

## · 综 述 ·

## 种植相关的骨增量技术应用进展

李明意<sup>1</sup>, 季心漪<sup>2</sup>综述, 徐俊峰<sup>3△</sup> 审校

(1. 浙江中医药大学口腔医学院, 浙江 杭州 310053; 2. 昆明医科大学海源学院口腔医学系, 云南 昆明 650106;  
3. 浙江省立同德医院口腔科, 浙江 杭州 310012)

**[摘要]** 充分的骨组织是口腔种植施行的先决条件。造成骨缺损的常见因素有牙周病、创伤、囊肿或肿瘤切除和相关系统性疾病等。随着口腔种植外科的发展, 骨增量技术的进展成为口腔种植学领域的重大议题。该文就这一议题的应用进展进行了综述。

**[关键词]** 牙科种植体; 骨增量技术; 骨缺损; 综述

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-5519.2023.15.021 **中图法分类号:**R782.13

**文章编号:**1009-5519(2023)15-2630-04 **文献标识码:**A

**Application progress of implant-related bone augmentation technology**LI Mingyi<sup>1</sup>, JI Xinyi<sup>2</sup>, XU Junfeng<sup>3△</sup>

(1. School of Stomatology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou, Zhejiang 310053, China; 2. School of Stomatology, Kunming Medical University Haiyuan College, Kunming, Yunnan 650106, China; 3. Department of Stomatology, Tongde Hospital of Zhejiang Provincial, Hangzhou, Zhejiang 310012, China)

**[Abstract]** Adequate bone tissue is a prerequisite for oral implant administration. The common causes of bone defect are periodontal disease, trauma, cyst or tumor removal and related systemic diseases. With the development of oral implant surgery, advances in bone augmentation techniques have become a significant topic in the field of oral implantology. In this paper, the application progress of this topic is reviewed.

**[Key words]** Dental implants; Bone augmentation technology; Bone defect; Review

骨增量是指用自体骨和(或)骨代用品增加骨缺损位点的骨量以修复骨缺损<sup>[1]</sup>。目前, 临床应用的骨增量技术有多种, 常见的有引导骨再生术(GBR)、牙槽骨劈开术、上颌窦底提升术、外置法植骨术、牵张成骨术等<sup>[2]</sup>。随着种植外科技术的发展, 以经典骨增量手术原理为基础发展的新兴术式层出不穷, 如基于引导骨组织再生术基本原理的帐篷钉技术、香肠技术、钛网技术、栅栏技术等, 在传统骨块基础上出现的骨环技术、骨片技术等。现将帐篷钉技术、香肠技术、钛网技术、栅栏技术、骨环技术、骨片技术的应用原理、临床效果、相关并发症、研究进展等综述如下, 旨在为临床应用提供一定参考依据。

**1 帐篷钉技术**

GBR 是临床最经典的骨增量技术之一。这一术式的成功实施包括 4 个主要原则: (1) 创口初期的无张力闭合; (2) 充足的血供; (3) 成骨空间的构建; (4) 稳定的成骨环境的维持<sup>[3]</sup>。帐篷钉技术基于 GBR 的原则, 利用帐篷钉提供的机械支撑作用, 膜钉形成的

包袋结构, 在骨面和可吸收膜间形成间隙并置入骨替代物, 在阻止软组织和纤维结缔向内生长的同时使成骨细胞迁移到间隙中发挥成骨作用, 促进新骨形成。主要用于成骨空间难以维持的牙槽嵴骨缺损的修复和重建, 也可用于拔牙窝的位点保存<sup>[4]</sup>、种植体周围炎骨缺损的修复和再生<sup>[5]</sup>、前牙美学区种植体植入后唇侧黏膜萎缩的重建等<sup>[6]</sup>。

