

# 浓缩生长因子复合明胶海绵支架对兔骨缺损的修复研究

陈庭耀\*, 方冬冬#

安徽医科大学第二附属医院口腔颌面外科, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年3月1日; 录用日期: 2026年3月24日; 发布日期: 2026年4月2日

## 摘要

背景: 本研究旨在比较明胶海绵支架上的浓缩生长因子(CGF)凝胶与异种移植物BioOss®治疗骨缺损的效果。方法: 8只一周岁的白兔接受手术, 在股骨中制造了四个相同的6 × 6 mm骨缺损。这些缺损接受了不同的处理: (1) CGF联合明胶海绵, (2) 未经处理的对照缺损, (3) 仅填充明胶海绵的缺损, 以及(4) 填充BioOss®的缺损。术后立即、术后1个月和术后2个月进行放射学评估, 术后2个月进行组织学评估。结果: 放射学分析显示, 术后1个月、2个月时, CGF联合明胶海绵处理组缺损的骨愈合评分显著高于未处理对照组及明胶海绵处理组( $P < 0.001$ ), 而与BioOss®处理组相比无统计学显著差异( $P > 0.05$ )。组织学评估结果进一步验证了上述结论, 图像分析显示, CGF组的平均矿化面积百分比为88.18%, 显著高于对照组的66.55%和明胶海绵组的68.08% ( $P < 0.001$ ), 与BioOss®组的87.53%相比无明显统计学差异。结论: 该研究表明, 明胶海绵支架上的CGF可有效促进骨愈合, 其结果与BioOss®移植物相当。这表明富含生长因子的CGF可以替代传统的骨移植材料用于骨缺损的治疗。研究结果支持进一步研究CGF在植骨手术中的长期效果和临床应用。

## 关键词

骨缺损, 浓缩生长因子(CGF), BioOss®移植物, 明胶海绵, 骨再生

# Repair Effect of Concentrated Growth Factor Combined with Gelatin Sponge Scaffold on Rabbit Bone Defects

Tingyao Chen\*, Dongdong Fang#

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

\*第一作者。

#通讯作者。

## Abstract

**Background:** This study aimed to compare the effectiveness of Concentrated Growth Factor (CGF) gel on a gelatin sponge scaffold with the xenograft BioOss® in treating bone defects. **Methods:** Eight one-year-old rabbit underwent surgery to create four identical 6 × 6 mm bone defects in the femur. These defects received different treatments: (1) CGF combined with a gelatin sponge, (2) an untreated control defect, (3) a defect filled with only a gelatin sponge, and (4) a defect filled with BioOss®. Radiographic evaluations were conducted immediately after surgery, and at one and two months post-surgery, while histological assessments were performed at two months post-surgery. **Results:** Radiological analysis showed that at 1 month and 2 months postoperatively, the bone healing score of defects in the CGF combined with gelatin sponge group was significantly higher than that in the untreated control group and the gelatin sponge-only group ( $P < 0.05$ ), while there was no statistically significant difference compared with the BioOss®-treated group ( $P > 0.05$ ). The histological evaluation results further confirmed the aforementioned conclusions. Image analysis demonstrated that the average percentage of mineralized area in the CGF group was 88.18%, which was significantly higher than those in the control group (66.55%) and the gelatin sponge group (68.08%) ( $P < 0.001$ ). In contrast, no significant statistical difference was observed when compared with the BioOss® group (87.53%). **Conclusions:** The study demonstrates that CGF on a gelatin sponge scaffold enhances bone healing effectively, with outcomes comparable to BioOss® grafts. This suggests that CGF, enriched with growth factors, can be a viable alternative to traditional bone graft materials in bone defect treatment. The findings advocate for further research into the long-term effects and clinical applications of CGF in bone grafting procedures.

## Keywords

**Bone Defect, Concentrated Growth Factor (CGF), BioOss® Graft, Gelatin Sponge, Bone Regeneration**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 介绍

骨缺损是由创伤、感染、肿瘤切除或先天性异常等多种原因引起的, 有效治疗骨缺损的挑战是骨科和颌面外科的一个重要问题[1]。传统的治疗通常包括使用骨移植, 但这种传统的方法有局限性, 包括供体部位发病率、供应有限、潜在的疾病传播和不同的吸收率[2]。这些挑战推动了对骨愈合和再生的替代材料和方法的探索。

