

· 临床新技术 ·

# 基于目标修复体空间指导的多级备牙导板 精准修复严重倾斜牙 1 例

杨雷宁<sup>1</sup> 陈梓杰<sup>2</sup> 赵君娜<sup>1</sup> 汪怡文<sup>2</sup> 张静<sup>3</sup> 韩晓鹏<sup>1</sup>

1. 滨州医学院附属烟台口腔医院修复科, 烟台 264000;

2. 滨州医学院附属烟台口腔医院修复工艺科, 烟台 264000;

3. 数字化口腔医学技术烟台市工程研究中心, 烟台 264000

**[摘要]** 当对倾斜、伸长及扭转等特殊情况的牙齿进行牙体预备时, 进行牙齿形态的数字化设计并制作多级三维打印导板指导牙体预备是一种更加高效、准确的方案。本文报道了 1 例上下颌尖牙倾斜角度大、伸长明显且伴扭转采用冠修复改形的病例, 以目标修复体空间分析技术为指导, 先根据修复体的最终形态设计制作截冠导板指导截冠, 再设计制作牙体预备导板指导备牙, 上述多级导板的联合应用提高了特殊情况时牙体预备的效率和准确性, 具有很好的临床应用前景。

**[关键词]** 牙体预备; 数字化设计; 三维打印导板; 目标修复体空间

**[中图分类号]** R783.3 **[文献标志码]** B **[doi]** 10.7518/hxkq.2024.2023428



本文链接 开放科学标识码

## Multi-stage 3D-printed guide for precise restoration of severely inclined teeth based on target restorative space guidance: a case report

Yang Leining<sup>1</sup>, Chen Zijie<sup>2</sup>, Zhao Junna<sup>1</sup>, Wang Yiwen<sup>2</sup>, Zhang Jing<sup>3</sup>, Han Xiaopeng<sup>1</sup>

1. Dept. of Prosthodontics, Yantai Stomatological Hospital Affiliated to Binzhou Medical University, Yantai 264000, China; 2. Dept. of Restoration Technology, Yantai Stomatological Hospital Affiliated to Binzhou Medical University, Yantai 264000, China; 3. Yantai Engineering Research Center for Digital Technology of Stomatology, Yantai 264000, China  
Supported by: 2021 Teaching Reform and Research Project of Binzhou Medical University (JYKTMS2021071)

Correspondence: Han Xiaopeng, E-mail: hanxp8@sohu.com

**[Abstract]** In clinical dentistry, addressing unique conditions such as tilted, elongated, and torsion teeth during preparation can be effectively managed through digital tooth morphology design. The production of a multi-stage 3D-printed guide offered a more efficient and accurate solution. This article presented a case of significant inclination, elongation, and torsion in the maxillary and mandibular canines that were successfully treated using crown restoration modification. A crown preparation guide was fabricated based on the final form design of the restoration using the target restorative space analysis technique to ensure precise tooth preparation. A tooth preparation guide was also designed and utilized further to enhance accuracy and efficiency during complex tooth preparation. The combined application of these multi-stage guides demonstrated promising clinical prospects.

**[Key words]** tooth preparation; digital design; 3D-printed guide; target restorative space

**[收稿日期]** 2023-12-06; **[修回日期]** 2024-04-28

**[基金项目]** 2021年滨州医学院教学改革与研究项目 (JYKTMS202-1071)

**[作者简介]** 杨雷宁, 副教授, 硕士, E-mail: yangleining@foxmail.com

**[通信作者]** 韩晓鹏, 主任医师, 学士, E-mail: hanxp8@sohu.com

精准、微创的牙体预备一直是临床研究的热点, 传统方法有诊断饰面<sup>[1]</sup>配合定深沟或硅橡胶导板<sup>[2]</sup>等牙齿预备定量引导技术<sup>[3]</sup>, 有其优点更有其局限性。随着各种新技术、新设备的开发应用, 各种数字化技术如数字化导板指导备牙<sup>[4-6]</sup>、导航下指导备牙<sup>[7]</sup>和机器人备牙<sup>[8]</sup>等指导精准牙体预备

的方法被众多学者提出并深入研究，均取得了一定的成果。尤其是近年来各种扫描设备在临床的成熟应用，数字化技术在修复领域获得了长足发展，其中，3D打印导板指导牙体预备的相关研究<sup>[9-11]</sup>贴近临床，操作高效便捷，应用效果较好。

目标修复体空间 (target restoration space, TRS) 分析技术<sup>[12]</sup>的提出，使得数字化技术指导牙体精准预备获得了引领性的发展。TRS既制定了修复蓝图，又指导制作个性化导板指导牙体预备，配合各种放大设备如放大镜或显微镜<sup>[13-15]</sup>等，将精准牙体预备进行系统完备的指导；尤其是对于一些特殊情况的牙齿如扭转牙、伸长牙、倾斜牙等，此技术优势更加明显。本文报道了1例右上和左下尖牙唇舌侧严重倾斜、扭转并伴明显伸长，但因牙周、正畸治疗限制和患者个人意愿而选择冠修复改形的病例；本病例以TRS分析技术为指导，先设计修复体的最终形态，再设计制作截冠导板和牙齿预备导板等系列导板指导牙体预备，最终达到了预期的修复目标。上述多级导板的联合应用，保证了备牙的质量，提高了备牙的效率和准确性。

