

· 临床研究 ·

实时动态导航技术应用于上颌牙槽嵴骨量严重丢失患者穿颧种植效果研究

彭 有¹, 范素莹², 马 萍³, 金武龙³, 李 琦^{3*}

(1. 内蒙古医科大学 口腔医学院, 内蒙古 呼和浩特 010059;

2. 呼和浩特市口腔医院 牙周科, 内蒙古 呼和浩特 010020;

3. 内蒙古医科大学附属医院 口腔科, 内蒙古 呼和浩特 010050)

【摘要】目的 本研究通过比较实时动态导航技术在“双侧颧骨种植术”中的手术时长、手术安全性、手术精准性三方面的效果, 从而进一步评价实时动态导航技术应用于穿颧种植的效果。**方法** 通过采集符合纳入条件的患者的影像学数据, 运用3D打印技术制作仿真植入模型并进行术前双颧种植方案设计。共24个模型, 按随机数表法分为两组(A组实验组, B组对照组), 每组12个植入模型, 实验组采用实时动态导航技术辅助, 对照组则由手术医生自由手植入。比较二者的手术时长、手术安全性与精准性。**结果** (1)实时动态导航技术辅助下的手术时长更短, 差异具有统计学意义($P < 0.05$); (2)实时动态导航技术辅助下的手术安全性更高; (3)实时动态导航技术辅助下的手术精准性差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 实时动态导航技术可以有效降低手术操作时长, 提高手术效率, 且安全性更高。总之, 实时动态导航技术辅助双侧颧骨种植的初步结果是值得肯定的。

【关键词】 实时动态导航技术; 穿颧种植; 手术时长; 安全性; 精准性

中图分类号: R78

文献标识码: B

文章编号: 2095-512X(2023)04-0366-04

颧骨种植技术因其实施难度大、危险性非常高而被种植医师称为种植技术的“珠穆朗玛峰”, 是Brånemark^[1]教授在上个世纪八十年代就提出的用以解决上颌骨骨量严重不足的种植治疗方案。其又称为穿颧种植, 即通过在双侧颧骨各植入一枚颧骨种植体并结合前牙区2~4枚常规种植体, 以共同完成上颌牙列的修复治疗。在牙槽骨严重萎缩或上颌骨部分甚至全部缺失的患者中, 为1枚远超常规长度的植体进行备洞、扩孔并将其植入皮质骨坚硬的颧骨中, 不仅要尽量避免损伤上颌窦且必须避免对眼球、眼眶等重要解剖结构造成损伤, 毫无疑问这项技术是极富挑战性和风险性的。随后又有研究者对这项技术进行了难度升级, 提出对于合并上颌前牙区骨量严重丢失的患者, 采用在每一侧的颧骨同时植入2枚穿颧种植体的方式, 以替代前牙区2~4枚的常规种植体。尽管Davo教授等^[2]对相关术式进行的一项前瞻性研究表明其可以获得较高

的长期成功率以及较少的并发症。但是, 这种在有限空间内植入2枚高难度植体, 同时要求达到互不干扰并且均需要取得良好的固位技术, 因其难度高、手术风险大等诸多因素导致这项技术一直未得到有效的推广和普及^[3]。

实时动态导航技术是近年来逐步开始被应用于颧骨种植手术治疗的一种新方法^[4]。其目的是利用术中实时动态定位跟踪系统的术中校准功能, 帮助手术医生在导航的引导下更加快速、安全的按照预先设计好的手术方案进行颧种植体的精准植入。

本研究旨在通过探究“实时动态导航技术”在颧骨种植术中的应用对手术时长、手术安全性、手术精准性三方面的影响, 进而进一步评价实时动态导航技术应用于患者穿颧种植的效果。最终, 通过本研究为“实时动态导航技术”应用于颧骨种植提供相关的理论基础及实验依据。

收稿日期: 2022-10-26; 修回日期: 2023-06-08

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目(RZ2000003052); 内蒙古自治区研究生科研创新项目(SZ2020101)

第一作者: 彭有(1995—), 男, 硕士, 住院医师。研究方向: 口腔颌面外科。E-mail: jinjidexiaopeng@163.com

*通信作者: 李琦, 女, 医学博士, 副教授, 主任医师。研究方向: 组织再生。E-mail: gyjlq@163.com

1 材料与方法

1.1 主要材料

- (1)3D打印光敏树脂(先临三维,中国);
- (2)ZAGA Round 颧种植体(Straumann Group, 瑞士);

