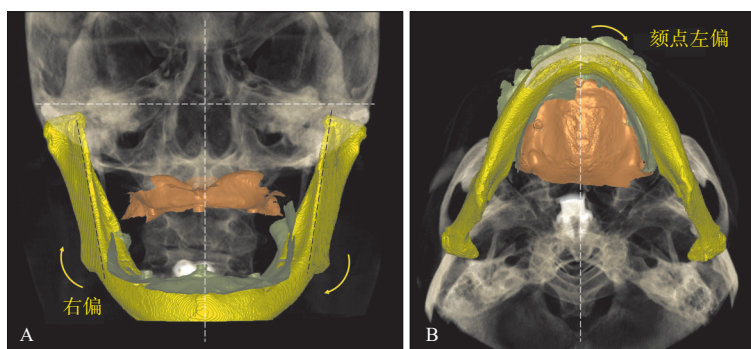
所致的组织修复能力下降,进一步增加了颞下颌关节损伤与功能障碍的风险<sup>[6-9]</sup>。因此,本案例的修复目标需同步实现重建牙列、纠正下颌移位与关节内结构位置关系异常,治疗关键在于精准设计咬合关系,以消除颞下颌关节异常应力载荷,恢复良好的口颌系统功能并长期保持稳定。此外,需综合考虑患者的全身健康及就诊便利性,在保障修复效果的前提下,优化就诊流程,尽可能减少复诊次数并缩短单次就诊时长。

综上考虑,拟使用该患者的影像数据建模,通过全数字化设计和修复流程调控咬合关系和矫

正关节内结构位置关系异常,以恢复口颌系统的功能,同时减少复诊次数及单次诊疗时长。具体的修复过程如下。

### 2.1 构建个性化的数字模型

在制作放射定位点后(图1A)完成取模或口内扫描,制取数字化的初印模。以放射定位点为参照,与CT数据配准融合,构建数字模型用于分析口颌系统结构和功能指标(图2)。图2显示该患者下颌骨偏斜,这与髁突在关节窝内位置异常有直接关联。



A: 冠状面分析,双侧下颌升支方向(黑色虚线)相对正中矢状面(白色虚线)沿顺时针方向偏转(简记为“右偏”);B: 水平面分析,下颌颞点向左侧偏斜。

图2 利用AVIA(版本2.0)软件构建患者的数字孪生模型

Fig 2 Constructing the patient's digital twin model using AVIA (version 2.0)

### 2.2 数字化颌位设计和关节内结构位置关系调整

颌位不仅决定面部的美观与整体协调,而且影响口颌系统的健康和正常功能。为了建立稳定的颌位关系,保证修复后实现良好咀嚼功能和义齿长期稳定,需以该患者的息止颌位为基准,对颌位关系做调整优化;以建立双侧良好的髁-凹关系和盘-髁关系<sup>[10]</sup>,留出适宜的修复空间,使得下颌平面和殆平面等关键咬合特征与整个口颌系统保持协调<sup>[6,8]</sup>。

#### 2.2.1 冠状向设计

该患者的数字孪生模型冠状面显示下颌升支偏向右侧,影响双侧咀嚼肌力的方向,导致双侧关节功能负荷不对称分布,不利于修复后的长期稳定<sup>[8,11]</sup>,对本来髁突就存在骨破坏的老年患者尤为不利。因此,需要通过下移右侧髁突来纠正右偏(图3),协调双侧关节的受力负担,以利于维持长期稳定。

#### 2.2.2 水平向设计

水平面分析显示:该患者下颌体中线和颞点略向左侧偏斜,会使左侧关节的功能负担大于右

侧。这与左侧髁突骨破坏比右侧严重的临床表象相对应,加之双侧髁突后移挤压盘后区软组织,会造成关节的摩擦音和张口偏摆症状<sup>[10]</sup>。治疗需要通过差异化地前移双侧髁突来纠正下颌偏斜<sup>[6,10,12]</sup>(图4)。

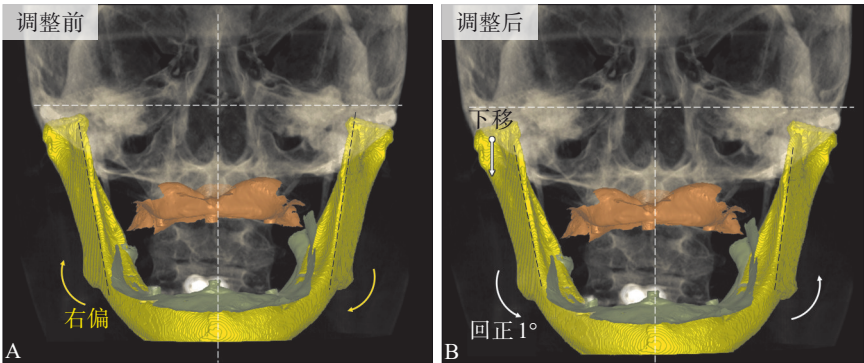
本案例将右侧髁突前移了1.4 mm,下移了1.2 mm;将左侧髁突前移了2.2 mm;使下颌骨按计划旋转改善偏斜,纠正双侧关节结构异常,消除关节杂音和下颌运动障碍(图5)。

#### 2.2.3 殆垂直距离

在模拟改善了下颌偏斜和关节内部结构之后,需分析设计适宜的殆垂直距离,为基托和人工牙提供充足空间,保障义齿功能稳定和美观。以目前的颌位评估,颌间距离过大,下颌过度顺时针旋转,修复后咬合负担无法合理分配;既不利于恢复良好的咀嚼功能,也不美观。针对这个问题,本案例需要模拟逆旋下颌;一方面减小杠杆,增加修复体稳定性,另一方面优化修复后的咬合负担分配,并改善和协调面部美观(图6)。

