

• 齿科美容 •

• 论 著 •

一种腭侧微种植体植入导板的研制及应用

刘晶晶^{1,2}, 袁丽仙³, 刘鑫¹

(1. 口腔系统重建与再生全国重点实验室, 国家口腔疾病临床医学研究中心, 陕西省口腔疾病临床医学研究中心, 空军军医大学第三附属医院口腔正畸科 陕西 西安 710032; 2. 西安交通大学口腔医院 陕西省颅颌面精准医学研究重点实验室 陕西 西安 710004; 3. 空军军医大学第三附属医院口腔预防科 陕西 西安 710032)

[摘要]目的: 为提高腭侧微种植体植入成功率, 本试验根据腭侧微种植体植入特征设计一种针对腭侧微种植体植入的种植导板, 并通过临床应用验证其精确度。**方法:** 按照纳入排除标准纳入9例患者, 收集该9例患者的CBCT数据及口内扫描数据, 导入Geomagic软件, 形成高精度三维整合模型, 使用Geomagic软件及3Shape Dental System软件设计导板的具体形态, 最终导板经由3D金属打印机打印完成, 材料为钛合金。将设计的腭侧微种植体植入导板应用于正畸临床, 共计完成9例微种植体植入, 最终使用Geomagic软件评估微种植体植入偏差量。**结果:** 计划的微种植体和实际的微种植体之间的距离偏差均值在顶部为(0.96±0.39)mm, 在末端均值为(1.50±0.67)mm; 角度偏差均值为(2.11±0.82)°。**结论:** 本试验设计的腭侧微种植体植入导板植入精确度良好, 可进一步推广临床使用。

[关键词] 导板; 微种植体; 腭侧; 精确度; 植入

[中图分类号]R783.1 **[文献标志码]**A **[文章编号]**1008-6455(2026)02-0124-04

Development and Application of A Palatal Miniscrew Surgical Guide

LIU Jingjing^{1,2}, YUAN Lixian³, LIU Xin¹

(1. State Key Laboratory of Oral & Maxillofacial Reconstruction and Regeneration, National Clinical Research Center for Oral Diseases, Shaanxi Clinical Research Center for Oral Diseases, Department of Orthodontics, the Third Hospital Affiliated of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi, China; 2. Key Laboratory of Shaanxi Province for Craniofacial Precision Medicine Research, College of Stomatology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China; 3. Department of Prevention, the Third Hospital Affiliated of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi, China)

Abstract: Objective In order to improve the success rate of palatal miniscrew placement, we designed a surgical guide for palatal miniscrew placement, and its accuracy was verified through clinical application. **Methods** According to the inclusion and exclusion criteria, 9 patients were enrolled, and CBCT data and intraoral scanning data of these 9 patients were collected and imported into Geomagic software to obtain a high-precision integrated 3D model. The guide was designed using Geomagic software and 3Shape dental system software. Finally, the guide was printed using a 3D printer, with titanium alloy as the material. The designed surgical guides were applied for 9 miniscrews implantation in clinical practice, and the deviation of miniscrew placement was evaluated using Geomagic software. **Results** The mean distance deviation between the planned miniscrew and the actual miniscrew was (0.96±0.39) mm at the top and (1.50±0.67) mm at the end. The mean angle deviation was (2.11±0.82)°. **Conclusion** The palatal miniscrew placement guide has good accuracy and can be further promoted for clinical use.

Key words: surgical guide; miniscrew; palatal; accuracy; implantation

作为绝对支抗, 微小种植体在临床上有着重要的应用。临床上, 正畸医生使用微小种植体, 可在三维方向上实现对牙齿及牙弓的控制, 简化了正畸治疗, 方便了正畸

治疗的进行。腭部为微种植体植入的重要区域, 腭侧牙槽骨区域植入微种植体可辅助压低磨牙、远移磨牙及增加舌侧矫治支抗等, 硬腭部植入微种植体可辅助进行MSE扩弓或

基金项目: 国家口腔疾病临床医学研究中心2022年度专项课题A类项目(编号: LCA202003)

