

牙槽突裂植骨术的研究进展

聂建存 樊晓芬 综述, 鲁勇 审校

(南京大学医学院附属口腔医院 南京市口腔医院口腔颌面外科 南京大学口腔医学研究所 江苏南京 210008)

[摘要] 牙槽突裂是口腔颌面部常见的先天畸形之一, 常伴发于唇腭裂。植骨手术是治疗牙槽突裂的唯一手段, 其目的是稳定上颌骨, 分隔鼻腔和口腔, 并为牙齿的萌出和鼻基底部提供骨支持。手术时机、手术方法和植骨材料是影响牙槽突裂植骨成功率的重要因素。本文就上述方面及牙槽突裂植骨后效果的评价方法做一简要回顾与总结。

[关键词] 牙槽突裂; 唇腭裂; 牙槽突裂植骨术; 植骨材料

[中图分类号] R782.2⁺1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-6455(2025)07-0190-05

Research Progress of Alveolar Cleft Bone Grafting

NIE Jiancun, FAN Xiaofen, LU Yong

(Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Affiliated Stomatological Hospital, Medical School of Nanjing University, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

Abstract: Alveolar cleft is one of the common congenital malformations in the oral and maxillofacial region, often associated with cleft lip and palate. Bone grafting surgery is the only way to treat alveolar cleft, which aims to stabilize the maxilla, separate the nasal and oral cavities, and provide bone support for the eruption of teeth and the nasal base. The timing, method and material of bone grafting are important factors affecting the success rate of alveolar cleft bone grafting. This article briefly reviews and summarizes the above aspects and the evaluation methods of the effects of alveolar cleft bone grafting.

Key words: alveolar cleft; cleft lip and palate; alveolar cleft bone grafting; bone grafting materials

牙槽突裂是口腔颌面部常见的先天畸形之一, 常伴发于唇腭裂。牙槽突裂的存在会带来一系列的不良后果, 如口鼻瘘, 影响口鼻腔卫生、语音功能等, 牙槽突骨质缺损、牙弓完整性缺失、上颌骨连续性遭到破坏而造成面部中部凹陷等。此外, 由于鼻翼基部梨状孔周围的骨不连续导致鼻底塌陷畸形。牙槽突裂植骨术是现代唇腭裂序列治疗的重要内容, 被认为是治疗牙槽突裂唯一有效的方法^[1]。成功的牙槽突裂植骨手术可以: ①恢复上颌弓的连续性和稳定性; ②消除口鼻瘘从而改善语音功能; ③创造牙齿萌出的条件; ④促进牙齿萌出和保持牙周健康; ⑤稳定鼻底和改善面部外观; ⑥为正畸或种植创造条件^[2]。大量的临床病例表明, 尽管牙槽突裂体积相对较小, 但想要实现术后牙槽突的完全重建是非常困难的。如何有效提高临床牙槽突裂植骨术的成功率是临床医生面临的挑战, 本文针对牙槽突裂植骨术的手术时机、手术方法、植骨材料等重要影响因素及牙槽突裂植骨效果的评价方法做一综述。

1 手术时机

牙槽突裂植骨时机根据患者实际年龄可以分为三级: 原发性牙槽突裂植骨(约2岁)、早期继发性牙槽突裂植

骨(2~5岁)、继发性牙槽突裂植骨(6~12岁)和第三期牙槽突裂植骨(>12岁)。由于实际年龄与牙齿及颌骨发育程度并不完全匹配, 所以每位患者的手术时间并不相同^[3]。大多数文献报道原发性牙槽突裂植骨会导致上颌骨生长受限, 牙槽高度降低, 因此与继发性牙槽突裂植骨相比目前不推荐原发性牙槽突裂植骨。继发性牙槽突裂植骨时机是根据牙槽突裂缺陷邻近的尖牙或侧切牙的萌出情况确定的。近年来, 也有学者提出侧切牙牙根的发育可以减少骨移植物的废用性吸收, 早期继发性牙槽突裂植骨可以辅助侧切牙的萌出, 而且对上颌骨的发育并无影响, 因此, 对于有侧切牙牙胚的患者可以选择早期继发性牙槽突裂植骨^[4-7]。但目前9~12岁或尖牙牙根发育至1/3~2/3仍被认为是最佳的植骨时机, 被广大外科医生所接受^[8]。

