



数字化技术修复上颌双侧尖牙缺失的口腔全科治疗 1 例

吕品* 吴煜 王浩杰

作者单位: 北京大学第三医院口腔科

* 通讯作者: 吕品, 联系方式: 010-82266126, 电子邮箱: jaylill2@163.com, 通讯地址: 北京市海淀区花园北路 49 号, 100191

【摘要】目的: 本文报道 1 例采用数字化技术修复上颌双侧尖牙缺失的口腔全科综合治疗病例。**诊疗经过:** 在系统口腔检查和明确诊断的基础上, 对患者进行口腔全科序列治疗, 包括牙周系统治疗、阻生第三磨牙的拔除以及对上颌双侧尖牙缺失的修复治疗。其中, 3 采取数字化全程导板引导下的种植修复治疗, 3 采用单端全瓷粘接桥修复。**结果:** 数字化种植导板引导下的种植体位置同术前设计一致, 3 | 3 的种植修复治疗及粘接桥修复治疗外形及功能良好。治疗结束后进行了 12 个月的复查, 牙周健康维护及修复体功能良好。**结论:** 使用数字化种植导板技术可以准确的控制种植体植入的三维位置, 使用口内扫描技术获取数字化印模可以达到良好的修复治疗效果。

【关键词】 数字化; 数字化种植导板; 粘接桥; 口腔全科治疗; 口内扫描

Digital Technology for the Restoration of Bilateral Maxillary Cusp Teeth in Oral Comprehensive Treatment

Pin Lv*, Yu Wu, Haojie Wang. (Department of Stomatology, Peking University Third Hospital, Beijing, P.R. China.)

Correspondence: Pin Lv. Tel: 010-82266126. Email: jaylill2@163.com. Address: No. 49 Huayuan North Road, Haidian District, Beijing 100191, P.R. China.

【Abstracts】 Objective: To report a case of digital technology for the restoration of bilateral maxillary cusp teeth loss in oral comprehensive treatment. **Diagnosis and treatment:** On the basis of systematic oral examination and definite diagnosis, the patient received sequential oral treatments, including systemic periodontal treatment, extraction of impacted third molar, and restoration of maxillary bilateral missing cuspid teeth. Among them, 3 was implanted and repaired under the guidance of digital guide plate, and 3 was repaired with cantilevered all-ceramic bonding bridge. **Results:** The position of the implants guided by the digital implant guide was consistent with the preoperative design. The appearance and function of the implant restoration and cantilevered bonding bridge were satisfactory. After the treatment, the periodontal health was maintained and the function of restorations were planting. **Conclusions:** The 3D position of the implant can be accurately controlled by digital implant guide, and the digital impression obtained by intraoral scanning technology can achieve guide therapeutic effect.

【Key words】 digital technology; digital guide plate; bonding bridge; general dental treatment; Intraoral scan

1 引言

尖牙作为全口牙齿中牙根最长、牙尖最大的牙齿, 其缺失不仅影响正常的生理功能, 也会破坏完整的面部外形。尖牙缺失的修复治疗方式包括种植修复、固定义齿修复、活动义齿修复等, 口腔修复医师需要结合患者的自身要求、全身状况以及口腔

局部条件进行综合判断和选择。

种植修复是尖牙缺失的首选修复方式, 具有不损伤邻牙、咬合功能恢复良好的优点。种植修复中的核心问题在于进行正确的种植位点设计以及术中精准的实施。长期以来, 种植外科手术多由医师进行, 种植位点的选择主要是依赖医师的临床经验。由于术前检查中的误差以及医师经验水平的不同,

最终的种植位点常常会出现各种偏差,甚至在术后出现各种并发症^[1]。

随着口腔数字化技术的不断发展和进步,口腔种植治疗过程中已有多项数字化手段对其进行辅助,包括治疗前的种植条件评估,种植体植入和种植修复体的加工制作等。

在种植体植入方面,主要为数字化种植全程导板^[2]。数字化全程种植导板技术利用锥形束计算机断层扫描(cone beam computed tomography, CBCT)获取的颌骨数字化信息,以及通过口内扫描或者模型扫描获取患者口内余留牙和缺牙位点的信息,通过设计软件进行信息拟合,模拟出种植体植入的理想位置和方向。随后将种植体的位置信息转化为数字化格式的文件,通过切削或三维打印(three dimensional printing, 3D printing)的方法完成导板的制作。术者在种植术中仅需依照术前设计的种植方案,在导板的引导下逐步完成手术即可,大大提高了口腔种植手术的准确性和效率^[3]。

