

动态实时导航辅助下颌后牙区 牙槽骨骨量不足种植

任静 耿宁波 周天任 陈松龄

中山大学附属第一医院口腔科, 广州 510080

通信作者: 陈松龄, 电子邮箱: chensongling@hotmail.com

【摘要】目的 评价动态实时导航辅助下颌后牙区牙槽骨骨量不足种植手术中的精准度及临床效果。**方法** 回顾分析2021年1—12月因下颌后牙缺失就诊于中山大学附属第一医院口腔科,且采用动态实时导航辅助植入的23例患者。将术前规划种植体数据和术后实际植入种植体锥形束CT数据导入动态导航精度验证软件,对术前设计与术后植入种植体的三维轴向信息进行误差分析,计算并报告实际种植体顶部、根尖部、角度和深度偏差。使用SPSS 23.0统计学软件,对动态实时导航引导种植体植入术后的精度偏差和植入深度进行数据处理。本研究为符合正态分布的计量资料,采用 $\bar{x} \pm s$ 描述。**结果** 本次计算机辅助动态导航系统指导下完成下颌后牙区25颗种植体植入,获得了良好的初期稳定性,术后CBCT示种植体精确植入规划位置,规避了下牙槽神经及邻近重要解剖结构,未发生相关手术并发症。25颗种植体的总体顶部偏差为 (0.23 ± 0.11) mm,根尖部偏差为 (0.45 ± 0.29) mm,深度偏差为 (0.33 ± 0.32) mm,角度偏差为 $1.01^\circ \pm 0.65^\circ$ 。**结论** 动态实时导航辅助下颌后牙区骨量不足种植,可获得良好的植入精度和满意的临床效果。

【关键词】 动态导航; 实时导航系统; 牙种植; 牙槽骨丢失; 下颌牙槽骨

基金项目:国家自然科学基金(81371111);广东省自然科学基金(2022A1515010809)

引用著录格式:任静,耿宁波,周天任,等. 动态实时导航辅助下颌后牙区牙槽骨骨量不足种植[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2022, 16(1):27-33.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2022.01.005

Dynamic realtime navigation system assisted implant of insufficient alveolar bone in the mandibular posterior area

Ren Jing, Geng Ningbo, Zhou Tianren, Chen Songling

Department of Stomatology, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

Corresponding author: Chen Songling, Email: chensongling@hotmail.com

【Abstract】 Objective To evaluate the accuracy and clinical outcome of a realtime navigation system for the implant placement in insufficient alveolar bone in the mandibular posterior area. **Methods** In the study, 23 patients with the loss of mandibular posterior teeth were retrospectively analyzed in department of stomatology, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, from January 2021 to December 2021. Cone-beam computed tomography (CBCT) was performed by wearing registration devices, and the position of the implants was designed. Then implants were placed for each case with the aid of dynamic real-time navigation. The preoperative design scheme and the postoperative CBCT were imported into the dynamic navigation accuracy verification software. The differences of implant accuracy between the designed and the actually placed implants were analyzed, including the mean entry point, apex point and depth deviation as well as overall angular discrepancy. SPSS 23.0 statistical software was used to analyze the data on the accuracy deviation. The measurement data in this study were in accordance with normal distribution and were described by mean \pm standard deviation. **Results** In this study, 25 implants were implanted in the mandibular posterior area under the guidance of a computer-aided dynamic navigation system, and good primary stability was obtained. Postoperative CBCT showed the precise

implant planning position, avoiding the damage to nearby anatomical structures such as inferior alveolar nerve, and surgical complications. The mean entry point discrepancy of 25 implants was (0.23 ± 0.11) mm, whereas the deviations at the apex point, in the depth and axis were (0.45 ± 0.29) , (0.33 ± 0.32) mm and $(1.01^\circ \pm 0.65^\circ)$, respectively. **Conclusion** Implant placement in the insufficient alveolar bone in the mandibular posterior area can be achieved with high accuracy and predictable clinical outcome under the guidance of a realtime navigation system.