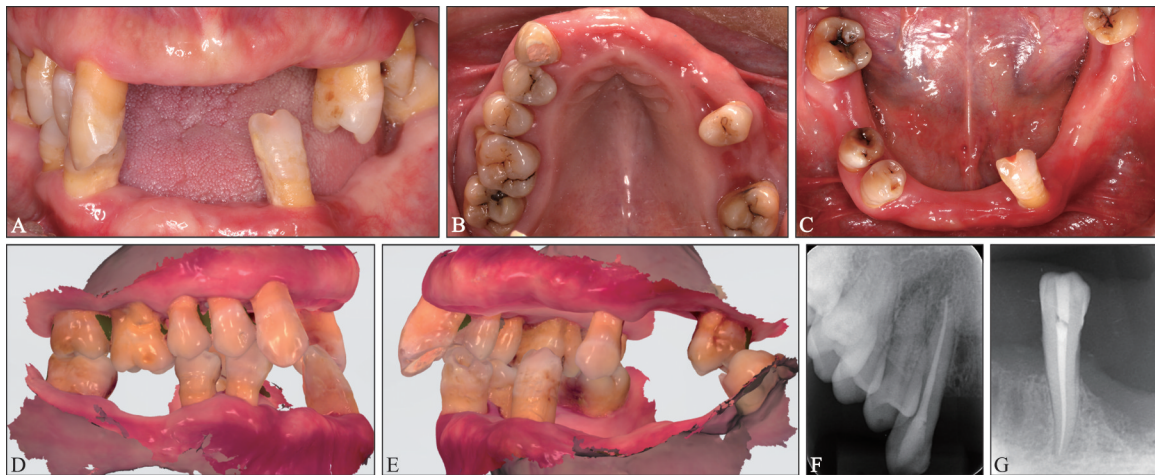
1 基本情况

患者，女，54岁，主诉为多颗牙拔除1个月，

要求改善美观和咀嚼。患者自述近2年来，口内多颗牙齿松动、移位，一直未治疗；近3个月来因疼痛不适、影响饮食，分批次拔除Ⅲ度松动牙齿、根管治疗右上和左下尖牙并行系统的牙周治疗，目前情况稳定1个月余。

临床检查：颌面部对称、比例协调，颞下颌关节活动适中、无明显弹响，张口度正常、开口型对称。11、12、21—24、26、31、32、34—37、41、42、46牙缺失，牙槽嵴低圆形，附着龈宽度>2 mm。13牙唇侧倾斜约20°，伸长超过上颌殆平面近5 mm；33牙舌侧倾斜约20°，略向近中倾斜，伸长超过下颌殆平面4.5 mm；13、23牙略扭转，无对殆，舌侧开髓口位置充填物密合无脱落，叩诊无不适，无明显松动 (图1A~C)。14、16、38牙龋坏，探诊等无不适；17、27、45、47牙龋坏，探诊和冷刺激等略敏感。口内余牙牙龈退缩至根中1/3，14、44、45牙松动近Ⅰ度，其余牙齿无明显松动；16、25牙无对殆，略伸长；14、15、17、27牙与对殆有稳定咬合 (图1D、E)。X线片：13、33牙根充可，牙槽骨吸收至根中1/3，冠根比近1:1，根尖周膜和牙周膜基本正常 (图1F、G)。

诊断：上、下颌牙列缺损，13、23牙牙体缺损，14、16、38牙浅龋，17、27、45、47牙中龋，慢性牙周炎 (稳定期)。



A: 口内唇面照; B: 上颌殆面照; C: 下颌殆面照; D: 右侧咬合; E: 左侧咬合; F: 13牙X线片; G: 33牙X线片。

图1 患者术前检查

Fig 1 Patient's preoperative photos

由于患者存在上下颌多颗牙齿缺失且牙槽骨严重吸收萎缩、重度牙周炎治疗后、余留牙牙龈退缩明显且伴不同程度松动等问题，在讨论不同方案后，患者选择13、23牙完成根管治疗后牙冠修复改形，14、16、17、27、38、45、47牙龋坏行充填治疗，牙周定期复查治疗维护，上下颌缺

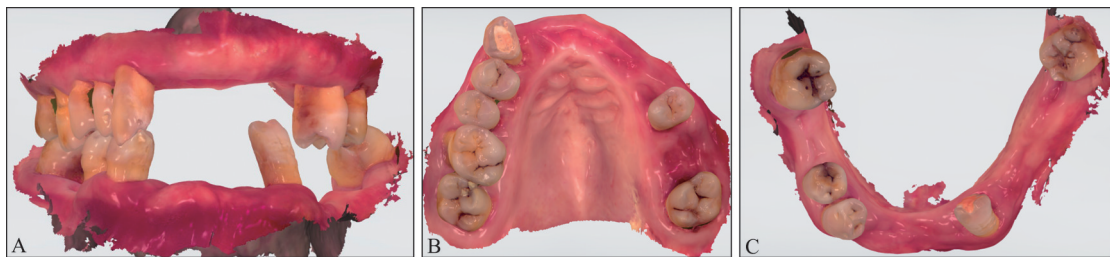
失牙行种植修复的方案。根据缺牙区牙槽骨情况分批次行种植或单独植骨后再种植修复，考虑种植位点为12、21、23、24、26、32、35、36、37、41、43、46，暂定12—22、32—42、35—37位点进行种植固定桥修复 (因修复间隙不足，34牙不修复)，23—24位点种植联冠修复，26、43、46位点