2 手术方法

常用的牙槽突裂植骨术有唇侧入路术式、腭侧入路术式及唇腭侧联合入路术式^[9-10]。唇侧入路术式切口线位于裂隙区唇侧黏膜转折处, 软组织过多在裂隙中的堆积, 易造成牙槽骨断端腭侧骨缘、鼻底及腭侧平面暴露不充分, 使植入骨松质堆砌于唇侧软组织表面; 其次唇侧黏膜剩余组

织量少,需要做大范围松弛切口,减张缝合或利用转移瓣关闭创面。Yang C等^[11]提出相比唇侧入路术式,腭侧入路术式成功率更高:①无张力状态下关闭裂隙;②唇侧辅助切口范围局限,避免损伤牙胚;③植骨范围暴露充分,植入骨量充分,避免唇腭侧黏膜组织对植入骨的挤压;④解剖范围局限,不会改变唇系带附着的位置,不会出现前庭沟变浅,红唇变短的现象。鲁勇等^[12]认为唇腭侧联合入路术式优势更为显著(植骨成骨率高达81%):①充分暴露植骨床骨缺损区域,尤其是腭侧及鼻底平面区域;②紧贴硬腭骨面剥离腭侧黏骨膜暴露牙槽突裂腭侧边缘及裂隙腭侧,通过贯穿腭侧黏膜缝合实现腭侧平面的封闭,利于裂隙侧鼻腔瓣封闭鼻底平面,因此,可最大程度地节约唇侧黏膜组织,在不做前庭沟松弛切口的情况下即可无张力严密关闭唇侧植骨创面,相对于唇侧入路植骨手术创伤范围较小,术后软组织水肿反应轻微。2009年, Precious率先提出“皮质骨内衬”修复牙槽突裂鼻底的方法,2023年,日本学者Tamura-Sugiyama T^[13]发表的对于“皮质骨内衬”方法效果评价的报道表示,“皮质骨内衬”在恢复鼻孔下缘的形态方面更有效。

3 植骨材料

3.1 自体骨:自体骨以良好的组织相容性和非免疫原性成为目前植骨手术中植骨材料的首选,自体骨具有减少自身对移植材料的免疫反应和减小感染性疾病传播风险的特点。但由于不同供体部位自体骨的细胞活力和吸收率等方面不尽相同,术后成骨率也存在差异。

3.1.1 髂骨:大量文献表明,髂骨骨松质用于牙槽突裂植骨有较高的成功率,并被认为是目前牙槽突裂植骨的金标准^[11,14]。髂骨可以通过直接暴露或使用环钻钻取来获得所需的植骨材料,使用髂骨骨松质移植的方法时受体区与供体区相距较远,手术可同时由两名外科医生分别进行受体区及供体区的手术,因此可以大大缩短手术时间。髂骨作为供骨区最显著的缺点是术后疼痛,部分研究认为这种疼痛往往被高估,大多数患者报道使用扑热息痛可缓解低强度疼痛,Brandenburg LS等^[15]和Palankar V等^[16]报道,患者可在术后24 h内行走,最多10 d内恢复正常步态。有学者还明确指出,获取取髂骨骨松质对髋关节的生长并无影响^[17]。