【Key words】 Dynamic navigation; Realtime navigation system; Dental implantation; Alveolar bone loss; Alveolar bone of mandible

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81371111); Natural Science Foundation of Guangdong Province (2022A1515010809)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2022.01.005

随着计算机辅助技术日趋成熟,越来越多的数字化技术应用于口腔种植手术中^[1]。从传统种植方式到数字化静态导板和动态实时导航,口腔种植手术变得更加精准、美观和微创。利用传统自由手种植方式治疗下颌后牙缺失的患者时,其种植位点的精准只能通过局限的视野加上术者的经验来控制,种植体植入位点种植角度、深度,可能存在较大的偏差^[2-3]。动态实时导航种植技术,是一种基于红外线空间定位导航技术下的引导手术,可以充分利用术前锥形束CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 影像数据及种植外科手术规划路径,术者在可视化的情况下进行种植操作,在手术过程中实时显示邻近解剖结构,对种植体植入位点和三维方向进行及时调整^[4]。尤其适合应用于较难植入种植体的下颌后牙区,以及因张口受限、缺牙间隙较窄导致无法使用数字化导板的患者,有利于避免下牙槽神经的损伤。

下颌后牙区骨量不足,常见于各种原因引起的骨质缺损和吸收、拔牙后牙槽窝即刻或者早期未能愈合恢复而存在的骨缺损。这种骨量不足的情况常规需要待第一次骨增量手术解决后,才能进行第二次种植手术。随着计算机辅助种植技术的发展,下颌后牙区骨量不足条件下的种植已广为推崇,它有效地减少了手术次数和费用,缩短了种植完成时间,逐渐成为临床常用^[5]。但这种方法增加了临床技术的敏感性。下颌后牙区的种植,骨量不足的条件下更须注意规避下牙槽神经的损伤,同时由于骨量不足,需精确地判断和利用不足的骨量来建立种植体的初期稳定性,从而在此基础上实施同期骨缺损的修复,完成种植外科手术过程。动态实时导航技术为这种敏感性高的临床方法提供了精确有效的功能效果。

下颌后牙区动态实时导航种植相关文献少有报

道。本研究探讨动态实时导航在下颌后牙区骨量不足情况下,修复骨缺损后同期种植的临床效果及精度,以期临床导航种植技术的应用提供参考。

资料与方法

一、研究对象

本文为回顾性描述性研究,本研究符合《赫尔辛基宣言》的要求。

回顾分析2021年1—12月于中山大学附属第一医院口腔科动态导航辅助下颌后牙植入的23例患者,其中男15例、女性8例,21例为单牙缺失、2例为多牙缺失。年龄20~59岁,平均40岁,共植入25颗种植体。

1. 纳入标准:(1)全身健康状况良好,无种植手术禁忌证;(2)缺牙区位于下颌后牙区,且超过3个月的牙列缺损;(3)有足够的开口度;(4)同颌对侧牙弓有3个以上连续无松动牙位,足以支撑支架或导板;(5)年龄>18岁;(6)垂直和水平骨缺损,剩余牙槽嵴顶距理想种植体颈部的距离>4 mm。

2. 排除标准:(1)口腔卫生状况较差,存在严重牙周病及其他口腔疾病;(2)妊娠期;(3)吸烟>10支/天;(4)高血压和糖尿病控制不佳的患者;(5)严重出血性疾病;(6)艾滋病(HIV)等慢性感染性疾病;(7)剩余骨量严重不足。

二、主要设备与材料

动态导航规划软件(IRIS-100, EPED)、实时动态导航仪(丽植, IRIS-100, EPED)、GOM Inspect 植牙术后配准系统(EPED)、咬合板、颌固定支架、反射环固定架及手术反射组、植牙定位器、校正组(北京东创纪元科贸有限公司), CBCT设计软件(Invivo 5, Anatomage, 美国), CBCT(i-CAT, 美国), 口腔种植机(INTRA surg 300 plus, KaVo, 德国), 种植体及其种植器

械(NobelActive System, Nobel Biocare, 瑞典)。

三、操作方法

1. 术前配准装置制作及手术方案规划:患者术前均佩戴配准装置拍摄 CBCT。加热热塑水晶,软化透明状态后放入固定底座内,放入患者口内制作定位咬合板,用作术中配准支架。患者口内安放定位咬合板,咬合垫分离上、下颌,拍摄 CBCT。由同一医师将 CBCT 数据以 DICOM 格式导入动态导航系统规划软件,分离上、下颌骨。提前标记特征点,用于术中配准,三维重建,选择合适种植体,设计种植治疗方案,模拟植入在最佳三维位点(图 1)。