1.2 主要设备及仪器

- (1)西门子第二代双源CT(Siemens, 德国);
- (2)KaVo 3D eXam i 牙科锥形束CT(CBCT)(KaVo, 德国);
- (3)Invivo Dental 5.0 种植辅助设计软件(Anatomage, 美国);
- (4)先临三维 AccuFab-L4K 3D打印机(先临三维, 中国);
- (5)日进口腔教学模拟实习系统[日进齿科材料(昆山)公司, 中国];
- (6)博医来手术导航系统(Brainlab, 德国)。

1.3 方法

1.3.1 实验模型的建立 通过螺旋CT薄层扫描(图1.1、1.2)采集患者真实数据,在内蒙古医科大学口腔医学实验中心完成植入模型的打印并使用种植辅助设计软件完成三维重建及手术方案设计。共24个模型,按随机数表法分为两组(A组记为实验组,B组记为对照组),每组12个植入模型,随机编号为1、2、3……12号。将植入模型分别固定在由内蒙古医科大学口腔医学实验中心提供的口腔教学仿头模系统上,模拟患者手术时体位。植入配准钉、导航定位器等,并进行导航配准等相关准备工作。

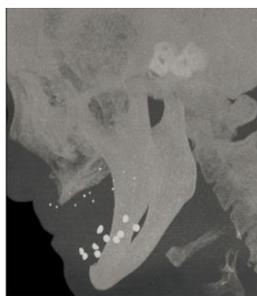


图1.1 CT扫描定位
(左侧面观)

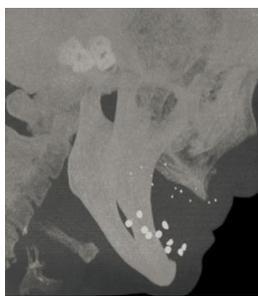


图1.2 CT扫描定位
(右侧面观)

1.3.2 实验过程 由同一名具有丰富的颧骨种植手术经验的口腔种植专业医师进行颧骨种植模拟植入操作。该医师需要在术前仔细阅读并充分了解种植方案。实验组采用“实时动态导航技术”辅助(见图2.1、2.2),对照组采用自由手技术。模拟

植入操作为连续的12d,每天完成实验组及对照组各1个模型(顺序随机)的植入(手术顺序随机)。



图2.1 导航定位指示



图2.2 导航配准指示

由助手在植入时记录植入时长,扩孔钻第一钻接触植入位点骨皮质计时开始,到种植体完全植入就位为止,时长单位为分钟(min)。模拟植入全部完成后由助手查看模型双侧上颌窦、双侧眶底及眶外侧壁是否被破坏,并由同一名医师拍摄CBCT(顺序随机)后,由助手进行植入精准度评价(单盲)。

1.3.3 统计学方法 采用SPSS 24.0软件辅助进行统计学分析,计量资料采用均数±标准差进行统计学描述,并进行t检验。检验水准为 $\alpha = 0.05, P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

通过比较,动态导航技术辅助下的手术时长明显缩短,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。但手术精准性方面,二者差异无统计学意义($P > 0.05$)。值得注意的是植入安全性比较,实验组仅有5处破坏,发生在眶底,而对照组有17处破坏,分别为上颌窦14处、眶底2处,眶外侧壁1处(见表1,表2)。

表1 实验组及对照组操作时长比较 ($n=12, \bar{x} \pm s$)

分组	时长(min)
实验组	55 ± 2.16
对照组	73 ± 5.35*

注:*表示 $P < 0.05$ 。

表2 实验组及对照组植入精度比较 (n=12)

分组	偏差角度°
实验组	2.65 ± 1.12
对照组	2.51 ± 1.13

注:*表示 P<0.05。

3 讨论

3.1 实时动态导航技术应用于颧骨种植术是有必要的

对于牙槽骨骨量不足的患者,可以通过自体、异体骨移植技术、引导骨组织再生技术、上颌窦提升术、牵张成骨术等方法进行修复治疗^[5,6]。但是仍然有部分患者由于骨丧失非常严重,对于各种骨增量效果均不甚理想。

而颧骨种植术可解决这一困境,成为上颌牙槽骨严重骨吸收患者的有效修复方式。但是因为其操作难度较高且术区毗邻多个重要解剖结构,因此种植体准确植入预先设计部位是穿颧种植手术的关键,一旦植入位置改变破坏临近重要组织,可能导致功能障碍甚至危及生命。