综上,经过分别对矢状、冠状和水平3个方

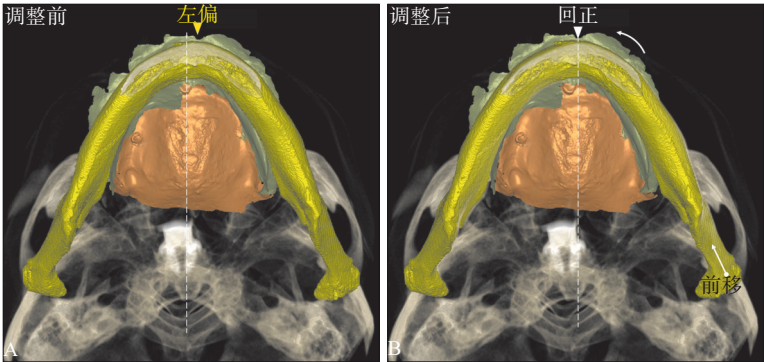
向的分析和设计，可以确立用于修复的最终颌位（即治疗颌位）。



A: 模拟调整颌位前，下颌右偏；B: 模拟调整颌位后，下颌右偏改善。相对左侧髁突，将右侧髁突向下移动，使下颌骨在冠状面上沿逆时针方向旋转1°，纠正向右侧的偏斜。

图 3 冠状面颌位分析和模拟调整

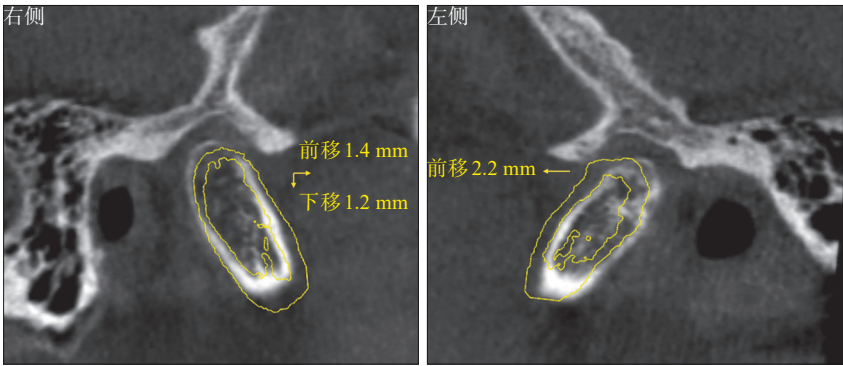
Fig 3 Simulated jaw position adjustment in coronal plane



A: 模拟调整颌位前，颞点左偏；B: 模拟调整颌位后，颞点左偏改善。相对右侧髁突，将左侧髁突向前移动，使下颌骨在水平面上沿逆时针方向旋转，纠正向左侧的偏斜。

图 4 水平面颌位分析和模拟调整

Fig 4 Simulated jaw position adjustment in horizontal plane



在改善关节结构的同时使下颌骨在冠状面和水平面按照预设的方式旋转。黄线指示髁突的调整策略：将右侧髁突向前移动1.4 mm，向下移动1.2 mm；将左侧髁突向前移动2.2 mm。这样的调整策略可以使左侧髁突相对右侧髁突向前移动，使右侧髁突相对左侧髁突向下移动。

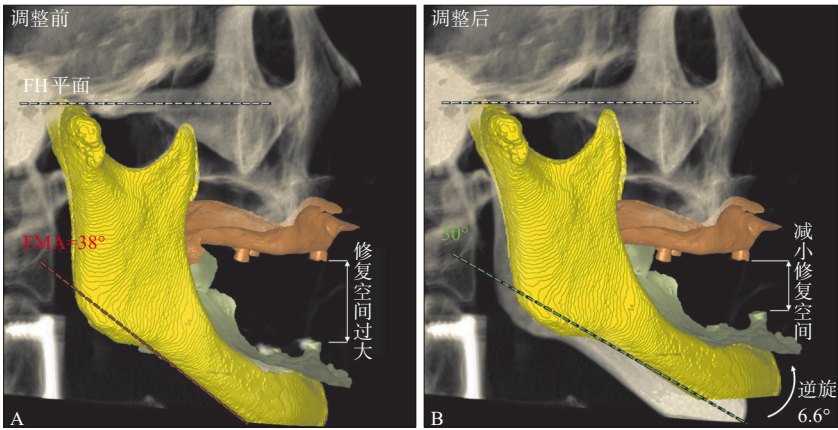
图 5 通过差异化调整双侧髁突位置，可以实现模拟的治疗计划

Fig 5 By differentially adjusting the positions of both condyles, a simulated treatment plan can be achieved

2.3 殆平面设计

确定治疗颌位后，需根据其颌骨形态特征合理设计殆平面的倾斜度、高度以及横/纵殆曲线的

曲度，以优化咬合功能，确保修复体与口颌系统协调稳定，并减轻颞下颌关节负担，以便保持长期健康<sup>[13-14]</sup>。



A: 患者下颌平面角 (FMA: 下颌平面与 FH 平面的夹角) 为 38°, 提示下颌过度顺旋, 不利于建立稳定咬合; B: 以双侧髁突中心连线为轴, 模拟下颌骨逆旋 6.6°, 尽量使 FMA 减小到接近 (理想情况下小于) 30°, 以便于达到良好修复效果。

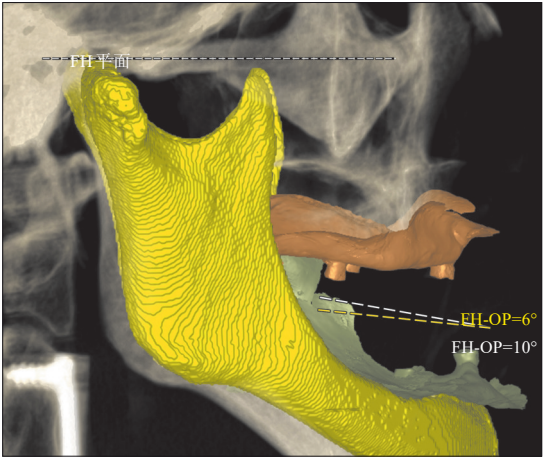
图 6 矢状面模拟逆旋下颌, 减小修复空间

Fig 6 Simulating mandibular counterclockwise rotation on the sagittal plane, reducing the repair space

2.3.1 矢状向设计

矢状面分析可以利用髁平面斜度 (FH-OP) 与下颌升支相对髁平面高度 (condylar height to the occlusal plane, CHO) 共同确定修复髁平面。

1) FH-OP<sup>[7,15-19]</sup>: 一般情况下, 当 FH-OP $\approx 10^\circ$  时, 有利于建立良好咬合功能并维护口颌系统的健康<sup>[20-21]</sup>。在本案例的咬合设计中, 根据其颌骨结构和治疗颌位修复体空间的具体情况, 将 FH-OP 设定为 6° (图 7), 这样更有利于配合髁道斜度建立平衡髁。