2. 动态实时导航引导种植手术:患者入手术室,消毒铺巾,常规术前准备并调整导航仪,将其置于距离患者头部前方约 1.25 ~ 1.5 m、45° ~ 60° 位

置,完成器械连接。将配准装置固定于术区同颌对侧牙弓上的 3 个无松动牙,确认固位稳定。连接种植手柄红外追踪系统,进行种植器械及特征点配准。配准完成后,进入导航,种植手机钻头与牙槽骨的位置关系已显示在导航屏幕上。由同一医师在动态实时导航系统引导下进行种植体植入手术,精确地完成植入孔的预备和种植体的植入,植入扭矩达 25 N 以上,术中骨量不足区域采用自体骨或 Bio-Oss 骨粉植入,安放愈合基台,缝合,压迫止血,术毕(图 2)。手术医生可以通过观察显示屏中的动、静态视图,遵照软件指示实时调整植入的位点、角度和深度,以确保种植结果符合预定方案,从而最大限度地减少创伤及术后并发症,完成真正意义上微创、精准的计算机辅助外科手术(图 3)。

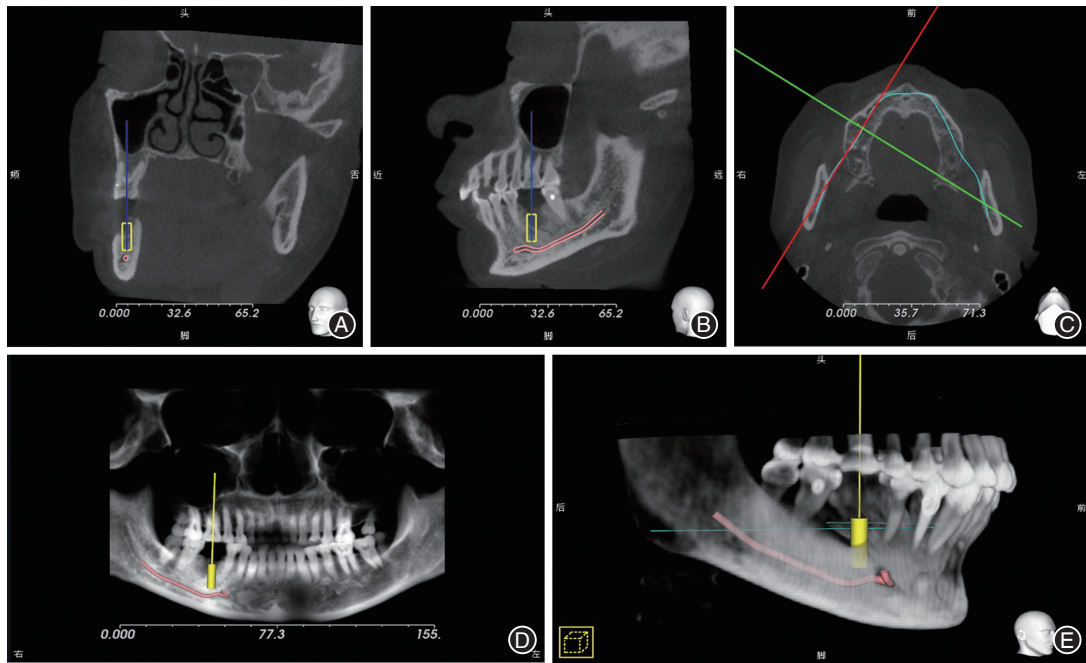


图1 动态导航引导种植体植入术前设计:使用规划软件模拟种植体植入 A:冠状面;B:矢状面;C:横断面;D:全颌曲面断层片;E:三维重建影像。

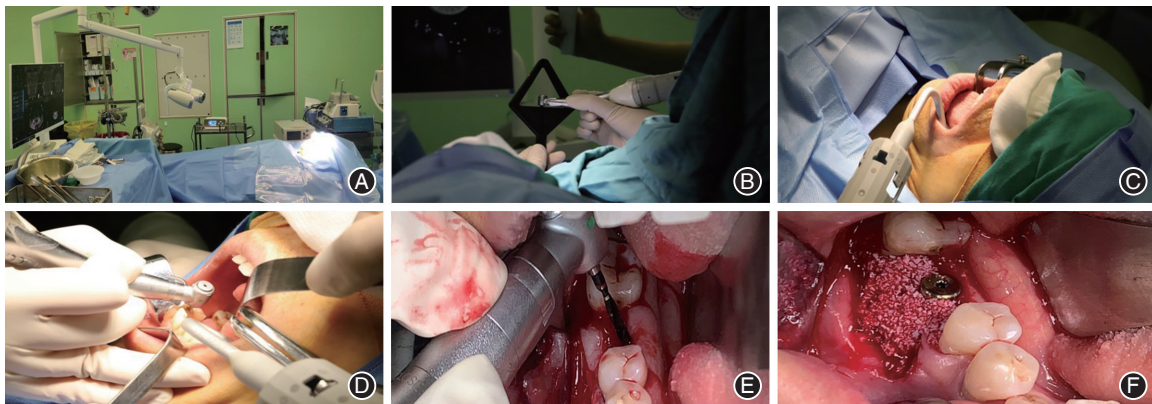