此外,数字化口内印模技术可以用于种植体上部结构以及牙体缺损和牙列缺损修复的诊疗过程,与传统的印模技术相比,其可避免患者在制取印模时的不适,缩短患者的就诊时间,获得的印模更加的精确,患者的信息更易存储^[4]。

本病例报告展示1例数字化全程导板引导下种植修复一侧上颌尖牙,全瓷粘接桥修复另一侧上颌

尖牙缺失的口腔综合治疗过程及其临床疗效。

2 诊疗过程

2.1 病例资料

2.1.1 就诊情况

一般情况:患者男性,26岁。

主诉:上颌双侧尖牙缺失1年余,要求修复治疗。

现病史:患者上颌恒尖牙先天缺失,1年前于外院因龋齿拔除上颌双侧乳尖牙,后未行修复治疗。近期自觉影响美观,要求修复治疗并检查口内余留牙健康状况。

全身状况:体健。

家族史:无特殊。

2.1.2 临床检查

口外检查:左右面部基本对称,垂直向各部分比例协调。

颞下颌关节及咀嚼肌检查未及阳性体征。

口内检查:3]缺牙间隙近远中向为4.6mm,龈嵴向为5mm,修复间隙略不足,3]缺牙间隙近远中向为6mm,龈嵴向为8mm,修复间隙尚可。8]过小牙,不松,叩痛(-),过长;8]口内未见。口腔卫生状况差,牙石(++~+++),菌斑指数2~3,牙龈轻度水肿色红质较软,出血指数2~3,探诊深度普遍3~5mm,个别位点6mm,有附着丧失,根



图1 治疗前口内照

a. 右侧面像; b. 正面像; c. 左侧面像; d. 上颌颌面像; e. 下颌颌面像

分叉病变 0~1 度, 松动度 0~1 度 (图 1)。

影像学检查: CBCT 显示|3 种植修复区域近远中向两邻牙牙根距离为 6.6mm, 颊舌向骨量为 5.5mm, 垂直向骨量大于 14mm, |3 种植修复区域近远中向两邻牙牙根距离为 4.8mm, 颊舌向骨量为 5mm, 垂直向骨量大于 14mm, 种植修复间隙略不足。全景视野中可见 8|近中阻生 (图 2)。

2.2 诊断

上颌牙列缺损、慢性牙周炎、8|过小牙以及 8|阻生齿。

2.3 治疗计划

治疗计划包括: 牙周基础治疗, 8|、8|拔除, |3 种植修复。

关于 |3 的修复治疗有以下 3 种方案可以选择:

1. 方案一: 正畸排齐牙列, 获得 |3 种植修复间隙后行种植修复治疗。此方案的优点是美观及咬合功能恢复好, 缺点是治疗周期长, 费用较高。

2. 方案二: |3 固定义齿修复, 采用 4 2 |1 作为固定义齿基牙。此方案的优点是美观及咬合功能恢复较好, 缺点是邻牙需要进行牙体预备。

3. 方案三: 行 |3 单端粘接桥修复, 以 |2 为基牙。此方案的优点是创伤小, 周期短, 缺点是粘接桥修复体脱落率和折断率较高。

在本病例中, 通过综合评估, 患者选择方案三, 使用单端粘接桥修复 |3 。

2.4 治疗过程

牙周治疗主要是牙周基础治疗。首先进行口腔卫生宣教和牙周洁治, 1 周后复诊, 记录牙周大表 (图 3), 并进行牙周刮治和根面平整 (图 4)。

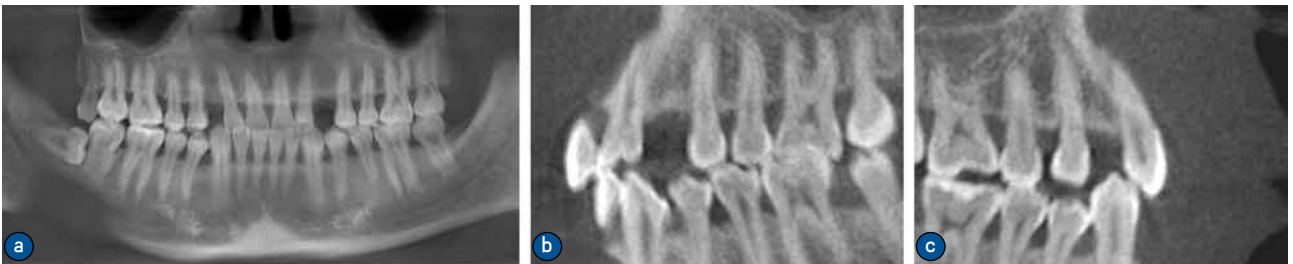


图 2 治疗前 CBCT 检查
a. 全景图像; b. |3 种植位点; c. |3 种植位点

F I																							
溢脓																							
松动度							I	I	I	I													
角化龈																							
C E J			1					1					1										
P L I																							
B I		2	3	2	2	3		2	2	3	3		3	2	2	3	3						
颊侧	待	6	4	4	6	5	4	4	5	5	3	3	3	2	3	4	5	6	6	3	3		
舌侧	拔	5	5	5	6	4	5	5	2	3			3	2	3	3	3	4	5	3	4		
		8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8						
舌侧			4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	3	4	3	2	3	3	2	3	3	4	4
颊侧			4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	2	3	3	2	3	3	4	4
B I		2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P L I																							
C E J				1		1	1							1		1		1					
角化龈																							
松动度																							
溢脓																							
F I																							

图 3 牙周病局部检查记录表



图4 牙周基础治疗后口内照

a. 上前牙唇侧; b. 上前牙腭侧; c. 下前牙唇侧; d. 下前牙舌侧; e. 左上后牙腭侧; f. 左下后牙舌侧; g. 右上后牙腭侧; h. 右下后牙舌侧; i. 左侧后牙唇侧; j. 右侧后牙唇侧

8]及[8]的拔除: [8]属于近中水平阻生, 存在潜在的危害, [7]已轻度舌倾。[8]的阻力分析包括软组织阻力、骨阻力和邻牙阻力。因此通过翻瓣、去骨以及分牙的拔牙策略拔除患牙。

[3]的种植外科治疗: [3]的种植修复治疗修复条件良好, 选择数字化全程导板辅助的方法保证种植体的植入位点和方向。

首先, 使用口内扫描仪获取上下颌数字化印模, 将印模数据同患者的CBCT数据进行匹配, 并进行理想种植位点的模拟(图5)。根据模拟的结果选择直径3.3mm, 长度12mm的骨水平种植体(士卓曼, 瑞士), 材料为钛锆亲水表面种植体。依据分析三维打印制作种植全程导板, 套管直径5mm, 套管手柄高度1mm, 套管高度5mm, 套管位置位于骨上6mm, 使用的钻针长度为24mm(图6)。三维打印完成的导板在术前患者口内进行试戴, 确保导板可以被动就位位于邻牙上(图7), 种植体植入后放置愈合基台。术后拍摄CBCT检查种植体植入位置(图8), 同术前设计肩部误差为0.53mm,

根尖部误差为0.67mm, 角度偏差为 2.1° 。

[3]的修复治疗采用全瓷单端粘接桥。在开始牙体预备之前先检查基牙咬合情况, 在设计固位体范围的时候, 综合考虑基牙粘接面积和基牙的咬合部位。在满足固位力的情况下, 固位体的边缘尽量离开基牙的咬合接触点以保证固位体的强度。牙体预备完成后进行口内扫描获取数字化印模(图9), 随后转技工室加工, 粘接桥材质选择铸瓷类全瓷材料(EMAX, 列支登士敦)。粘接桥加工完成, 在不干扰咬合的前提下, 尽量加厚了连接体部分以保证强度(图10)。口内粘接完成后调整咬合, 使得桥体部分在正中咬合时轻接触, 右侧方咬合时无接触。

[3]的种植修复治疗: 种植体植入3个月开始修复治疗, 取下愈合基台检查牙龈袖口健康状况(图11), 使用(Osstell ISQ, 瑞典)分析种植体稳定系数(implant stability quotient, ISQ)(图12), 平均值为78, 满足种植上部修复的要求。使用口内扫描仪依次获取种植区域牙龈袖口形态及