3.1.2 下颌骨:下颌骨被用作牙槽突裂植骨术的供骨区首次报道于Borstlap WA和Braga B在1980年发表的文献中^[18-19]。但受供骨量的限制,下颌骨作为供骨区并未被广泛使用。Sales P等^[20-21]提出下颌骨作为供骨区具有无明显瘢痕、骨松质易于获取、手术时间短、发病率低、术后恢复快、并发症发生率低等优势。但由于下颌骨可提供的骨量有限,所以只作为单侧牙槽突裂的供骨区。因此,在选择下颌骨作为供骨区时必须考虑牙槽突裂缺损的体积、类型(单侧或双侧)、患者的年龄和下颌牙萌出等多方面的因素。

3.1.3 颅骨:颅骨作为牙槽突裂骨移植材料有骨松质获取

率较低及并发症发生率较高等缺陷。常见并发症主要包括颅骨骨髓炎、硬脑膜暴露、脑脊液漏、硬膜外或硬膜下血肿和神经系统症状等,目前已很少使用颅骨作为供骨区。

3.2 自体骨的辅助材料:纤维蛋白胶、血小板浓缩物如富血小板血浆(Platelet rich plasma, PRP)和富血小板纤维蛋白(Platelet-rich fibrin, PRF)可以促进伤口愈合和新血管生成,促进骨生长,从而减少移植物的骨吸收。PRP是由Whitman等提出的第一代血小板浓缩物,是将离心的血液收集于含有抗凝剂剂和/或凝血酶特殊的商业试剂盒获得的凝胶状物质,其特点是在较小的血浆体积中含有高水平的血小板、生长因子和凝血因子。PRF是Dohan DM等^[22]于2001年提出的第二代血小板浓缩物。相较PRP, PRF是在空白试管上收集的,不需要抗凝剂或添加凝血酶,因此, PRF的获取途径更为简单。PRP和PRF含有不同数量的生长因子,如血小板源性生长因子、血管内皮生长因子和转化生长因子- β 。目前,有大量的研究表明PRP/PRF对与髂骨松质骨移植后吸收率的减少是有效的^[23-26]。但Saruhan N^[27]的研究显示,使用PRF结合髂骨松质骨联合植骨后,其吸收率并无显著差异。2019年, Cakir S等^[28]学者提出了第三代血小板衍生生长因子矿化血浆基质(Mineralized plasmatic matrix, MPM)。MPM是纤维蛋白网络中的生长因子,包括PRF和磷酸三钙的整体组合,其获取与PRF相似。通过对6只成年雄性绵羊胫骨成骨实验的研究结果显示,MPM可以提供更稳定和持久的结构供新骨的形成,且MPM的生物相容性更高。但目前MPM的使用并没有足够数量的临床研究来支持其对于骨再生的疗效。Attar BM等^[29]于2023年对用或不用MPM的20例单侧牙槽突裂植骨患者的报道指出,MPM可以将植骨颗粒整合到纤维蛋白网络中,有利于骨颗粒的稳定。与对照组相比,MPM在保持移植物体积、宽度和高度方面均具有更好效果[术后骨体积减少的百分比为(48.91 \pm 4.73)%]。目前,我们认为此类材料可以单独应用或联合应用,但其最佳的剂量和应用时间有待进一步研究。

3.3 异体骨:针对自体骨有限的来源,异体骨成为了另一个被人们广泛关注的对象。目前,临床所使用异体骨分为同种异体骨和异种骨。同种异体骨移植是指从骨捐赠者相应部位获得新鲜骨组织并将其移植到患者骨缺损处的手术方法。大量的基础和临床研究表明,同种异体骨具有良好的骨组织自然结构、形态、强度、骨诱导能力和极低的免疫性,以及与宿主骨有较强的愈合能力等优点,目前已经成为修复骨缺损的良好材料。同种异体移植骨预处理后,大部分细胞成分死亡,失去了形成自身骨的能力,因此,其愈合主要依赖于骨传导和骨诱导功能。研究显示,牙槽裂骨移植的异体骨成骨率与自体髂骨无显著差异,能满足植骨材料的要求^[30-31]。异种骨移植是将动物骨移植到人体骨缺损处,使骨缺损得以修复。脱钙骨基质是目前临床应用最多的异种骨, Kumar V等^[32]的研究认为,脱钙骨基质

