



DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.07.046

浓缩生长因子对自体牙移植的愈合影响

米川^{1,2}, 张昊昕³, 王玲^{1,2}

[1. 新疆医科大学第一附属医院(附属口腔医院)口腔外科门诊, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆维吾尔自治区口腔医学研究所, 新疆 乌鲁木齐 830054;

3. 乌鲁木齐市口腔医院, 新疆 乌鲁木齐 830092]

[摘要] 自体牙移植是一种有效的牙齿替代方式, 多种因素制约术后的愈合。浓缩生长因子(CGF)富含多种生长因子及生物活性成分, 其核心优势在于可提高移植牙的初期稳定性, 改善牙周组织愈合, 同时通过促进骨组织再生与重塑等多种途径, 提升自体牙移植的愈合效果。本文总结近年来相关文献, 重点探讨CGF对自体牙移植后愈合的影响, 以期CGF在自体牙移植领域的临床应用提供理论支撑与实践参考, 进而提升治疗成功率、改善患者预后及整体疗效。

[关键词] 浓缩生长因子; 自体牙移植; 牙周愈合; 骨再生

[中图分类号] R782.12

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2026)07-0186-04

Effect of Concentrated Growth Factor on Healing of Autologous Tooth Transplantation

MI Chuan^{1,2}, ZHANG Haoxin³, WANG Ling^{1,2}

[1. Outpatient Department of Oral Surgery, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University (Affiliated Stomatological Hospital), Urumqi 830054, Xinjiang, China;

2. Stomatological Research Institute of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830054, Xinjiang, China;

3. Urumqi Stomatological Hospital, Urumqi 830092, Xinjiang, China]

[Abstract] Autologous tooth transplantation is an effective method for tooth replacement, and postoperative healing is restricted by various factors. Concentrated growth factor (CGF) is rich in a variety of growth factors and bioactive components. Its core advantages include improving the initial stability of transplanted teeth, promoting periodontal tissue healing, and enhancing the healing effect of autologous tooth transplantation by accelerating bone tissue regeneration and remodeling. This paper summarizes relevant recent literature and focuses on the effect of CGF on healing after autologous tooth transplantation, aiming to provide theoretical support and practical reference for the clinical application of CGF in autologous tooth transplantation, thereby improving the success rate of treatment and patients' prognosis and overall efficacy.

[Key words] Concentrated growth factor; Autologous tooth transplantation; Periodontal healing; Bone regeneration

自体牙移植 (autogenous tooth transplantation) 是一种替代缺失或不可恢复牙齿的生物学替代方案, 其明显优势是保留牙周膜 (PDL)、维持本体感觉并促进自然骨骼重塑^[1]。有报道称^[2], 该手术成功率为80%~95%, 取决于患者病例的精心选择、供体牙齿成熟度、操作医生手术技术及术后

护理。CGF因生物学多样性在自体牙移植领域受到广泛关注^[3], 其可以主动地刺激细胞增殖, 形成新的血管, 促进细胞外基质的矿化^[4], 这些过程对于自体牙的有效愈合十分重要^[5]。本研究总结近年来相关文献的研究成果, 重点探究CGF的组成成分及生物学特性, 明确CGF在自体牙移植

基金项目: 科技援疆计划 (编号: 2025E02047)

第一作者: 米川 (1998.2-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事口腔牙槽外科方面工作

中的应用方式, 深入分析CGF对自体牙移植后愈合的影响, 旨在突出CGF在提升自体牙移植预后效果方面的潜在价值, 为CGF在自体牙移植领域的临床应用提供理论支撑与实践参考。

1 CGF的组成成分及生物学特性

CGF是由血小板与高浓度生长因子共同形成的一种纤维蛋白网络结构, 其主要活性成分包括血小板衍生生长因子(PDGF)、血管内皮生长因子(VEGF)、成纤维细胞生长因子(FGF)、骨形态发生蛋白(BMPs)、转化生长因子- β (TGF- β)、表皮生长因子(EGF)及类胰岛素生长因子(IGF)^[6]。CGF内部各成分有着特定的空间分布与功能^[7]: 其内部的纤维蛋白基质跟血小板主要定位于近端的区域, TGF- β ₁多集中于血浆蛋白层的一侧; PDGF-BB则弥散性分布于基质中; 白细胞主要分布于血浆蛋白层。功能上, PDGF依靠激活PDGF-RB受体, 推进成骨细胞分裂、分化及矿化; TGF- β 凭借特异性受体信号通路刺激干细胞增殖、分化, 从而促进胶原形成; IGF-1对细胞的增殖分化有正向调控作用; VEGF是诱导血管生成的主要因子; 而BMP-2可以明显地增强成骨相关细胞的增殖活性。鉴于自体牙移植的愈合过程极其复杂, CGF的介入尤为重要。