近年来, 骨移植材料有了显著的多样化, 包括自体移植物、同种异体移植物、异种移植物和合成移植物[1]。其中, BioOss® [3]是一种脱蛋白牛骨矿物质, 因其骨传导性能和生物相容性而脱颖而出, 成为广泛接受的选择[4] [5]。尽管具有优势, 但我们仍然在积极探索对于不仅能提供支架, 还能积极诱导骨形成的材料。

骨再生领域的新兴技术越来越关注生物活性物质与支架材料的整合。从患者自身血液中提取的浓缩生长因子(CGF)在这一领域显示出了希望。CGF中含有丰富的生长因子, 包括PDGF、TGF- $\beta$ 、VEGF和IGF, 这些因子在骨愈合和再生中起着关键作用[6]。最近的研究强调了CGF在增强成骨活性和加速愈合

过程方面的潜力, 这一点得到了支持[7] [8]。

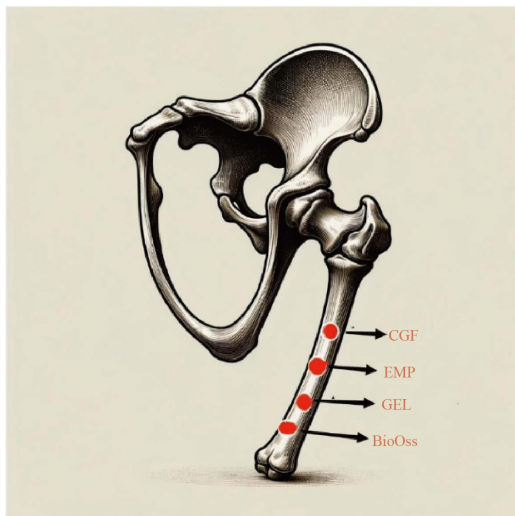
目前的研究旨在比较 CGF 在明胶海绵支架上与 BioOss® 治疗骨缺损的疗效。该假设认为, 与 BioOss® 相比, 用 CGF 浸渍的明胶海绵[9]在骨愈合方面可能提供相当或更好的结果。这项研究具有重要意义, 因为它探索了再生医学的新途径, 可能为治疗骨缺损提供更有效和对患者友好的选择。

本研究的实验设计涉及 8 只健康的一岁雄性白兔, 在股骨中制造了四个相同的圆柱形骨缺损。这些缺损用不同的材料处理: CGF 结合明胶海绵、未经处理的对照缺损、仅用明胶海绵填充的缺损和用 BioOss 填充的缺损。通过影像学和组织学评估的综合分析, 本研究旨在更深入地了解 CGF 在骨再生中的有效性, 从而可能影响该领域未来的治疗方法。

## 2. 方法与材料

### 2.1. 实验设计

采用改良后的实验设计, 选用 8 只 1 岁健康雄性白兔, 体重约 8 kg。重点在股骨中制造和治疗四个相同的圆柱形骨缺损。四种不同治疗方式采用随机分配法分配至四个骨缺损位置, 具体分配过程通过随机数字表法实现: 先将四个骨缺损位置(按股骨近心端至远心端依次编号为 1~4)与四种治疗方式分别对应, 再通过随机数字表生成随机序列, 确定每种治疗方式对应的具体缺损位置, 且每只实验兔的缺损位置分配均独立进行, 确保随机性和均衡性。每个缺损的治疗方法不同, 具体如下: 第一个缺损是用饱和了浓缩生长因子(CGF)的明胶海绵填充; 第二个缺损作为对照, 留空; 第三个缺损只填充了明胶海绵; 第四个缺损接受外源性骨移植(BioOss)。该设计旨在评估不同材料和条件在骨愈合和再生方面的比较功效(见图 1)。



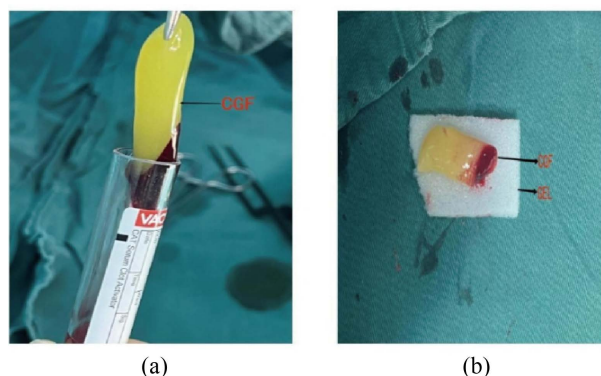
**Figure 1.** Schematic diagram of bone defect modeling (CGF: Concentrated Growth Factor group; EMP: Empty vector control group; GEL: Composite gel group; BioOss: BioOss bone powder group)