种植单冠修复。本文重点讨论13、33牙严重倾斜、扭转伴明显伸长情况下,如何通过TRS分析技术指导设计修复体形态、设计制作截冠导板和牙齿预备导板等多级导板辅助完成预期的修复目标,而未对后续正在进行的种植治疗等操作进行赘述。

## 2 技术步骤

### 2.1 全牙列数据采集

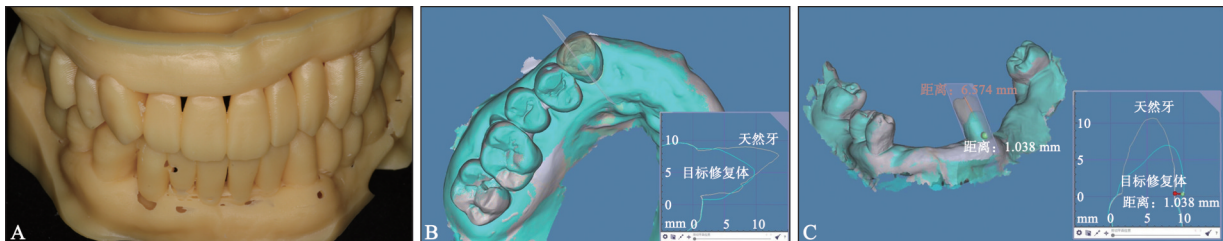
用3-shape Trios口内扫描仪(3-shape公司,丹麦)获取患者上、下颌全牙列和咬合等三维数据,导入Dental CAD软件(exocad公司,德国),将患者的真实信息转化成三维虚拟数字化信息(图2)。



A: 全牙列三维数据; B: 上颌三维数据; C: 下颌三维数据。

图2 三维数据

Fig 2 The 3D models



A: 全牙列形态设计; B: 13牙TRS修复设计; C: 33牙TRS修复设计。

图3 TRS修复设计和空间分析

Fig 3 The design and analysis of TRS restoration

### 2.3 多级备牙导板(截冠导板和备牙导板)设计

13、33牙截冠导板:根据TRS与天然牙的形态差异,设计截冠导板(图4A),指导在合适位置截断伸长的牙体组织(图4B、C),保证牙体预备导板的顺利戴入。

13、33牙备牙导板:13、33牙拟行氧化锆饰瓷冠修复,根据修复体材料要求<sup>[22]</sup>,设定其牙尖厚度2 mm,颈部肩台宽度1 mm,轴面厚度从牙尖向颈部均匀减少。根据TRS最终形态(图3A),设计备牙导板,牙尖导板厚度1 mm,颈部导板厚度2 mm,轴面厚度从牙尖向颈部均匀增加;按照胎龈向和近远中向将牙齿三等分,唇舌侧各设置7个定深点,牙尖设置3个定深点(图5)。

### 2.2 形态设计与TRS指导

患者面部比例协调,上下颌咬合稳定。根据发音法、息止殆位和余留后牙的殆平面等信息,使用Dental CAD软件初步设计TRS虚拟形态<sup>[16-20]</sup>,打印模型并进行复制,在患者口内制作诊断饰面,再次通过前牙美学分析微调形态<sup>[16-17]</sup>,并将调整后的信息反馈到虚拟设计,获取TRS最终形态(图3A)。根据TRS的数量关系与治疗前原牙体的空间位置关系,本病例为混合空间<sup>[21]</sup>,内蓝色为目标修复体,外白色为天然牙(图3B、C),二者形态差异较大,单一备牙导板存在就位困难或设计上有限形态和厚度上的局限性,多级备牙导板可以将复杂的修复设计量化后精准地表达。

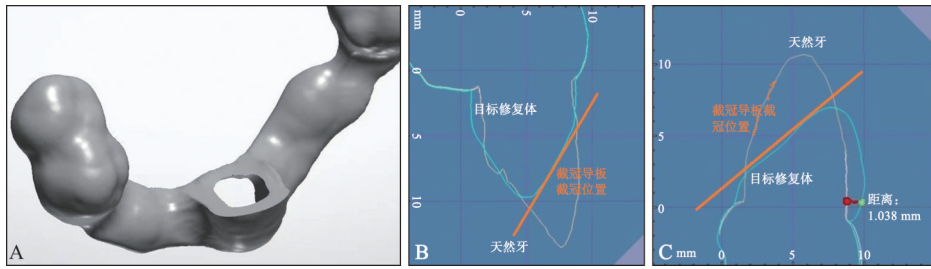
## 3 临床操作

### 3.1 截冠导板指导截冠

13、33牙根管治疗后观察无不适,试戴截冠导板,可以清晰显示13、33牙需要去除牙体组织的位置和量(图6A、C),在导板指导下,精准截冠(图6B、D),13和33牙分别在牙长轴方向上截去5 mm和4.5 mm。

