

# 以始为终:数字化导板在牙列重度磨耗咬合重建序列治疗中的应用

王焱 王烟岚

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, 广州 510055

通信作者: 王焱, Email: wangyan9@mail.sysu.edu.cn



王焱

**【摘要】** 牙列重度磨耗伴随着咀嚼效率下降和美观受损, 极大影响了患者的生活质量。咬合重建是恢复牙列重度磨耗患者功能和美观的一种重要且有效的治疗手段, 但其操作复杂、技术敏感性高。随着数字化技术用于咬合重建治疗, 如何将治疗的重点转移到治疗前初始设计阶段以降低操作难度、提高治疗效果的可预测性,

并在整个流程中实现有效的质量控制, 最终实现咬合重建治疗的精准化和微创化是临床医生始终在探索的问题。在此过程中, 各种数字化导板的使用使得上述目标逐步成为现实。本文对咬合重建治疗中使用的数字化导板的分类、设计、一般制作和常规应用流程进行了总结, 阐述了在不同阶段使用各类数字化导板, 包括咬合板、冠延长术导板、牙体预备导板和修复体粘接导板等引导牙列重度磨耗咬合重建序列治疗的标准完整流程, 以期实现以始为终和微创修复的治疗目标, 为临床工作提供指导和参考。

**【关键词】** 数字化技术; 导板; 咬合重建; 重度磨耗牙列

**基金项目:** 广东省基础与应用基础研究基金区域联合基金-重点项目(2020B1515120062)

**引用著录格式:** 王焱, 王烟岚. 以始为终: 数字化导板在牙列重度磨耗咬合重建序列治疗中的应用[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2023, 17(4): 233-238.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.04.001

## Start with the end: Application of digital guide plates in the occlusal reconstruction of severely worn teeth

Wang Yan, Wang Yanlan

Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Wang Yan, Email: wangyan9@mail.sysu.edu.cn

**【Abstract】** Severely worn teeth accompanied by

decreased masticatory efficiency and impaired appearance can greatly affect the life quality of patients. Occlusal reconstruction is an effective treatment for this disease but the treatment process is quite complicated and highly dependent on the doctor's experience. With the application of digital technology in occlusal reconstruction, clinicians are keeping exploring how to shift the focus of treatment to the initial design stage so as to reduce the difficulty of operation, improve the predictability and control the quality effectively in the whole process. In this article, the classification, general manufacturing process, design, and application of the main types of digital guide plates, namely digital - designed occlusal plate, crown - lengthening guide plate, tooth - preparation guide plate and bonding guide plate, used in occlusal reconstruction were summarized, and the procedures of using these digital guide plates in the sequential treatment were reviewed, aiming to provide a reference for clinical work and achieve the goal of minimally invasive treatment and "Taking the end as the start".

**【Key words】** Digital technology; Guide plate; Occlusal reconstruction; Severely worn dentition

**Fund program:** Key Program of Regional Joint Funds of Guangdong Basic and Applied Basic Research Foundation (2020B1515120062)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.04.001

牙齿磨耗是物理或化学因素导致牙齿硬组织进行性丧失的一类疾病, 牙列重度磨耗会严重影响患者的美观和咀嚼功能。咬合重建是治疗牙列重度磨耗的一种常用修复手段, 治疗过程需要经过咬合关系调整、确定及转移、牙体预备、临时修复体和永久修复体等多个序列步骤, 具有治疗难度大、技术敏感性高的特点。近年来, 在咬合重建治疗开始阶段进行符合功能美学的修复设计, 并将这一设计通过科学合理的方法转化为精准的修复表达已逐步成为临床治疗及临床研究的关键流程。随着数字化技术的发展, 在数字化功能美学诊断设计基础

上制作的一系列数字化导板为减小咬合重建的操作难度、提高治疗精度、提高效率及全流程质控提供了极大帮助。本文就咬合重建治疗中使用的数字化导板的分类、设计、一般制作和常规应用流程进行了总结,以期为临床提供指导和参考。