根据该患者治疗颌位修复间隙的具体情况, 在理想的 10° FH-OP 基准上调整, 将 FH-OP 设定到 6°, 更有利于平分修复间隙和后期建立平衡髁。

图 7 FH-OP 的调整策略

Fig 7 Adjustment strategy of FH-OP

2) CHO 是指下颌髁突到髁平面的垂直距离, 以髁突几何中心点与下中切牙点连线和髁平面构

成的夹角 ( $\theta$ ) 为测量指标 (图 8)。

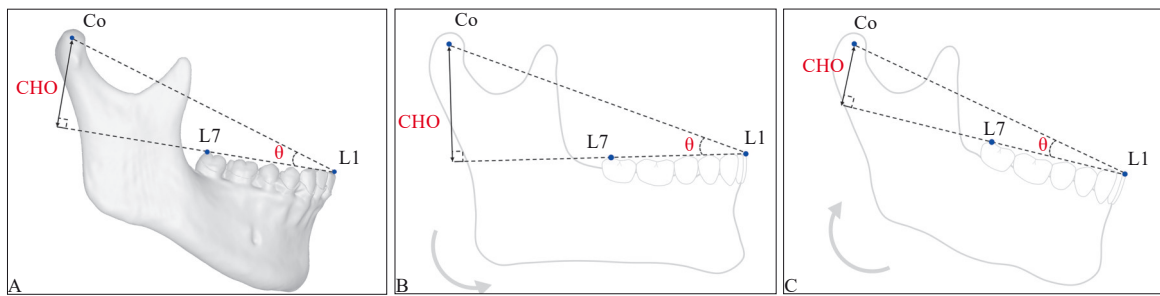
适宜的 CHO ( $\theta \approx 23^\circ$ ) 是协调颞下颌关节与牙列间功能载荷分配的关键<sup>[6,22]</sup>。过小的 CHO ( $\theta < 20^\circ$ ) 会导致关节因载荷过重而发生应力损伤, 修复时应通过降低 FH-OP 或者减少需修复的磨牙数量等方法尽量避免。临床设计修复体时, 将 CHO 与 FH-OP 两个关键参数协同考量, 可以确定髁平面的位置和方向 (图 9)。根据该患者治疗颌位的解剖特征, 设计该患者的 FH-OP=6°、 $\theta_1=24.5^\circ$ , 有利于制作修复体时评分修复间隙, 并和偏小的髁道斜度配合构建平衡髁。

此外, 利用 CHO 的评价标准, 结合患者口颌系统的实际健康状况, 可以确定需要修复的功能性牙弓长度 (图 10)。

该患者的髁平面设计使 CHO ( $\theta > 23^\circ$ ) 足够支持修复第二磨牙, 但由于其双侧髁突骨破坏明显, 所以选择放弃修复第二磨牙, 用降低部分咀嚼效率的方法额外减小关节负担, 以便恢复其健康和功能。

3) 磨牙髁平面斜度 (FH-MOP) 与纵髁曲线深度: 纵髁曲线的深度与 FH-MOP 呈正相关, 二者协同磨牙段的排列方向特征详见图 11<sup>[23]</sup>。

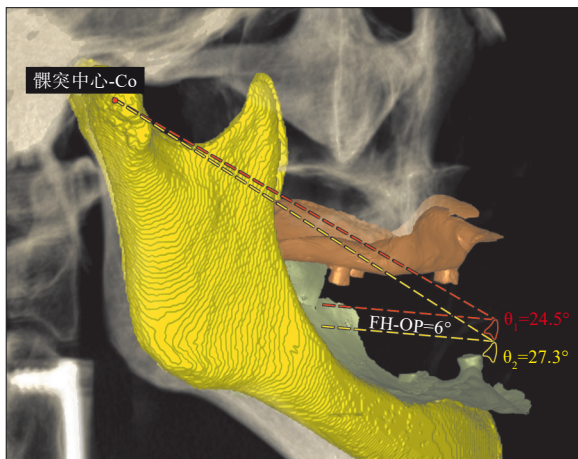
增加 FH-OP 和 FH-MOP 会使咬合力的等效中心向远中移动<sup>[24]</sup>, 加重后牙和颞下颌关节的负担, 减小后牙的分离 (图 12)<sup>[25-26]</sup>。如果设计全口义齿, 可以适当增加 FH-OP 和 FH-MOP, 以实现平衡髁; 而可摘局部义齿或固定义齿修复则需减小 FH-OP 和 FH-MOP 以促进后牙有效分离, 避免咬合干扰。



A: CHO和 $\theta$ 角的构建方式(以右侧为例):以正中矢状面为投影平面,连接右下颌中切牙近中切点(L1)与最远中的有咬合接触的磨牙功能尖顶点(L7)形成殆平面;右侧髁突中心点(Co)到殆平面的距离,定义为CHO;连接Co点与L1点的线段与殆平面构成夹角 $\theta$ ,作为指示CHO大小的定量指标;B:下颌有逆时针旋转趋势时,CHO大,对应角 $\theta$ 的数值增大;C:下颌有顺时针旋转趋势时,CHO小,对应角 $\theta$ 的数值变小。

图 8 CHO和 $\theta$ 角的构建示意图

Fig 8 Schematic diagram illustrating the construction of the CHO and  $\theta$  angle of the mandibular ramus



当确定了FH-OP=6°以后,向上平移殆平面, $\theta$ 角减小;向下平移殆平面, $\theta$ 角增大。修复设计确定了FH-OP以后,可以利用CHO的变化趋势设定来确定殆平面的高度,另外还需患者在试戴时评估肌肉是否放松,唇齿关系是否正常,发音是否清晰、自然。

图 9 FH-OP与CHO和 $\theta$ 角的联合应用可以确定殆平面

Fig 9 The combined application of FH-OP, CHO, and  $\theta$  angle can determine the occlusal plane

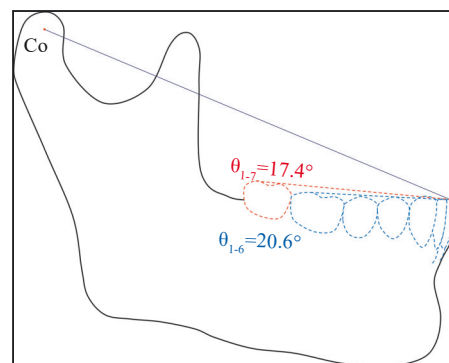
### 2.3.2 冠状向设计

通过冠状向分析,该患者的殆平面设计应使双侧的CHO大致相等,保证修复后双侧的功能载荷大致平衡,以维护关节健康和修复体的持久稳定(图13)。

### 2.4 数字化咬合接触设计

1) 正中咬合点应达到全牙列均匀接触,其中前牙的接触比后牙略轻<sup>[27]</sup>。常用的正中咬合点模式有三点接触和尖-卵圆窝接触2种设计<sup>[28]</sup>,其中三点接触的稳定性更高<sup>[29]</sup>,分担的咬合力更大,制作难度也更高<sup>[30]</sup>。设计修复体的咬合接触点时,可以根据患者口颌系统的特点规划咬合点的数量与分布;通过选择三点接触或者尖-卵圆窝接触,