**图 1.** 骨缺损造模示意图(CGF: 浓缩生长因子组; EMP: 空载体对照组; GEL: 复合凝胶组; BioOss: BioOss 骨粉组)

### 2.2. CGF 制备

CGF 于全麻前 15 分钟制备。共抽取外周静脉血 18 mL, 分两支不加抗凝剂的试管。准备两根试管用于临床骨腔填充手术。将血液以不同速度离心 13 分钟, 分离成三层。提取位于中间层的 CGF 凝胶, 下层丢弃(见图 2)。为明确 CGF 中发挥成骨作用的关键成分, 本研究对制备的 CGF 凝胶进行了成分分析,

采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测其中关键成骨相关生长因子浓度, 包括血小板衍生生长因子 BB (PDGF-BB)、转化生长因子- $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1)、胰岛素样生长因子-1 (IGF-1)的浓度、血管内皮生长因子(VEGF)以及碱性成纤维细胞生长因子(bFGF)。



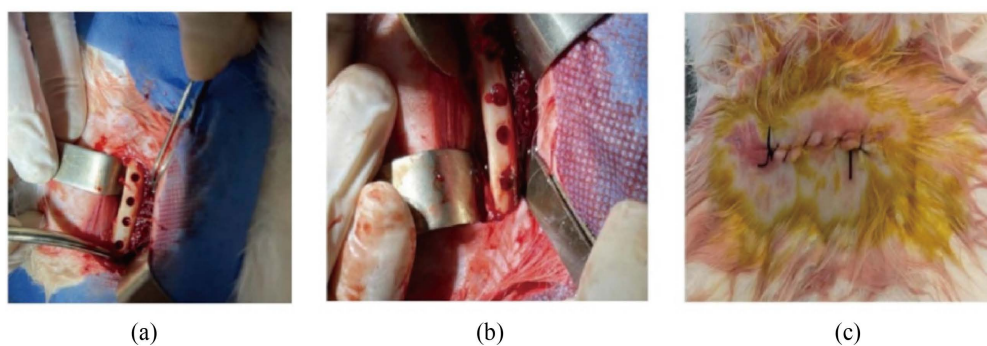
(a) 静脉血离心后分层, 示中间层白色凝胶状 CGF 成分;  
(b) 分离提取的 CGF 凝胶成品。

**Figure 2.** Preparation and isolation of concentrated growth factor (CGF)

**图 2.** 浓缩生长因子(CGF)的制备与分离结果

### 2.3. 手术过程

兔在手术前进行了 16 天的适应期。手术过程中, 将兔仰卧于手术台上, 四肢固定, 耳缘静脉注射 0.1% 的戊巴比妥钠(40 mg/kg)麻醉。大腿周围手术部位剃毛并用聚维酮碘消毒, 并放置无菌纱布。切开皮肤和肌肉, 进入骨骼和骨膜。在股骨上钻四个均匀间隔的圆柱形骨孔, 每个直径和长度为 6 毫米的缺损, 钻取完成后, 根据术前通过随机数字表确定的分配方案, 对应将不同治疗材料填充至四个缺损区, 然后根据实验设计进行填充(见图 3)。



(a) 股骨暴露及骨缺损制备; (b) 骨缺损区材料填充; (c) 切口缝合与包扎。

**Figure 3.** Establishment and surgical procedure of rabbit femoral bone defect model

**图 3.** 兔股骨骨缺损模型建立及手术过程

术后缝合切口, 给予抗生素预防感染。创面用纱布包扎, 1 周后拆除缝线。术后护理和监测: 在整个研究过程中, 兔保持软性饮食, 每天观察有无临床异常。每两周记录一次体重。X 线摄影观察: 分别在术后即刻(T0)、术后 1 个月(T1)、术后 2 个月(T2)不同时间间隔拍摄 3 张简单 X 线片。采用口腔锥束 CT (CBCT)