2 CGF在自体牙移植中的应用方式

2.1 CGF作为填充材料 CGF是一种自体生物材料, 可在自体牙移植中充当间隙填充物, 从而促进组织的再生^[8, 9]。术前通过锥形束CT(CBCT)评估供牙跟受植区的匹配度, 还可以利用3D打印技术制作手术的导板^[10, 11], 以提升精确度并减少手术时长。术中微创拔除供牙后, 保持牙根表面的湿润, 妥善地保护牙周膜, 与此同时, 抽取患者的静脉血制备CGF凝胶, 将供体牙植入预先准备好的牙槽窝中, 然后立即将制备好的CGF凝胶填充到牙根与骨壁之间的间隙内, 以建立有利于再生的生物界面, 然后对移植牙进行适当固定。术后需短期地避免患侧咀嚼, 嘱患者定期复查, 根据牙髓活力监测结果决定是否行根管治疗。这种方法特别适用于供牙跟受植区形态不完全吻合、存在较大间隙的临床情况, 能有效利用CGF

的生物活性助推牙周膜的修复以及骨整合。

2.2 CGF与骨替代材料联合使用 魏雪琴等^[12]认为, 植骨区域骨量不足的情况下, 可以考虑将CGF与骨移植材料联合使用, 这一类组合能形成一种富含生长因子的活性复合支架, 由此有效地助推骨组织的再生。Lejniaks M等^[10]通过CBCT对受区的骨缺损范围以及三维形态进行精确地评估, 将手术过程中制备的CGF凝胶跟人工骨粉等骨替代材料按照特定比例充分地混合, 形成一种有生物活性的复合移植体, 将复合材料充分填充到骨缺损区域, 保证紧密结合。为保护血凝块并防止周围软组织的干扰, 可覆盖一层CGF膜或者可吸收的屏障膜于表面, 这种方法既能够提供一种有效物理屏障, 又能维护血凝块的完整性, 还能防止软组织干扰愈合。成功地实行骨增量后, 将供牙放置到预先准备好的牙槽窝中, 保证其稳固地固定在适当位置。术后告知患者常规使用3~5 d抗生素以预防感染, 定期进行影像学检查监测新骨的形成情况。这两项措施相互补充, 共同促进移植术后的顺利恢复。已有研究指出^[13], CGF与骨替代材料结合使用, 可以释放多种生长因子, 提升骨细胞的活性跟迁移能力, 这一类协同作用不仅可以提升骨再生的质量, 还能加快再生速度, 缩短愈合整体周期。

2.3 CGF膜覆盖技术 覆盖创口的方法对于前牙区域移植或骨增量术后非常重要, 魏雪琴等^[12]研究表明, 联合使用CGF膜与Bio-Oss[®]黏性骨的方式, 相较于传统的Bio-Gide[®]胶原膜, 可明显增进软组织的愈合效果, 使用这一联合方案有助于改善术后的恢复质量。CGF凝胶能够以物理压制的方式形成薄膜结构, 这一特性使其可作为生物屏障应用于受体区域, 将制备好的CGF凝胶置入无菌纱布或专用的膜盒中, 轻柔地压制成均匀的膜, 然后将这层CGF膜完整地覆盖到植入区域的骨面或移植牙颈部周围, 形成一道保护性的屏障。手术结束时使用可吸收缝线对膜进行有效固定, 保证手术创口得到严密地闭合。术后, 定期复查以便于观察CGF膜的降解情况以及下方软硬组织的再生效果, 由此可及时评估愈合进程, 确保顺利恢复。

3 CGF对自体牙移植愈合的影响

3.1 对牙周膜干细胞的保护与促再生作用 Dipalma G等^[14]发现, 当手术或感染导致的炎症发生时, 诸如RIPK1/RIPK3/MLKL等信号通路可能会被激活, 这些通路与坏死性凋亡相关, 继而导致PDLSCs的存活以及其向成骨方向的分化能力下降。CGF所持续释放的TGF- β 、IGF-1等多种活性成分, 可以拮抗上述的损伤效应, CGF可以促进PDLSCs的增殖, 还可以有效推进成骨及成牙骨质相关基因(如Runx2、OCN和COL1)的转录活动。Aghamohamadi Z等^[15]研究显示, CGF条件培养基可以显著增加PDLSCs的活性, 认为CGF条件培养基可以显著增加PDLSCs的活性。因此, 在自体牙移植过程中加载CGF浓缩生长因子对自体牙移植的愈合有一定促进效果。

