

双约束分体式正畸微螺钉导板的数字化设计与制作方法

杜欣^{1,2} 温奥楠¹ 高梓翔¹ 李志华² 张晟² 王勇¹ 赵一姣^{1,3}

1. 北京大学口腔医学院·口腔医院 数字化研究中心 国家口腔医学中心

国家口腔疾病临床医学研究中心 口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心

国家卫生健康委口腔数字医学重点实验室 口腔数字医学北京市重点实验室, 北京 100081;

2. 南昌大学附属口腔医院 口腔疾病江西省重点实验室

江西省口腔疾病临床医学研究中心, 南昌 330006;

3. 北京大学医学部医学技术研究院, 北京 100191

[摘要] 本研究探索了一种新型双约束分体式正畸微螺钉导板的数字化设计及制作方法, 旨在提高临床微螺钉植入的准确性和安全性, 减少相关并发症。研究选取1例需行微螺钉植入术的患者, 利用锥形束CT (CBCT) 和口内扫描获取数据, 通过Mimics 24.0、Geomagic wrap 2021和Materialise magics 21.0等软件进行三维重建、模型整合及导板设计, 构建包含钉孔导轨和植入杆导轨的双约束分体式导板, 并经金属激光三维打印。模型和口内试戴结果显示, 该导板就位良好、稳定性佳, 术后CBCT验证微螺钉植入部位与术前设计方案基本一致, 未发生相关并发症。该双约束分体式正畸微螺钉导板为临床微螺钉植入提供了一种精确、安全的数字化解决方案。

[关键词] 计算机辅助设计; 手术定位导板; 微螺钉种植体; 3D打印

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2024403



本文链接 开放科学标识码

Digital design and manufacturing method of double constrained split guide for orthodontic miniscrew implantation

Du Xin^{1,2}, Wen Aonan¹, Gao Zixiang¹, Li Zhihua², Zhang Sheng², Wang Yong¹, Zhao Yijiao^{1,3}

1. Peking University School and Hospital of Stomatology, Center of Digital Dentistry & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices & NHC Key Laboratory of Digital Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China; 2. The Affiliated Stomatological Hospital, Nanchang University & Jiangxi Provincial Key Laboratory of Oral Diseases & Jiangxi Provincial Clinical Research Center for Oral Diseases, Nanchang 330006, China; 3. Institute of Medical Technology, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Correspondence: Wang Yong, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn; Zhao Yijiao, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn

[Abstract] This study explored a novel digital design and fabrication method for a double constrained split orthodontic miniscrew guide to improve the accuracy and safety of clinical miniscrew implantation and reduce related complications. A patient requiring miniscrew implantation was selected, and data were acquired using cone beam computed tomography (CBCT) and intraoral optical scanning. For the construction of a double constrained split guide including a

screw-hole guide and an insertion rod guide, different types of software such as Mimics 24.0, Geomagic wrap 2021, and Materialise magics 21.0 were utilized for 3D reconstruction, model integration, and guide design. The

[收稿日期] 2024-11-04; **[修回日期]** 2025-03-15

[第一作者] 杜欣, 住院医师, 硕士, E-mail: 158262045@qq.com

[通信作者] 王勇, 教授, 硕士, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn; 赵一姣, 高级工程师, 硕士, E-mail: kqcadc@bjmu.edu.cn

guide was then fabricated via laser metal 3D printing. Model and intraoral try-in results demonstrated that the guide fitted well and was stable. Postoperative CBCT verified that the final miniscrew implantation site was consistent with the preoperative design, and no related complications occurred. This double constrained split orthodontic miniscrew guide provides a precise and safe digital solution for clinical miniscrew implantation.

[Key words] computer aided design; surgical positioning guide; miniscrew implant; 3D printing

相比传统正畸支抗，正畸微螺钉种植体具有体积小、使用方便灵活等优点，并能为正畸治疗提供绝对支抗，在临床中受到广泛应用^[1]。然而，微螺钉植入术是一种小型外科手术，存在牙根等正常解剖结构损伤及术后感染等风险，继而导致微螺钉植入后稳定性不佳，出现松动脱落^[2-3]。正畸微螺钉的植入位置是植入成功率的主要影响因素^[4]，采用定位导板辅助微螺钉植入手术可有效提高植入过程的精确性和安全性^[5-6]，但仍存在设计过程复杂、导板精度不足及临床可操作性不佳等问题。

本研究拟探索一种新型双约束分体式正畸微螺钉导板的设计及制作思路，便于临床操作与应用。

1 材料和方法

1.1 实验设备和软件

KaVo 3D eXam CBCT机 (Kavo公司, 美国); iTero Element口内扫描仪 (Align Technology公司, 美国); Mimics 24.0软件、Materialise magics 21.0软件 (Materialise公司, 比利时); Geomagic wrap 2021软件 (Geomagic公司, 美国); DLP1080E树脂3D打印机、牙模树脂代型材料 T-MRD-521 (深圳大族激光科技产业集团股份有限公司); Mlab Cusing R金属激光三维打印设备、3D打印钛金属粉 (Concept Laser公司, 德国)。

1.2 临床数据准备

选择1例需行微螺钉种植体植入的错殆畸形患者，嘱患者咬住一定厚度的蜡片使上下牙列的牙冠分离，并进行颌面部锥形束CT (cone beam computed tomography, CBCT) 扫描 (管电压120 kV, 管电流5 mA, 持续时间14.7 s, 直径16 cm, 高度13 cm, 分辨率0.25 mm), 扫描过程中患者保持静止不动, 双眼平视前方。完成扫描后将原始数据以DICOM格式文件保存。