调整咬合点数量,使咬合力在前、后牙区域合理分配<sup>[31]</sup>。下颌过度顺时针旋转的患者咬合力分布向后牙区集中,对应咬合设计应选择尖-卵圆窝接触,且将后牙咬合点减数,以便让咬合力向前牙段分布,部分抵消下颌顺旋导致关节负担过重的问题。下颌过度逆旋的患者咬合力分布向前牙区集中,对应咬合设计应适当增加后牙咬合点数目,以便让咬合力向后牙段分布,部分抵消下颌逆旋导致前牙负担过重的问题。



牙弓长度与CHO之间存在负相关关系,修复到下颌第二磨牙与仅修复到下颌第一磨牙的设计对比,短牙弓修复方案的CHO更大,更有利于减轻口颌系统负担。如果患者的下颌升支短(特别是老年患者),为了有效协调口颌系统的功能载荷,推荐使用短牙弓设计,以保证 $\theta$ 不小于20°。

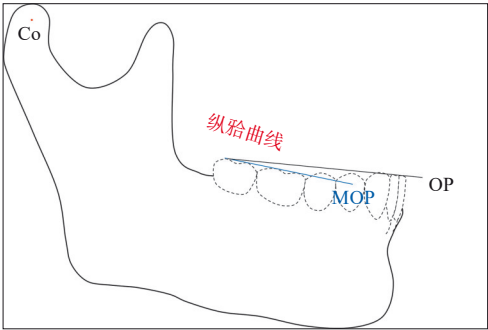
图 10 利用CHO确定牙弓长度的应用示例

Fig 10 An application example of determining arch length using CHO

对该患者全口义齿而言,从制作便利的角度考虑,选择尖-卵圆窝接触。此外,牙槽嵴吸收使得该患者的下颌牙弓宽度明显大于上牙弓,需从修复体稳定的角度出发将后牙咬合设计为反殆。

2) 前伸和侧方运动的咬合接触应根据患者的具体情况做个性化设计。如果行可摘局部义齿或

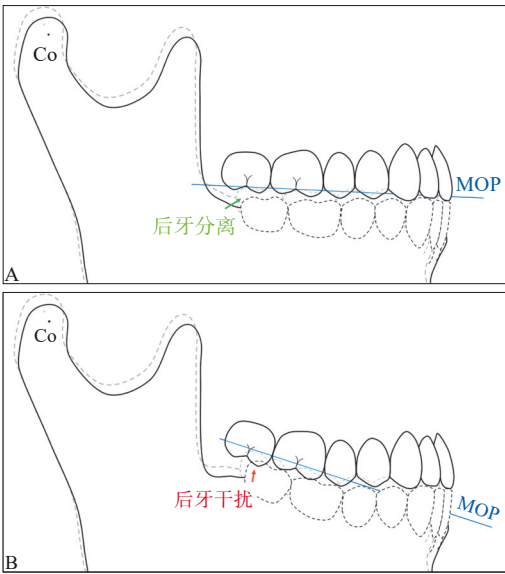
固定义齿修复,应由前牙和关节共同引导下颌运动,后牙在运动过程中应脱离接触;如果行全口义齿修复,则需在前牙和关节共同引导下达到平衡殆。



在殆平面 (OP) 不变的情况下,纵殆曲线越深,磨牙殆平面 (MOP) 越陡,下颌磨牙越向远中抬高。设计修复计划时, MOP 与 OP 的夹角差一般不宜超过 15°。

图 11 殆平面、磨牙殆平面和纵殆曲线三者之间的关系

Fig 11 Relationship among the occlusal plane, molar occlusal plane, and the Spee's curve



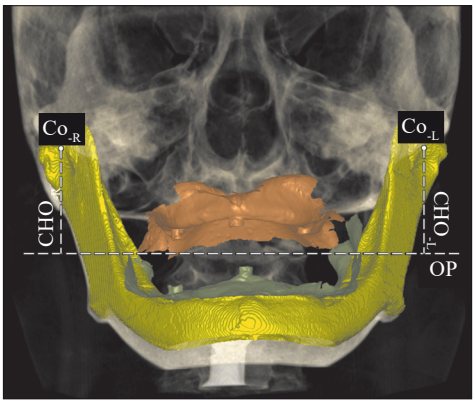
A: 设计固定修复或者可摘局部义齿时,宜减小 FH-MOP,以避免咬合干扰;B: 设计全口义齿应适当增加 FH-MOP,让后牙靠近建立平衡殆。设计修复体殆平面时,通过调控 FH-OP (特别是 FH-MOP) 可以控制运动时后牙的脱离和接触状态。

图 12 不同修复设计类型 FH-OP 的调整策略

Fig 12 Adjustment strategies for FH-OP with different repair design types

以该全口修复患者为例,应设计平衡殆。根据其修复颌位及口颌系统结构特征,采用双侧对称设计;具体参数设计为: FH-OP=6°,  $\theta=24.5^\circ$ , 前牙切导斜度=15°, 髁导斜度=51°。在此参数下,下颌在前伸与侧方运动时将发生 0.6° 的逆时针旋

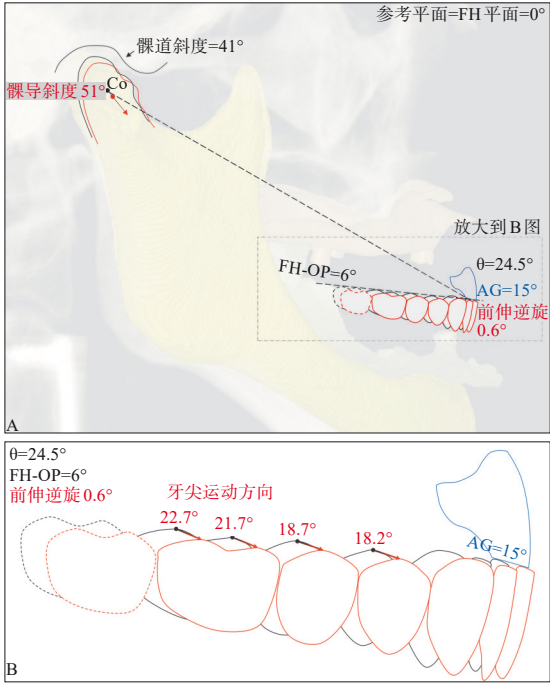
转,利于建立平衡殆增强咬合稳定性并促进功能载荷的合理分散。根据上述参数模拟下颌运动,可测量得到每个后牙牙尖的运动轨迹。依据其相应角度参数完成对颌牙尖的斜面形态设计,即可实现平衡殆 (图 14)。