通信作者: 刘鑫, 副主任医师; 研究方向为微小种植体支抗。E-mail: 986922403@qq.com

第一作者: 刘晶晶, 住院医师; 研究方向为微种植体植入导板。E-mail: 18738148121@163.com

单侧扩弓^[1]。

目前,微小种植体的脱落率是正畸临床较为关注的重点问题,由于解剖结构的不同,腭部不同区域的微种植体植入成功率并不完全相同,Mohammed H等^[2]在了一项Meta分析中指出,腭中缝区域的植入失败率最低,其次为旁正中区域,植入失败率最高的为腭侧牙槽骨区域。据报道,硬腭部的微种植体植入成功率较高,约为83.9%^[3]。而腭侧牙槽骨因牙根的限制,其植入成功率相对较低,为70%~76%^[3-5]。传统植入时,正畸医生依赖自身的经验并参考植入区域的二维X线片进行微种植体的植入,植入成功率与操作者的经验相关。对于初学者来说,腭侧微种植体的植入是一个较大的挑战。大量研究表明,微种植体植入位置或方向控制不当是微种植体植入失败的主要原因。当微种植体距离牙根过近时,会影响植入后的骨质重建,且咬合力可沿牙齿传递到微种植体,影响微种植体的植入稳定性^[6]。另外,腭斜坡处存在腭大孔,其内部包含腭前神经,且腭大孔位置在人群中存在变异,当腭侧微种植体植入位置或方向不当时,存在损伤腭前神经的可能^[7]。

为增加微种植体植入的精确度,提高微种植体的植入成功率,同时避免在种植体植入过程中损伤重要解剖结构,微种植体植入导板被引入临床。但截至目前,大部分研究皆以颊侧导板为研究对象,该类导板一般需要患者上下颌牙齿的咬合力辅助固位。而腭侧植入时由于需要大张口配合植入,传统的牙固位式的应用受到限制。也有少数针对硬腭部微种植体植入的导板设计^[8-9]。但该类导板一般以树脂为原材料,通过增大导板体积来加强固位,所以所做导板通常体积较大、对牙齿数目的依赖性较高,且当牙面粘接有固定托槽时不方便摘取。因此,针对腭侧微种植体植入,急需研发一款新型的非牙固位式轻便植入导板。

1 资料和方法

1.1 一般资料:选取需于上颌腭侧植入微种植体的患者。术前告知其拍摄CBCT及植入微种植体的风险,并获得患者的书面同意。最终纳入患者9例,其中男4例,女5例,平均年龄23.4岁。该研究已获空军军医大学第三附属医院伦理委员会的批准(批准号:IRB-REV-2021137)。

1.2 导板的设计流程

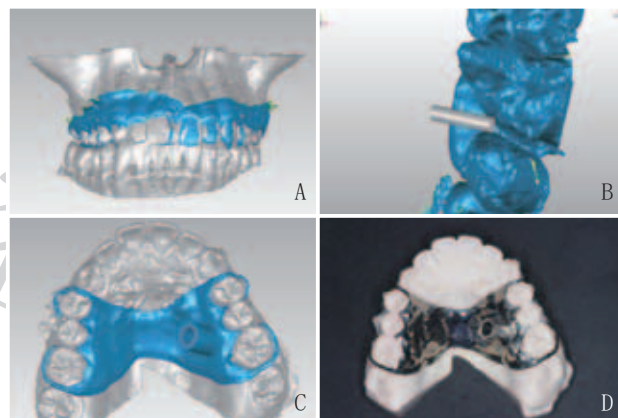
1.2.1 高精度三维软硬组织模型的建立:使用朗视大视野CT机扫描患者口腔颌面部,获得其CBCT数据,文件为DICOM格式,将该文件导入Mimics软件中,对其进行三维重建,导出STL格式的文件。使用3Shape Trios口内扫描仪扫描患者口腔内部,获得其口扫数据,导出STL格式的文件。采用Geomagic Wrap软件将软硬组织的STL文件进行配准及重叠,获得患者的高精度三维软硬组织模型(见图1A)。

1.2.2 微种植体的模拟植入:在Geomagic Wrap软件中,选择与微种植体长度及直径相同的圆柱体,模拟微种植体的

植入。植入位点距离牙槽嵴顶5~7 mm,植入的方向与骨面呈60°~90°,且需保证在该方向植入后微种植体与邻牙的牙根间安全距离大于1 mm,且不突破对侧骨皮质、不破坏重要的解剖结构如上颌窦等(见图1B)。将文件导出为STL格式。