### 3.2 牙体预备导板指导备牙

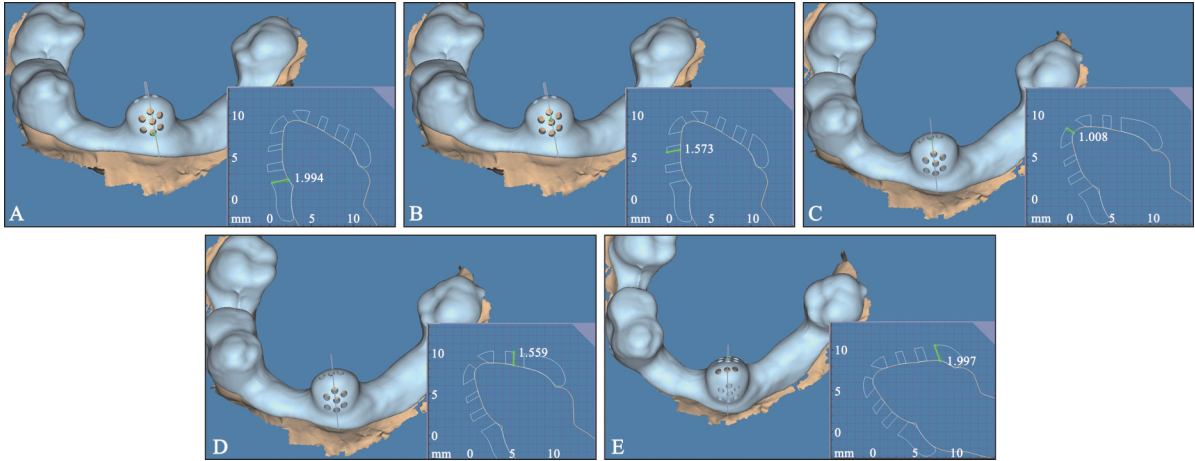
完成截冠后,去除冠方暂封材料,13牙唇侧、33牙舌侧壁薄弱,行纤维桩和树脂核修复<sup>[23]</sup>,截冠导板辅助修整形态,保证备牙导板能顺利就位。



A: 截冠导板三维设计; B: 13牙截冠位置; C: 33牙截冠位置。

图 4 截冠导板设计

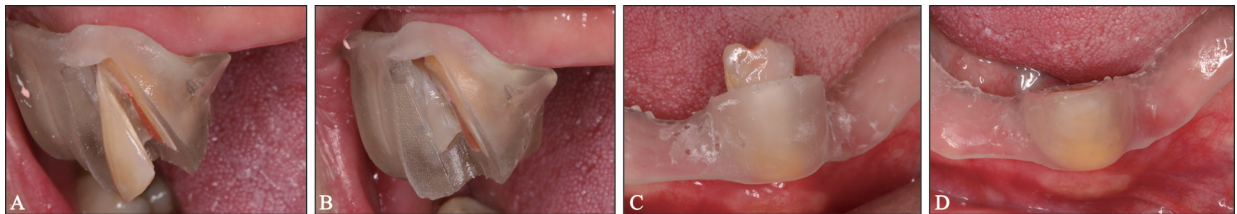
Fig 4 The design of tooth preparation guide



A: 导板唇侧颈部; B: 导板唇侧中部; C: 导板牙尖; D: 导板舌侧中部; E: 导板舌侧颈部。

图 5 备牙导板设计

Fig 5 The design of tooth preparation guide



A: 13牙截冠前; B: 13牙截冠后; C: 33牙截冠前; D: 33牙截冠后。

图 6 截冠导板指导截冠

Fig 6 Clinical procedure of tooth preparation with 3D-printed guide

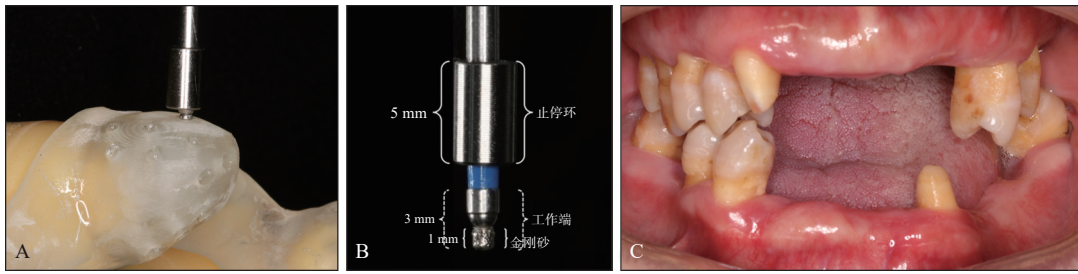
检查牙体预备导板，就位顺利、稳定密合(图7A)。导板厚度1~2 mm，从牙尖向颈部均匀过渡；止停环长度5 mm，及时止停；HX-901型车针(福州海象医疗器械有限公司)设定有效长度8 mm，1 mm的金刚砂工作端可有效切割牙体组织(图7B)；以目标修复体为指导，在上述工具的辅助下，对牙齿唇舌侧和牙尖等轴面进行定深，各个定深孔的牙体预备量 $X = \text{车针有效长度} - \text{止停环长度} - \text{导板厚度}$ <sup>[24]</sup>；最后根据定深孔的指导，在显微镜辅助下进行牙体的预备和精修抛光(图7C)。