3.2 促进骨组织再生与缺损修复 雷晨等^[16]的研究指出, CGF促进骨组织再生与缺损修复的关键作用依赖于它丰富的生长因子, 如BMP-2和VEGF, 这些因子可以协同作用, 激活经典的成骨信号通路, 如BMP/Smad和Wnt/ β -catenin。CGF凭借这一过程明显提升RUNX2、OCN等重要的转录因子及相应的蛋白的表达水平, 由此有效地推动间充质干细胞向成骨细胞的分化, 促使矿化结节的形成。Mancini A等^[17]的临床研究证实了其有效性, 在上颌窦提升术中, 单独应用CGF即可实现明显的新骨形成。自体牙移植的特定情况里, CGF被用来填充牙根与骨壁之间的间隙, 其不仅可以作为生物支架来促进骨的再生, 还因其抗炎特性有效降低了感染发生风险, 为实现移植牙的长期骨整合提供了重要的保障。

3.3 调节炎症微环境 炎症性根部吸收是一种有攻击性且破坏性的过程, 一般伴随严重的牙髓损伤或者牙髓感染, 自体牙移植术(ATT)造成的创伤可能引发过度的炎症反应, 增加炎症根吸收的风险。Palermo A等^[18]研究发现, CGF中包含的白细胞(例如单核细胞和巨噬细胞)对于局部免疫应答中的作用, 它们可以让巨噬细胞极化为修复型(M2型), 减少TNF- α 和IL-1等促炎因子的释放, 使创伤后的微环境由炎症状态转变为有利于组织再生的环境。在炎症环境下使用CGF, 对降

低自体移植牙牙根炎性吸收有良好效果。

3.4 促进牙髓愈合与再血管化 CGF中的IGF-1和FGF-2等活性因子具有促进牙髓干细胞活性的作用, 它们可以促进其增殖, 还具有引导这些细胞分化为成牙本质细胞的能力, 其中高浓度的VEGF还能强力地助推新生血管长入髓腔, 为血运重建奠定基础。宦俊等^[19]对根尖闭合的供牙实施根尖切除术, 人为地制造开放根尖孔, 继而实现供牙的再血管化。还有研究表明^[20], CGF中的神经生长因子(NGF)也被证实可以促进牙髓神经的再生, 为移植牙的感觉功能恢复奠定基础。

3.5 作为物理屏障预防牙根粘连 将CGF制备为致密膜状结构并覆盖于牙根中部, 可在牙根表面与周围骨组织之间形成临时性生物屏障。该设计既能有效隔离牙根与周围组织环境, 又能为组织愈合提供有利微环境, 进而加速修复进程。在愈合的早期阶段, 该屏障可有效阻止牙槽窝内的成骨前体细胞与牙根表面的直接接触。凭借这一机制, 牙周膜细胞得以优先占据根面, 促进牙周韧带的愈合, 有效防止骨性粘连发生。

3.6 优化受植区骨改建 当受植区存在骨缺损或骨形态不良时, 可将CGF凝胶与骨移植材料(如Bio-Oss[®])复合, 形成兼具良好黏附性与生物活性的“黏性骨”。该复合物既可提供结构性支撑, 又能促进局部组织修复愈合。近期研究证实^[12], CGF作为天然黏合剂, 可改善骨移植物的操作性与初期稳定性, 其持续释放的生长因子能与骨移植材料协同作用, 在受植区骨改建中表现出显著优势, 既可加快新骨形成与成熟, 又能优化牙槽骨质量, 为移植牙提供长期稳定的骨结合支持。

4 总结与展望

CGF可促进多种组织的愈合来提升自体牙移植的成功率, 通过释放TGF- β 、PDGF等生长因子, 加速牙周膜的修复, 还具有抗炎和抗菌作用, 降低感染的风险。CGF兼具良好的骨诱导性与骨引导性, 能够加速骨缺损区新骨形成与矿化, 并对牙髓愈合产生积极作用。但CGF的应用也存在一定的局限性: 制备流程尚未标准化, 可能干扰产品的一致性跟疗效; 相关设备

与耗材成本较高,限制了其普及;此外,疗效易受患者个体生物学差异影响。因此,未来仍需围绕制备标准化、成本控制及个体化应用开展更深入的研究。

[参考文献]