### 一、数字化导板的分类

根据咬合重建过程中数字化导板的作用和使用场景不同,可分为数字化咬合板、数字化冠延长术导板、数字化牙体预备导板和数字化修复体粘接导板。

1. 数字化咬合板(digital occlusal plate):在咬合重建治疗中,咬合板可协助引导上下颌在合适的位置建立咬合关系,在此也将其归入广义的导板治疗范围。主要包括用于辅助确定正中关系的前牙去程序化装置(anterior deprogrammer)和用于调整颌位关系的全牙列接触型咬合板。传统的咬合板制作与活动义齿制作类似,与此相对应的通过数字化设备及软件辅助进行设计和制作所获得的咬合板又称为数字化咬合板。

(1)前牙去程序化装置:是一种前牙接触型咬合板(anterior bite plate),主要用于辅助寻找及确定正中关系位。临床上获取正中关系位的方法主要包括Dawson的双手操作法、各种前牙去程序化装置和哥特式弓。其中,采用去程序化装置获取正中关系位的可重复性最高<sup>[1]</sup>。去程序化装置的作用原理是通过在上前牙腭侧或切端设置前导平台使后牙脱离咬合接触,仅保持前牙单点接触,在翼外肌放松后,咀嚼肌的收缩可使下颌准确且重复地进入正中关系位<sup>[2]</sup>。去程序化装置根据可使用时间分为短时程和长时程去程序化装置。短时程去程序化装置为预成品,使用时间一般为30 min,仅在临床短时戴用,因此可能存在去程序化不完全、正中关系定位不准的问题。新兴的数字化长时程去程序化装置以采集的口扫数据为基础全流程使用数字化设计、个性化制作(图1),患者家庭戴用,戴用时间可以达到2周,具有设计制作高效、简便、精确、可重复性好和去极化完全的优点<sup>[3-4]</sup>。数字化前牙去程序化装置

可以结合电子面弓、咀嚼肌肌电检测等手段对确定的正中关系位进行复核。需注意的是,有关节囊内病变不能承受关节负荷、前牙缺失或明显松动及癫痫等系统性疾病患者需慎重使用长时程去程序化装置<sup>[5]</sup>。

(2)数字化全牙列接触型咬合板:咬合板的咬合面覆盖全牙列,主要用于咬合重建中进行颌位调整。根据形式不同又可分为稳定型咬合板和解剖型咬合板,前者后牙上下咬合呈平面点状(图2A~2C),后者则有尖窝解剖结构。稳定型咬合板覆盖面积较大,戴用后对发音和美观有一定的影响。近年来,随着对数字化设计及加工手段运用程度不断加大,越来越多医生结合口内扫描牙列数据、电子面弓的咬合数据和数字化美学设计的信息,经过数字化设计后制作出具有理想咬合关系、咬合曲线和美学平面的可拆卸式临时修复体(图2D~2F)来进行咬合调整,不再单独戴用传统的稳定型咬合板来调整颌位。可拆卸式临时修复体利用机械式固位,只覆盖牙面,有效地弥补了稳定型咬合板的缺陷,并具有一定的尖窝关系,属于解剖型咬合板,可以在咬合调整阶段最大限度地检验和稳定正中关系位,模拟最终的修复效果。总之,通过数字化方式可以方便地实现稳定型咬合板和可拆卸式临时修复体的分段制作,利于下一步颌位关系的复制和转移,多篇国内外临床初步评价均显示数字化咬合板的效果优于传统咬合板<sup>[6-7]</sup>。

2. 数字化冠延长术导板:牙列重度磨耗会导致临床冠高度不足,发生在前牙时严重影响美观,因此,部分患者在修复前需要进行冠延长术。美学区的冠延长术可借助传统真空压膜导板辅助确定理想牙龈位置,但精确度欠佳且不能定位骨的位置,而数字化冠延长术导板结合数字化诊断“蜡型”提供的理想牙龈形态和位置及锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)、口内扫描等提供的口腔软硬组织信息进行设计,精准定位牙龈切除和牙槽骨修整的范围及位置,使前期设计的美学目标标准