进行评估; 由两名经验丰富的放射科医生以双盲方式进行复查。骨密度以亨斯菲尔德单位(HU)测量。

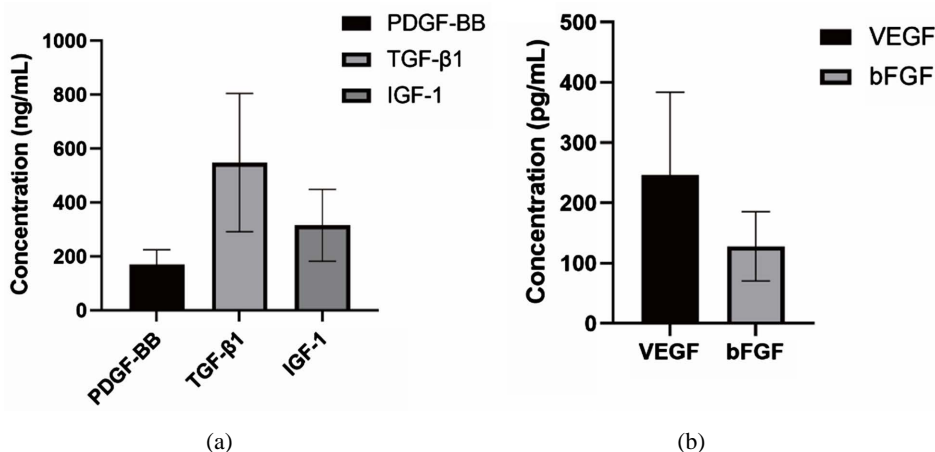
## 2.4. 组织学评价

术后 2 个月, 对兔子实施安乐死, 并使用环钻针收集组织活检。将样本保存在福尔马林中并处理以进行组织学检查。切片用苏木精 - 伊红染色, 并拍摄组织学照片以量化每个组中钙化面积的百分比。

## 3. 结果

### 3.1. ELISA 检测关键生长因子浓度

采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测 8 个 CGF 凝胶样本中关键成骨相关生长因子的浓度, 结果显示均有较高水平表达, 其中 PDGF-BB 浓度为  $170.10 \pm 54.09$  ng/mL, TGF- $\beta$ 1 浓度为  $547.89 \pm 256.50$  ng/mL, IGF-1 浓度为  $315.42 \pm 133.30$  ng/mL, VEGF 浓度为  $246.14 \pm 137.85$  pg/mL, bFGF 浓度为  $127.86 \pm 57.56$  pg/mL, 提示 CGF 富含多种参与骨再生与组织修复的关键生长因子, 可为骨缺损修复提供良好的生物学微环境(见图 4)。



(a) PDGF-BB、TGF- $\beta$ 1、IGF-1 的浓度(ng/mL); (b) VEGF、bFGF 的浓度(pg/mL)。数据以均数  $\pm$  标准差表示(n = 8)。

**Figure 4.** Detection of key osteogenic growth factor concentrations in CGF gel by ELISA  
**图 4.** ELISA 检测 CGF 凝胶中关键成骨相关生长因子的浓度

### 3.2. 放射学评价

本研究在术后三个不同的时间间隔使用口腔锥形束计算机断层扫描(CBCT)进行了全面的放射学分析: 术后立即(T0), 术后一个月(T1), 和术后 2 个月(T2), 结果如下(见图 5):

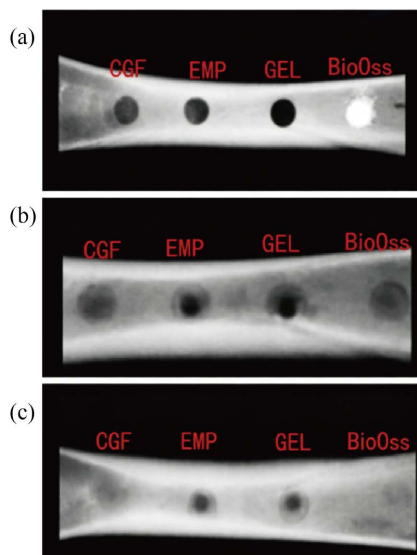
术后 1 个月: CGF 组: 平均骨密度为 249.33 亨斯菲尔德单位(HU), Emp 组: 骨密度增加至 121.33 HU, 凝胶组: 平均骨密度 131.66 HU, BioOss 组: 平均骨密度与 CGF 组相当, 为 250.66 HU。

术后 2 个月: CGF 组: 平均骨密度显著升高至 370.18 HU, Emp 组: 平均骨密度适度升高至 144.66 HU, 平均凝胶组: 骨密度增加至 150.33 HU, BioOss 组: 骨密度略有增加至 369.33 HU, 几乎与 CGF 组相同。

这些结果表明, 与 Emp 和凝胶组相比, CGF 组表现出更好的骨愈合。值得注意的是, CGF 组的结果与 BioOss 组相当, 表明在骨愈合方面具有相似的功效(见图 6)。