该患者的左右下颌升支高度大致对称 ( $CHO_R \approx CHO_L$ ), 可以对称设计双侧殆平面和前牙引导斜度。

图 13 双侧殆平面设计策略

Fig 13 Bilateral occlusal plane design strategy



A: 根据患者的关节结节后斜面方向,测量出髁道斜度为 41°。根据确定的修复颌位测量下颌平面角为 31.4°, 前伸和侧方运动过程中少量的逆时针旋转到有利分散功能载荷;为此设计前牙引导斜度 (AG) 为 15°, 使下颌运动时逆旋 0.6°; B: 模拟下颌运动,测量后牙每一个牙尖的运动方向,依照该测量参数制作对颌牙尖斜度,实现平衡殆。

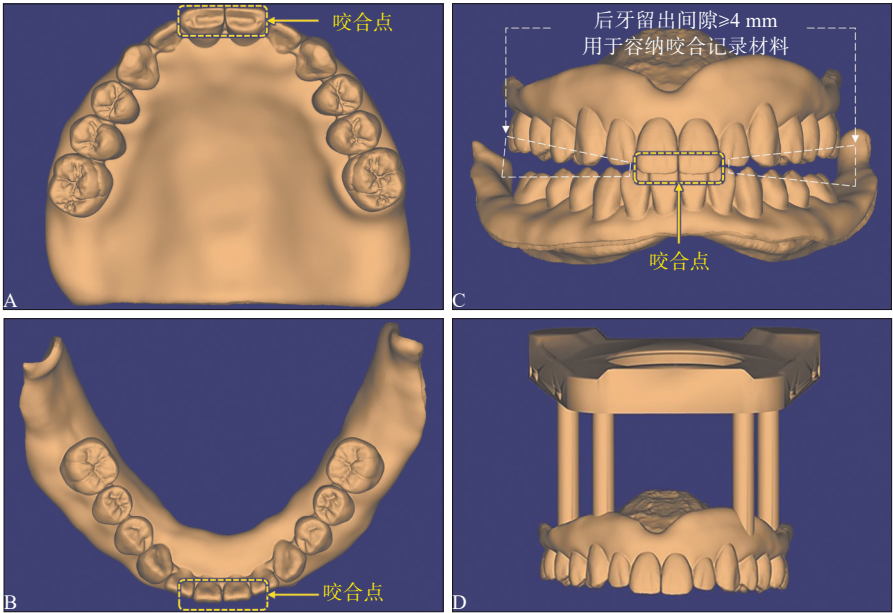
图 14 各个咬合参数的设计过程图

Fig 14 Schematic diagram illustrating the design process of various occlusal parameters

2.5 个性化临时修复体设计

根据以上设计参数进行数字化初排牙，3D 打印制作具有咬合导板功能的个性化临时修复体（图 15）。其上前牙唇面按照设计参数排列，口内试戴时用于评估前牙的美观和发音功能。骀面仅

保留上下中切牙的咬合点，其余牙不接触，上下咬合面之间留出不小于 4 mm 的间隙，用于后续记录咬合关系。基托的组织面用作制取终印模的个性化托盘。同时设计打印骀架转移台，在记录完咬合关系后用于上骀架。



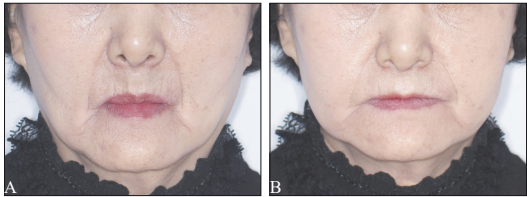
A: 上颌义齿骀面仅在中切牙舌面设计咬合点，深度 0.5~1 mm；B: 下颌义齿骀面仅在中切牙与对颌义齿接触；C: 上颌前牙唇面按照设计参数排列，用于评价美观和发音；从侧切牙到双侧磨牙不接触，留出不小于 4 mm 的间隙；D: 连接上颌基托与骀架底板，设计制作转移台用于后续上骀架。

图 15 个性化设计临时义齿和骀架转移台

Fig 15 Individualized design of the provisional denture and articulator transfer jig

口内试戴临时修复体，需按计划逐条评估记录（图 16）：1）咬合关系是否稳定可重复；2）患者面部外貌是否协调（图 17）；3）面部相关肌肉是否自然放松；4）言语、发音等功能是否正常；5）关节是否存在疼痛、弹响或运动障碍。若任一指标异常，应终止试戴并记录问题；根据记录的问题修改设计参数，重制新义齿和转移台后二次试戴。

个别托盘，制取终印模（图 18）。



A: 试戴临时修复体前患者面下 1/3 高度过大，口周肌肉张力不协调；B: 试戴临时修复体后患者面下 1/3 高度改善，口周肌肉放松。

图 17 试戴临时修复体时面相的变化

Fig 17 Changes in facial appearance during try-in

|                                    |                                                                                     |                               |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 患者姓名:_____                         | 试戴时间:_____                                                                          | 医生签字:_____                    |
| 试戴记录:                              |                                                                                     |                               |
| <input type="checkbox"/> 咬合关系稳定可重复 |                                                                                     |                               |
| <input type="checkbox"/> 面部外貌协调    |                                                                                     |                               |
| <input type="checkbox"/> 肌肉自然放松    |                                                                                     |                               |
| <input type="checkbox"/> 发音正常      |                                                                                     |                               |
| 备注:                                |                                                                                     |                               |
| 右侧关节                               |  | 左侧关节                          |
| <input type="checkbox"/> 疼痛        |                                                                                     | <input type="checkbox"/> 疼痛   |
| <input type="checkbox"/> 杂音        |                                                                                     | <input type="checkbox"/> 杂音   |
| <input type="checkbox"/> 运动障碍      |                                                                                     | <input type="checkbox"/> 运动障碍 |