1.2.3 导板形态的设计:具体包括三部分。①固位部形态设计:将上述文件导入3Shape dental system软件中,使用软件的填倒凹功能完成倒凹充填,其次使用RPD模式完成固位部的形态设计。固位部由与牙齿表面数据相匹配的单臂卡组成。卡环的厚度为1.5 mm,末端进入的倒凹深度约0.25 mm。②导向部形态设计:将文件导入Geomagic Wrap软件中,设计导板的导向部,导向部以上述模拟微种植体的圆柱体的中轴为轴建立长度为12 mm,内径较微种植体植入手柄末端袖口部分的外径大0.2~0.5 mm的圆环柱。③连接部的形态设计:连接部连接固位部与导向部,且与患者口内的软组织形态相贴合,厚度为1 mm。

将上述包含导向部、固位部及连接部的导板结构导出为STL文件(见图1C),并将该STL文件导入铂力特S200金属打印机,打印材料设置为钛合金。打印出的导板最终需进行精细打磨抛光(见图1D)。



注:A.配准后的高精度三维软硬组织模型;B.模拟微种植体的植入;C.导板设计的最终形态;D.导板实物图

图1 导板的设计流程

1.3 导板的临床应用

1.3.1 导板的试戴和消毒:制作完成的导板经酒精消毒后,在患者口内进行试戴,调整影响导板就位的悬突,直至导板可完全就位(见图2A)。

1.3.2 术区的麻醉和消毒:对患者术区周围进行消毒,使用含1:100 000肾上腺素的阿替卡因对患者术区进行浸润麻醉。随后对术区铺巾,准备进行微种植体植入手术。

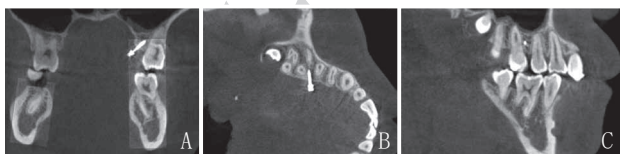
1.3.3 导板引导下的微种植体植入:将调整后的导板戴入患者口内,使之完全就位。微种植体植入手柄携带微小种植体,按照导板导向部所确定的方向和位置植入微小种植体。植入完成后,将导板从患者口内取下(见图2B~D)。



注: A. 导板的试戴; B. 导板引导下微种植体的植入; C. 微种植体植入完成; D. 微种植体即刻加力

图2 导板的临床应用流程

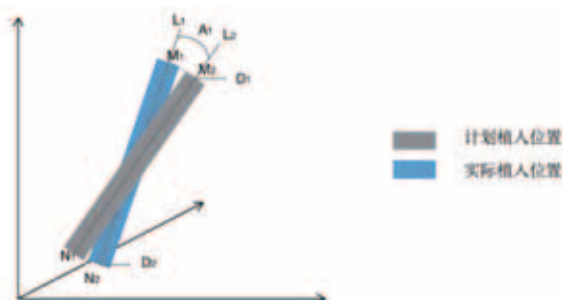
1.3.4 拍摄术后CBCT: 对患者拍摄术后CBCT, 并将术后CBCT导入Geomagic Wrap软件, 比较微种植体设计植入与实际植入间的位置及角度的偏差(见图3)。



注: A. 冠状面位置; B. 矢状面位置; C. 水平面位置

图3 微种植体植入术后CBCT

1.4 评价指标: 在Geomagic Wrap软件中比较微种植体实际植入位置与计划位置间的差异, 从而进行精确度评估。评估内容包括植入前后起始部及尖端的三维距离偏差量, 及植入前后的角度的偏差量(见图4)。