的成骨效果在短时间内与髂骨骨松质相似,但长期随访结果显示后者的成骨效果略优于前者。

3.4 膜屏障材料:目前,文献中提及的膜屏障主要包括生物胶质膜、脱细胞真皮基质(Acellular dermal matrix, ADM)、纤维蛋白膜几种类型。国内外学者对这类材料做了大量的评估。Clavijo-Alvarez JA等^[33-34]提出ADM膜用于阻止周围软组织的干扰,使成骨细胞有足够的时间和空间分裂分化产生新骨,这种膜可以在4~6个月内被完全吸收。Xiao WL等^[35]的实验表明,使用ADM与髂骨松质骨结合植骨后骨吸收率显著降低[不使用ADM的骨吸收率为(36.50±5.04)%,使用ADM后骨吸收率为(31.69±5.50)%]。Attar BM等^[29]报道的20例牙槽突裂患者牙槽突植骨后手术使用或不使用纤维蛋白膜的研究结果显示虽然纤维蛋白胶可能对移植后的骨形成有效,但差异不显著[不使用纤维蛋白骨形成的平均百分比为(66.7%±8.9)%,使用纤维蛋白骨形成的平均百分比(76.2±11.4)%]。Feichtinger M等^[36]及Evenepoel P等^[37]指出纤维蛋白胶可增加骨体积形成的百分比,防止植骨区开裂。膜材料用于覆盖植骨区域已被证明具有分隔软组织和植骨材料,保护和促进愈合的功能,但是目前膜的类型、组织反应和溶解时间方面仍存在争议。

3.5 骨替代品:一些生物陶瓷已用于牙槽突裂植骨,如玻璃骨、羟基磷灰石和磷酸钙水混合物,它们具有良好的生物相容性和骨诱导潜力。生物陶瓷类材料已被证明可以提供有助于新生脂肪细胞产生并且吸收缓慢的基质从而促进新骨形成。在某特定情况下,生物陶瓷被认为是理想的牙槽突裂植骨的骨替代品。磷酸钙混合物是目前广泛使用的骨替代材料,具有良好的生物活性,但其缺点是降解缓慢^[38-39]。骨形态发生蛋白联合脱细胞胶原海绵是目前被广泛应用的骨形态发生蛋白类复合骨替代品。大多数研究显示,在骨再生和牙齿萌出等方面其疗效与髂骨骨松质相似,其他骨形态发生蛋白载体,如水凝胶也表现出良好的成骨效果,但Galli M等^[40-42]发现使用骨形态发生蛋白联合脱细胞胶原海绵的效果比髂骨骨松质更差。骨形态发生蛋白复合骨替代品的缺点是常伴发明显的水肿^[43-44]。

4 植骨效果的评价方法

4.1 二维方法:传统的基于二维图像的评估方法是对比术前术后骨边缘的水平裂隙邻牙的高度,以量表化的形式进行评估,主要包括Bergland、Kindelan、Enemark、Abyholm和Chelsea量表等。最常被使用的是Bergland量表和Chelsea量表。Bergland量表是以健侧牙槽突的高度为参照,将牙槽突裂植骨术的术后效果分为四型。Chelsea量表则是牙槽突裂植骨术后牙槽突裂邻牙根尖周影像学图像,分为六型。这些以量表形式进行评估的方法是以其简单易记的特点仍被很多学者所使用。二维的方法进行评估的文

献中对于牙槽突裂植骨的长期成功率高达95%,但很明显二维的评估方法只能检测到牙槽突裂两侧之间新建立起的骨桥,用于评估新骨形成的密度和体积是不可能实现的^[45]。二维图像评估方法的主要缺点是忽视了牙槽突裂不规则的形状,也不能沿着颊舌轴测量骨形成^[46]。文献一致认为,二维结果评估方法与CT扫描相比植骨的成功率高了17%~25%。这些文章表示当采用三维评价方法时,牙槽突裂植骨的成功率显著降低。