图2 动态导航引导下种植手术过程 A:术前准备并调整导航仪;B:手机注册;C:安放固定装置;D:特征点标定;E:窝洞制备;F:种植体植入。

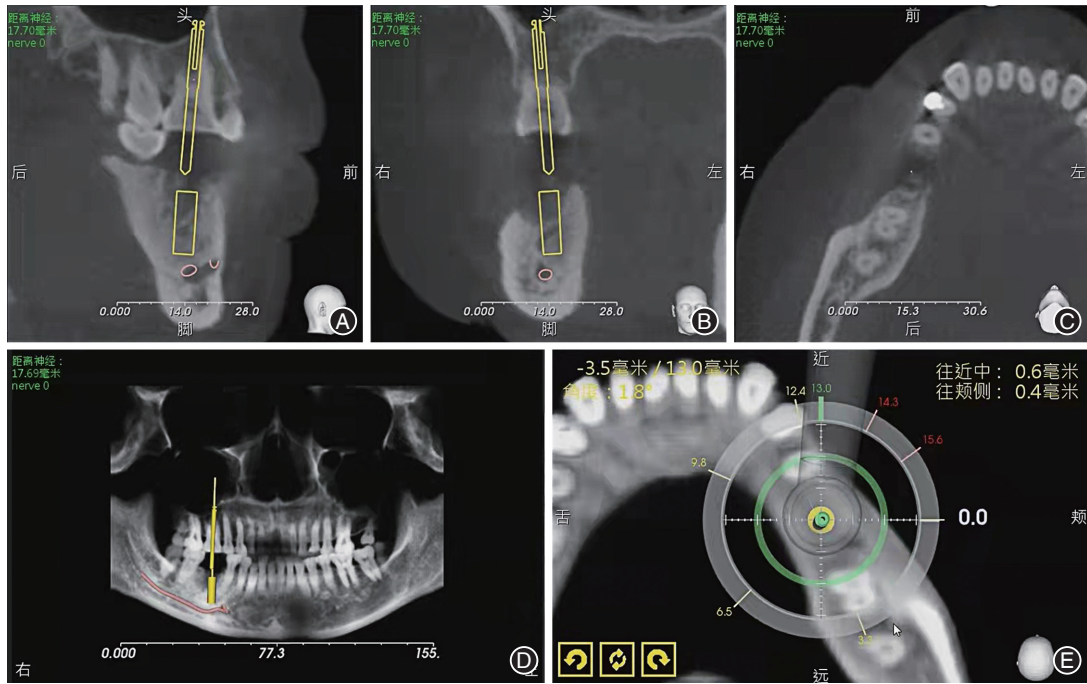


图3 动态导航显示屏中的动静态视图:可实时指示植入的位点、角度和深度 A:冠状面;B:矢状面;C:横断面;D:全颌曲面断层片;E:三维植入位点。

3. 术后数据收集及指标测量:(1)动态实时导航引导种植体植入术后,常规检查种植伤口愈合,种植体的稳定性,以及是否有下牙槽神经损伤。(2)测量和确认种植体植入位置与重要解剖结构间是否存在合适安全距离:种植体与下牙槽神经的距离,以及种植体在不足骨量的植入深度(剩余的可利用骨量的植入深度)。(3)术前、术后种植体配准检测种植精准度:患者拍摄术后CBCT,将术前设计方案和术后CBCT数据导入口腔种植动态导航精度验证软件,由同一名医师进行术前、术后CBCT颌骨水平的三维配准,从而对术前设计虚拟种植体与术后实际植入种植体的三维轴向信息进行误差分析,计算并报告实际种植体顶部、根尖部、角度、深度偏差(图4)。

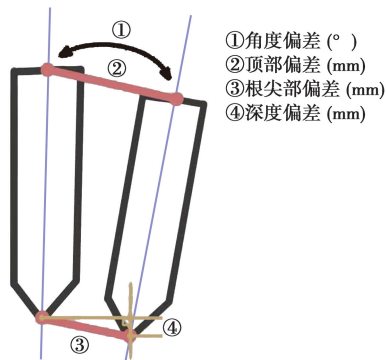