### 3.3 修复和复诊

口扫数据匹配 TRS 最终设计，切削聚甲基丙

烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA) 树脂冠(图8A)。13、33牙修复后即刻见图8B，修复后1个月复查见图8C、D，修复后6个月复查见图8E、F，13、23牙龈缘位置协调，未见明显退缩；咬合关系良好，邻接正常。

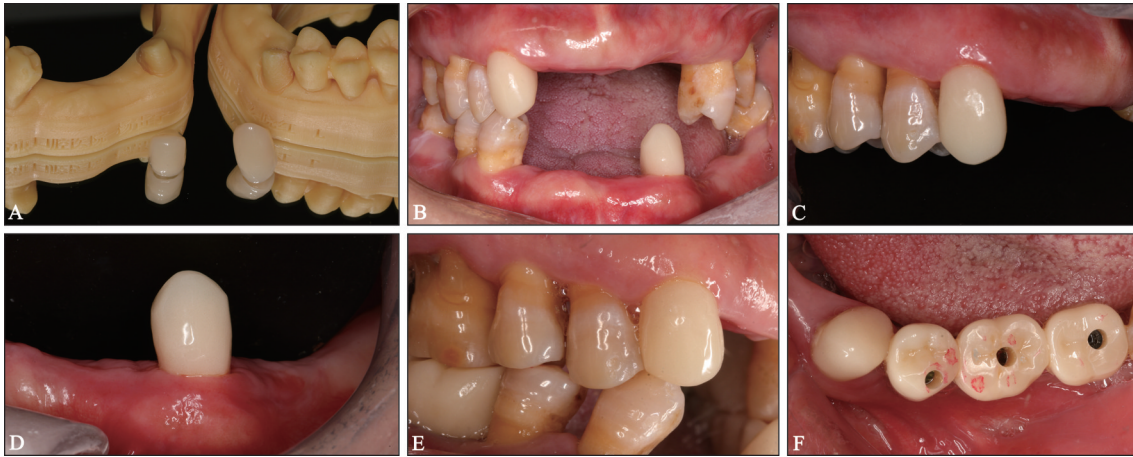
目前上、下颌后牙完成种植修复<sup>[25]</sup>。前牙区单独植骨术后5个月，将按照原定治疗计划行种植修复，考虑12—22、23—24、32—42、43位点先行种植临时冠桥修复进行软组织整塑，调整龈缘位置达到预期的美学效果后，再与13、33牙同期行氧化锆饰瓷冠桥修复。



A: 备牙导板; B: HX-901车针和止停环; C: 牙体预备后。

图 7 牙体预备导板指导备牙

Fig 7 Clinical procedure of tooth preparation with 3D-printed guide



A: 修复体; B: 修复后即刻; C: 13牙1个月复查; D: 33牙1个月复查; E: 13牙6个月复查; F: 33牙6个月复查。

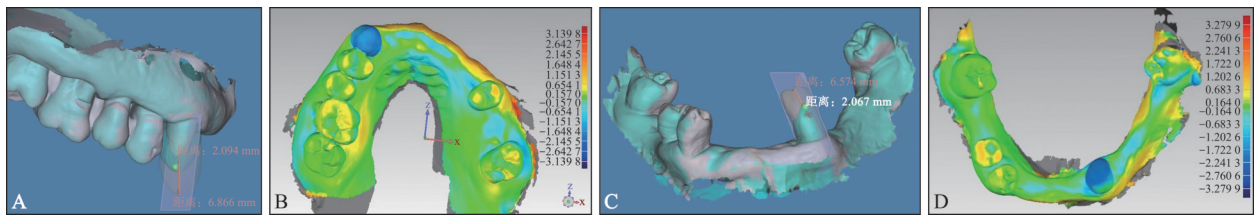
图 8 CAD/CAM树脂冠修复

Fig 8 CAD/CAM PMMA crown restoration

### 4 牙齿预备精度分析

将牙体预备后口内扫描数据与TRS设计数据进行匹配,匹配图中牙面基本为绿色,匹配效果较

好; 13、33牙牙面基本为浅蓝色,显示其牙体轴面预备量在1~2 mm (图9)。分别测量13、33牙牙尖、牙中份和牙颈部等轴面预备量,其误差主要出现在牙尖、颈部和舌侧窝沟位置,两牙均为牙尖位置误差最大,最大误差为13牙牙尖处94 μm。



A: 13牙尖预备量; B: 13牙预备量; C: 33牙尖预备量; D: 33牙预备量。

图 9 牙齿预备精度分析

Fig 9 Analysis of the accuracy of tooth preparation

### 5 讨论

精准牙体预备的方法: 精准的牙体预备首先要确定理想修复体的形态及位置<sup>[16-17]</sup>,再根据修复方案和材料的选择等确定各个轴面的牙体预备量,最后通过一定的方法,如通过备牙导板引导技术、