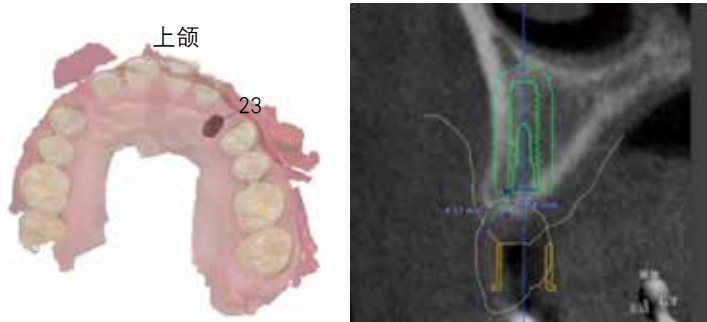


图5 匹配CBCT数据及口内扫描数据，进行种植全程导板的设计

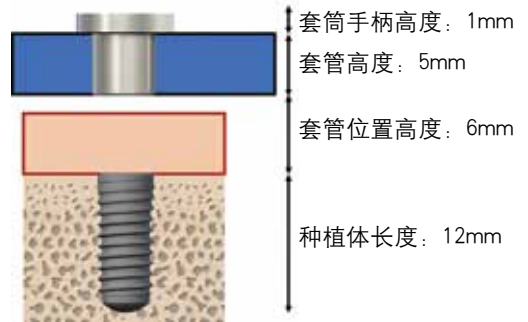


图6 种植全程导板参数设计

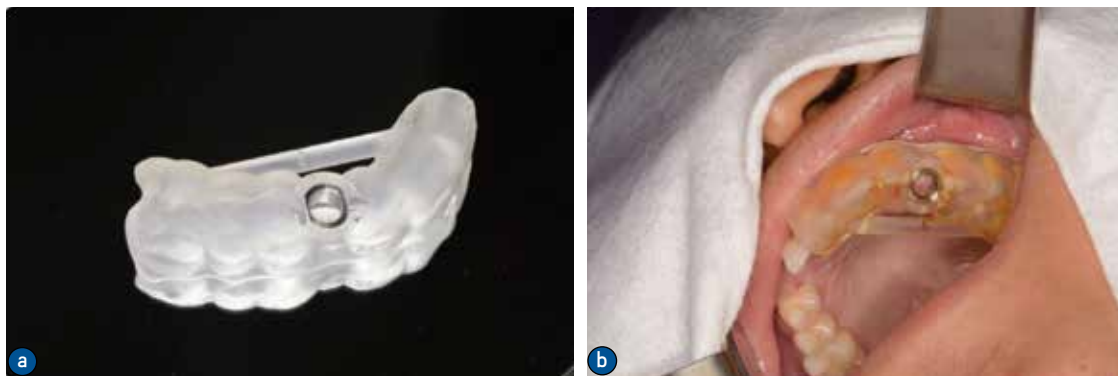


图7 三维打印种植全程导板

a. 全程导板三维打印完成；b. 导板口内试戴



图8 种植术后CBCT检查种植体植入位置



图9 牙体预备后口内扫描仪获取数字化印模
a. 牙体预备完成；b. 口内扫描仪获取数字化印模



图10 全瓷粘接桥修复体

a. 粘接桥修复体加工完成；b. 连接体部分加厚至2mm





图 11 检查牙龈袖口状态



图 12 测量种植体 ISO 值

转移杆的位置（图 13），扫描完成后转技工室完成种植体支持临时修复体的制作。口内试戴临时修复体并分次对修复体的穿龈轮廓进行调改塑形（图 14），调至满意的牙龈轮廓后，再次使用口内扫描仪获取数字化印模，转技工室完成最终修复体的制

作。修复体的制作选择钛基底加氧化锆全瓷基台及氧化锆全瓷冠的设计方式，在保证义齿强度的同时保证了美观。种植体支持全瓷冠在口内试戴，我们调整全瓷冠的咬合至正中咬合轻接触，左侧方咬合形成组牙功能殆（图 15）。



图 13 放置种植扫描杆后制取数字化印模
a. 扫描杆口内就位；b. 制取数字化印模



图 14 种植体支持临时修复体穿龈轮廓塑形前后对比
a. 塑形前；b. 塑形后

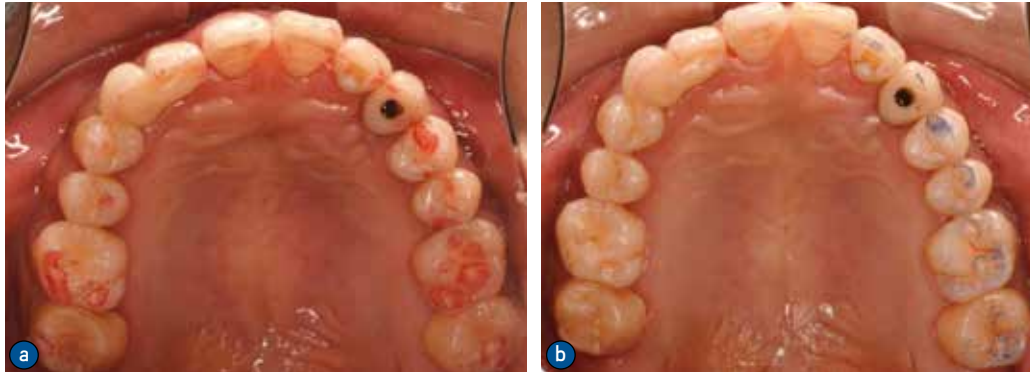


图15 种植体支持全瓷冠试戴时的咬合状况
a. 正中殆 ; b. 左侧方殆

3 治疗结果及复查情况

治疗完成后3个月对患者进行复查,复查时记录的牙周大表(图16)显示仅有个别位点探诊深度在4~5mm,有附着丧失存在,继续进行后续的牙周治疗。上颌种植修复体及粘接桥修复体外形、