图4 动态导航引导种植体植入术前设计与术后植入种植体的三维轴向信息:测量模型图。

四、统计学处理方法

本研究使用SPSS 23.0统计学软件,对动态实时导航引导种植体植入术后的精度偏差和植入深度进行数据处理。所有数据包括实际种植体顶部、根尖部、角度、深度偏差,种植体与下牙槽神经的距离以及种植体在不足骨量的植入深度。本研究为计量资料符合正态分布,采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,同时记录中位数、极值以及四分位数间距 Q_1 、 Q_3 。

结果

动态实时导航引导下颌后牙区种植体植入术后10 d复诊,所有23例患者下颌后牙区种植创口均一期愈合,种植体初期稳定性良好,叩击种植体声音清脆,无种植体松动,未发现下唇麻木现象。术后1个月和3个月随访,种植体稳定性良好,均无松动和脱落。

本次计算机辅助动态导航系统指导下完成下颌后牙区25颗种植体植入,术后CBCT示种植体精确植入规划位置,规避了邻近重要解剖结构,未发生相关手术并发症(图5)。

将术前设计方案、术后CBCT数据导入口腔种植动态导航精度验证软件,测量实际种植位置与术前设计种植体位置之间偏差,结果显示25颗种植体的总体顶部偏差为 (0.23 ± 0.11) mm,根尖部偏差为