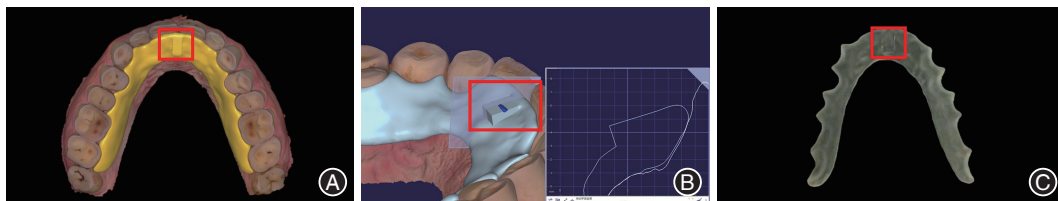


图1 数字化前牙去程序化装置 A:整体设计图(黄色部分);B:前导平台设计图;C:打印效果图;红色方框为前导平台。



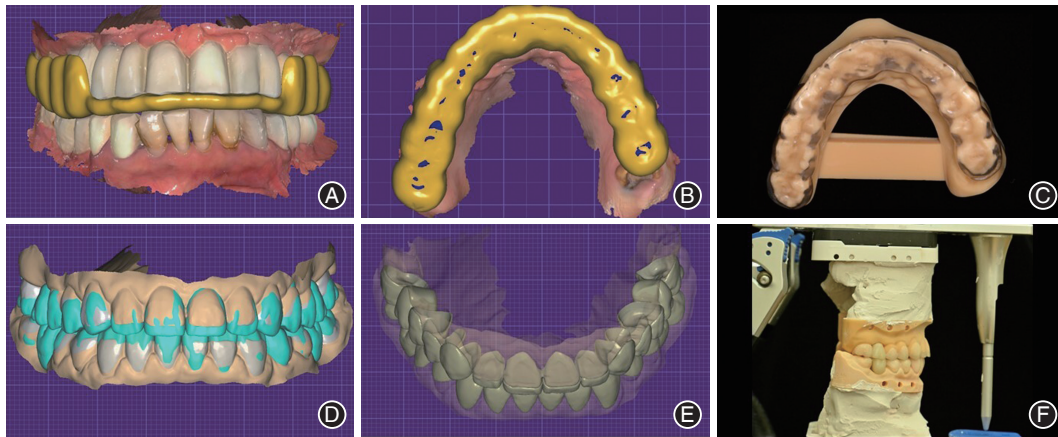


图2 数字化稳定型咬合板和可拆卸临时修复体 A:稳定型咬合板数字模型唇侧观;B:稳定型咬合板数字模型腭面观;C:稳定型咬合板打印模型;D:可拆卸临时修复体数字模型;E:可拆卸临时修复体设计图;F:可拆卸临时修复体打印模型。

确地在后期手术中得以实施<sup>[8]</sup>。目前临床上通常使用的冠延长术双定位导板(如图3所示)在一个导板中结合了理想龈缘和理想骨缘的定位信息,牙龈切除导板根据目标修复体的三维形态标记目标龈缘位置用于指导牙龈形态的修整,牙槽骨切除导板根据生物学宽度的要求在龈切导板的基础上边缘扩大3 mm,用于指导翻瓣后的牙槽骨修整,后者的设置可以在没有牙龈参考的情况下为医生提供牙槽骨修整的位置和形态信息,大大降低了手术操作的难度,提高了手术的精度<sup>[9]</sup>。

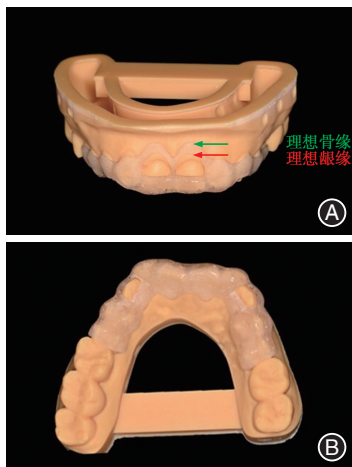


图3 数字化冠延长术双定位导板 A:唇侧观;B:腭面观。

3. 数字化牙体预备导板:牙体预备是一种不可逆的操作,重度磨耗的咬合重建过程中涉及多颗牙的牙体预备,在治疗中最大限度地保存健康的牙体组织、实践微创理念是咬合重建治疗的一大难点。在数字化技术辅助下,可结合预先设计的目标修复体和最小材料厚度获得虚拟预备体轮廓,制作指导微创、精准牙体预备的数字化牙体预备导板。过年