功能良好(图17),粘接桥修复体无折裂及裂纹,基牙无松动,咬合情况也未见明显变化。治疗后12个月再次对种植修复体及粘接桥修复体进行复查(图18),X线片示种植体周围牙槽骨无明显吸收,2|基牙牙周膜未见明显异常(图19)。

F I																	2	1	1											
溢脓																														
松动度																														
角化龈																														
C E J			1																											
P L I																														
B I			3	2	1	1	3										3	2	3	2	1	2	3							
颊侧			3:3:3	3:3:3	5	3:3:3	3:2:3										4	4	3:3:3	3:3:2				2:2:3	2:2:3	3:3:3	5	3:3:3	4	
舌侧			4:3	4:4	2:3	3:2:3	3:2:3										4	4	2:2	3:2:3						3:2:3	3:2:3	4	2:3	3:2:3
			8	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7	8											
舌侧			8	3:4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2										
颊侧			7	3:3	3:3	4	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3	3:3											
B I			3	2	3	3	3	3	3	3																				
P L I																														
C E J																														
角化龈																														
松动度																														
溢脓																														
F I			1																											

图16 3个月复查牙周病局部检查记录表



图17 种植修复后3个月复查口内照
a. 3|粘接桥; b. 正面像; c. 3|种植体支持全瓷冠



图 18 治疗后 12 个月复查口内照
a. 3]粘接桥; b. 正面像; c. [3 种植体支持全瓷冠

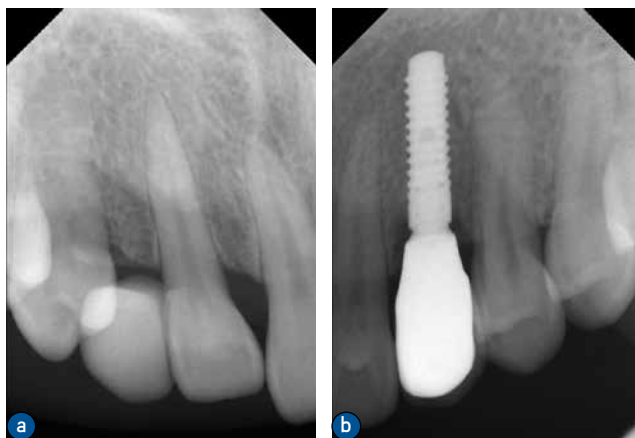


图 19 治疗后 12 个月复查 X 线片检查
a. 3]粘接桥; b. [3 种植修复体

4 讨论

4.1 数字化全程导板的精度及影响因素

种植牙植入过程中,在最为理想的修复位置植入种植体,并且保证颌骨内重要解剖结构的安全是近些年口腔种植学研究的方向。数字化种植全程导板作为理想种植位点的载体,越来越多的被应用于临床工作中,合理的应用种植导板可以减少手术创伤、缩短手术时间及预防并发症的出现。

种植导板根据引导方式不同,可分为种植全程导板、种植半程导板和先锋钻种植导板。种植全程导板在种植手术中的应用包括各级种植窝洞的预备和种植体植入的全部过程;种植半程导板,指种植窝洞预备的前几级钻针在导板的引导下进行,后续的预备则为自由手操作;先锋钻种植导板是指在种植窝洞预备过程中,只在使用先锋钻预备时发挥作用,起到定点作用^[5]。

既往研究对三种类型的种植导板精确度研究中发现,全程导板的精确度和安全度是最高的^[6-7],因此本病例中也选择了使用种植全程导板。然而现

阶段,种植全程导板引导在临床使用过程中仍存在一定的误差。既往文献表明使用牙支持式数字化种植全程导板,种植体肩部的平均误差为 0.99mm,根尖部的平均误差为 1.24mm,平均角度偏差为 3.81°。在本病例中通过术后 CBCT 检查种植体位点并同术前设计进行比较,各项指标的偏差低于既往文献中报道的平均值^[8]。