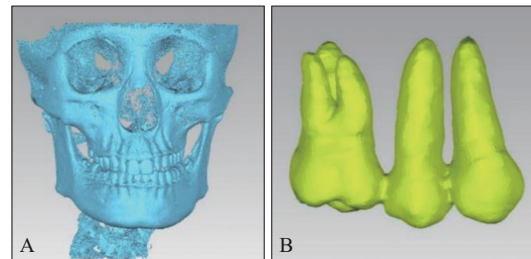
使用 iTero Element口内扫描仪对患者口内进行上颌牙列的光学扫描, 获得上颌牙冠及牙龈数据, 以STL格式文件保存。

1.3 双约束分体式正畸微螺钉导板的数字化设计

1.3.1 三维整合模型的构建

1.3.1.1 CBCT牙列数据的三维构建

将患者DICOM格式的CBCT扫描数据导入Mimics 24.0软件中, 使用“Thresholding”功能选择适当阈值范围分别提取包含完整上颌牙冠的三维数据 (图1A) 和包含术区相邻牙牙根部的三维数据 (图1B)。因牙骨质与周围牙槽骨阈值接近, 仅通过阈值分割难以精确分离牙根及牙槽骨, 可结合“Edit Mask”手工编辑蒙版功能对未显色的牙根影像手动填充着色, 去除牙根附近因阈值相似产生的骨质噪点, 使用“Split Mask”功能选中右上第一、二前磨牙及第一磨牙, 分离周围离散的体素, 获得仅包含术区相邻牙的完整牙骨质。“Split Mask”智能分割功能辅助手工调整, 牙列数据的提取误差约为CBCT精度, 可满足提取精度要求。选择“Calculate 3D”分别重建两数据的三维模型并输出为STL格式文件, 命名为“牙冠.stl”和“牙根.stl”。



A: 包含完整牙冠的CBCT数据; B: 包含术区相邻牙牙根部的CBCT数据。

图1 CBCT牙列及颌骨数据

Fig 1 CBCT data of teeth and jaw bone

1.3.1.2 牙冠和牙龈模型的三维构建

将口内扫描得到的上颌牙冠及牙龈数据导出为STL格式文件 (图2), 命名为“口扫模型.stl”。

1.3.1.3 整合模型的构建

通过对CBCT与口内扫描数据进行整合, 可获得兼具高精度牙列、牙龈数据和CBCT精度牙根数据的三维整合模型, 基于此整合模型可制作出就位稳定、引导精确的个性化正畸微螺钉手术导板。将“牙冠.stl”和“牙根.stl”及“口扫模型.stl”

数据导入Geomagic wrap 2021软件,通过创建“样条边界”选取“牙冠.stl”数据及“口扫模型.stl”数据的临床牙冠。以CBCT数据重建的“牙冠.stl”为基准模型,将“口扫模型.stl”数据使用“最佳拟合对齐”功能进行区域配准(图3A),并通过“偏差分析”功能对两配准区域的配准误差RMS值进行计算(本例RMS值为0.27 mm,等于CBCT扫描精度,配准效果良好)。“牙冠.stl”与“牙根.stl”数据来源于同一患者的CBCT数据,处于同一坐标系内,“口扫模型.stl”数据经配准后与“牙冠.stl”亦处于同一坐标系。在同一坐标系下的3

组数据包含牙冠、牙龈软组织及术区牙根,即为整合模型(图3B),命名为“整合模型.stl”。

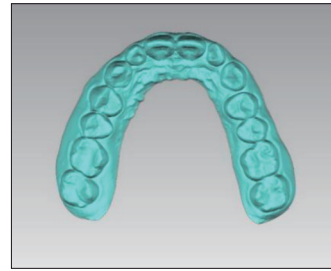
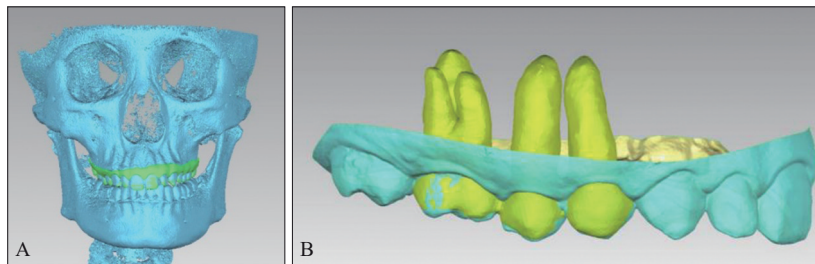


图2 口内光学扫描三维数据

Fig 2 3D model of optical intraoral scanning



A:“口扫模型.stl”与“牙冠.stl”进行区域配准;B:包含牙冠、牙龈软组织及牙根的三维整合模型。

图3 三维整合模型的构建

Fig 3 Construction of 3D fusion model

1.3.2 微螺钉植入方案的设计

良好的植入位点及植入方向是正畸微螺钉植入手术成功的基础,为避免对邻近组织造成损伤,降低微螺钉的植入风险,术前对微螺钉植入方案的正确模拟与设计尤为重要。本例微螺钉种植体的预期植入位置为右上颌第二前磨牙与第一磨牙的牙根中间,高度约在膜龈联合处,植体与相邻牙长轴成角为 60° 。

1.3.2.1 微螺钉的三维模型构建

根据厂家提供的微螺钉种植体(宁波慈北医疗器械有限公司,规格 $1.6\text{ mm}\times 9.0\text{ mm}$)尺寸及参数对其进行简化设计,使用Materialise magics 21.0软件创建“顶出鞘”模拟微螺钉的体部及头部(图4),“顶出鞘”公差为 0.1 mm 。输出并保存为“微螺钉.stl”,导入Geomagic wrap 2021软件中进行植入方案的设计。

1.3.2.2 微螺钉植入方案的确立

微螺钉植入方案的确立是计算机辅助设计与临床医生经验相结合的过程。计算机根据CBCT数据和口扫数据构建的三维模型,为微螺钉的理想植入点、角度和深度提供精准的参考方案。临床医生可以根据患者的具体情况,如牙根形态、骨质密度等实际因素,在计算机辅助设计方案的基础上,对微螺钉的植入点、角度和深度进行微调,