几年中,研究者们设计了类型多样的数字化牙体预备导板。其中,于海洋教授团队设计的数字化牙体预备导板,通过设定导板钻孔,配合带止动环的定深车针精确止于虚拟预备体,实现了精准引导的牙体预备<sup>[10]</sup>。随着全瓷材料和粘接技术的发展,在重度磨耗的咬合重建中开始使用贴面修复后牙,尽可能保存釉质有利于提高粘接性能。Lee等<sup>[11]</sup>设计了一种用于指引需要牙体预备的位置和预备量的数字化微创牙体预备导板,并通过扫描比较基牙与虚拟预备体之间的位置关系实现牙体预备的质控。数字化牙体预备导板的出现改变了传统经验引导的牙体预备模式,在全程可视化控制下完成标准化微创牙体预备。需要注意的是在使用过程中必须确保牙体磨削有足够的水冷却,以免造成牙髓的刺激和损伤。

4. 数字化修复体粘接导板:修复体完全就位粘接能有效减少微渗漏,对提高修复长期成功率有至关重要的作用。微创咬合重建修复中涉及到贴面和嵌体等修复方式,与传统全冠修复体相比更容易在粘接过程中发生脱位、移动和错位。在咬合重建的收官阶段将多个修复体在合适压力下准确就位是修复治疗的难点之一。数字化修复体粘接导板可以有效地降低多个修复体同时粘接的技术敏感性。Silva等<sup>[12]</sup>设计了一种3D打印的弹性树脂修复体粘接导板,该导板可以与修复体的唇侧切端部分临时粘接,由于存在一定弹性可以允许多个贴面从不同方向就位,腭侧或一些不需要修复的牙齿为导板提供的就位支撑可以保证修复体在整个粘接过程中稳定在位。另外,有研究者设计了一种用于磨耗牙列舌侧修复体粘接的导板<sup>[13]</sup>。虽然数字化粘

接导板在我国尚未广泛运用,但这也将是今后精准修复的一个重要环节。

二、数字化导板在牙列重度磨损多学科联合治疗中的常规应用流程

1. 使用数字化咬合板确定颌位关系:对患者进行综合功能、美学及修复空间的全局检查和诊断,在判断患者符合咬合重建适应证并需要升高垂直距离改变颌位关系后,采集口内扫描数据制作数字化长时程去程序化装置。调改前导平台至上下颌后牙间距为1 mm,嘱患者咬合并做下颌前后向滑动,用咬合纸记录并调改至下颌前牙在前导平台上单点接触,此时下颌处在正中关系位,通过电子面弓和咀嚼肌肌电检测等多种手段对确定的正中关系位进行复核后,使用口内扫描仪记录咬合关系<sup>[4]</sup>。在综合颞下颌关节、美学和修复空间等多方面考量后,在合适的垂直距离上设计制作稳定型咬合板,进行定期咬合调整直到连续复诊之间咬合接触一致且患者无不适后进入下一治疗程序,或在设计数字化诊断“蜡型”后使用可拆卸临时修复体替代稳定型咬合板进行咬合关系的确定和调整。

2. 设计数字化功能美学诊断“蜡型”:将收集的电子数据导入数字化设计软件,进行符合功能和美学要求的数字化诊断“蜡型”制作(图4)。在诊断“蜡型”基础上制作可拆卸临时修复体,进行一段时间的使用和调整并以此作为参考设计目标修复位作为咬合重建的基础,同时制作数字化冠延长术导板和数字化牙体预备导板。

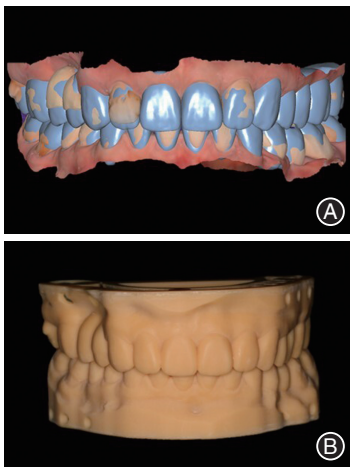


图4 数字化功能美学诊断“蜡型” A:数字模型;B:打印模型。

3. 使用数字化冠延长术导板辅助实施牙冠延长术(可选步骤):对需要实施冠延长术的患者,可在数字化冠延长术导板的引导下进行牙龈切除和

牙槽骨修整完成冠延长术。

4. 使用数字化牙体预备导板指导牙体预备:根据数字化牙体预备导板的类型和使用规范在数字化牙体预备导板的引导下进行牙体预备,在导板的设计和使用过程中注意冲水冷却。可以在牙体初步预备后采集口内扫描数据与虚拟预备体匹配指导下一步调整和精修。