导致种植全程导板误差的原因,包括 CBCT 扫描中的误差、口内扫描或者模型扫描的误差、数据处理的精度、导板加工的精度、种植手术中钻针微动等。

现代 CBCT 设备精度所能达到的平均值大约为 0.15mm,在 CBCT 扫描过程中,患者的轻微移动、患者口内的充填材料或金属修复体所导致的伪影也会影响成像质量^[9]。口内数据的获取不论是采用口内扫描或模型扫描也会存在一定的误差,不同品牌的扫描仪之间同样存在或高或低的误差,本病例中使用的口内扫描仪 3Shape Trios3 (3Shape, 丹麦)的扫描精度范围为 19~78.4μm,较其他品牌的扫描仪有更高的精度^[10]。对比口内扫描,模型扫描具有

更好的精度，但在取模及灌制模型的过程中也会引入新的误差。在获取 CBCT 数据和口内数据后，需要在种植设计软件中对两者进行拟合。既往研究显示，不同设计软件数据的拟合误差在 0.19~0.54mm 之间^[11]。

种植导板的加工方式包括切削和三维打印，其中三维打印是目前较为常用的加工方式。既往研究显示三维打印的树脂导板的误差为 0.22~0.24mm，且三维打印树脂材料会随着时间的推移出现一定的变形，继而使得误差进一步扩大^[12]。在种植全程导板加工完成后，为了保证钻针及冷却水能够顺利进入金属套环内，常会保留一定的间隙，但间隙的存在又会导致钻针在钻入过程中出现误差，这一点在种植位点为骨斜面的时候尤为明显^[13]。既往研究显示，通过增加套管的深度，可减小相应的误差^[14]。上述所有步骤中出现的误差最终都会体现在种植导板上，因此现阶段在设计 and 制作全程导板时，需要认识到可能存在误差的步骤，然后在实操中遵循规范，减小误差^[15]。

4.2 口内数字化印模

在本病例中，除了在种植全程导板中应用了数字化技术外，在种植上部修复以及粘接桥修复治疗过程中采用了在患者口内直接获取数字化印模的方式，该方法在单牙位或者少牙位的扫描过程中具有简单、舒适、快捷的优势^[16]。数字化口内扫描精确度的影响包括扫描仪的选择、扫描方案、预备体或种植扫描杆相关因素等。

在本病例中，扫描方案方面选择先从 7 咬合面和腭侧面扫描，然后从 7 颊面返回；该扫描方法的精确度优于其他扫描顺序的方案^[17]。在种植修复治疗中使用的种植扫描杆顶部材料为聚醚醚酮，基部材料为纯钛。聚醚醚酮是一种热塑性高分子材料，具有机械强度高、耐高温的特点，同时表面不易反光、容易被扫描仪识别，较纯钛和树脂材料更适合作为种植扫描杆的顶部材料。而种植转移杆的基部需要同种植体间紧密接触，使用同材质的纯钛材料可以更好的减少转移杆基部的磨损所带来的误差^[18]。

4.3 种植修复体抵抗咬合风险能力

种植修复体的抵抗咬合风险能力是保证修复体可以长期稳定使用的重要基础。影响种植修复体抵抗咬合的因素包括：种植位点的殆力大小，种植

体的直径及长度，种植上部修复体的咬合设计等。尖牙作为咬合力比较大的区域通常建议使用直径在 4mm 左右的常规直径种植体。然而在本病例中，3 种植位点进行直径 4mm 的种植体设计时，局部骨量不足同时患者拒绝进行植骨手术。当种植体的直径较小时，在长时间的咬合应力的作用下可能会出现种植体的疲劳断裂。

Chrcanovic 等^[19]的研究发现直径在 3.5mm 以下的小直径种植体的折裂风险明显增高。钛合金是近些年来新研究用于种植体制作的材料，其有着更加优良的机械性能^[20]，经测试其拉伸强度和屈服强度分别是纯钛的 1.4 倍和 1.6 倍，使得 3.3mm 钛合金种植体在机械强度上达到 4.1mm 纯钛种植体强度^[21]。因此在本病例中选择使用直径 3.3mm 的钛合金种植体，以增加种植修复体抵抗咬合风险的能力。

此外，在咬合设计上，种植体和天然牙在受到咬合力以后的下沉量有很大的区别，天然牙在 3~5 磅的垂直作用力下下沉 8~28mm^[22-23]，而种植牙在受到相同的作用力时下沉量仅为 3~5mm^[24]。如果种植修复体在轻咬合的状态下存在咬合接触，那么在重咬合状态下就会出现咬合干扰。因此，目前推荐的种植修复体咬合设计为轻咬合时不接触而在重咬合时接触，从而均匀的将咬合力分散在天然牙和种植修复体上。在本病例中，3 种植修复体的咬合设计也参照了这一标准。