以确保植入方案的安全性及可行性。在Geomagic wrap 2021软件中对“整合模型.stl”的第二前磨牙及第一磨牙间创建平分牙根间隙的颊舌向平面,在该平面上构建“直线1”以模拟植入方向。通过“特征”功能创建虚拟植体的旋转中心轴,标记为“直线2”。“直线2”与“直线1”通过“特征对齐”功能对齐,可达到虚拟植体方向与预期植入方向一致的目标。使用“高级对象移动器”对植体颊舌侧位置进行精确调整,使虚拟植体的头部位于术区牙龈颊侧(图5)。

1.3.3 双约束分体式导轨及其他结构的设计

双约束分体式导板由导轨结构、固位结构及连接结构组成,其中导轨结构包含分体式钉孔导轨及植入杆导轨两部分。

1.3.3.1 钉孔导轨的三维模型构建

钉孔导轨是一种分体式可拆卸的导轨结构,其底端为微螺钉孔,在植入过程对微螺钉进行约束,可精确引导微螺钉的初始植入位置及方向。其外壁为固位槽,微螺钉植入前通过在槽内放置结扎丝或橡皮圈固定钉孔导轨的左右部件,在微螺钉植入组织内深度 3.5 mm 后,松解结扎丝或橡皮圈,使钉孔导轨左右部件分离脱位。

使用Materialise magics 21.0软件分别创建顶出鞘A、圆柱B、圆环C及圆柱D,公差为 0.1 mm ,

具体尺寸如图6。使4枚零件平移至目标位置后，通过“布尔运算”功能对其进行重组装配，得到完整的钉孔导轨（图6E），保存为“钉孔导轨.stl”。

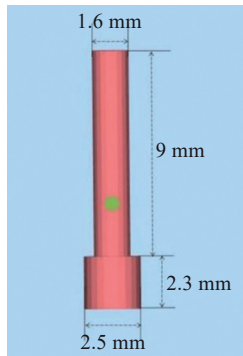


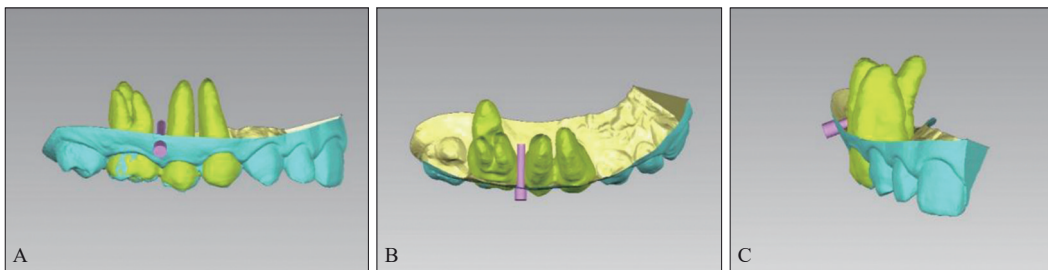
图4 微螺钉的三维模型构建

Fig 4 3D modeling of miniscrew implant

1.3.3.2 植入杆导轨的三维模型构建

钉孔导轨顶端为植入杆导轨孔，与植入杆导轨外壁嵌合（在设计过程中预留公差0.1 mm，钉孔导轨的内径稍大于植入杆导轨外径）。在钉孔导轨脱位后继续植入的过程中，植入杆导轨可对手柄行进一步约束，继续保证良好的植入方向。

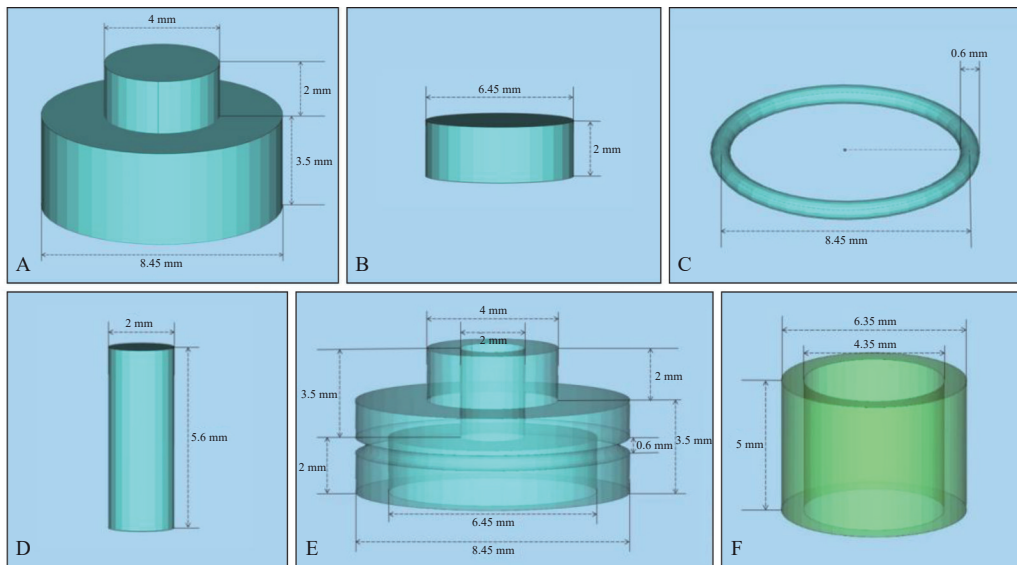
根据厂家提供的微螺钉改锥植入杆（宁波慈北医疗器械有限公司，植入杆外径为4.25 mm）尺寸及参数设计空心圆柱形植入杆导轨，使用Materialise magics 21.0软件分别创建直径6.35 mm、高5 mm的圆柱E和直径4.35 mm、高5.1 mm的圆柱F，公差为0.1 mm。2枚圆柱零件平移至默认Z位置，运用布尔运算功能对二者进行布尔相减，得到植入杆导轨（图6F）并保存为“植入杆导轨.stl”。