- [1] Doomen R, Barendregt D, Temmerman L, et al. Premolar Autotransplantation to the Anterior Maxilla Region- Aesthetic Outcome and Patient Satisfaction[J]. *Dent Traumatol*, 2025, 41(5): 534-547.
- [2] Dokova AF, Lee JY, Mason M, et al. Advancements in tooth autotransplantation[J]. *J Am Dent Assoc*, 2024, 155(6): 475-483.
- [3] Keranmu D, Ainiwaer A, Nuermuhanmode N, et al. Application of concentrated growth factor to autotransplantation with inflammation in recipient area[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 556.
- [4] Alshujaa B, Talmac AC, Altindal D, et al. Clinical and radiographic evaluation of the use of PRF, CGF, and autogenous bone in the treatment of periodontal intrabony defects: Treatment of periodontal defect by using autologous products[J]. *J Periodontol*, 2024, 95(8): 729-739.
- [5] Tabatabaei F, Aghamohammadi Z, Tayebi L. In vitro and in vivo effects of concentrated growth factor on cells and tissues[J]. *J Biomed Mater Res A*, 2020, 108(6): 1338-1350.
- [6] Ansari M. Bone tissue regeneration: biology, strategies and interface studies[J]. *Prog Biomater*, 2019, 8(4): 223-237.
- [7] Genc A, Gedik B, Erdem MA, et al. Short-Term Effects of Platelet-Rich Plasma on the Clinical Outcomes of Dental Autotransplantation in Teeth with Complete and Incomplete Root Development: A Randomized Cohort Study[J]. *Int J Med Sci*, 2025, 22(14): 3617-3624.
- [8] Chen L, Cheng J, Cai Y, et al. Efficacy of concentrated growth factor (CGF) in the surgical treatment of oral diseases: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 712.
- [9] 艾力麦尔旦·艾尼瓦尔, 地力努尔·克然木, 王玲, 等. 浓缩生长因子在受区伴有炎症的自体牙移植术中应用效果研究[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2022, 15(2): 167-172.
- [10] Lejnieks M, Akota I, Jākobsone G, et al. Effect of 3D printed replicas on the duration of third molar autotransplantation surgery: A controlled clinical trial[J]. *Dent Traumatol*, 2024, 40(2): 221-228.
- [11] Lejnieks M, Akota I, Jākobsone G, et al. Clinical Efficacy of CBCT and 3D-Printed Replicas in Molar Autotransplantation: A Controlled Clinical Trial[J]. *Dent Traumatol*, 2025, 41(2): 161-170.
- [12] 魏雪琴, 张盛智, 巴凯. 浓缩生长因子联合黏性骨在上前牙牙槽嵴保存术中的临床效果评价[J]. *华西口腔医学杂志*, 2025, 43(5): 671-678.
- [13] Lin Q, Liu S, Wang M, et al. The use of concentrated growth factors in guiding bone regeneration after microsurgical endodontic surgery for periapical lesions[J]. *Regen Biomater*, 2025, 12: rba1058.
- [14] Dipalma G, Inchingolo AM, Colonna V, et al. Autologous and Heterologous Minor and Major Bone Regeneration with Platelet-Derived Growth Factors[J]. *J Funct Biomater*, 2025, 16(1): 16.
- [15] Aghamohammadi Z, Kadkhodazadeh M, Torshabi M, et al. A compound of concentrated growth factor and periodontal ligament stem cell-derived conditioned medium[J]. *Tissue Cell*, 2020, 65: 101373.
- [16] 雷晨, 吴奇蓉, 汤春波. 浓缩生长因子在种植与牙周领域应用的研究及进展[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2021, 26(2): 135-140.
- [17] Mancini A, Inchingolo F, Inchingolo AM, et al. Concentrated Growth Factors and Bone Grafting in Maxillary Sinus Lift: A Systematic Review[J]. *Int J Dent*, 2025, 2025: 6681492.
- [18] Palermo A, Giannotti L, Di Chiara Stanca B, et al. Use of CGF in Oral and Implant Surgery: From Laboratory Evidence to Clinical Evaluation[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(23): 15164.
- [19] 宦俊, 窦磊, 严崎方, 等. 浓缩生长因子促人脐静脉血管内皮细胞成血管化作用研究[J]. *华西口腔医学杂志*, 2018, 36(3): 247-251.
- [20] Lu Z, Bingquan H, Jun T, et al. Effectiveness of concentrated growth factor and laser therapy on wound healing, inferior alveolar nerve injury and periodontal bone defects post-mandibular impacted wisdom tooth extraction: A randomized clinical trial[J]. *Int Wound J*, 2024, 21(1): e14651.

收稿日期: 2026-3-10 编辑: 扶田