显微技术、数控切削系统、超短脉冲激光或机器人备牙等先进技术严格控制牙齿磨除量,按照设计进行精准的牙体预备<sup>[24]</sup>。研究<sup>[26-27]</sup>证实,相对于徒手预备、定深沟指导预备或硅橡胶导板指导预备等方法,于海洋<sup>[27-28]</sup>和刘春煦等<sup>[29]</sup>证实 TRS 分析技术辅助制作的数字化导板在指导牙体精准预备方面优势明显,是百微米级数值要求的良好引导

工具。Li等<sup>[5]</sup>和陈亮等<sup>[30]</sup>均证实,相对于传统定深车针方法,3D打印导板指导贴面牙体预备精度更高。Gao等<sup>[31-32]</sup>同样证实对于贴面牙体预备,3D打印自动止停备牙导板指导牙体预备的准确性(绝对差值0.05 mm)明显优于徒手预备、硅橡胶导板(绝对差值0.12~0.16 mm)等传统方法。胡楠等<sup>[33]</sup>报道TRS指导的备牙导板指导全冠修复,实现了牙体预备量的精准引导,其线性精度达到百微米级。TRS分析技术术前先设计最终修复体的形态,给术者更直观立体形象的指导,同时又能结合修复材料的基本要求,计算出每个位置所需要的牙体预备量,实现修复空间数据化;术中辅助3D打印的数字化导板进行牙面特定位点的定深指导,牙体预备全程量化<sup>[33]</sup>,视野更好<sup>[34]</sup>,精准微创;术后实现牙体预备按照TRS设计,精准的调磨量满足修复体最少牙体预备量的要求。另外,相对于数控切削系统、超短脉冲激光或机器人备牙等,TRS分析及备牙导板更简便快捷,贴近临床,应用更加方便。

特殊情况(如伸长、倾斜、扭转)牙齿如何应用TRS分析技术指导牙体预备:在口腔美学修复中,根据TRS的数量关系与治疗前原牙体的空间位置关系<sup>[21]</sup>,TRS可以分成体内空间(internal target restoration space, ITRS)、体外空间(external target restoration space, ETRS)以及混合空间(mixed target restoration space, MTRS)。ITRS是指TRS完全位于目标预备牙体的内部,ETRS是指TRS完全位于牙体的外部,MTRS是指TRS一部分位于目标预备牙体内,另一部分位于目标预备牙体外。对于ITRS和ETRS,TRS分析技术设计的理想修复体形态一般仅需要将原有牙体形态缩小或扩大,所设计的牙体预备数字化导板相对常规。但对于MTRS,涉及对天然牙部分形态去除部分形态增加,尤其是目标修复体与天然牙形态差异较大时,单一的备牙导板往往难以就位或设计时在形态和厚度上有局限性。如本病例,13、33牙唇舌侧倾斜角度大、扭转且伸长明显需要通过冠改形,文中介绍了多级备牙导板指导牙体预备的数字化工作流程,提出首先利用TRS分析技术设计修复体的最终形态(图3),根据其与自然牙的形态差异,分析需要去除的牙体组织位置和量,设计制作截冠导板(图4),指导精准截冠(图6B、D),使MTRS变成ETRS;然后再根据最终修复体形态,结合修复体材料设计备牙导板(图5)。上述多级导板联合应用指导牙齿预备,是一种数字

化引导的新方案,提高了备牙的效率和准确性。

在TRS分析技术指导下,通过多级导板联合应用,将复杂牙齿情况的修复实现精准表达。备牙导板非等厚,从牙尖1 mm向颈部2 mm均匀过渡,保证牙体轴面根据设计要求进行非等量磨除;止停环长度5 mm及时止停,保证设计深度,防止过多的切削牙体组织;HX-901型车针工作端1 mm金刚砂可有效切割牙体组织进行定深,与导板接触位置的光滑面可有效预防对导板的磨损,蓝色标记线下端长度约为3 mm作为定深的第二重保障(图7B);辅助显微镜等放大设备,可以对牙齿进行更精细调磨和抛光,保证牙体预备更加精确。研究中也发现导板指导牙体预备也存在一些问题,特殊部位如牙尖、窝沟点隙和颈部等位置的误差相对较大,最大误差在100 μm左右。牙尖、窝沟误差原因分析:受打印因素限制,导板的精细度不够,在牙尖和窝沟等位置与牙面存在一定细小间隙;止停环有一定的宽度,在牙尖和窝沟等位置与导板有接触差异。颈部误差原因分析:目前临床应用的材料为丙烯酸基质类硬性材料,为保证导板顺利就位,设计导板时系统自动修正倒凹,牙冠轴面凸度越大、导板涉及牙齿越多,为保证就位系统自动纠正的倒凹越大,导板的误差越大,术前术后模型匹配时的误差也会影响结果的准确性。临床操作建议:设计导板时,在保证其稳定性的前提下,尽可能地减少导板覆盖牙的数量和牙面所涉及的倒凹;因导板材料本身强度相对低,即使轻微的打磨抛光也可能造成磨损产生误差等,所以导板不建议打磨抛光;导板指导备牙时,务必保证导板完全就位及稳定,保证视线与车针垂直;定深操作时建议车针适当减速保证定深的准确性和防止对导板损伤等。虽然目前备牙导板的使用存在上述一些问题,但仍不能改变其指导牙体预备优点多、精度高的事实,上述存在问题将是进一步研究的方向。