5. 根据目标修复位制作临时修复体:使用目标修复体设计数据通过3D打印或数控切削制作树脂临时修复体。咬合重建患者在临时修复体使用期间需定期进行咬合调整和检查,进行冠延长术的患者需定期重衬临时修复体,根据龈缘位置的变化调整修复体边缘保证临时修复体的密合。

6. 制作最终修复体并在数字化修复体粘接导板引导下完成粘接:一般咬合重建患者临时修复体观察期为3~6个月,对于进行美学区牙冠延长术的患者正式修复一般在术后6个月龈缘位置稳定之后进行。在复查颞下颌关节无明显异常、美学功能符合预期、牙周状况稳定后,以临时修复体调整后的形态和目标修复体为参照制作最终修复体。将临时修复体调整后的形态特征和颌位关系转移至最终修复体,一直是传统咬合重建修复中的重点和难点,通过数字化的方法可以将调整形态后的临时修复体的三维数字模型利用“生物复制功能”配准到牙体预备模型上,通过扩大扫描范围、使用腭皱等解剖标志点和保留部分临时修复体等方法提高配准的精确度,或采用数字化交叉上矜架的方法进行修复体设计,并使用临时修复体调整后的下颌运动轨迹对最终修复体进行咬合验证<sup>[14-17]</sup>。最后在数字化修复体粘接导板的指引下修复体的粘接,定期进行咬合检查和调整。数字化导板在牙列重度磨损多学科联合治疗中的常规应用流程见图5。

三、数字化导板的一般制作流程

1. 数据采集和整合:在完善临床检查,初步确定治疗方案后,开始数据采集和整合。目前可以采集的口腔数据主要包括数字化牙列模型、颌骨三维信息、面扫数据和下颌运动轨迹。不同数据的识别和配准也是近年来数字化口腔领域的研究热点和难点。目前,使用较普遍的是典型解剖标记点法或相同配件标记法,例如使用转移叉(transfer fork)或扫描体(scan body)等数字化配件整合牙列扫描数据和面部扫描数据,在龈乳头附近不超过膜龈联合处放置树脂突(resin dots)配准不同阶段的口扫数据<sup>[18-20]</sup>。



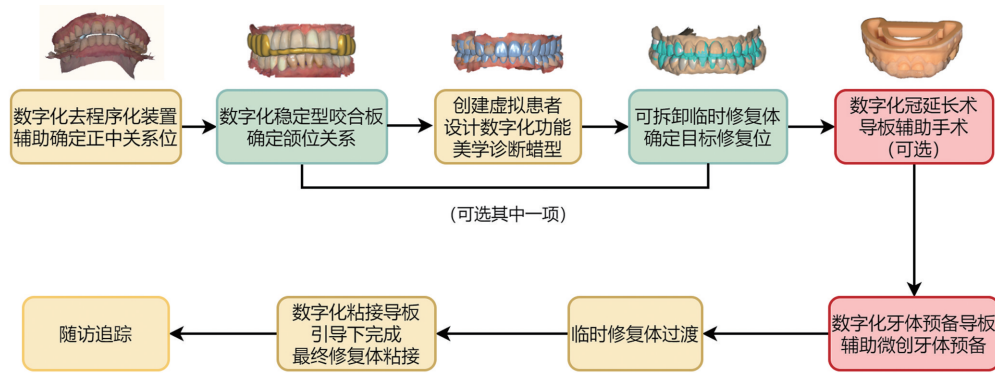


图5 数字化导板在牙列重度磨耗多学科联合治疗中的常规应用流程(红色部分为有创操作)

多种数据结合使用可以在计算机上构建多维度、多模态的虚拟患者信息,准确再现患者的头颅、面部、关节和牙列的静态及动态信息。近年来,国内外多个团队都对四维虚拟患者用于咬合重建治疗的过程进行了报道<sup>[21-23]</sup>。

2. 数字化导板的设计:根据患者临床检查的情况和不同导板的制作要求对导板进行设计(详见第一部分),应该重点考虑导板覆盖的范围、支持方式和导板就位后的稳定性。在此基础上还可以通过Dental CAD软件(Exocad,德国)模拟和分析牙齿/牙列形态、咬合运动轨迹与关节形态功能的协调,在更多细节上辅助咬合重建各个步骤的精准实现,实现重建后美学和功能的统一。