吴靖等<sup>[7]</sup>应用该技术完成了 30 例牙槽骨重度缺损的手术, 术后 8 个月获得平均垂直骨增量(5.00 ± 3.58)mm、平均水平骨增量(4.13 ± 2.68)mm, 提示在规范化操作下帐篷钉技术可有效完成牙槽骨重度骨缺损的修复重建。帐篷钉技术的技术敏感性、失败率及成本较低, 在操作、推广应用、普及方面较为容易<sup>[8]</sup>。但其缺点也很明显, 如植骨增加手术治疗周期, 帐篷钉仍需在二期手术中移除。术后可能出现创口裂开, 植骨材料和(或)螺钉暴露<sup>[9]</sup>、肿胀、血肿, 甚至感染<sup>[10]</sup>等并发症。对此需采用口腔卫生维护、口腔冲洗, 必要时额外使用抗生素治疗。未来, 在探索可

△ 通信作者, E-mail: 1821807447@qq.com.

吸收帐篷钉方面以镁合金、锌合金、蚕丝蛋白等材料为原料是主要的研究方向<sup>[7]</sup>。

## 2 香肠技术

香肠技术是由 URBAN 等<sup>[11]</sup>提出的,为解决刃状牙槽嵴的水平骨增量的 GBR 术式,因骨增量材料的充填和固定过程与制作香肠类似而得名。要点是利用膜钉将可吸收性胶原屏障膜固定于骨面上,在其形成的空间内填入骨增量材料(自体骨与骨替代材料 1:1 混合)并上推至牙槽嵴顶。URBAN 等<sup>[11]</sup>使用该技术在 25 例患者中对上、下颌的刃状牙槽嵴进行了骨增量手术,获得平均 5.68 mm 的水平骨增量,随访期间植入的种植体均获得了良好的骨结合。

与常规 GBR 技术比较,香肠技术可更好地满足种植体周围所需骨体积的标准,对水平骨缺损进行更有预测性的治疗,从而收获更多的骨增量<sup>[12]</sup>。但术后最常见的并发症也与常规 GBR 技术相同,即创口裂开,屏障膜和(或)植骨材料暴露,甚至合并感染,最终导致骨增量的失败。因此,充分减张实现创口的一期愈合是香肠技术取得成功的先决条件。

对水平骨缺损常合并的垂直骨缺损时,URBAN 等<sup>[13]</sup>推荐在香肠技术原理的基础上同样使用膜钉固定,将可吸收的胶原膜替换成有一定空间维持能力的聚四氟乙烯(PTFE)不可吸收膜行 GBR,得到平均垂直骨增量(5.1±1.8)mm,并发现在缺损相对严重的位点,获得了更加满意的垂直骨增量效果。

## 3 钛网技术

钛网是一种表面光滑、常用厚度为 0.2 mm、带孔隙的金属板。曾用于修复颌面部大型的骨缺失<sup>[14]</sup>和无牙颌骨缺损的修复<sup>[15]</sup>,现也用于牙槽嵴缺损区,在水平、垂直及联合骨缺损时可获得良好的效果<sup>[16]</sup>。目前,使用钛网进行骨增量的临床程序大致分为同期种植、延期种植和联合其他骨增量方法种植,术式的选择视患者一般情况和术区骨缺损情况而定<sup>[17]</sup>。与胶原膜起支撑作用的术式比较:(1)钛网具有更有力的空间支持方式和引导控制再生的骨组织轮廓外形的作用,自体骨联合钛网技术能在植入物放置过程中定量和定性重建垂直和水平向的牙槽骨<sup>[18]</sup>;(2)钛网上的孔隙允许从皮瓣至术区的血供相互渗透<sup>[19]</sup>,如发生暴露则无需立即移除钛网<sup>[20]</sup>。加之光滑的表面使其不易受到细菌污染,从而使继发感染的风险降低。在临床应用中钛网可通过修剪边缘和预弯曲度以适应骨缺损区,使轮廓符合未来牙槽嵴的理想形貌<sup>[21]</sup>。

在钛网和再生骨之间存在一层软组织,1985 年 BOYNE 等<sup>[15]</sup>首次将其命名为“假骨膜”。据推测,这层软组织可能是由非骨组织渗入缺损所致,可能起到