A: 微螺钉的近远中向位置; B: 微螺钉的颊舌向位置; C: 微螺钉的垂直向位置。

图5 微螺钉植入方案的确立

Fig 5 Confirmation of the miniscrew implantation scheme



A: 顶出鞘A; B: 圆柱B; C: 圆环C; D: 圆柱D; E: 钉孔导轨; F: 植入杆导轨。

图6 导轨的三维模型构建

Fig 6 3D modeling of guide rails

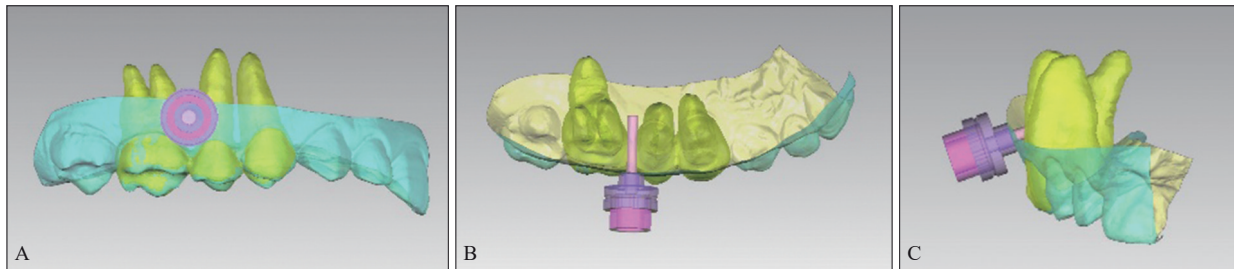
1.3.3.3 双约束分体式导轨与三维整合模型的装配

将“钉孔导轨.stl”和“植入杆导轨.stl”及

“整合模型.stl”分别导入至Geomagic wrap 2021软件中，通过“特征”功能创建“钉孔导轨.stl”和

“植入杆导轨.stl”的旋转中心轴,分别标记为“直线3”和“直线4”。通过“特征对齐”功能使“直线3”和“直线4”分别与“直线1”对齐,使钉孔导轨、植入杆导轨的方向与虚拟植体植入方向

一致。使用高级对象移动器功能对两导轨位置进行精确调整,使钉孔导轨底部与牙龈颊侧相切,植入杆导轨底部与钉孔导轨顶部边缘相切(图7),完成导轨与融合模型的装配。



A: 近远中向视图; B: 颊舌向视图; C: 垂直向位置视图。

图 7 导轨结构与三维整合模型的装配

Fig 7 Assembly of guide rails and 3D fusion model

装配完成后使用Geomagic wrap 2021软件中的“特征”功能,选取“钉孔导轨.stl”的对称平面,对其进行平面分割,实现钉孔导轨分体式 and 可拆卸的左、右两侧结构(图8)。

将“植入杆导轨.stl”与“固位.stl”一并导入Materialise magics软件中,通过创建直径为1.5 mm的“支柱结构”对两者进行连接,保存该组合零件为STL格式,命名为“组合零件.stl”(图10)。通过Geomagic wrap 2021软件对“组合零件.stl”的组织面及导轨内部的多余支柱部分进行精细修整,保存文件为“导板主体.stl”。完成双约束分体式正畸微螺钉导板的数字化设计与装配(图11)。

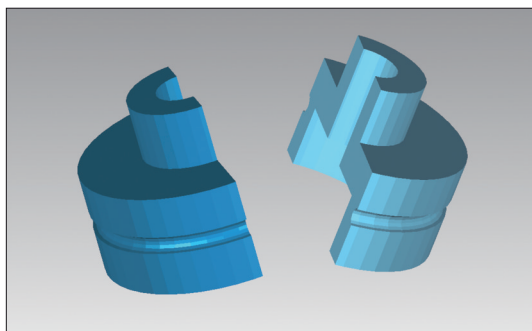


图 8 钉孔导轨的分体式设计

Fig 8 Split design of the guide rail

1.3.3.4 固位结构与连接结构的设计

固位结构需使用“样条边界”功能提取口扫模型.stl数据中右上第一前磨牙及第一磨牙牙冠外形高点线的殆方部分,并对此区域进行“抽壳”生成导板的牙支持式固位结构,抽壳厚度为0.8 mm,保存为“固位.stl”(图9)。

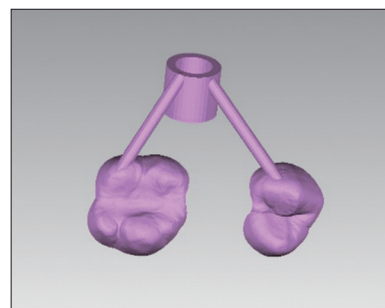
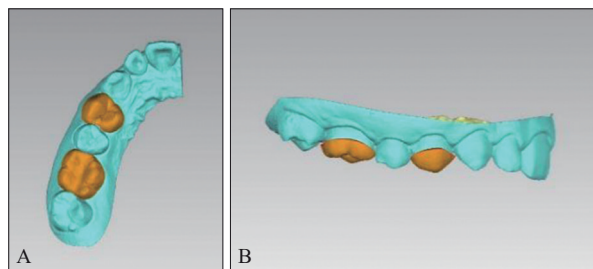