注: M1. 计划的微小种植体模拟圆柱体起始部的中心点; M2. 实际植入的微小种植体模拟圆柱体起始部的中心点; N1. 计划的微小种植体模拟圆柱体尖端的中心点; N2. 实际植入的微小种植体模拟圆柱体尖端的中心点; L1. 计划植入的微小种植体模拟圆柱体的长轴; L2. 实际植入的微小种植体模拟圆柱体的长轴; D1. 点M1和M2之间的距离, 代表微种植体起始部三维距离偏差量; D2. 点N1和N2之间的距离, 代表微种植体末端三维距离偏差量; 角度A1. L1和L2之间的角度, 代表微种植体植入角度偏差量

图4 精确度分析示意图

2 结果

记录9例患者在植入微种植体时的计划植入位置及实际植入位置间的三维偏差量。结果显示, 微种植体起始部的距离偏差量均值为(0.96±0.39)mm, 末端的距离偏差量均值为(1.50±0.67)mm, 角度偏差量均值为(2.11±0.82)°。见表1。

表1 微种植体计划植入位置与实际植入位置偏差统计 (n=9)

病例号	起始部距离偏差D1/mm	末端距离偏差D2/mm	角度偏差A1/°
1	0.61	0.98	1.21
2	0.86	1.18	2.60
3	1.21	2.14	2.45
4	0.93	1.27	1.99
5	1.82	2.86	3.12
6	0.63	1.01	1.03
7	1.13	1.97	2.01
8	0.73	1.12	3.27
9	0.69	0.99	1.34

3 讨论

植入微种植体的主要困难是定位根间隙, 且导致微种植体植入失败的主要原因是微种植体与牙根相接触。当植入的微种植体距离牙根过近时, 会对牙周膜造成过度压迫, 引起炎症反应, 炎症渗出的介质包绕种植钉周围, 进而破坏微种植体的骨结合, 引起骨重建不足。同时, 咬合力可从牙齿传递到微种植体, 从而影响微种植体的稳定性。因此, 微种植体与牙根根面之间的距离直接关系到微种植体植入的成功率, 距离越近, 微种植体的稳定性越低, 甚至有引起种植体折断的可能^[10]。

为增加微种植体的植入精确度进而提高微种植体的植入成功率, 微种植体植入导板被研发并应用到正畸临床。截至目前, 有多种微种植体植入导板的制作方式被报道。最初, 基于二维X线片设计的二维金属导向丝^[11-12]或三维导板^[13]被应用于临床, 但该类导板的精确度有限。随着数字化技术的发展及CBCT在临床的普遍应用, 数字化导板被逐步引入临床。此类导板在制作过程中需收集并整合患者的软硬组织数据, 并且在数字化软件上模拟微种植体植入的位点及方向, 最终借助3D打印或CAD/CAM等手段制作完成。相较于前述导板, 该类导板具有个体适应性的特征, 且精确度进一步提高。但该类导板大多针对颊侧设计, 植入时上下颌咬合可辅助增加固位力, 精确度较高。Bae MJ等^[14]针对颊侧微种植体植入设计一款树脂导板, 结果显示种植体起始部的偏差为0.29mm, 尖端的偏差为0.21mm, 角度偏差为3.14°。但在进行腭侧微种植体植入时, 患者需张嘴配合植入, 无法咬合, 缺少咬合力的辅助固位会导致导板固位力不足, 进而对微种植体的植入精确度产生影响。Rodríguez Torres P等^[15]设计一款针对腭中部微种植体植入的导板并对其精确度进行分析。结果显

示,种植体起始部的偏差为1.92~2.60 mm,尖端的偏差为2.16~2.86 mm,角度偏差为4.83°~7.98°。Cassetta M等^[8]设计一款针对腭前部的微种植体植入导板并对其精确度进行分析,结果显示,种植体起始部的偏差均值为1.38 mm,尖端的偏差为1.73 mm,角度偏差为4.60°。本课题组导板的临床应用结果显示:微种植体起始部的距离偏差量均值为(0.96±0.39) mm,末端的距离偏差量均值为(1.50±0.67) mm,角度偏差量均值为(2.11±0.82)°。相较于前述腭侧导板,本导板植入精确度良好。