根据TRS分析技术,利用数字化工具,以目标修复体为导向,设计制作多级备牙导板可以辅助特殊情况(如伸长、倾斜、扭转)牙齿进行更加精准的牙体预备,在数字化工具的辅助下,临床工作将更加可视、量化、精确。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

#### [参考文献]

- [1] Cattoni F, Teté G, Calloni AM, et al. Milled versus

- moulded mock-ups based on the superimposition of 3D meshes from digital oral impressions: a comparative *in vitro* study in the aesthetic area[J]. BMC Oral Health, 2019, 19(1): 230.
- [2] Leoney, Kumar S. Hinged single piece putty index for preclinical demonstration of tooth preparation for fixed partial dentures and crowns[J]. J Clin Diagn Res, 2015, 9(4): ZC09-ZC12.
- [3] 李忠义, 白鹤飞, 王勇, 等. 牙体预备定量引导技术的研究现状[J]. 中华口腔医学杂志, 2018, 53(2): 137-140. Li ZY, Bai HF, Wang Y, et al. Research status of tooth preparation quantitative guide technique[J]. Chin J Stomatol, 2018, 53(2): 137-140.
- [4] Liu CX, Guo J, Gao J, et al. Computer-assisted tooth preparation template and predesigned restoration: a digital workflow[J]. Int J Comput Dent, 2020, 23(4): 351-362.
- [5] Li ZY, Bai HF, Zhao YJ, et al. 3D evaluation of accuracy of tooth preparation for laminate veneers assisted by rigid constraint guides printed by selective laser melting[J]. Chin J Dent Res, 2020, 23(3): 183-189.
- [6] Taha YZ, Raslan F, Ali A, et al. Guided tooth preparation device fabricated with a complete digital workflow: a dental technique[J]. J Prosthet Dent, 2021, 125(2): 221.e1-221.e4.
- [7] 张震宇, 赵彬, 马艳宁. 基于数字化影像学的导板与导航技术在口腔医学中的应用[J]. 口腔医学, 2023, 43(7): 667-672. Zhang ZY, Zhao B, Ma YN. Application of guide and navigation technology based on digital imaging instomatology[J]. Stomatology, 2023, 43(7): 667-672.
- [8] 黄致远. 基于增强现实的机器人辅助牙体预备研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2020. Huang ZY. Research on robot-assisted tooth preparation based on augmented reality[D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2020.
- [9] Sartori N, Ghishan T, O'Neill E, et al. Digitally designed and additively manufactured tooth reduction guides for porcelain laminate veneer preparations: a clinical report [J]. J Prosthet Dent, 2024, 131(5): 768-773.
- [10] Luo T, Li JY, Xie CY, et al. Accuracy of three digital waxing-guided trial restoration protocols for controlling the depths of tooth preparation for ceramic veneers[J]. J Prosthet Dent, 2024, 131(1): 56-63.
- [11] Gao J, Li JY, Liu CX, et al. A stereolithographic template for computer-assisted teeth preparation in dental esthetic ceramic veneer treatment[J]. J Esthet Restor Dent, 2020, 32(8): 763-769.
- [12] 于海洋, 李俊颖. 目标修复体空间的内涵、分析设计及临床转移实施[J]. 华西口腔医学杂志, 2015, 33(2): 111-114. Yu HY, Li JY. The concept, clinical design and transfer application of target restoration space[J]. West China J Stomatol, 2015, 33(2): 111-114.
- [13] 于海洋, 赵雨薇, 李俊颖, 等. 基于牙体牙髓、牙周及功能健康的显微微创牙体预备[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(3): 229-235. Yu HY, Zhao YW, Li JY, et al. Minimal invasive microscopic tooth preparation based on endodontic, periodontal and functional health[J]. West China J Stomatol, 2019, 37(3): 229-235.
- [14] 罗天, 李俊颖, 于海洋. 制备高精度牙预备体肩台的临床路径和预备方法[J]. 华西口腔医学杂志, 2020, 38(6): 712-717. Luo T, Li JY, Yu HY. Clinical pathway and preparation method of high-precision tooth shoulder platform[J]. West China J Stomatol, 2020, 38(6): 712-717.
- [15] 于海洋, 岳莉, 刘伟才, 等. 瓷美学修复中预备体边缘与修复体边缘的专家共识[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(2): 123-133. Yu HY, Yue L, Liu WC, et al. Consensus on the preparation margin and restoration margin in ceramic esthetic rehabilitation[J]. West China J Stomatol, 2022, 40(2): 123-133.
- [16] 谭建国. 牙齿美学修复的美学分析与设计[J]. 中国实用口腔科杂志, 2011, 4(8): 449-450. Tan JG. Esthetic analysis and design in dental esthetic rehabilitation[J]. Chin J Pract Stomatol, 2011, 4(8): 449-450.
- [17] 于海洋. 美学修复的临床分析设计与实施[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 14-23. Yu HY. Dental esthetic rehabilitation clinical analysis and design[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014: 14-23.
- [18] 杜雪, 瞿方, 刘伟才. 三维虚拟牙科患者的建立及其在美学修复中的应用[J]. 国际口腔医学杂志, 2018, 45(6): 695-702. Du X, Qu F, Liu WC. Establishment of a three-dimensional virtual dental patient and its application in esthetic restoration[J]. Int J Stomatol, 2018, 45(6): 695-702.
- [19] 叶红强, 柳玉树, 王冠博, 等. 三维数字化仿真设计与实现技术在前牙美学修复中的应用[J]. 中华口腔医学