图 10 连接结构的设计

Fig 10 Design of the connector



A: 殆面观; B: 颊面观。

图 9 固位结构的设计

Fig 9 Design of the retainer

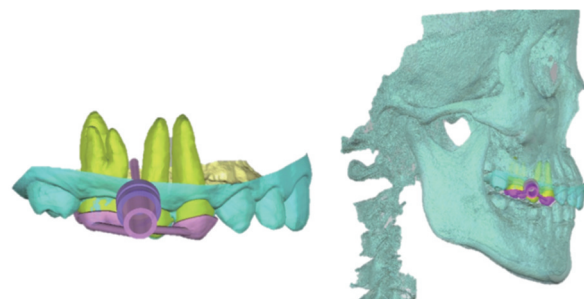


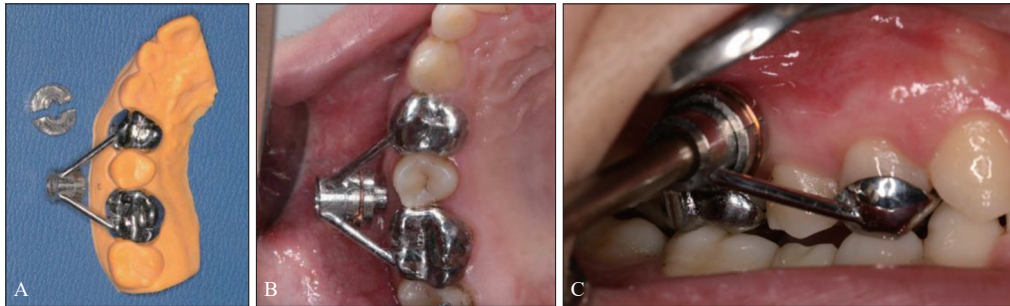
图 11 导板与三维整合模型的装配

Fig 11 The assembly of the guide and the 3D fusion model

1.3.4 双约束分体式正畸微螺钉导板的3D打印

本研究中的导板用于后牙区,常存在开口度不佳、临床操作空间受限等问题。考虑到金属打

印结构强的特点,本研究采用金属(钛金属粉)三维打印一体成型技术制作双约束分体式正畸微螺钉导板,其固位结构、导轨结构、连接结构厚度分别为0.8、1、1.5 mm。与树脂三维打印相比,金属三维打印的同等强度导板体积较小,患者舒适度较高,临床可操作性更佳,可实现高强度、高精度、高舒适度的目标。



A: 导板打印成品; B: 导板口内试戴; C: 导板术中就位。

图 12 导板打印成品及应用效果

Fig 12 Finished product and clinical application performance of the printed guide

2 讨论

微螺钉种植体作为一种近似的“绝对支抗”,克服了传统口内支抗不足和口外支抗使用不便的难题,在正畸治疗中应用广泛。临床上,医师常通过在微螺钉种植体植入前拍摄X线片如根尖片、曲面断层片等对植入区域的解剖结构进行评估,以期为植入位点及方向提供相应指导。但是X线片无法明确植入区域颌骨及牙根的三维结构及位置关系,且存在影像失真、重叠等问题^[7],难以准确地指导微螺钉种植体的植入。近年来,虽然三维影像技术克服了二维影像的种种不足,但对于术区牙根间距极狭窄的病例,或对于临床经验不足的操作者,微螺钉种植体在植入过程中仍存在一定难度与风险。为了提高植入精确性及安全性,保障微螺钉种植体植入后的良好稳定性,各种单约束微螺钉种植体植入辅助装置应运而生^[5,8-10]。但在一些复杂的临床病例中,如牙槽骨吸收明显、植入部位在深部软组织内、需要特定角度的植入及需要精准控制深度的区域等,单约束导板仅仅对植入杆进行约束,可能会出现植入角度偏差、深度控制不足等问题。本研究结合CBCT三维成像技术及计算机辅助设计与辅助制作(computer aided design and computer aided manufacture, CAD/CAM)技术,探索一种新型双约束分体式正畸微

导板成形后在模型试戴,显示就位良好,稳定性佳,钉孔导轨与植入杆导轨装配良好。转移到患者口内,正确就位后,术者在导板固位结构的咬合面施加龈向力,导板稳定且不易移位(图12)。术中可顺利引导微种植钉的植入,微螺钉植入后拍摄CBCT,与术前设计的植入方向及植入部位基本一致。

螺钉导板的设计及制作方法,以解决这些复杂情况下的定位问题,提高微螺钉植入的精度和可预测性,便于临床操作与应用。

2.1 双约束分体式正畸微螺钉导板的结构特点

双约束分体式正畸微螺钉导板主要由3部分结构组成:导轨结构、固位结构及连接结构。

导轨结构为双约束分体式设计,由钉孔导轨与植入杆导轨两部分组成。微螺钉植入的破骨阶段为确定植入方向及植入位点的最关键时期,钉孔导轨与植入杆导轨对微螺钉尖端及改锥植入杆进行双重约束,以保证初始良好的植入位点和方向。在微螺钉尖端进入牙槽骨一定深度后,拆卸钉孔导轨,植入杆导轨将继续完成对微螺钉植入的引导。植入完成后的微螺钉头部暴露在黏膜外2 mm,与植入杆导轨的近黏膜端尚有一定距离,微螺钉导板可从殆方顺利脱位。本研究中微螺钉导轨的特殊设计克服了既往研究^[5,8-9]中微螺钉导板初始定位不良、引导过程不充分、脱位方式复杂等问题,大幅降低微种植钉植入的手术风险。

导板固位结构为牙支持式固位设计,用植入区邻牙殆面及外形高点线的殆方部分作为固位区,避免了仅利用单颗牙或仅颊舌面固位导致固位强度不够的问题。虽然在微螺钉植入过程中,导板会因植入阻力而产生移位趋势,术者可通过对导板固位结构的殆方施以压力或借助患者咬合力确保植入过程中导板的稳定性,因此导板材料需满

足一定强度。同时, 本研究中微螺钉的植入区域为后牙区, 存在临床操作时患者舒适度不佳及术者空间视野较差等问题, 结合金属(钛基合金)三维打印一体成型技术在满足导板的精度与强度的同时可兼顾患者舒适性及临床可操作性, 能辅助实现高难度区域的微螺钉植入手术。