### 3.3. 组织学评价

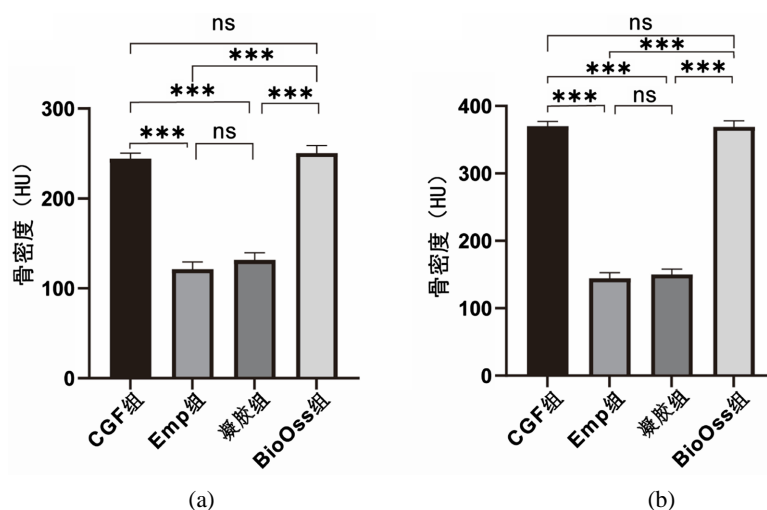
对术后 2 个月采集的组织活检进行组织学检查。量化各治疗组钙化区矿化百分比, 结果显示: CGF 孔: 平均矿化率 88.18%, 表明骨形成稳健, Emp 孔: 平均矿化度 66.55%, 凝胶孔: 平均矿化 68.08%, BioOss 孔: 平均矿化率 87.53%, 与 CGF 组的结果非常接近。这些组织学结果证实了放射学数据, 显示 CGF 组矿化增强, 明显高于 Emp 和凝胶组, 并与 BioOss 组相当(见图 7)。



(a) 术后即刻(T0); (b): 术后 1 个月(T1); (c) 术后 2 个月(T2)。

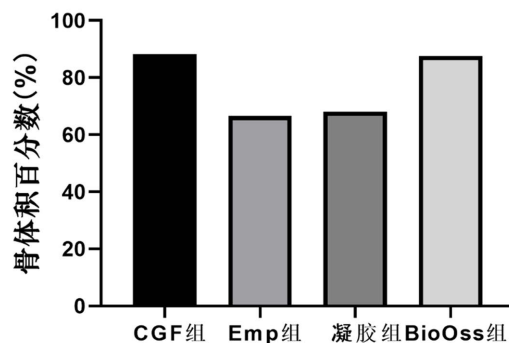
**Figure 5.** CBCT images of bone defect areas in each group at different time points

**图 5.** 不同时间点各组骨缺损区的 CBCT 影像



(a) 术后 1 个月各组骨密度(HU); (b) 术后 2 个月各组骨密度(HU)。与 Emp 组和凝胶组相比, CGF 组及 BioOss 组骨密度显著升高(\*\* $P < 0.001$ ); CGF 组与 BioOss 组骨密度无显著差异( $ns, P > 0.05$ ), 提示两者在骨愈合方面具有相似的促进效果。

**Figure 6.** Comparison of bone mineral density (BMD) in each group at different time points after operation  
**图 6.** 术后不同时间点各组骨密度比较



注: CGF 组为浓缩生长因子组, Emp 组为空载体对照组, 凝胶组为复合凝胶组, BioOss 组为 BioOss 骨粉组。

**Figure 7.** Comparison of bone volume fraction among each group (n = X)  
**图 7.** 各组骨体积百分数对比(n = X)

## 4. 讨论

这项研究的结果强调了骨再生领域的重大进展,特别是在用新兴生物材料治疗骨缺损的背景下。浓缩生长因子(CGF)在明胶海绵支架和异种移植植物 BioOss®上的效果的比较已经产生了证实性和启发性的发现。