实时动态导航技术是近年来开始应用于口腔种植手术的一种新方法。它能精准地将术前设计转移至术中,利用术中实时动态定位跟踪系统完成术中校准功能,实时精确地监控备洞钻针的深度、掌握临近解剖位置,尤其是重要组织结构出现位置变异的情况,可有效避免因此导致的并发症,按照预先设计好的手术方案进行种植体的精准植入^[7,8]。

通过“实时动态导航技术”辅助颧骨种植的手术时长比较,“实时动态导航技术”可以有效帮助提升手术操作速度,缩短手术时间。这一点在临床实际中非常关键,对于患者而言,尤其是健康条件较差的患者,更短的时长有利于患者耐受手术。在本项研究中,通过模型模拟的植入操作中,动态导航的时间更短。但临床实际应用时,因患者解剖结构的差异、手术方案设计的差异等诸多因素的影响,结果可能与模型研究结果不同,具体仍需进一步深入研究。

而比较手术精度,二者并无明显差异。这一结果同临床相关研究的结果存在差异,经过深入比较每个手术日的手术精度差异,做出如下推测:由于12组手术模型均为同一患者,随着植入操作次数的增加,医生对模型情况的把握也逐渐熟练,反复的练习提高了术者自由手植入时的精度把握。但是

不可忽略的是临床实际中,医生面对同一病例并不能有如此充足的练习机会,因此就提高效率而言,“动态导航技术”的辅助仍然是有必要的。最重要的手术安全性比较,“动态导航技术”辅助下的手术安全性毫无疑问是更加优秀的。足够的安全性保障,是颧骨种植有效开展和发展的前提。

3.2 实时动态导航技术应用于颧骨种植术的相关研究进展

3.2.1 动态实时导航系统的优势

动态实时导航系统的优势在于可以使种植手术更加安全、精准、节省时间。Kunzendorf等^[9]通过搜索PubMed/Medline数据库2000年至2019年的出版物,其中809例与计算机引导种植体植入有关,分析后认为计算机引导的方法可以提供更可预测、更安全和更快的植入物放置。

Jorba等^[10]通过比较动态计算机辅助种植与徒手种植的种植体计划位置和最终位置中心轴之间的角度偏差,最终认为动态计算机辅助种植的使用可以降低并发症的发生率,因为它可以实现高度精确的植入。该结果与本研究结果显示实时动态导航技术在双侧颧骨种植术,与传统自由手技术相比手术更安全的结论一致。

Wei等^[11]通过随机对照临床试验比较动态导航辅助即刻种植与传统徒手种植的种植体平台、种植体顶点、与假体引导数字规划相关的角度和深度偏差等,结论认为动态导航辅助可获得更精确的即刻种植位置和可比的初期稳定性。Ma等^[12]通过回顾分析北京大学口腔医院接受种植手术的所有患者的病历,认为动态计算机辅助手术系统有助于精确植入。同其他学者^[13-15]研究得到的结论是一致的,即在动态实时导航引导下,种植手术的精度会有所提高。本研究结果显示实时动态导航技术与传统自由手技术在双侧颧骨种植术相比在精确性上无统计学差异,可能是样本量不足所导致,需要进一步扩大样本量进行研究。

Stefanelli等^[16]通过随机、对照的临床试验评估了动态计算机辅助手术与徒手手术,在术中使用痕迹配准技术进行动态导航的准确性研究。结果认为其比徒手手术更精确,且使用动态导航所需手术时间更少。

3.2.2 动态实时导航系统在临床中的应用及不足

动态实时导航在临床应用过程中一方面提高了种植手术的精度与安全性,同时也存在部分需要继续优化之处。首先动态实时导航技术流程较为

繁琐。在术前需要进行导航定位器植入安放及导航配准,系统的参数设定,拍摄CT采集患者相关数据并利用三维重建软件重建患者模型,设计颧骨植入术植入方案,确定种植体的方向、深度、长度及穿出位置等相关信息^[17]。其次,动态实时导航技术对于手术的精确性有赖于每个步骤的准确,而步骤的繁琐可能降低其最终的精确程度。因此,简化动态实时导航技术对于临床的推广使用非常必要。

3.2.3 动态实时导航的新进展 Chen等^[18]报道了动态导航系统引导下的跨颌骨种植体植入技术,当骨高度仅为4.5 mm时,该技术可成功治疗下颌后牙牙列缺损。植入偏差控制在满意范围内,长期修复效果稳定。认为对于下颌后区残余骨高度和骨宽度严重不足的患者,动态导航系统引导可能是一种推荐的技术。