图 16 口内试戴记录表

Fig 16 The try-in record form

经试戴确认临时义齿的咬合设计正确后，用硅胶记录最终咬合关系，用临时义齿的基托作为

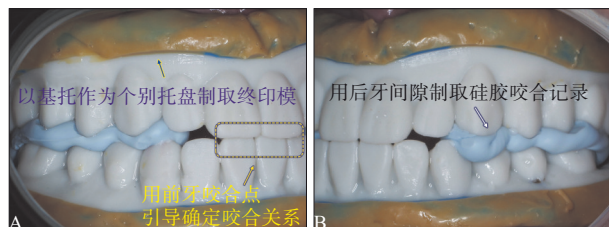
用终印模围模灌注工作模型（图 19），然后用打印的转移台上骀架（图 15D）。

制作工作模型上骀架，扫描替换工作模型数据，按照设计数据切削制作正式义齿（图 20），并在骀架上预调平衡骀，完成后进行口内试戴（图 21）。

3 流程分析

对比传统技术，上述数字化技术（AVIA-

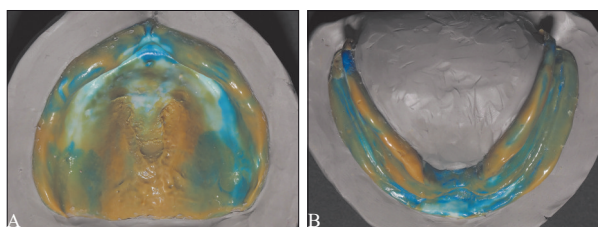
complete denture; A-CD) 展现了显著优势。



A: 右侧面观; B: 左侧面观。上下前牙接触, 定位引导咬合关系, 后牙间隙用于容纳咬合记录材料。如此, 同时完成终印模制取和咬合关系记录。

图 18 用临时义齿的基托作为个别托盘, 制取终印模

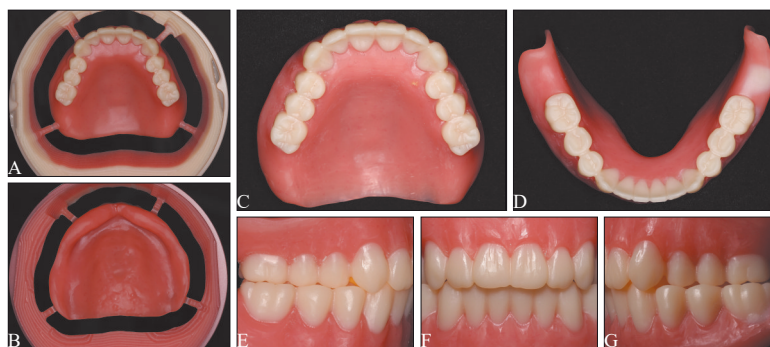
Fig 18 The base of the temporary denture was used as a custom tray for the final impression



A: 上颌印模; B: 下颌印模。

图 19 终印模围模灌注工作模型

Fig 19 Boxing and pouring of the working model from the final impression



A: 切屑制作义齿咬合面; B: 切屑制作义齿组织面; C: 上颌牙列殆面; D: 下颌牙列殆面; E: 右侧后牙; F: 前牙; G: 左侧后牙。

图 20 数控切削制作正式修复体

Fig 20 Fabrication of the definitive restoration via computer numerical control milling

3) 个性化分析与精准治疗。应用数字孪生技术完成对患者口颌系统情况的个性化分析, 效果优于经验化传统技术; 通过可视化实时反馈预览干预效果, 实现对治疗策略的精准判断。

4) 流程标准化, 利于推广。采用标准化数据格式传输诊疗信息, 确保有效沟通, 并可实现远程协助, 保证同质化的治疗效果。

综上所述, 老年复杂修复案例的治疗涉及问题多、难度大。治疗方案需系统整合下颌骨形态、

1) 减少就诊次数与就诊时长。传统复杂修复技术流程繁琐、复诊频繁且单次操作耗时长 (常因效果不确定需额外增加复诊次数); 而本流程借助数字孪生技术, 可将全口义齿或者复杂修复的就诊次数缩减至约 3 次 (图 22), 单次椅旁操作时间一般小于 30 min, 提升就诊便利性。这一优点特别适合老年人。

2) 简化椅旁操作, 降低技术敏感性。数字化流程后台集成大量设计分析步骤, 消除高技术敏感性的椅旁操作, 尤其是传统技术中高难度的“确定垂直高度和水平关系”步骤; 仅保留 5 项必要的常规操作 (制作放射定位点、初印模、试戴义齿、制取硅胶印模、记录咬合关系), 操作难度显著降低, 效果稳定可重复, 降低对医生的经验依赖。特别是在处理解剖条件相对较差的复杂案例时, A-CD 技术有显著的优势。前述案例中, 针对患者上、下牙槽骨吸收后的宽度不协调问题, 后牙咬合需要选择反骀设计。如采用传统技术排牙制作修复体, 口内试戴时常需要反复大量调骀才能达到平衡状态。而使用 A-CD 技术可以根据每一个牙尖的运动方向精准设计咬合接触状态, 实现口内试戴时少调骀甚至不调骀的效果; 如此大幅降低椅旁操作的技术难度, 并缩减操作时间。

颞下颌关节结构位置关系、颌位、殆平面、前牙引导斜度及后牙牙尖斜度等多维度解剖功能参数, 并充分考虑老年患者的全身健康问题与就诊便利性。借助数字孪生技术, 可依次完成从 CHO 评估→颌位调整→殆平面设计→咬合接触点规划的个性化决策流程, 并通过数控加工手段精确实现治疗设计, 大幅简化并缩短治疗流程, 从而为老年患者提供更高效、舒适且易于接受的个性化修复方案。



图 21 试戴全口义齿后咬合稳定均匀 (A), 面部协调美观 (B)

Fig 21 The definitive denture achieved stable occlusion (A), and improved profile (B)