4.2 三维方法:随着放射学的发展,三维成像的技术越来越多地被用于评估牙槽突裂植骨的效果。三维成像获得的信息比传统方法优越,而且排除了许多影响图像质量和可靠性的因素,如放大、失真、结构重叠和定位问题^[46]。早期,CT扫描是最重要的3D成像方式,但其射线剂量是全景X光片所需射线剂量的200~300倍,远远超过了辐射暴露的最大风险阈值。而相比CT,CBCT的射线能够仅扫描颌骨区域,其射线剂量仅为拍全景片所需射线剂量的2~8倍,且扫描所需时间更短^[47-48]。从2011年开始,CBCT便开始在口腔颌面外科占据主导作用,CT扫描的数量明显减少^[49]。目前,基于三维图像的牙槽突裂的体积的评价方法都是借助体积重建软件通过术前和术后的CBCT图像进行牙槽突裂或新生骨体积的评估^[50]。由于切割方法、参数的不同以及不同学者所使用计算机软件的不同,导致了评价方法的多样化。部分以三维方式对于牙槽突裂植骨效果评价的文献只测量了一些选定的裂缝切片的线性距离或表面。在Van der Meij AJ等的文章中,通过3个不同轴向水平的表面测量进行植骨效果评估,这种技术的局限性是精确度较差,因为一个裂隙是由数个轴向切面一起组成的^[45]。所选切面之间裂隙边界的确切形状未知是这类评价方法共有的不足。而Janssen NG等^[51]学者的研究采用将健侧牙槽突对称地重建于患侧的方法,以健侧牙槽突作为参考对牙槽突裂隙分割重建,这种方法的显著缺点是忽略了上颌骨发育过程中尤其是受牙槽突裂影响所导致的双侧上颌骨的不对称性。Kasaven CP等^[52]在牙槽骨移植前使用打印的3D模型进行牙槽裂的体积测量。但是制作3D模型需要5~21 h,经济成本高,多数患者不愿意承担因此产生的额外费用,并且3D打印的模型体积的计算也需至少5 h,时间成本较高。Stoop CC等^[53]于2022年提出了一种新方法,选取可重复性高的标志点对牙槽突裂的体积进行评估。他所提出的标准化标志点结合三维医学图像软件的方法是理论上可重复性相对较高的评价方法,其有效性仍需较大的样本量和更多的临床试验来佐证。目前,三维评估方法已被证实比二维方法更精确,但在比较由不同的三维测量技术产生的结果时具有一定难度。一方面,忽略不同的研究方法(研究样本、3D成像协议、应用软件和测量)而进行结果的比较误差较大;另一方面,三维图像切割和分析的过程依赖于观察者,会受到人为误差的影响降低评估的准确性。虽然近几年的文献都在强调CBCT的三维分析,但仍缺乏基于CBCT

的标准评价方法,因此,目前迫切需要开发一种简单一致且可重复性高的诊断和随访方案并制定标准化的指南,用以精确测量牙槽突裂的形态大小以及确定不同植骨材料及植骨方法的成骨率。

5 小结和展望

目前来看,髂骨骨松质移植仍然是牙槽突裂植骨最主要的手段,但髂骨骨松质移植后均存在不同程度的吸收。因此,我们仍需不断地寻找一种可以完全替代甚至超越髂骨骨松质的植骨材料来提高牙槽突裂植骨的成功率。在未制定出一个标准化的三维评价方法之前二维评价方法仍可用作植骨效果评价的标准。相信未来我们将会建立一种简便的标准化的三维评价方法来综合不同的研究,从而提高对不同材料的植骨效果评估的准确性,并用以发现疗效最佳的植骨材料及方法。

[参考文献]