4.4 全瓷粘接桥的使用

在本病例中，治疗计划制定阶段关于 3 的修复方式的选择是一个难点。在修复间隙不足的情况下，正畸治疗后再进行种植修复是 3 最理想的治疗计划。但正畸治疗时间较长，会增加整个治疗的周期，部分患者无法接受。采用固定义齿的方式修复上颌尖牙时，由于其位于牙列转角的位置，桥体受到的唇向力较大，通常需要选择中切牙、侧切牙以及第一前磨牙作为固定义齿的基牙^[25]，创伤较大。

全瓷粘接桥修复体，是一种树脂粘接固定局部义齿，因其较小的牙体预备量和优秀的美学效果，成为很多医师在治疗单牙缺失患者无法完成种植修复时的首要选择^[26]。粘接桥修复体缺乏固位形，粘接力是其唯一的固位力，因此在传统设计理念中适应症严格，一般仅用于上颌侧切牙以及下颌切牙等殆力较小的区域。

随着口腔粘接技术的不断发展，铸造陶瓷以及

氧化锆陶瓷为主要材料的粘接桥修复体的适应症在不断的扩大。前牙粘接桥的固位体设计分为双端和单端固位体设计,传统粘接桥常采用双端固位体设计,但随后的大量研究结果显示单端粘接桥具有更高的成功率,这是因为双端设计中两侧基牙在受到正中咬合及侧方咬合时的不同动度会在粘接界面形成剪切力^[27]。Naenni等的研究对单端全瓷粘接桥修复前牙区单颗牙缺失的病例进行了10年的随访,发现修复体的存活率高达100%,证实了前牙区单端全瓷粘接桥的可靠性^[28]。Botelho等的研究分析了在牙列不同区域的单端全瓷粘接桥10年的成功率,尖牙区的成功率为80%,尽管较切牙区的成功率低,但也可以满足临床工作中的要求^[29]。

粘接桥的咬合设计方面,既往研究建议桥体区域在正中咬合时轻接触,侧方咬合时不接触,以减小粘接桥修复体的负担^[30]。本病例中,3]选择了单端全瓷粘接桥修复,虽然美学效果达到了预期,仍需定期复查,密切关注患者的咬合变化。此外,

既往文献显示近些年随着树脂水门汀粘接性能的提升,粘接桥的成功率也在逐年上升,并且粘接桥修复治疗的患者满意度高于种植修复。此外,84.2%的患者在粘接桥出现脱粘接或折断后仍选择使用粘接桥进行重新修复^[31]。

5 总结

数字化技术近年来越来越多的被应用于口腔修复治疗中,种植全程导板的使用,可以有效的控制种植体植入的三维位置,有利于种植体后期的维护以及简化上部修复治疗过程。口内扫描的应用,可以简化印模制取过程,准确而快捷的获取种植扫描杆及预备体的信息,确保修复治疗设计能够精准的反映在患者口内。3]的修复治疗采用了单端铸瓷粘接桥的设计,在12个月后的复查中表现出良好的外观和功能,但其是否能长期的稳定仍需进一步观察。

参考文献

- [1] Monje A, Galindo-Moreno P, Tözüm TF, et al. Into the paradigm of local factors as contributors for peri-implant disease: short communication[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2016; 31(2):288-292.
- [2] Abduo J, Lau D. Accuracy of static computer-assisted implant placement in anterior and posterior sites by clinicians new to implant dentistry: in vitro comparison of fully guided, pilot-guided, and freehand protocols[J]. *Int J Implant Dent*. 2020; 6(1):10.
- [3] Apostolakis D, Kourakis G. CAD/CAM implant surgical guides: maximum errors in implant positioning attributable to the properties of the metal sleeve/osteotomy drill combination[J]. *Int J Implant Dent*. 2018; 4(1):34.
- [4] Gedrimiene A, Adaskevicius R, Rutkunas V. Accuracy of digital and conventional dental implant impressions for fixed partial dentures: a comparative clinical study[J]. *J Adv Prosthodont*. 2019; 11(5):271-279.
- [5] 黄平,商红国,刘海英. 数字化种植导板的研究进展[J]. *全科口腔医学杂志(电子版)*, 2019, 6(24):30-31, 38.
- [6] D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, et al. Current state of the art of computer-guided implant surgery[J]. *Periodontol* 2000. 2017; 73(1):121-133.
- [7] Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, et al. The intrinsic error of a stereolithographic surgical template in implant guided surgery[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013; 42(2):264-275.
- [8] 耿威. 数字化口腔种植治疗现状与研究进展[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2016, 9(1):2-9.
- [9] Ye NS, Long H, Xue J, et al. Integration accuracy of laser-scanned dental models into maxillofacial cone beam computed tomography images of different voxel sizes with different segmentation threshold settings[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014; 117(6):780-786.
- [10] Michelinakis G, Apostolakis D, Tsagarakis A, et al. A comparison of accuracy of 3 intraoral scanners: a singleblinded in vitro study[J]. *J Prosthet Dent*. 2020; 124(5):581-588.
- [11] Jamjoom FZ, Kim DG, McGlumphy EA, et al. Positional accuracy of a prosthetic treatment plan incorporated into a cone beam computed tomography scan using surface scan registration[J]. *J Prosthet Dent*. 2018; 120(3):367-374.
- [12] Lin CH, Lin YM, Lai YL, et al. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D

- printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA[J]. *J Prosthet Dent.* 2020; 123(2):349-354.
- [13] Van Assche N, Quirynen M. Tolerance within a surgical guide[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21(4):455-458.
- [14] Koop R, Vercruyssen M, Vermeulen K, et al. Tolerance within the sleeve inserts of different surgical guides for guided implant surgery[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24(6):630-634.
- [15] 于海洋. 种植修复里的数字追问——从经验类比到数字引导[J]. *华西口腔医学杂志*, 2021, 39(4):386-397.
- [16] 包旭东, 岳林. 口内扫描仪临床扫描精度及影响因素把控[J]. *口腔医学*, 2022, 42(9):769-773.
- [17] Müller P, Ender A, Joda T, et al. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner[J]. *Quintessence Int.* 2016; 47(4):343-349.
- [18] Motel C, Kirchner E, Adler W, et al. Impact of Different Scan Bodies and Scan Strategies on the Accuracy of Digital Implant Impressions Assessed with an Intraoral Scanner: An In Vitro Study[J]. *J Prosthodont.* 2020; 29(4):309-314.
- [19] Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T. Factors influencing the fracture of dental implants[J]. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018; 20(1):58-67.
- [20] Brizuela -Velasco A, Pérez-Pevida E, Jiménez-Garrudo A, et al. Mechanical characterisation and biomechanical and biological behaviours of Ti-Zr binary alloy dental implants[J]. *Biomed Res Int.* 2017; 2017:2785863.
- [21] Saulacic N, Bosshardt DD, Bornstein MM, et al. Bone apposition to a titanium-zirconium alloy implant, as compared to two other titanium-containing implants[J]. *Eur Cell Mater.* 2012; 23(10):273-286.
- [22] Worni A, Hicklin SP, Mericske-Stern RA. Performance and marginal bone level alteration around immediately loaded narrow-diameter implants. A prospective clinical study: results after 1 year[J]. *Quintessence Int.* 2018; 49(4):267-276.
- [23] Schiegnitz E, Al-Nawas B. Narrow-diameter implants: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29 Suppl 16:21-40.
- [24] 刘东升, 王彦梅, 何家才. 钛锆小直径种植体应用于前牙美学区的临床效果[J]. *口腔疾病防治*, 2019, 27(7):446-450.
- [25] 冯海兰, 徐军. 口腔修复学[M]. 第2版. 北京: 北京大学医学出版社, 2013.
- [26] 姜荷, 程鑫然, 吴峻岭, 等. 个别牙缺失全瓷树脂粘接固定局部义齿修复现状[J]. *口腔颌面修复学杂志*, 2022, 23(2):142-146.
- [27] Wei YR, Wang XD, Zhang Q, et al. Clinical performance of anterior resin-bonded fixed dental prostheses with different framework designs: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Dent.* 2016; 47:1-7.
- [28] Naenni N, Michelotti G, Lee WZ, et al. Resin-bonded fixed dental prostheses with zirconia ceramic single retainers show high survival rates and minimal tissue changes after a mean of 10 years of service[J]. *Int J Prosthodont.* 2020; 33(5):503-512.
- [29] Botelho MG, Ma X, Cheung GJ, et al. Long-term clinical evaluation of 211 two-unit cantilevered resin-bonded fixed partial dentures[J]. *J Dent.* 2014;42(7):778-784.
- [30] 杨丽丽, 杜德标, 宁若愚, 等. 单端全瓷树脂粘接桥在修复个别前牙缺失中的应用[J]. *华西口腔医学杂志*, 2017, 35(4):399-402.
- [31] Lam WYH, Chan RST, Li KY, et al. Ten-year clinical evaluation of posterior resin-bonded fixed partial dentures[J]. *J Dent.* 2019; 86:118-125.