2.2 双约束分体式正畸微螺钉导板的精度考量

在合理的临床设计基础上, 微螺钉导板作为确立植入位点的桥梁, 其精度与微螺钉植入的安全性及稳定性息息相关。在导板的设计和制作过程中众多因素均会影响到其精度, 并产生累积效应, 导致微螺钉实际植入位点与虚拟植入位点之间存在偏差。为减小微螺钉导板的实际误差, 尽可能提高精度以利于临床使用, 需在数字化设计与制作过程中加以考量。

2.2.1 数字化设计过程中的精度考量

本研究通过口内扫描数据结合CBCT数据构建三维整合模型, 口内扫描数据高精度的牙列部分数据用于构建就位密合的固位结构, CBCT数据的牙根和颌骨信息用于准确的牙根三维空间位置, 在此整合模型基础上进行正畸微螺钉植入方案的设计与导轨及其他结构的设计是制作高精度导板的基础。构建高精度三维整合模型主要包括重建与配准两个过程。

在三维重建过程中, 阈值的范围选择是关键步骤^[11], 不恰当的阈值会妨碍目标区域与周围组织的分离, 导致实际组织与三维重建模型间存在失真而产生误差。本研究拟通过CBCT模型及口扫模型的牙冠区域基于“最佳拟合对齐”功能配准, 为此需对CBCT的牙冠数据进行精确重建。同时, 为明确颌骨内植入区域的三维空间位置, 需精确重建出术区牙根形态。既往研究^[12]通过一次性阈值提取术区牙列, 并在此基础上进行重建、配准。但牙冠部分的釉质与牙根部分的牙骨质阈值范围存在差异, 仅通过同一阈值范围对两者进行一次性提取, 必然会产生目标区域组织提取不充分或周围组织提取过多的情况。

在三维重建的过程中选择个性化的阈值范围是减少后期配准误差、提高植入安全性的重中之重。CBCT数据可有效评估牙齿三维空间位置关系, 但其扫描精度为0.25 mm, 难以精确重建牙列及牙龈形态, 研究^[13]表明仅基于CBCT数据设计的牙支持式正畸微螺钉导板, 术中稳定性相对较差。口内扫描可构建出高精度牙列及牙龈形态的三维模型, 全口扫描精度为0.05 mm^[14], 可达到正畸临

床的需求^[12,15]。因此, 本研究中CBCT数据的三维重建包括两部分: 1) 牙冠部分的精确重建, 以实现与光学口扫模型的最佳拟合; 2) 牙根区域的精确重建, 以明确颌骨内三维空间位置。口扫数据通过与CBCT牙冠数据的配准实现了数据坐标系的统一, 实现了高精度三维整合模型的构建。

2.2.2 数字化制作过程中的精度考量

导板经过数字化设计完成后, 最终的实体化制作由三维打印技术实现。正畸微螺钉导板作为微螺钉植入信息的载体限定了其植入位点和方向, 三维打印与虚拟设计模型之间产生的加工误差将直接影响微螺钉导板的精度。金属激光三维打印技术基于离散叠加的成形理念, 对个性化制作的复杂形态导板成型精度高, 尺寸精度可达 ± 0.05 mm, 同时兼具制作周期短、材料利用率高等优点^[16]。

成形材料对成形件的力学性能、理化性能及尺寸精度起着决定性作用^[17]。本研究中的微螺钉导板采用钛金属粉材料进行金属3D打印, 该材料具有高比强度、低热膨胀系数、强耐腐蚀性及良好生物相容性, 可满足微螺钉导板在实体化制作与应用过程中的高精度与高强度等需求。与树脂材料导板相比, 钛金属导板还兼顾“结构强度”与“小巧体轻”等优点, 可为临床创造安全的手术环境及良好的手术视野。

目前许多运用于临床的微螺钉导板可一定程度上提高微螺钉种植体植入的安全性和准确性, 其临床疗效是值得肯定的。随着CAD/CAM技术的发展, 导板的设计理念及制作工艺将会不断攀升。本研究通过1例患者数据, 建立高精度数字化三维整合模型, 并基于此模型设计制作, 初步探索了一种双约束分体式正畸微螺钉金属导板的设计制作方法, 但目前阶段仅为方法学研究, 旨在验证该设计思路的可行性, 样本量较小。为进一步评估其临床效果, 后续将开展更大样本的临床研究, 重点关注其植入精度、临床疗效和并发症发生率, 全面评估该导板的临床效果, 为后续临床应用提供必要的循证依据。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, et al. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative *in vitro* study[J]. BMC Oral Health, 2017, 17(1): 92.