本课题所研发导板由三部分组成,包括固位部、连接部和导向部。固位部由2~3个单臂卡环组成,卡环臂尖端进入倒凹部分以增加固位。导板的制作材料为钛合金,其制作成本较树脂导板成本更高,但研究表明,钛所制的卡环进入倒凹的深度更深,且弹性固位力可长期保持,是理想的卡环材料^[16]。相较于传统铸造卡环,3D打印的卡环抗疲劳性能增加,且金属的材质可减少导板与种植手柄之间的摩擦力,方便了微种植体的植入。另外,金属的材质减小了导板的体积,也增加了佩戴的舒适性。导板的导向部为圆柱形空管,其内径稍大于微种植体植入手柄末端袖口部分的外径,可保证种植手柄顺利引导微种植体的植入,且导管内径远大于微种植体尺寸,还可保证植入后导板易于脱位。导板的长度为12 mm,大于种植手柄末端袖口部分的长度,充足的引导长度可确保更精准地引导微种植体的植入。本试验中,微种植体的植入目标位置在较为靠后的磨牙区。理论上,为保证微种植体远离牙根,植入方向需尽量平行两相邻牙的牙根。但在临床操作时由于患者的张口度会限制微种植体的实际植入方向,微种植体最终在对侧口角处进入口内,在靠近第二前磨牙处突破软组织,完成植入后,微种植体的位置更靠近第一磨牙,但其距两相邻牙根的距离均大于1 mm,术后随访显示该微种植体植入后的稳定性较佳。

本试验的试验结果显示,针对腭侧植入设计的金属导板植入精确度良好,可进一步在临床推广使用。

[参考文献]

- [1] Papadopoulos M A, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2007,103(5):e6-e15.
- [2] Mohammed H, Wafaie K, Rizk M Z, 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.
- [3] Baumgaertel S, Palomo J M, Zaverdinos M, et al. Ten years of miniscrew use in a U.S. orthodontic residency program[J]. *Am J*

Orthod Dentofacial Orthop, 2020,158(6):834-839.

- [4] Lim H J, Eun C S, Cho J H, et al. Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009,136(2):236-242.
- [5] Topouzelis N, Tsaousoglou P. Clinical factors correlated with the success rate of miniscrews in orthodontic treatment[J]. *Int J Oral Sci*, 2012,4(1):38-44.
- [6] Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, et al. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007,131(4 Suppl): S68-S73.
- [7] Kravitz N D, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007,131(4 Suppl):S43-S51.
- [8] Cassetta M, Altieri F, Di Giorgio R, et al. Palatal orthodontic miniscrew insertion using a CAD-CAM surgical guide: description of a technique[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2018,47(9):1195-1198.
- [9] Lombardo L, Occhiuto G, Paoletto E, et al. Class II treatment by palatal miniscrew-system appliance: A case report[J]. *Angle Orthod*, 2020,90(2):305-313.
- [10] Chen Y H, Chang H H, Chen Y J, et al. Root contact during insertion of miniscrews for orthodontic anchorage increases the failure rate: an animal study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2008,19(1):99-106.
- [11] Maino B G, Maino G, Mura P. Spider Screw: skeletal anchorage system[J]. *Prog Orthod*, 2005,6(1):70-81.
- [12] Kravitz N D, Kusnoto B, Hohlt W F. A simplified stent for anterior miniscrew insertion[J]. *J Clin Orthod*, 2007,41(4):224-226.
- [13] Takahashi M, Park J H, Uzuka S, et al. Modified Surgical Stent for Accurate TAD Placement[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2018,42(6):465-468.
- [14] Bae M J, Kim J Y, Park J T, et al. Accuracy of miniscrew surgical guides assessed from cone-beam computed tomography and digital models[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2013,143(6):893-901.
- [15] Rodríguez Torres P, Riad Deglow E, Zubizarreta-Macho Á, et al. Effect of the computer-aided static navigation technique on the accuracy of bicortical mini-implants placement site for maxillary skeletal expansion appliances: an in vitro study[J]. *BMC Oral Health*, 2023,23(1):86.
- [16] Bridgeman J T, Marker V A, Hummel S K, et al. Comparison of titanium and cobalt-chromium removable partial denture clasps[J]. *J Prosthet Dent*, 1997,78(2):187-193.

[收稿日期]2024-10-18

本文引用格式:刘晶晶,袁丽仙,刘鑫.一种腭侧微种植体植入导板的研制及应用[J].中国美容医学,2026,35(2):124-127.