- [1]Kang N H. Current methods for the treatment of alveolar cleft[J]. Arch Plast Surg, 2017,44(3):188-193.
- [2]Najar C M, Mark H, Rizell S. Predictive factors for secondary alveolar bone graft failure in patients with cleft alveolus[J]. Orthod Craniofac Res, 2022,25(4):585-591.
- [3]Carbullido M K, Dean R A, Kamel G N, et al. Long-term treatment outcomes of primary alveolar bone grafts for alveolar clefts: a qualitative systematic review[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2022,59(1):86-97.
- [4]Kim J, Jeong W. Secondary bone grafting for alveolar clefts: surgical timing, graft materials, and evaluation methods[J]. Arch Craniofac Surg, 2022,23(2):53-58.
- [5]Ferguson M A, Akyalcin S, Campos H, et al. Evaluation of dental root development regarding maxillary canine eruption status after secondary alveolar bone grafting in patients with cleft lip and palate[J]. Diagnostics (Basel), 2023,13(9):1649.
- [6]Fahradyan A, Tsuha M, Wolfswinkel E M, et al. Optimal Timing of Secondary Alveolar Bone Grafting: A Literature Review[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2019,77(4):843-849.
- [7]Jahanbin A, Kamyabnezhad E, Raisolsadat M A, et al. Long-term stability of alveolar bone graft in cleft lip and palate patients: systematic review and meta-analysis[J]. J Craniofac Surg, 2022,33(2):e194-e200.
- [8]Elhaddaoui R, Bahije L, Zaoui F, et al. [Timing of alveolar bone graft and sequences of canine eruption in cases of cleft lip and palate: a systematic review][J]. Orthod Fr, 2017,88(2):193-198.
- [9]Shafer D M. Secondary bone grafting for unilateral alveolar clefts: a review of surgical techniques[J]. Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 1995,3(1):29-42.
- [10]Arangio P, Marianetti T M, Tedaldi M, et al. Early secondary alveoloplasty in cleft lip and palate[J]. J Craniofac Surg, 2008,19(5):1364-1369.
- [11]Yang C, Shi B, Liu K, et al. [Initial study and evaluation on alveolar bone graft by palate side approach][J]. Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi, 2013,31(1):30-33.
- [12]鲁勇,石冰,王志勇,等.唇、腭侧联合入路修复牙槽突裂的临床初步研究[J].国际口腔医学杂志,2017,44(1):19-23.
- [13]Tamura-Sugiyama T, Noguchi T, Niho C, et al. Postoperative evaluation of bone bridge after alveolar bone graft with cortical bone lining technique[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2023,136(3):294-307.
- [14]Dissaux C, Ruffenach L, Bruant-Rodier C, et al. Cleft alveolar bone graft materials: literature review[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2022,59(3):336-346.
- [15]Brandenburg L S, Voss P J, Mischkowsky T, et al. Donor site morbidity after computer assisted surgical reconstruction of the mandible using deep circumflex iliac artery grafts: a cross sectional study[J]. BMC Surg, 2023,23(1):4.
- [16]Palankar V, Sattur A, Palankar A, et al. Evaluation of long-term stability of secondary alveolar bone grafts in cleft palate patients using multislice computed tomography and three-dimensional printed models: a prospective study[J]. J Pharm Bioallied Sci, 2021,13(Suppl 2):S1496-S1500.
- [17]Cansiz E, Karabulut D, Dogru S C, et al. Gait analysis of patients subjected to the atrophic mandible augmentation with iliac bone graft[J]. Appl Bionics Biomech, 2019,2019:8203597.
- [18]Borstlap WA, Heidbuechel K L, Freihofer H P, et al. Early secondary bone grafting of alveolar cleft defects. A comparison between chin and rib grafts[J]. J Craniomaxillofac Surg, 1990,18(5):201-205.
- [19]Braga B, Leal C R, Carvalho R M, et al. Outcomes of permanent canines on the cleft side after secondary alveolar grafting using different materials in complete unilateral cleft lip and palate[J]. J Appl Oral Sci, 2023,31:e20220478.
- [20]Sales P, Cetira F E, Silva P, et al. Effectiveness of autogenous chin bone graft in reconstructive surgery of cleft patients: a systematic review with meta-analysis and algorithm of treatment[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2023,81(8):988-1000.
- [21]Kilinc A, Saruhan N, Ertas U, et al. An analysis of mandibular symphyseal graft sufficiency for alveolar cleft bone grafting[J]. J Craniofac Surg, 2017,28(1):147-150.
- [22]Dohan D M, Choukroun J, Diss A, et al. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part I: technological concepts and evolution[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006,101(3):e37-e44.
- [23]Gupta C, Mehrotra D, Mohammad S, et al. Alveolar bone graft with platelet rich plasma in cleft alveolus[J]. J Oral Biol Craniofac Res, 2013,3(1):3-8.
- [24]Sakio R, Sakamoto Y, Ogata H, et al. Effect of platelet-rich plasma on bone grafting of alveolar clefts[J]. J Craniofac Surg, 2017,28(2):486-488.
- [25]Shawky H, Seifeldin S A. Does Platelet-rich fibrin enhance bone quality and quantity of alveolar cleft reconstruction?[J]. Cleft Palate