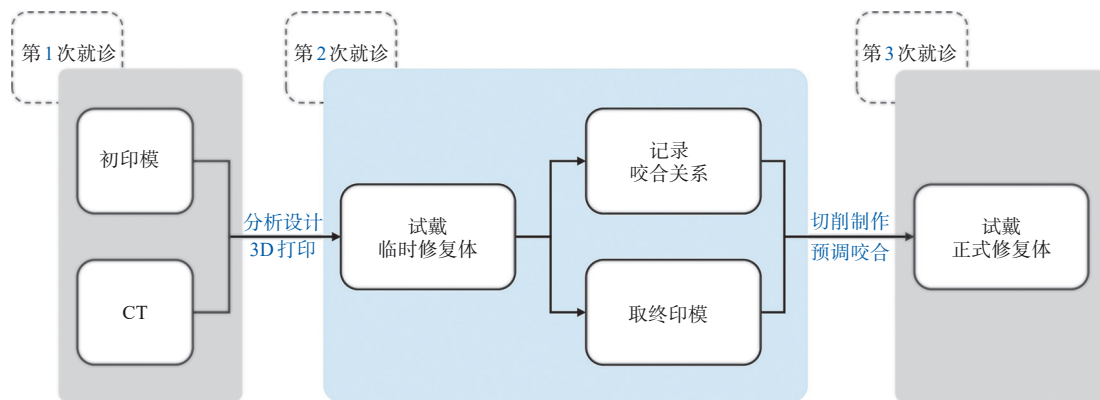


图 22 工作流程示意图

Fig 22 The novel complete denture prosthetic workflow chart

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

#### 4 参考文献

- [1] The glossary of prosthodontic terms 2023: tenth edition[J]. J Prosthet Dent, 2023, 130(4 Suppl 1): e1-e3.
- [2] 骆小平. 牙齿磨损的病因、分类及修复重建治疗进展[J]. 中华口腔医学杂志, 2016, 51(10): 577-582. Luo XP. Etiology, classification and systematic restorative treatment of tooth wear[J]. Chin J Stomatol, 2016, 51(10): 577-582.
- [3] Dinsdale A, Liang ZQ, Thomas L, et al. Are jaw range of motion, muscle function and proprioception impaired in adults with persistent temporomandibular disorders? A systematic review and meta-analysis[J]. J Oral Rehabil, 2020, 47(11): 1448-1478.
- [4] 沈刚. 伴颞下颌关节病错殆畸形的正畸治疗原则与方案[J]. 上海口腔医学, 2021, 30(4): 337-343. Shen G. The orthodontic therapeutic principles for malocclusions concurring with temporomandibular joint disorders[J]. Shanghai J Stomatol, 2021, 30(4): 337-343.
- [5] Pattaratiwanont R, Piemjai M, Garcia-Godoy F. Survival of posterior fixed partial dentures with minimal tooth reduction and improved esthetics: an *in vitro* study[J]. J Prosthet Dent, 2022, 127(4): 585-592.
- [6] Gong YJ, Zhu JY, Zheng FJ, et al. Associations between condylar height relative to occlusal plane and condylar osseous condition and TMJ loading based on 3D measurements and finite element analysis[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 28919.
- [7] Shu C, Xiong X, Huang LW, et al. The relation of cephalometric features to internal derangements of the temporomandibular joint: a systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. Orthod Craniofac Res, 2021, 24(3): 305-313.
- [8] Zhang YL, Liu Y, Shu JH, et al. Morphological study of the changes after sagittal split ramus osteotomy in patients with facial asymmetry: measurements of 3-dimensional modelling[J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2018, 56(10): 925-930.

- [9] 朱锦怡, 龚衍吉, 郑芳杰, 等. 咬合异常与颞下颌关节紊乱症的关系再思考[J]. 口腔医学, 2024, 44(1): 24-30.
- Zhu JY, Gong YJ, Zheng FJ, et al. Reevaluation of the association between the malocclusion and temporomandibular disorders[J]. Stomatology, 2024, 44(1): 24-30.
- [10] Zhu JY, Gong YJ, Zheng FJ, et al. Relationships between functional temporomandibular joint space and disc morphology, position, and condylar osseous condition in patients with temporomandibular disorder[J]. Clin Oral Investig, 2024, 28(3): 193.
- [11] Shu JH, Xiong X, Chong DY, et al. The relations between the stress in temporomandibular joints and the deviated distances for mandibular asymmetric patients[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2021, 235(1): 109-116.
- [12] 龚衍吉, 刘洋, 尹德强. 数字孪生辅助调整颌位流程的临床新技术和应用效果研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2024, 42(2): 268-275.
- Gong YJ, Liu Y, Yin DQ. Effect of the application of digital technology-assisted optimization in the process of adjusting jaw position[J]. West China J Stomatol, 2024, 42(2): 268-275.
- [13] Chemello PD, Wolford LM, Buschang PH. Occlusal plane alteration in orthognathic surgery: part II : long-term stability of results[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1994, 106(4): 434-440.
- [14] Wolford LM, Chemello PD, Hilliard F. Occlusal plane alteration in orthognathic surgery: part I : effects on function and esthetics[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1994, 106(3): 304-316.
- [15] 刘洋, 张亮. 咬合功能分析——临床实用技术图解[M]. 2版. 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2021: 2.
- Liu Y, Zhang L. Practical atlas for occlusion analysis [M]. 2nd ed. Nanjing: Jiangsu Phoenix Science and Technology Publishing House, 2021: 2.
- [16] Kandasamy S, Greene CS. The evolution of temporomandibular disorders: a shift from experience to evidence[J]. J Oral Pathol Med, 2020, 49(6): 461-469.
- [17] Kalladka M, Young A, Thomas D, et al. The relation of temporomandibular disorders and dental occlusion: a narrative review[J]. Quintessence Int, 2022, 53(5): 450-459.
- [18] Hwang CJ, Sung SJ, Kim SJ. Lateral cephalometric characteristics of malocclusion patients with temporomandibular joint disorder symptoms[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006, 129(4): 497-503.
- [19] 钟嘉伟, 范佩迪, 胡首杉, 等. 前后殆平面与颞下颌骨关节病关系的影像研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2023, 41(3): 297-304.
- Zhong JW, Fan PD, Hu SS, et al. Imaging study on the relationship between anterior and posterior occlusal planes and temporomandibular osteoarthritis [J]. West China J Stomatol, 2023, 41(3): 297-304.
- [20] Chen S, Lei J, Fu KY, et al. Cephalometric analysis of the facial skeletal morphology of female patients exhibiting skeletal Class II deformity with and without temporomandibular joint osteoarthritis[J]. PLoS One, 2015, 10(10): e0139743.
- [21] Liu W, Liu SY, Xiong X, et al. Condyle bone destruction: the association between temporomandibular joint vibration and finite element analysis[J]. Oral Radiol, 2022, 38(4): 565-574.
- [22] Zheng FJ, Gong YJ, Zhu YF, et al. Three-dimensional theoretical model for effectively describing the effect of craniomaxillofacial structural factors on loading situation in the temporomandibular joint[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2024, 151: 106371.
- [23] Fushima K, Kitamura Y, Mita H, et al. Significance of the cant of the posterior occlusal plane in Class II division 1 malocclusions[J]. Eur J Orthod, 1996, 18(1): 27-40.
- [24] Cifter ED. Effects of occlusal plane inclination on the temporomandibular joint stress distribution: a three-dimensional finite element analysis[J]. Int J Clin Pract, 2022, 2022: 2171049.
- [25] Li ZJ, Yang Z, Lan TT, et al. Worn is born: the role of the maxillo-mandibular relation in management of worn dentition[J]. Med Hypotheses, 2017, 104: 156-159.
- [26] 李波. 咬合重建修复中的相关验学问题[J]. 中国实用口腔科杂志, 2019, 12(1): 6-9.
- Li B. Occlusion-related problems in occlusal reconstruction[J]. Chin J Pract Stomatol, 2019, 12(1): 6-9.
- [27] 何三纲. 口腔解剖生理学[M]. 8版. 北京: 人民卫

- 生出版社, 2020: 74.
- He SG. Oral anatomy and physiology[M]. 8th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 74.
- [28] Wang XR, Zhang Y, Xing N, et al. Stable tooth contacts in intercuspal occlusion makes for utilities of the jaw elevators during maximal voluntary clenching[J]. *J Oral Rehabil*, 2013, 40(5): 319-328.
- [29] 王美青. 现代骀学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 17.
- Wang MQ. Contemporary dental-occlusion[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006: 17.
- [30] Zhu YF, Zheng FJ, Gong YJ, et al. Effect of occlusal contact on TMJ loading during occlusion: an in silico study[J]. *Comput Biol Med*, 2024, 178: 108725.
- [31] Zhu YF, Zheng FJ, Gong YJ, et al. Biomechanical behavior of customized splint for the patient with temporomandibular disorders: a three-dimensional finite element analysis[J]. *Biocybern Biomed Eng*, 2024, 44(1): 83-94.