防止移植物感染和吸收的作用<sup>[22]</sup>。钛网技术的术后并发症可表现为创口裂开、钛网暴露、移植物感染等。术中可采取改良减张和缝合、改善固位方式等方法加以预防<sup>[16]</sup>。

个性化钛网是利用数字化技术设计制作的骨增量装置,与传统钛网比较,其外形可定制,可在一定程度上降低钛网暴露风险,在缺损部位的骨增量手术中具有极大的应用前景<sup>[23]</sup>。在材料的改进方面,现有动物实验研究表明,可通过生物活性涂层,如钛网上覆盖钙磷涂层促进成骨细胞的分化和增殖以加速骨再生;也可通过光功能化钛植入物,使用紫外线去除钛表面的碳氢化合物污染,使钛网获得超亲水性,促进骨再生区域中成骨细胞的迁移和恢复钛网的生物活性,增强其对成骨细胞的黏附<sup>[17]</sup>。

## 4 栅栏技术

栅栏技术是将不可吸收钛板在患者骨缺损的颌骨模型上弯制成形,构建类似栅栏的物理屏障以支撑和维持成骨空间,在此基础上完成 GBR 达到垂直骨增量的目的。该技术由 MERLI 等<sup>[24]</sup>提出,并在 6 例患者中获得平均垂直骨增量(6.75±1.66)mm,且未观察到并发症。

栅栏技术在骨增量手术中具有独特优势:(1)钛板的形状为弯曲的条状,容易成形并平行于牙槽嵴的曲度,且易移除<sup>[25]</sup>;(2)对骨增量位点的基骨要求较低,固定的位置可位于位点的近远中,在严重骨缺损或因缺损不便于固定的病例中也可应用<sup>[24,26]</sup>。然而,栅栏技术从钛板的术前弯制到术中固位,技术敏感性较高,皆依赖于外科医师的经验性。如操作不当钛板的固位过高或过低均可能造成骨增量的过多或过少,增加术后创口裂开、钛板暴露,甚至手术失败的风险;此外,钛板因其放置位点的特殊性,存在损伤邻近解剖结构的可能<sup>[26]</sup>。

在此基础上发展的数字化改良栅栏技术在获取数据、设计骨增量方案、生成导板、弯制钛板中采用的是全数字化流程,在术中精准实现设计的成骨空间构建,从而降低了技术难度,术后 6~8 个月平均垂直骨增量达(5.44±1.73)mm,但该技术的安全性和有效性尚需要更多的研究来证明<sup>[27]</sup>。

## 5 骨环技术

骨环技术是由 STEVENS 等<sup>[28]</sup>提出的一项改良的自体骨移植技术。原理是将骨环外置于牙槽嵴顶,种植体通过骨环中心,以骨环和植体间的嵌合关系,联合 GBR 修复骨缺损。下颌颈部是最常用的自体骨环供区。

该手术的主要优点:(1)在植骨同期完成种植手

术,缩短了治疗周期,减少了骨和软组织的吸收;(2)移植骨环与受植区嵌合紧密,保证了种植体的初期稳定性<sup>[28]</sup>。但也存在提取自体骨骨环需开辟第二术区、创口裂开、移植物暴露和感染等并发症。

有研究采用一款由德国 Botiss 公司研发的圆柱形冻干同种异体骨做环状植骨的同时植入种植体。术后 6 个月复查和影像学检查显示骨移植物血管化明显,完全融入新生骨组织中<sup>[29-30]</sup>。王连飞<sup>[31]</sup>使用小牛松质骨脱脂、脱细胞处理后的海奥骨材料的预成异种骨骨环对比格犬进行植骨并同期植入种植体,经 3 个月观察后证实,采用预成异种骨骨环同期种植在骨缺损区三维骨量不足的复杂病例中可取得较稳定的种植效果。余粤海等<sup>[32]</sup>采用胶原基纳米骨环行骨量的扩增,可避免开辟第二术区,使患者易于接受,但因其存在固位和血供上的不足,术后 6 个月出现固定骨环用的钢钉头部暴露和愈合期内有骨环碎片排出体外感。