- Craniofac J, 2016,53(5):597-606.
- [26]Ellapakurthi P, Reddy G. The effectiveness of mineralized plasmatic matrix in the closure of alveolar clefts with volumetric assessment[J]. Regen Med Res, 2021,9:1.
- [27]Saruhan N, Ertas U. Evaluating of platelet-rich fibrin in the treatment of alveolar cleft with iliac bone graft by means of volumetric analysis[J]. J Craniofac Surg, 2018,29(2):322-326.
- [28]Cakir S, Gultekin B A, Karabagli M, et al. Histological evaluation of the effects of growth factors in a fibrin network on bone regeneration[J]. J Craniofac Surg, 2019,30(4):1078-1084.
- [29]Attar B M, Naeini M, Abdinian M. Investigation of the effect of fibrin glue as a sealant in the unilateral alveolar bone grafting successes[J]. Dent Res J (Isfahan), 2023,20:60.
- [30]Chen K, Zhang Q, Chen R, et al. Clinical application of allograft bone of alveolar cleft repair[J]. J Craniofac Surg, 2023,34(2):e178-e182.
- [31]Hernigou P. Bone transplantation and tissue engineering, part III: allografts, bone grafting and bone banking in the twentieth century[J]. Int Orthop, 2015,39(3):577-587.
- [32]Kumar V, Rattan V, Rai S, et al. Comparative assessment of autogenous cancellous bone graft and bovine-derived demineralized bone matrix for secondary alveolar bone grafting in patients with unilateral cleft lip and palate[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2022,59(7):833-840.
- [33]Clavijo-Alvarez J A, Vecchione L, DeCesare G, et al. Autologous bone grafting with adjunctive use of acellular dermal matrix for alveolar cleft defects: early outcomes[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2010,47(2):116-121.
- [34]Petrie K, Cox C T, Becker B C, et al. Clinical applications of acellular dermal matrices: A review[J]. Scars Burn Heal, 2022,8:1477460375.
- [35]Xiao W L, Zhang D Z, Chen X J, et al. Osteogenesis effect of guided bone regeneration combined with alveolar cleft grafting: assessment by cone beam computed tomography[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2016,45(6):683-687.
- [36]Feichtinger M, Mossbock R, Karcher H. Assessment of bone resorption after secondary alveolar bone grafting using three-dimensional computed tomography: a three-year study[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2007,44(2):142-148.
- [37]Evenepoel P, Behets G J, Viaene L, et al. Bone histomorphometry in de novo renal transplant recipients indicates a further decline in bone resorption 1 year posttransplantation[J]. Kidney Int, 2017,91(2):469-476.
- [38]Richter R F, Vater C, Korn M, et al. Treatment of critical bone defects using calcium phosphate cement and mesoporous bioactive glass providing spatiotemporal drug delivery[J]. Bioact Mater, 2023,28:402-419.
- [39]Bessa P C, Casal M, Reis R L. Bone morphogenetic proteins in tissue engineering: the road from the laboratory to the clinic, part I (basic concepts)[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2008,2(1):1-13.
- [40]Galli M, Yao Y, Giannobile W V, et al. Current and future trends in periodontal tissue engineering and bone regeneration[J]. Plast Aesthet Res, 2021,8:3.