## • 专家简介 •



于世宾, 教授, 博士研究生导师。现任空军军医大学第三附属医院颞下颌关节病科主任, 1995—2006年就读于原第四军医大学口腔医学院, 获博士学位。2005—2006、2012—2013年先后赴芬兰、美国留学。长期专注于颞下颌关节紊乱病、咬合病、口颌面痛等的诊治与机制研究。入选陕西省三秦英才特殊支持科技创新领军人才、空军高层次科技人才, 是陕西省高等学校青年创新团队负责人, 兼任中华口腔医学会颞下颌关节病及骀学专业委员会副主任委员、口腔医学教育分会常务委员等学术职务。先后主持国家重点研发计划课题、军队重点课题各1项, 国家自然科学基金4项, 省部级课题10余项, 发表论文150余篇, 获批专利16项。先后担任多部国家规划教材编委。



张勉, 副教授, 硕士研究生导师。现任空军军医大学第三附属医院颞下颌关节病科副主任, 2005—2016年就读于原第四军医大学口腔医学院, 获博士学位。长期专注于颞下颌关节紊乱病、磨牙症等的基础与临床研究。兼任中华口腔医学会颞下颌关节病及骀学专业委员会委员、陕西省口腔医学会颞下颌关节病及骀学专业委员会副主任委员等学术职务。先后主持国家自然科学基金、陕西省重点研发计划等课题10余项, 发表论文60余篇。担任多部国家规划教材编委, 参编专著多部。



冯志宏, 副教授, 硕士研究生导师。现任空军军医大学第三附属医院修复科副教授, 副主任医师。1999—2009年就读于原第四军医大学口腔医学院, 获博士学位。2012—2013年留学意大利都灵大学牙学院。长期专注于数字化全口义齿、无牙颌即刻种植修复、复杂骨增量及复杂牙列缺损的修复诊治及技术创新研究。先后主持并参与多项有关数字化全口义齿、复杂牙列缺损缺失重建的科研项目。发表国际论文数十篇, 担任多部国家规划教材编委及秘书工作。



董岩,副教授,副主任医师,硕士研究生导师。现任空军军医大学第三附属医院修复科副主任。2000—2010年就读于原第四军医大学口腔医学院,获博士学位。长期专注于口腔修复体咬合相关临床研究。先后主持多项国家级和省部级科研项目,并在国际期刊发表论文数十篇。近年来参与制定国家级临床指南与团体标准4项。主译出版临床专著4部,副主译出版临床专著2部,参编专著多部。



姜华,教授,主任医师,博士研究生导师,现任解放军总医院第一医学中心口腔科颞下颌关节专科主任。2003—2006年就读于解放军总医院研究生院口腔医学专业,获博士学位。2012—2013年公派赴美访问学者。长期专注于颞下颌关节病及咬合病的临床和基础研究。先后主持了多项颞下颌关节病及咬合病相关的国家级和省部级科研项目,并在国内外期刊发表研究论文。担任多部规划教材编委。



刘洪臣,教授,主任医师,博士研究生导师,解放军总医院专家组成员、口腔医学研究所所长。中国老年学与老年医学学会口腔保健分会主任委员,中华医学会医学美学与美容学第5届委员会主任委员,中华口腔医学会第3届颞下颌关节病学及殆学专业委员会主任委员,中国整形美容协会第1届口腔美容整形分会主任委员,国际牙医师学院Fellow,亚太种植协会名誉会长,《中华老年口腔医学杂志》等杂志主编。从事口腔及咬合病与颞下颌关节治疗的临床和基础研究,提出无牙颌位及微调殆技术,主持口颌功能与脑功能关系研究等国家与军队课题,并在国内外期刊发表研究论文。先后获得国家科技进步奖二等奖和军队科技进步奖一等奖。



李鸿波,教授,主任医师,博士研究生导师,现任解放军总医院第一医学中心口腔科主任。1992—2002年就读于原第四军医大学口腔医学院,获博士学位。2002—2004年在北京大学口腔医学院从事博士后研究,2015—2016年公派赴美访问学者。长期从事口腔咀嚼生理功能的研究,先后主持多项国家级和军队、省部级科研项目。在国际期刊发表论文20余篇。担任多部规划教材编委。



谢理哲,副教授,硕士研究生导师,现任南京医科大学口腔医疗数字化技术工程中心副主任。江苏省“双创博士”。2006—2012年就读于东南大学生物科学与医学工程学院和法国雷恩第一大学,获生物医学工程和信息处理博士学位,后就职于南京医科大学口腔医学院。长期专注于口腔医学与工学的交叉研究,先后主持了多项颞下颌关节和工学交叉研究方向的国家自然科学基金和江苏省重点研发社会发展项目。获江苏省科学技术奖、医学科技奖、新技术引进奖等。在国际期刊上发表论文50余篇,授权发明专利30余项,授权软件著作权10余项,著有专著和规划教材4部。



尹德强，教授，博士研究生导师。现任重庆大学航空航天学院基础力学系副系主任，中国力学学会“第7届名词审定委员会”和“第6届对外交流与合作委员会”委员。2002—2012年先后就读于重庆大学和英国思克莱德大学，获博士学位。后于四川大学、东北大学（日本）和重庆大学进行专注纳米涂层界面结构与性能和颞下颌关节的生物力学研究。先后主持了多项国家级和省部级科研项目，并在《Nature materials》《Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America》（PNAS）《ACS Nano》《Nano letters》《Carbon》《Journal of the American Ceramic Society》（JA-CerS）等期刊上发表论文50余篇，参与编撰专著《Manufacturing Engineering and Technology》。



刘洋，主任医师，硕士研究生导师。2000—2012年就读于四川大学华西口腔医学院，并于2010—2012年赴美国留学，获博士学位。现任四川大学华西口腔医院颞下颌关节科副主任。长期专注于颞下颌关节病的诊治和咬合重建的临床研究。先后主持多项国家级和省部级科研项目，在国际期刊上发表论文数十篇，主编5部临床专著，担任多部规划教材编委。

（本文编辑 王姝）