- 杂志, 2020, 55(10): 729-736.
- Ye HQ, Liu YS, Wang GB, et al. Application of three-dimensional digital simulated design and implementation in esthetic rehabilitation[J]. Chin J Stomatol, 2020, 55(10): 729-736.
- [20] 王思维, 叶嘉慧, 刘云松, 等. 数字化虚拟仿真设计在口腔美学修复中的应用和研究进展[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(1): 101-106.
- Wang SW, Ye JH, Liu YS, et al. Application and research progress of digital virtual simulated design in dental esthetic rehabilitation[J]. Chin J Stomatol, 2022, 57(1): 101-106.
- [21] 于海洋, 罗天. 目标修复体空间中的数量及数量关系在精准美学修复中的应用[J]. 华西口腔医学杂志, 2016, 34(3): 223-228.
- Yu HY, Luo T. Application of target restoration space quantity and quantitative relation in precise esthetic prosthodontics[J]. West China J Stomatol, 2016, 34(3): 223-228.
- [22] 中华口腔医学会. 全瓷冠牙体预备操作规范: T/CHSA 008-2023[S]. 北京: 中华口腔医学会, 2023: 1.
- Chinese Stomatological Association. Guideline for the tooth preparation of dental ceramic crowns: T/CHSA 008-2023[S]. Beijing: Chinese Stomatological Association, 2023: 1.
- [23] 杨帆, 白向松, 王晓燕, 等. 以剩余牙本质壁状况指导大面积牙体缺损修复方式的选择[J]. 中国实用口腔科杂志, 2021, 14(1): 118-123.
- Yang F, Bai XS, Wang XY, et al. The principle of choosing the prosthodontic method based on the condition of residual dentin walls[J]. Chin J Pract Stomatol, 2021, 14(1): 118-123.
- [24] 杨雷宁, 秦行林, 张静, 等. 目标修复体空间指导多学科联合治疗精准修复1例[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(5): 610-617.
- Yang LN, Qin HL, Zhang J, et al. A case of precise prosthesis under the direction of target restoration space analysis after multidisciplinary combination therapy[J]. West China J Stomatol, 2022, 40(5): 610-617.
- [25] 严宁. 口腔种植学临床操作指南[M]. 北京: 人民军医出版社, 2005: 131-132.
- Yan N. Clinical manual of implant dentistry[M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2005: 131-132.
- [26] Revilla-León M, Sánchez-Rubio JL, Besné-Torre A, et al. A report on a diagnostic digital workflow for esthetic dental rehabilitation using additive manufacturing technologies[J]. Int J Esthet Dent, 2018, 13(2): 184-196.
- [27] 于海洋. 关于牙体预备里的数字追问——从目测经验类比到数字引导[J]. 华西口腔医学杂志, 2021, 39(1): 9-19.
- Yu HY. Questions about the numerical value and quantitative data transfer of tooth preparation—from experience guidance to digital guidance[J]. West China J Stomatol, 2021, 39(1): 9-19.
- [28] 于海洋. 数字化导板引导下的显微牙体预备——从新认识到新实践[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(10): 710-715.
- Yu HY. Guided micro tooth preparation: from new strategies to new clinical practices[J]. Chin J Stomatol, 2020, 55(10): 710-715.
- [29] 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.
- Liu CX, Gao J, Zhao YW, et al. Precise tooth preparation technique guided by 3D printing guide plate with quantitative hole[J]. West China J Stomatol, 2020, 38(3): 354-359.
- [30] 陈亮, 张心怡, 邢桢权, 等. 数字化牙体预备引导技术的精度研究[J]. 口腔医学研究, 2023, 39(5): 450-454.
- Chen L, Zhang XY, Xing ZQ, et al. Evaluation of accuracy for digital tooth preparation guidance technology[J]. J Oral Sci Res, 2023, 39(5): 450-454.
- [31] Gao J, He JX, Fan L, et al. Accuracy of reduction depths of tooth preparation for porcelain laminate veneers assisted by different tooth preparation guides: an *in vitro* study[J]. J Prosthodont, 2022, 31(7): 593-600.
- [32] Gao J, Luo T, Zhao YW, et al. Accuracy of the preparation depth in mixed targeted restorative space type veneers assisted by different guides: an *in vitro* study[J]. J Prosthodont Res, 2023, 67(4): 556-561.
- [33] 胡楠, 刘春煦, 高静, 等. 一种三维打印导板引导的同期种植与牙体预备技术[J]. 华西口腔医学杂志, 2023, 41(4): 483-490.
- Hu N, Liu CX, Gao J, et al. Simultaneous implantation and tooth preparation technology guided by 3D-printed guide[J]. West China J Stomatol, 2023, 41(4): 483-490.
- [34] da Silva BP, Stanley K, Gardee J. Laminate veneers: preplanning and treatment using digital guided tooth preparation[J]. J Esthet Restor Dent, 2020, 32(2): 150-160.