## 6 骨片技术

骨片技术也被称为贝壳技术,实质是使用密质骨片代替传统的块状自体骨移植。其取骨区域多为下颌磨牙后区和外斜线,将获取的骨块分割为约 1 mm 厚度的密质骨片,视骨增量的需求将其分别固定在骨缺损区的颊舌侧或牙槽嵴顶区域,在骨片的间隙充填自体骨屑,从而恢复骨缺损区的三维轮廓<sup>[33]</sup>。

骨片技术使用的是薄片块形式的纯自体骨,可无需使用额外的骨增量材料<sup>[33]</sup>。与块状自体骨比较,骨片技术可在一定程度上避免以下 2 种情况:(1)因骨块过厚造成的血供不佳,从而使表面的新骨吸收<sup>[34]</sup>;(2)因缺损区域较大,稳定的成骨环境难以维持。

该技术缺陷在于需骨增量术的患者常伴有复杂的骨缺损,导致骨片的口内来源有限;制取需要特殊的制备器械与操作技巧;如操作不当或解剖变异,术中易出现骨片折裂、出血、神经暴露及损伤等并发症<sup>[33,35]</sup>。

RESTOY-LOZANO 等<sup>[36]</sup>使用该技术对 43 例患者进行了 50 次手术,收获平均有效骨高度(5.2 ± 1.4)mm,随访结果进一步显示出较好的短期疗效及长期稳定性。VELAZQUEZ 等<sup>[37]</sup>将 19 例患者分别应用自体 and 异种皮质骨片手术,结果显示,异种皮质骨片组患者手术时间明显更短,疼痛程度也更低,且 2 类移植物在骨量增加及预后方面无显著差异。

综上所述,新型骨组织增量技术有帐篷钉技术、香肠技术、钛网技术、栅栏技术、骨环技术、骨片技术等。口腔种植领域的骨增量技术的发展主要表现为数字化技术的应用和组织工程学的进展,使缺损的牙

槽骨得以个性化地设计修复。要求临床医师遵循种植的基本原则、掌握口腔数字化技术和使用先进的植骨材料进行骨增量手术,最终达到精确、高效的种植效果。

## 参考文献

- [1] 宿玉成. 口腔种植学词典[M]. 北京:人民卫生出版社,2020:171.
- [2] 束明阳,朱晓琴,杨波. 骨增量技术在口腔种植中的应用进展[J/CD]. 中华口腔医学研究杂志(电子版),2014,8(6):509-511.
- [3] WANG H L,BOYAPATI L. "PASS" principles for predictable bone regeneration[J]. *Implant Dent*,2006,15(1):8-17.
- [4] REDDY T S,SHAH N R,ROCA A L, et al. Space maintenance using tenting screws in atrophic extraction sockets[J]. *J Oral Implantol*,2016,42(4):353-357.
- [5] SCHLEE M,WANG H L,STUMPF T, et al. Treatment of periimplantitis with electrolytic cleaning versus mechanical and electrolytic cleaning: 18-month results from a randomized controlled clinical trial[J]. *J Clin Med*,2021,10(16):3475.
- [6] BACH L,BORZABADI-FARAHANI A. Treatment of labial mucosal recession around maxillary anterior implants with tenting screws, particulate allograft, and xenogenic membrane: A case report[J]. *J Oral Implantol*,2016,42(5):427-431.
- [7] 吴靖,赵正宜,邹多宏,等. 帐篷钉技术在牙槽骨重度缺损修复重建中的应用:30 例临床病例回顾性分析与总结[J]. 上海交通大学学报(医学版),2022,42(6):768-777.
- [8] 邹多宏,杨驰,张志愿. 牙槽骨骨增量技术新进展[J]. 精准医学杂志,2020,35(5):377-382.
- [9] LE B,ROHRER M D,PRASAD H S. Screw "tent-pole" grafting technique for reconstruction of large vertical alveolar ridge defects using human mineralized allograft for implant site preparation[J]. *J Oral Maxillofac Surg*,2010,68(2):428-435.
- [10] YUAN S,MU Z,HUANG Y, et al. Comparison of in-situ bone ring technique and tent-pole technique for horizontally deficient alveolar