3. 生成和输出数据进行导板加工:在完成数字化导板设计后,生成和输出数据通过3D打印或计算机辅助设计与制作(CAD/CAM)切削的方法制作各类数字化导板。不同的打印材料理化性能、不同的打印发光光源种类、波长和图案控制系统都可造成打印精度的不同,要注意导板材料的选择和各项参数的设置,尽可能提高导板的精度<sup>[24]</sup>。

四、数字化导板在牙列重度磨耗咬合重建治疗中的意义

1. 修复设计重点化:牙列重度磨耗的咬合重建治疗可能需要升高患者的垂直距离,在新的颌位关系下建立咬合,在涉及全牙列的同时需要兼顾美观和功能,具有操作复杂和技术敏感性高的特点。使用数字化导板引导牙列重度磨耗的咬合重建可将治疗的难度转移到初始设计阶段,即数字化美学功能“蜡型”和各类导板的设计。整个治疗的重点在于设计出符合功能美学的数字化诊断“蜡型”,并通过数字化导板将修复设计进行精准表达。

2. 修复效果可预测化:通过口腔虚拟患者的建

立和数字化功能美学诊断“蜡型”的设计,可以对患者进行美学预告,并在能够恢复初始状况的前提下进行功能美学的口内验证,通过数字化导板的全程辅助实现修复效果可预测化。

3. 治疗操作简单化:在最终修复目标明确、修复效果可预测的前提下,各类数字化导板在咬合重建治疗的各个关键节点都能提供明确的引导,大量减少了椅旁操作的时间和难度,提高了临床工作效率和患者的就诊体验。