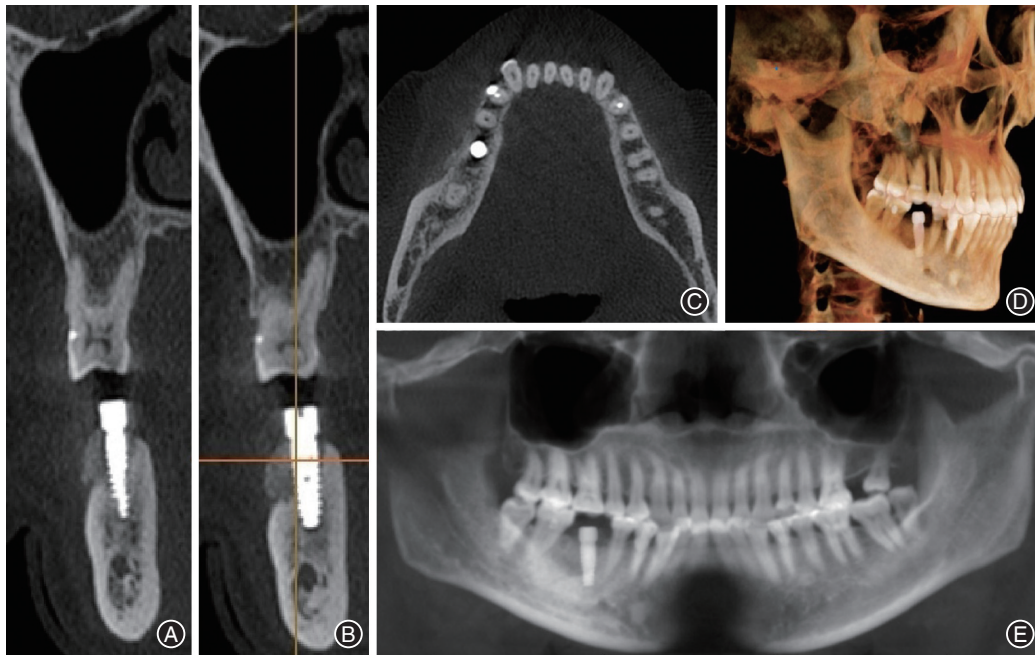


图5 动态导航引导种植体植入术后CBCT影像资料 A~B:矢状面;C:横断面;D:三维重建影像;E:全颌曲面断层片。

(0.45 ± 0.29) mm, 深度偏差为(0.33 ± 0.32) mm, 角度偏差为($1.01^\circ \pm 0.65^\circ$, 表1)。此外, 25颗种植体的精度偏差和植入深度的如箱形图所示, 直观报道了均数、中位数、四分位数间距和极值(图6)。

讨 论

随着现代口腔医学数字化和微创化的发展, 口腔种植手术也趋向于术中操作可视化、精确化和风险可控化的发展。计算机辅助种植学(computer-aided implantology, CAI)是指基于颌骨三维CBCT图像, 利用计算机技术来规划和指导种植体的放置^[6]。较之传统的自由手和静态数字化导板种植, 动态实时导航技术使下颌后牙区种植技术更加精准且可视化, 将计算机辅助下的智能种植技术引领到新的高度^[1,7]。然而, 动态实时导航辅助下颌后牙区种植, 特别是骨量不足下的种植, 国内外文献少见系统报道, 因此对其可行性和精准性的评估在临床实

践中具有重要的参考价值。

下颌后牙区骨量不足情况下的种植是指充分利用较少的剩余骨量, 获得可靠的种植初期稳定性, 以便同期行骨增量修复骨缺损, 达到牙种植和骨增量两种手术合一同期进行完成的效果, 减少患者种植治疗的时间。但在剩余较少骨量的情况下种植, 对于精准地规避下牙槽神经的损伤和充分利用剩余骨量, 具有高度的手术敏感性。

在下颌后牙区种植的过程中, 由于术前对受植区的测量不准确或术中定位偏差, 导致下牙槽神经压迫或损伤, 是术后下唇麻木或感觉异常的主要原因^[8-9]。当种植位点位于下颌后牙区时, 随着骨吸收牙槽嵴顶位置不断发生变化, 下颌神经管较原有的位置更偏颊侧, 更靠近牙槽嵴顶, 使患者下颌后牙区植入区正对下颌神经管, 导致骨垂直距离不足可能性增加^[10-11]。重要的是在骨量不足的情况下, 既要保证充分利用高度不足、甚至少于3 mm的剩余骨

表1 动态导航引导种植体植入术的精度偏差和植入深度分析

| 研究项目 | $\bar{x} \pm s$ | 最小值~最大值 | 四分位数间距 Q_1 | 四分位数间距 Q_3 | 中位数 |
|------------------|------------------|------------|--------------|--------------|-------|
| 顶部偏差(mm) | 0.23 ± 0.11 | 0.14~0.54 | 0.15 | 0.27 | 0.19 |
| 根尖偏差(mm) | 0.45 ± 0.29 | 0.21~1.31 | 0.28 | 0.46 | 0.33 |
| 深度偏差(mm) | 0.33 ± 0.32 | 0.04~1.31 | 0.15 | 0.36 | 0.22 |
| 角度偏差($^\circ$) | 1.01 ± 0.65 | 0.08~2.43 | 0.46 | 1.14 | 0.91 |
| 植入深度(mm) | 11.10 ± 2.60 | 6.51~16.98 | 8.86 | 12.93 | 10.64 |
| 根部距神经管距离(mm) | 2.82 ± 2.04 | 0.37~8.46 | 1.62 | 3.05 | 2.22 |