- ridge in the anterior maxilla[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2020, 22(2):167-176.
- [11] URBAN I A, NAGURSKY H, LOZADA J L, et al. Horizontal ridge augmentation with a collagen membrane and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: A prospective case series in 25 patients[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2013, 33(3):299-307.
- [12] ARNAL H M, ANGIIONI C D, GAULTIER F, et al. Horizontal guided bone regeneration on knife-edge ridges: A retrospective case-control pilot study comparing two surgical techniques[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2022, 24(2):211-221.
- [13] URBAN I A, MONJE A, LOZADA J L, et al. Long-term evaluation of peri-implant bone level after reconstruction of severely atrophic edentulous maxilla via vertical and horizontal guided bone regeneration in combination with sinus augmentation: A case series with 1 to 15 years of loading[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017, 19(1):46-55.
- [14] BOYNE P J. Restoration of osseous defects in maxillofacial casualties[J]. *J Am Dent Assoc*, 1969, 78(4):767-776.
- [15] BOYNE P J, COLE M D, STRINGER D, et al. A technique for osseous restoration of deficient edentulous maxillary ridges[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 1985, 43(2):87-91.
- [16] 满毅, 王天璐. 钛网在口腔种植骨量扩增中的应用[J]. *口腔颌面外科杂志*, 2015, 25(4):241-245.
- [17] XIE Y, LI S, ZHANG T, et al. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: Current application and progress[J]. *Int J Oral Sci*, 2020, 12(1):37.
- [18] MIYAMOTO I, FUNAKI K, YAMAUCHI K, et al. Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh and autogenous particulate bone graft: Computed tomography-based evaluations of augmented bone quality and quantity[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2012, 14(2):304-311.
- [19] JENG M D, CHIANG C P. Autogenous bone grafts and titanium mesh-guided alveolar ridge augmentation for dental implantation [J]. *J Dent Sci*, 2020, 15(3):243-248.
- [20] HER S, KANG T, FIEN M J. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2012, 70(4):803-810.
- [21] POLI P P, BERETTA M, CICCÌÙ M, et al. Alveolar ridge augmentation with titanium mesh. A retrospective clinical study[J]. *Open Dent J*, 2014, 8:148-158.
- [22] JEGHAM H, MASMOUDI R, OUERTANI H, et al. Ridge augmentation with titanium mesh: A case report[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*, 2017, 118(3):181-186.
- [23] 季平, 杨生. 个性化钛网在口腔种植骨增量中的应用[J]. *口腔医学研究*, 2019, 35(11):1011-1015.
- [24] MERLI M, MARIOTTI G, MOSCATELLI M, et al. Fence technique for localized three-dimensional bone augmentation: A technical description and case reports[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2015, 35(1):57-64.
- [25] DUAN D H, WANG H L, XIAO W C, et al. Bone regeneration using titanium plate stabilization for the treatment of peri-implant bone defects: A retrospective radiologic pilot study [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2022, 24(6):792-800.
- [26] 满毅, 刘菁晶. 一种用于重建严重吸收牙槽嵴的技术介绍与改良思路: 栅栏技术[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2021, 26(6):349-353.
- [27] 刘菁晶, 王婧, 满毅, 等. 数字化改良栅栏技术在垂直骨缺损重建中的应用[J]. *口腔疾病防治*, 2022, 30(10):733-739.
- [28] STEVENS M R, EMAM H A, ALAILY M E, et al. Implant bone rings. One-stage three-dimensional bone transplant technique: A case report[J]. *J Oral Implantol*, 2010, 36(1):69-74.
- [29] GIESENHAGEN B, MARTIN N, DONKIE WICZ P, et al. Vertical bone augmentation in a single-tooth gap with an allogenic bone ring: Clinical considerations [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2018, 30(6):480-483. (下转第 2639 页)