- [2] Tepedino M, Masedu F, Chimenti C. Comparative evaluation of insertion torque and mechanical stability for self-tapping and self-drilling orthodontic miniscrews—an *in vitro* study[J]. *Head Face Med*, 2017, 13(1): 10.
- [3] Mohammed H, Wafaie K, Rizk MZ, et al. Role of anatomical sites and correlated risk factors on the survival of orthodontic miniscrew implants: a systematic review and meta-analysis[J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 36.
- [4] Murugesan A, Sivakumar A. Comparison of bone thickness in infrazygomatic crest area at various miniscrew insertion angles in Dravidian population—A cone beam computed tomography study[J]. *Int Orthod*, 2020, 18(1): 105-114.
- [5] 仇玲玲, 厉松, 白玉兴. 基于锥形束CT的正畸种植体导板设计及其引导下种植体植入安全性和稳定性的初步评价[J]. *中华口腔医学杂志*, 2016, 51(6): 336-340. Qiu LL, Li S, Bai YX. Preliminary safety and stability assessment of orthodontic miniscrew implantation guided by surgical template based on cone-beam CT images [J]. *Chin J Stomatol*, 2016, 51(6): 336-340.
- [6] Estelita S, Janson G, Chiqueto K, et al. Predictable drill-free screw positioning with a graduated 3-dimensional radiographic-surgical guide: a preliminary report[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(5): 722-735.
- [7] 张永清, 陈昕, 闫寒松, 等. 正畸支抗种植体定位尺的研制和应用[J]. *口腔医学研究*, 2006, 22(4): 459. Zhang YQ, Chen X, Yan HS, et al. Development and application of orthodontic anchorage implant positioning ruler[J]. *J Oral Sci Res*, 2006, 22(4): 459.
- [8] 王晓波, 张梦洁, 孙应明, 等. 正畸微型种植体支抗的三维导向植入研究[J]. *现代口腔医学杂志*, 2011, 25(4): 261-264. Wang XB, Zhang MJ, Sun YM, et al. Study on three-dimensional guided orthodontic micro-implant anchorage [J]. *J Modern Stomatol*, 2011, 25(4): 261-264.
- [9] 陈妍曲, 唐敏, 黄旋平, 等. 高精度三维整合牙颌模型个体化微种植体手术导板的计算机辅助设计与制作[J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22(10): 1529-1533. Chen YQ, Tang M, Huang XP, et al. The computer-aided design and manufacturing of individualized miniscrew surgical guides based on a high-precision three-dimensional integrated digital maxillofacial model[J]. *Chin J Tis Eng Res*, 2018, 22(10): 1529-1533.
- [10] Liu H, Liu DX, Wang G, et al. Accuracy of surgical positioning of orthodontic miniscrews with a computer-aided design and manufacturing template[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 137(6): 728.e1-728.e10.
- [11] Endo T, Uchikura K, Ishida K, et al. Thresholds for clinically significant tooth-size discrepancy[J]. *Angle Orthod*, 2009, 79(4): 740-746.
- [12] 刘静. 口内扫描仪全牙列扫描精度及不同操作者间扫描精度差异的研究[D]. 济南: 山东大学, 2017. Liu J. Accuracy of full arch scans with intraoral scanner and accuracy of scan results between examiners[D]. Jinan: Shandong University, 2017.
- [13] Sivamurthy G, Sundari S. Stress distribution patterns at mini-implant site during retraction and intrusion—a three-dimensional finite element study[J]. *Prog Orthod*, 2016, 17: 4.
- [14] 武明彤, 唐素霞, 彭玲燕, 等. 仿真头颅模型口内和手持牙颌模型条件下四种口内扫描仪全牙弓扫描时间和精度的对比研究[J]. *中华口腔医学杂志*, 2021, 56(6): 570-575. Wu MT, Tang SX, Peng LY, et al. Scan time and accuracy of full-arch scans with intraoral scanners: a comparative study on conditions of the intraoral head-simulator and the hand-held model[J]. *Chin J Stomatol*, 2021, 56(6): 570-575.
- [15] Favero R, Volpato A, Francesco M, et al. Accuracy of 3D digital modeling of dental arches[J]. *Dental Press J Orthod*, 2019, 24(1): 38e1-38e7.
- [16] 汤槟晖, 徐婷, 孙志丹, 等. 金属激光三维打印技术研究现状及其发展趋势[J]. *材料保护*, 2020, 53(6): 132-138. Tang BH, Xu T, Sun ZD, et al. Research status and development trend of metal laser three-dimensional printing technology[J]. *Mater Prot*, 2020, 53(6): 132-138.
- [17] 周庆军, 严振宇, 韩旭, 等. 激光熔化沉积TC11钛合金的组织与力学性能[J]. *中国激光*, 2018, 45(11): 1102005. Zhou QJ, Yan ZY, Han X, et al. Microstructure and mechanical properties of laser melting deposition TC11 titanium alloy[J]. *Chin J Laser*, 2018, 45(11): 1102005.

(本文编辑 杜冰)

《华西口腔医学杂志》第七届编辑委员会成员名单

(以下按姓氏汉语拼音排序)

顾问: 郭传瑛 王松灵 俞光岩 张志愿 赵钦民 周学东

主编: 叶玲

副主编: 边专 陈谦明 蒋欣泉 金岩 李铁军 田卫东 于海洋

常务副主编: 王晴

常务编委: 陈嵩 程磊 韩向龙 江路 李继遥 罗恩 潘剑 汤亚玲 王剑 袁泉 赵行

编委

白丁	白玉兴	边专	蔡志刚	陈发明	陈江	陈莉莉	陈谦明
陈嵩	陈万涛	陈宇	程斌	程磊	邓旭亮	段胜仲	樊瑜波
房兵	傅柏平	葛少华	郭维华	郭伟	韩向龙	韩正学	何家才
贺红	侯本祥	胡敏	胡勤刚	胡涛	胡文杰	黄翠	黄正蔚
江路	蒋欣泉	金岩	金作林	赖红昌	李长义	李承浩	李春洁
李继遥	李建树	李铁军	李巍然	李向军	林红	林野	林云锋
凌均荣	刘洪臣	刘建彰	刘磊	刘少华	刘怡	刘云松	罗恩
满毅	牛丽娜	牛玉梅	潘剑	潘亚萍	尚政军	沈颀飞	束蓉
宋锦璘	宋应亮	孙宏晨	孙皎	孙正	汤亚玲	唐国瑶	唐瞻贵
田磊	田卫东	田臻	汪俊	王剑	王军	王林	王美青
王勤涛	王晴	王小竞	王晓燕	王旭东	王勇	王佐林	韦曦
吴补领	杨驰	叶玲	于海洋	余擎	余占海	袁泉	张东升
张凌琳	张平	张清彬	张玉峰	张玉梅	张志光	张祖燕	赵行
赵继志	赵今	赵蕾	赵信义	赵志河	周刚	周红梅	周永胜
祝颂松	邹多宏	邹静	Hiroshi Egusa (日本)		Jacques Nor (美国)		

Jansisyant Pornchai (泰国) Jennifer Gallagher (英国) Reuben Kim (美国) Satoshi Imazato (日本)