- [41]Schrade S, Ritschl L, Suss R, et al. Gelatin nanoparticles for targeted dual drug release out of alginate-di-aldehyde-gelatin gels[J]. Gels, 2022,8(6):365.
- [42]Attar B M, Soltani P, Davari D, et al. Cone-beam computed tomographic comparison of chin symphysis bone particles and allograft versus iliac crest bone graft alone for reconstruction of alveolar bone defects in cleft patients[J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2022,48(2):85-93.
- [43]Hammoudeh J A, Fahradyan A, Gould D J, et al. A comparative analysis of recombinant human bone morphogenetic protein-2 with a demineralized bone matrix versus iliac crest bone graft for secondary alveolar bone grafts in patients with cleft lip and palate: review of 501 cases[J]. Plast Reconstr Surg, 2017,140(2):318e-325e.
- [44]Neovius E, Lemberger M, Docherty S A, et al. Alveolar bone healing accompanied by severe swelling in cleft children treated with bone morphogenetic protein-2 delivered by hydrogel[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2013,66(1):37-42.
- [45]van der Meij A J, Baart J A, Prah-Andersen B, et al. Computed tomography in evaluation of early secondary bone grafting[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 1994,23(3):132-136.
- [46]Kumar A, Batra P, Sharma K, et al. A three-dimensional scale for the qualitative and quantitative assessments of secondary alveolar bone grafting (SABG) in unilateral cleft lip and palate patients using cone-beam computed tomography (CBCT)[J]. Indian J Plast Surg, 2023,56(2):138-146.
- [47]Zhou W N, Xu Y B, Jiang H B, et al. Accurate evaluation of cone-beam computed tomography to volumetrically assess bone grafting in alveolar cleft patients[J]. J Craniofac Surg, 2015,26(6):e535-e539.
- [48]Fani S, Moudi E, Haghani S, et al. Evaluation of the linear and volumetric measuring changes in different positions in CBCT[J]. Clin Exp Dent Res, 2023,9(3):535-542.
- [49]Lee D, Atti E, Blackburn J, et al. Volumetric assessment of cleft lip and palate defects using cone beam computed tomography[J]. J Calif Dent Assoc, 2013,41(11):813-817.
- [50]De Mulder D, Cadenas D L M, Jacobs R, et al. Three-dimensional radiological evaluation of secondary alveolar bone grafting in cleft lip and palate patients: a systematic review[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2018,48(1):20180047.
- [51]Janssen N G, Schreurs R, Bittermann G, et al. A novel semi-automatic segmentation protocol for volumetric assessment of alveolar cleft grafting procedures[J]. J Craniomaxillofac Surg, 2017,45(5):685-689.
- [52]Kasaven C P, McIntyre G T, Mossey P A. Accuracy of both virtual and printed 3-dimensional models for volumetric measurement of alveolar clefts before grafting with alveolar bone compared with a validated algorithm: a preliminary investigation[J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2017,55(1):31-36.
- [53]Stoop C C, Janssen N G, Ten H T, et al. A novel and practical protocol for three-dimensional assessment of alveolar cleft grafting procedures[J]. Cleft Palate Craniofac J, 2023,60(5):601-607.

[收稿日期]2023-11-05

本文引用格式: 聂建存, 樊晓芬, 鲁勇. 牙槽突裂植骨术的研究进展[J]. 中国美容医学, 2025, 34(7): 190-194.