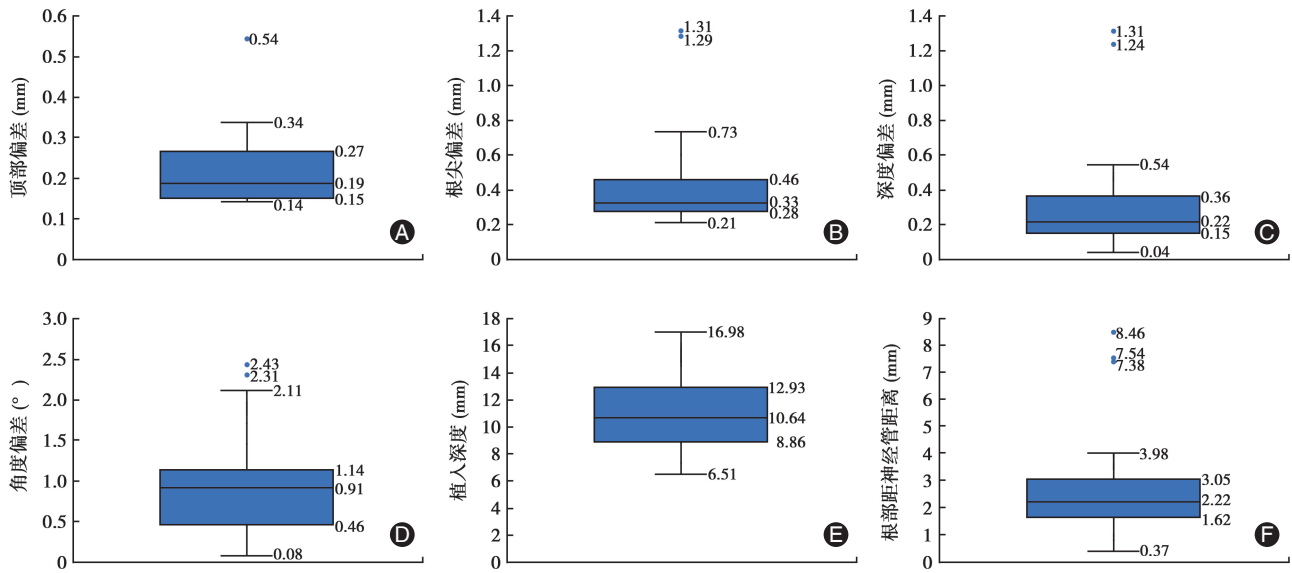


图6 动态导航引导种植体植入术的精度偏差和植入深度箱形图 A:顶部偏差;B:根尖偏差;C:深度偏差;D:角度偏差;E:植入深度;F:根部距神经管距离。每个箱状图由下向上分别代表最小值Min、四分位数间距 Q_1 、中位数M、四分位数间距 Q_3 、最大值Max、离群值和极端值。

量,又要同时保证规避下牙槽神经的损伤,这种较高的技术敏感性对术者要求操作技巧精确和具有一定的经验。本研究表明,动态实时导航能精准地规避下牙槽神经,为这种手术提供了极大的辅助功能。

本研究选择下颌后牙区缺失骨量不足的病例,对患者自身条件要求较高,使用静态数字化导板辅助种植手术具有一定的局限性^[12]。种植体初期稳定性是下颌后牙区骨量不足情况下种植的基本要求。本研究所有23例患者25个种植位点都能充分利用底部的剩余骨量植入种植体,平均植入深度11.10 mm,得到25 N以上的初期稳定性,说明动态实时导航的具有实用的精确性。本研究病例术后未见下唇麻木和感觉异常的情况出现,说明动态导航术前设计加术中可视化操作,可精准充分利用剩余可用骨量,获得良好的种植体初期稳定性。

Vercruyssen等^[13]报道了一项随机、前瞻性研究,比较了72个牙列缺失使用静态导板和自由手操作的手术准确性,研究发现使用静态导板测量的精确性平均值(SD)为:顶部偏差1.6(0.7) mm和角度偏差为3.0°(2.0°),相应的自由手操作精确性为:顶部偏差为2.8(1.5) mm和角度偏差为2.9°(1.5°)。Block等^[14]也报道了,基于红外光束三角测量技术导航设备下的种植体颈部和尖端的平均线性偏差分别为0.87(0.42)和1.56(0.69) mm,而自由手种植的颈部和尖端平均线性偏差分别为1.15(0.59)和