4. 修复表达精准化:各类数字化导板能够帮助临床医生在牙列重度磨耗的咬合重建治疗过程中将符合功能美学原则的修复设计一以贯之地实现,真正做到修复表达的精准化。

总体而言,通过各种数字化导板在咬合重建各阶段治疗过程中的辅助,可大大提高治疗的精确度、治疗效果的可预见性及降低治疗操作难度,同时实现对咬合重建全流程治疗的有效质控,使咬合重建的标准化和程序化治疗在临床的应用和推广成为可能。同时,目前应用于牙列重度磨耗咬合重建治疗中的各类数字化导板也存在共同的缺点:(1)导板设计制作过程中需要配备的软硬件增加了治疗成本;(2)数字化导板的设计制作及运用需要更丰富的数字化相关知识储备和临床经验积累;(3)导板大多采用牙支持式进行固位,存在牙松动等情况会影响到后续治疗的精确度;(4)导板有一定的厚度和覆盖范围,在使用过程中对患者的开口度有要求的同时会影响舒适度,部分情况下导板会影响冲水冷却和橡皮障的使用进而影响治疗效果。这些也是数字化导板临床运用中需要注意的问题,但是可以相信的是,在数字化导板的辅助下,咬合重建序列治疗将更加微创、精准和可控,从而实现“以始为终”的目标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Stafeev A, Ryakhovsky A, Petrov P, et al. Comparative analysis of the reproduction accuracy of main methods for finding the mandible position in the centric relation using digital research method. Comparison between analog - to - digital and digital methods: A preliminary report [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(3):933. DOI: 10.3390/ijerph17030933.
- [2] Karl PJ, Foley TF. The use of a deprogramming appliance to obtain centric relation records [J]. *Angle Orthod*, 1999, 69(2): 117-124. DOI: 10.1043/0003-3219(1999)069<0117:TUOADA> 2.3.CO;2.
- [3] Hassall D. Centric relation and increasing the occlusal vertical dimension: Concepts and clinical techniques—part two [J]. *Br Dent J*, 2021, 230(2):83-89. DOI: 10.1038/s41415-020-2593-4.
- [4] Revilla - León M, Zeidler JM, Kois DE, et al. Utilizing an additively manufactured Kois deprogrammer to record centric relation: A simplified workflow and delivery technique [J]. *J Prosthet Dent*, 2022;S0022-3913(22)00364-X. DOI: 10.1016/j.prosdent.2022.04.034.
- [5] Adamczyk Ł, Mieszko W. Clinical aspects of application of selected anterior deprogrammers [J]. *Protet Stomatol*, 2017, 67(4):333-341. DOI: 10.5604/01.3001.0010.6860.
- [6] 林瑞, 郁春华, 孙健. 数字化咬合板系统的构建与临床应用初探 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(12): 983-986. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20200629-00381.
- [7] Aslanidou K, Kau CH, Vlachos C, et al. The fabrication of a customized occlusal splint based on the merging of dynamic jaw tracking records, cone beam computed tomography, and CAD-CAM digital impression [J]. *J Orthod Sci*, 2017, 6(3): 104-109. DOI: 10.4103/jos.JOS\_61\_16.
- [8] Coachman C, Bohner L, Jreige CS, et al. Interdisciplinary guided dentistry, digital quality control, and the “COPY - PASTE” concepts [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2021, 33(7): 982-991. DOI: 10.1111/jerd.12736.
- [9] Liu XQ, Yu JT, Zhou JF, et al. A digitally guided dual technique for both gingival and bone resection during crown lengthening surgery [J]. *J Prosthet Dent*, 2018, 119(3): 345-349. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.04.018.
- [10] 刘春煦, 高静, 赵雨薇, 等. 一种3D打印定深孔导板引导的精准牙体预备技术 [J]. *华西口腔医学杂志*, 2020, 38(3): 354-359. DOI: 10.7518/hxkq.2020.03.022.
- [11] Lee H, Fehmer V, Kwon KR, et al. Virtual diagnostics and guided tooth preparation for the minimally invasive rehabilitation of a patient with extensive tooth wear: A validation of a digital workflow [J]. *J Prosthet Dent*, 2020, 123(1): 20-26. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.11.023.
- [12] Silva BP, Mahn Arteaga G, Mahn E. Predictable 3D guided adhesive bonding of porcelain veneers using 3D printed trays [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2021, 33(5): 692-701. DOI: 10.1111/jerd.12795.
- [13] 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.
- [14] 李峥, 柳玉树, 王时敏, 等. 数字化方法复制暂时修复体殆面形态在重度磨耗病例中的应用 [J]. *北京大学学报(医学版)*, 2021, 53(1): 62-68. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2021.01.010.
- [15] Liu X, Zhou T, Gao H, et al. Three-point sectional-cast digital method for transferring the interocclusal relationship for full-mouth rehabilitation of worn dentition [J]. *J Prosthodont*, 2023, 32(3): 273-277. DOI: 10.1111/jopr.13636.
- [16] Venezia P, Torsello F, D'Amato S, et al. Digital cross-mounting: A new opportunity in prosthetic dentistry [J]. *Quintessence Int*, 2017, 48(9): 701-709. DOI: 10.3290/j.qi.a38863.
- [17] Lee SR, Bidra AS. A technique for digital alignment of cross-articulated casts in a computer-aided design software program for complete-mouth rehabilitation [J]. *J Prosthet Dent*, 2023, 129(6): 831-834. DOI: 10.1016/j.prosdent.2021.09.018.
- [18] Pérez - Giugovaz MG, Park SH, Revilla - León M. Three-dimensional virtual representation by superimposing facial and intraoral digital scans with an additively manufactured intraoral scan body [J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 126(4): 459-463. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.07.012.
- [19] Sun A, Yang Y, Gao H, et al. Integrating facial and intraoral scans for digital esthetic and occlusal design: A technical report [J]. *J Prosthodont*, 2021, 30(8): 729-733. DOI: 10.1111/jopr.13397.
- [20] Renne WG, Evans ZP, Mennito A, et al. A novel technique for reference point generation to aid in intraoral scan alignment [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2017, 29(6): 391-395. DOI: 10.1111/jerd.12316.
- [21] 周永胜, 叶红强. 口腔修复中虚拟患者的构建和应用 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2022, 57(10): 997-1002. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20220722-00402.
- [22] 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.
- [23] Zambrana N, Sesma N, Fomenko I, et al. Jaw tracking integration to the virtual patient: A 4D dynamic approach [J]. *J Prosthet Dent*, 2022;S0022-3913(22)00110-X. DOI: 10.1016/j.prosdent.2022.02.011.
- [24] Anadioti E, Kane B, Zhang Y, et al. Accuracy of dental and industrial 3D printers [J]. *J Prosthodont*, 2022, 31(S1): 30-37. DOI: 10.1111/jopr.13470.

(收稿日期: 2023-06-21)

(本文编辑: 王嫚)