近年来,动态导航系统在无牙颌患者中的使用还非常少,主要是因为缺少了牙齿作为导航系统中追踪装置的放置点。Tao等^[19]通过比较动态导航系统和机器人系统对无牙颌和部分无牙颌的种植体在三维上的入口、出口和角度偏差。其认为在无牙颌和部分无牙颌的种植手术中,机器人系统前景良好。医学智能诊疗技术将是未来人类医疗的发展方向 and 趋势^[20]。因此,动态导航系统的应用范围上还有待拓展,值得我们进一步研究。

总之动态实时导航技术应用于种植手术有缩短手术时间,保证手术的精准性及安全性的优势,具有广阔的应用前景,同时也要简化导航系统的装置和操作流程,提高导航的精度和准确性,普及技术扩大适应症。此外,本研究也应该进一步结合临床,增加对于动态实时导航技术临床应用效果的进一步研究。

参考文献

[1] Brånemark PI, Gröndahl K, Öhrnell LO, et al. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results[J]. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg, 2004, 38(2): 70-85

[2] Davó R, David L, Quad ZP. Atlas oral maxillofacial surgery north am[J]. Sep, 2021, 29(2): 243-251

[3] 李一鸣, 孙海鹏, 邓飞龙. 颧骨种植体植入术的研究进展[J]. 国际口腔医学杂志, 2016, 43(3): 361-365

[4] 陶宝鑫, 王凤, 沈意涵, 等. 动态导航技术辅助双侧双颧种植体的精度分析及临床效果评估[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(11): 845-850

[5] 李敏, 李大鲁. 口腔种植骨增量手术中常用植骨材料的研究进展[J]. 山东医药, 2021, 61(13): 100-103+107

[6] 吴迪, 汤春波. 穿颧种植用于上颌后部骨量不足种植修复

的研究进展[J]. 口腔医学, 2020, 40(7): 639-643

[7] 王磊, 伍颖颖, 满毅. 动态导航技术中植入位点骨质量对种植精度的影响[J]. 口腔颌面外科杂志, 2022, 32(3): 174-181

[8] 陈琳, 魏凌飞, 陈泉林, 等. 计算机辅助动态导航技术在口腔种植手术中的应用[J]. 实用口腔医学杂志, 2020, 36(3): 477-481

[9] Kunzendorf B, Naujokat H, Wiltfang J. Indications for 3-D diagnostics and navigation in dental implantology with the focus on radiation exposure: a systematic review[J]. Int J Implant Dent, 2021, 7(1): 52

[10] Jorba GA, Gonz LBA, Camps FO, 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

[11] Wei SM, Li Y, Deng K, et al. Does Machine-vision assisted dynamic navigation improve the accuracy of digitally planned prosthetically guided immediate implant placement? A randomized controlled trial[J]. Clin Oral Implants Res, 2022, 33(8): 804-815

[12] Ma F, Sun F, Wei T, et al. Comparison of the accuracy of two different dynamic navigation system registration methods for dental implant placement: a retrospective study[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2022, 24(3): 352-360

[13] Zhan Y, Wang M, Cheng X, et al. Evaluation of a dynamic navigation system for training students in dental implant placement[J]. J Dent Educ, 2021, 85(2): 120-127

[14] Wei SM, Shi JY, Qiao SC, et al. Accuracy and primary stability of tapered or straight implants placed into fresh extraction socket using dynamic navigation: a randomized controlled clinical trial[J]. Clin Oral Investig, 2022, 26(3): 2733-2741

[15] Pellegrino G, Ferri A, Del Fabbro M, et al. Dynamic Navigation in Implant Dentistry: A Systematic Review and Meta-analysis[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2021, 36(5): e121-e140

[16] Stefanelli LV, Graziani U, Pranno N, et al. Accuracy of dynamic navigation surgery in the placement of pterygoid implants[J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2020, 40(6): 825-834

[17] 张馨月, 王柏翔, 萧立萱, 等. 动态导航技术在无牙颌种植中的应用进展[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(10): 1079-1083

[18] Chen LW, Zhao XE, Yan Q, et al. Dynamic navigation system-guided trans-inferior alveolar nerve implant placement in the atrophic posterior mandible: A case report[J]. World J Clin Cases, 2022, 10(12): 3907-3915

[19] Tao B, Feng Y, Fan X, et al. Accuracy of dental implant surgery using dynamic navigation and robotic systems: an in vitro study[J]. J Dent, 2022, 123: 104170

[20] 邵雪, 赵天祺, 孙亚茹, 等. 人工智能在临床医学的新型优势[J]. 内蒙古医科大学学报, 2021, 43(3): 316-319