2.51(0.69) mm,角度偏差9.1°(4.99°),差异有统计学意义($P < 0.01$)。本研究顶部偏差为(0.23 ± 0.11) mm,根尖部偏差为(0.45 ± 0.29) mm,深度偏差为(0.33 ± 0.32) mm,角度偏差为(1.01° ± 0.65°)。表明不同类型的导航系统辅助种植的精准确度之间差异有统计学意义,动态实时导航辅助种植的精准确度优于静态导板和自由手种植。

本研究为横断面观察性研究,尚存在一定局限性。今后需进一步扩大样本量,设计临床随机对照试验。动态实时导航种植也有其本身的缺点:工作流程相对复杂,术前设计和配准的时间较长,需要熟练的操作和良好的团队配合。因此,在手术适应证的选择上应该更加严格。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 任静、耿宁波:实验操作、论文撰写;周天任:数据整理、统计学分析;陈松龄:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] Stefanelli LV, DeGroot BS, Lipton D, et al. Accuracy of a dynamic dental implant navigation system in a private practice [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(1): 205-213. DOI: 10.11607/jomi.6966.
- [2] Kuo PJ, Lin CY, Hung TF, et al. A novel application of dynamic guided navigation system in immediate implant placement [J]. *J Dent Sci*, 2022, 17(1): 354-360. DOI: 10.1016/j.jds.2021.09.030.
- [3] Stefanelli LV, Mandelaris GA, DeGroot BS, et al. accuracy of a novel trace - registration method for dynamic navigation surgery

- [J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2020, 40(3): 427-435. DOI:10.11607/prd.4420.
- [4] Bornstein MM, Al - Nawas B, Kuchler U, et al. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding contemporary surgical and radiographic techniques in implant dentistry[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2014, 29(suppl): 78-82. DOI:10.11607/jomi.2013.g1.
- [5] Kassite I, Bejan - Angoulvant T, Lardy H, et al. A systematic review of the learning curve in robotic surgery: Range and heterogeneity[J]. Surg Endosc, 2019, 33(2): 353-365. DOI: 10.1007/s00464-018-6473-9.
- [6] Tanveer W, Ridwan - Pramana A, Molinero - Mourelle P, et al. systematic review of clinical applications of CAD/CAM technology for craniofacial implants placement and manufacturing of orbital prostheses[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(21):11349. DOI:10.3390/ijerph182111349.
- [7] Somogyi - Ganss E, Holmes HI, Jokstad A. Accuracy of a novel prototype dynamic computer - assisted surgery system [J]. Clin Oral Implants Res, 2015, 26(8): 882 - 890. DOI: 10.1111/clr.12414.
- [8] Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, et al. Accuracy of a computer-aided implant surgical technique[J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2013, 33(3): 317 - 325. DOI: 10.11607/prd.1019.
- [9] Block MS, Emery RW. Static or dynamic navigation for implant placement-choosing the method of guidance[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2016, 74(2): 269-277. DOI:10.1016/j.joms.2015.09.022.
- [10] Jorba - García A, Figueiredo R, González - Barnadas A, et al. Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An *in-vitro* study [J]. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2019, 24(1): e76 - e83. DOI: 10.4317/medoral.22785.
- [11] Jorba - García A, González - Barnadas A, Camps - Font O, et al. Accuracy assessment of dynamic computer - aided implant placement: A systematic review and meta-analysis[J]. Clin Oral Investig, 2021, 25(5): 2479-2494. DOI: 10.1007/s00784-021-03833-8.
- [12] Pozzi A, Hansson L, Carosi P, et al. Dynamic navigation guided surgery and prosthetics for immediate loading of complete - arch restoration [J]. J Esthet Restor Dent, 2021, 33(1): 224 - 236. DOI:10.1111/jerd.12710.
- [13] Vercruyssen M, Cox C, Coucke W, et al. A randomized clinical trial comparing guided implant surgery (bone - or mucosa - supported) with mental navigation or the use of a pilot - drill template [J]. J Clin Periodontol, 2014, 41(7): 717 - 723. DOI: 10.1111/jcpe.12231.
- [14] Block MS, Emery RW, Lank K, et al. Implant placement accuracy using dynamic navigation [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2017, 32(1): 92-99. DOI:10.11607/jomi.5004.

(收稿日期:2021-11-01)

(本文编辑:王嫚)