- [J]. *Front Neurosci*, 2021, 15:708700.
- [23] GUO Q, WANG J, WENG Q. The diverse role of optineurin in pathogenesis of disease[J]. *Biochem Pharmacol*, 2020, 180:114157.
- [24] MUKHERJEE N, MCBURNEY-LIN S, KUO A, et al. Retinal thinning in amyotrophic lateral sclerosis patients without ophthalmic disease [J]. *PLoS One*, 2017, 12(9):e0185242.
- [25] ROJAS P, DE HOZ R, RAMÍREZ A, et al. Changes in retinal OCT and their correlations with neurological disability in early ALS patients, a follow-up study[J]. *Brain Sci*, 2019, 9(12):337.
- [26] ROTH N M, SAIDHA S, ZIMMERMANN H, et al. Optical coherence tomography does not support optic nerve involvement in amyotrophic lateral sclerosis[J]. *Eur J Neurol*, 2013, 20(8):1170-1176.
- [27] CERVERÓ A, CASADO A, RIANCHO J. Retinal changes in amyotrophic lateral sclerosis: Looking at the disease through a new window[J]. *J Neurol*, 2021, 268(6):2083-2089.
- [28] LIU Z, WANG H, FAN D, et al. Comparison of optical coherence tomography findings and visual field changes in patients with primary open-angle glaucoma and amyotrophic lateral sclerosis[J]. *J Clin Neurosci*, 2018, 48:233-237.
- [29] MONTORIO D, LANZILLO R, CAROTENUTO A, et al. Retinal and choriocapillary vascular changes in early stages of multiple sclerosis: A prospective study[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(24):5756.
- [30] NELIS P, KLEFFNER I, BURG M C, et al. OCT-Angiography reveals reduced vessel density in the deep retinal plexus of CADASIL patients[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):8148.
- [31] SCHELTENS P, DE STROOPER B, KIVIPELTO M, et al. Alzheimer's disease[J]. *Lancet*, 2021, 397(10284):1577-1590.
- [32] LÓPEZ-CUENCA I, SALOBRAR-GARCÍA E, ELVIRA-HURTADO L, et al. The value of OCT and OCTA as potential biomarkers for preclinical Alzheimer's disease: A review study [J]. *Life(Basel)*, 2021, 11(7):712.
- (收稿日期:2022-10-09 修回日期:2023-02-28)

(上接第 2633 页)

- [30] GIESENHAGEN B, MARTIN N, JUNG O, et al. Bone augmentation and simultaneous implant placement with allogenic bone rings and analysis of its purification success[J]. *Materials (Basel)*, 2019, 12(8):1291.
- [31] 王连飞. 种植用预成异种骨骨环的研究和文献回顾[D]. 蚌埠:蚌埠医学院, 2020.
- [32] 余粤海, 胡启斌, 翁达龙, 等. 改良骨环技术扩增骨量的临床研究[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2015, 20(3):115-117.
- [33] KHOURY F, HANSER T. Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: A 10-year prospective clinical study[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(3):688-697.
- [34] BURCHARDT H. The biology of bone graft repair[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1983(174):28-42.
- [35] 李晋蒙, 李笑班, 张健. 复杂牙槽骨缺损临床解决方案的探索与思考[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2022, 27(5):285-291.
- [36] RESTOY-LOZANO A, DOMINGUEZ-MOMPELLI J L, INFANTE-COSSIO P, et al. Reconstruction of mandibular vertical defects for dental implants with autogenous bone block grafts using a tunnel approach: Clinical study of 50 cases [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2015, 44(11):1416-1422.
- [37] VELÁZQUEZ Ó I, TRESGUERRES F G F, BERROCAL I L, et al. Split bone block technique: 4-month results of a randomised clinical trial comparing clinical and radiographic outcomes between autogenous and xenogeneic cortical plates[J]. *Int J Oral Implantol (Berl)*, 2021, 14(1):41-52.
- (收稿日期:2022-12-28 修回日期:2023-03-27)