青年编委

曹玲燕	陈泽涛	冯晓东	甘雪琦	古丽莎	郭淑娟	李琛	刘剑楠
刘世宇	刘思颖	刘燕	吕珑薇	苗雷英	石玉	舒睿	王成
王玮	吴芳龙	吴晓珊	伍颖颖	徐骏疾	徐晓薇	杨静	余雷晓
余自力	俞梦飞	周平	朱桂全				

《华西口腔医学杂志》稿约

1 《华西口腔医学杂志》是国内外公开发行的口腔医学专业学术性刊物，双月刊。其主要任务是报道我国口腔医学工作者在防病治病、科学研究及教学等工作中取得的成果、经验及动态等，以广大口腔医师为主要读者对象，为促进我国口腔医学事业的发展服务。

2 文稿包括专家共识、专家论坛、特约述评、基础研究、临床研究、专栏、方法介绍、临床病例和新技术等。

3 来稿注意事项

3.1 来稿应具有科学性、先进性、可读性。文稿务求论据可靠、论点明确、重点突出、数据准确、文字精练、简明易懂，必要时做统计学处理，内容应注意保守国家机密。

3.2 文题力求简明醒目地反映文章的主题。一般不超过20个汉字为宜，中文文题内不用英文缩略语。

3.3 全部作者姓名、单位名称（中英文）、基金资助项目和编号、邮政编码、通讯作者的E-mail地址均出现在首页，第2页正文及英文摘要中不列作者姓名和单位（因本刊采用双盲审稿）。作者署名以承担该项研究工作所负责任及所起作用大小依次排列。如系合作课题，请在作者名后右上角注1、2或3，单位、邮政编码分列。第一作者须提交作者简介，包括姓名、职称、学位、电子邮件地址。通信作者须提供姓名、职称、学位、电子邮件地址等。

3.4 所有来稿请附中文摘要以及3~8个关键词。论著请附200~300字的中文摘要，摘要为结构式，包括目的、方法、结果（列出主要数据）、结论4部分。其他文章请附叙述式摘要。关键词之间以“；”相隔。

3.5 稿件请附英文摘要（abstract）及3~8个关键词（key words）。论著请附300词左右英文摘要，摘要为结构式，包括 objective、methods、results、conclusion 4部分。其他文章请附叙述式英文摘要。英文摘要包括英文文题、作者单位和作者姓名（汉语拼音），应与中文相对应。英文摘要附于正文前中文摘要之后。英文关键词不用英文缩略语，需写出英文全称。

3.6 计量单位按《国际单位制及其应用（GB3100-93）》规定执行。统计学符号按GB3358-2009《统计学词汇及符号》规定书写。所附照片应清晰，对比度好，层次分明。病理照片须显示典型病变并注明染色方法和放大倍数。本刊刊登彩色图片，需提供色彩真实的彩色照片。表格一律采用三线表（即顶线、栏目线和底线）。如有纵向合计，可在底线上边加分界线。统计学处理结果如 t 值、 P 值，可直接设计在表内或在表的底线下方注明。图表随文走，图注及表注需同时用中文及英文书写。数字请按国家语言文字工作委员会等7个单位公布的《关于出版物上数字用法的试行规定》书写，同一指标的有效位数应一致。数字采用三位分节法，每3位空1/4汉字格；数

值范围表示方法如下：4~6 kg，5.2%~11.3%， $4 \times 10^9 \sim 10 \times 10^9$ ， $2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ 。英文缩略语首次出现时请先叙述中文全称，再注明英文全称及其缩略语。

3.7 参考文献以作者查阅的近年公开发表的文章择要列举。参考文献按GB/T7714-2015《文后参考文献著录规则》著录。本刊采用顺序编码制，引用处依出现的先后以阿拉伯数字排序，并用方括号角码标注，顺序与文后参考文献一致。在文末参考文献项依次列出，序号加方括号，其书写格式如下：

期刊：[序号]作者姓名（不超过3人者全部写出，超过3人者只写前3名，后加等或et al；西文作者姓在前，名缩写在后。下同）。文题. 期刊名（外文期刊按Index Medicus缩写，不加缩写点），年，卷（期）：起页-止页。

示例：[1]Breschi L, Maravic T, Cunha SR, et al. Dentin bonding systems: from dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications[J]. Dent Mater, 2018, 34(1): 78-96.

[2]薛晶, 杨壁娜. 复合树脂预热的研究现状和临床应用[J]. 华西口腔医学杂志, 2019, 37(6): 571-576.

专著：[序号]作者姓名. 书名. 版次(第1版不写). 出版地：出版单位, 年：起页-止页。

示例：彭彬. 牙髓病学[M]. 北京：人民卫生出版社，2015：254-257.

4 稿件请勿一稿两投或多投，如该稿曾在学术会议上宣读或在内部刊物上刊出，请在投稿时加以说明。来稿请附作者详细通信地址、邮政编码、电话、E-mail以便联系。

5 本刊对来稿有删改权。所有录用的稿件本刊有权以纸载体、网络出版、数据库等方式出版，版权归《华西口腔医学杂志》编辑部所有，未经本刊同意，刊登稿件的任何部分不得转载他处。故来稿一经接受刊登，需由作者亲笔签署论文专有使用权授权书。

6 编辑部收到稿件后即给作者回执，日后联系时请写明稿件编号。若改投他刊请及时通知本刊。

7 稿件确定刊登后，需提供单位介绍信和按通知支付版面费。来稿刊出后酌致稿酬，并赠送当期期刊。稿酬、期刊均寄第一作者，其他作者由第一作者分送。

8 所有稿件请登陆《华西口腔医学杂志》网站（www.hxkqyzz.net）在线投稿。投稿后作者可以通过网上查询稿件在编辑部的最新处理状态。编辑部地址：四川省成都市人民南路三段17号四川大学华西校区第四教学楼《华西口腔医学杂志》编辑部。邮政编码：610041。电话：028-85503479。E-mail: hxkqyzz@vip.163.com。