### 4.1. CGF 凝胶成分分析

本研究通过 ELISA 检测证实, CGF 凝胶中 PDGF-BB、TGF- $\beta$ 1、IGF-1、VEGF 及 bFGF 等关键成骨相关生长因子均呈高水平表达,其中 TGF- $\beta$ 1 浓度最高( $547.89 \pm 256.50$  ng/mL),提示其在骨修复中可能发挥核心作用。这些生长因子通过协同作用调控骨再生过程: TGF- $\beta$ 1 可促进间充质干细胞增殖与分化, PDGF-BB 与 VEGF 能加速血管生成与组织重塑, IGF-1 和 bFGF 则进一步增强成骨细胞活性及 extracellular matrix 合成[8]。本结果与既往研究一致,表明 CGF 凝胶可通过持续释放多种生物活性因子,构建利于骨缺损修复的生物学微环境,为其在口腔颌骨修复等临床场景的应用提供了实验依据。

### 4.2. 放射学分析

放射学数据表明,与 Emp 和凝胶组相比, CGF 治疗的缺损骨密度更高,这与 CGF 促进骨再生的假设一致。这可能是由于 CGF 中存在能够刺激成骨的生长因子。CGF 组和 BioOss 组在术后 1 个月和 2 个月平均骨密度的相似性是一个关键的发现。它不仅证明了 CGF 的有效性,而且还将其定位为 BioOss (一种成熟的植骨材料)的可比替代品。在我们的研究中观察到的 X 线结果显示, CGF 治疗的缺损具有较高的骨密度,这与最近再生医学的发现相一致。例如, Zeng 等人[9]的一项研究指出,应用富含生长因子的生物材料可以类似地增强骨愈合。CGF 和 BioOss®组之间骨密度的均等与 Sun 等人[6]的研究结果相呼应。

### 4.3. 组织学相关性

组织学上, CGF 组矿化平均面积百分比的增加表明骨形成更成熟。这方面特别值得注意,因为它提供了微观水平的 X 线检查结果的证实。CGF 组的高矿化程度表明骨再生质量高,不仅在数量上,而且在结构完整性上,我们研究的组织学检查,突出了 CGF 组矿化增加。这在 Fang 等人[10]的研究中得到了证实,他们对 CGF 成骨诱导特性的研究表明,骨基质形成增强,与我们对高质量骨再生的观察一致。Cheng 等人[11]同样证实了 CGF 在骨缺损愈合上的优良效果。这种相关性强调了微观结构完整性在评估骨再生方法功效方面的重要性。

单独使用明胶海绵(凝胶组)骨再生能力有限, 而与 CGF (CGF 组)联合使用明胶海绵可显著促进骨愈合。这表明明胶海绵有效地充当了 CGF 的支架, 促进了生长因子的局部释放和作用。它突出了支架在再生治疗中的重要的作用的重要性, 不仅仅是作为一种被动结构, 而是作为愈合过程的积极参与者。我们关于明胶海绵支架在增强 CGF 功效方面的作用的发现得到了 Li 等人[12]的研究的支持, 他们证明了将支架与生物活性剂结合在一起对骨愈合的益处。明胶海绵作为 CGF 的有效载体, 促进生长因子的局部作用的能力, 强调了支架设计的一个关键原则 - 结构和生物活性之间的协同作用。

CGF 和 BioOss 在促进骨再生方面的疗效相当, 具有很高的临床意义。BioOss 是一种以其骨传导特性而闻名的异种移植体, 它与 CGF (一种更具生物活性的材料)的比较, 为植骨选择开辟了新的前景。鉴于再生医学中对更具生物相容性和患者特异性治疗方式的需求日益增长, 这种比较尤其相关。在我们的研究中, CGF 与 BioOss®的比较增加了越来越多的文献, 这些文献寻求在骨再生的生物活性和骨传导材料之间取得平衡。最近的一项比较研究[6]也强调了使用生物活性材料与传统移植体(如 BioOss®)一起或作为替代的趋势。

#### 4.4. 临床意义及未来方向

本研究结果对临床实践有重要意义。来源于患者自身血液的 CGF 提供了一种个性化的骨再生方法, 潜在地降低了免疫排斥和疾病传播的风险。此外, 制备 CGF 的简易性及其与明胶海绵支架的结合使其成为各种临床场景的实用和多功能选择。考虑到我们研究结果的临床意义, 很明显, CGF 具有患者特异性成分, 为个性化再生治疗提供了一条有希望的途径。这与 Braig 倡导的个性化医疗方法一致, 强调针对患者个体需求量身定制治疗[13]。然而, 正如 Palermo [14]所建议的那样, 为了在临床环境中确定 CGF 的长期疗效和安全性, 进一步研究涉及不同患者人口统计学和更长的随访期是必不可少的。

#### 4.5. 对未来研究的考虑

虽然这项研究为 CGF 在骨再生中的功效提供了令人信服的证据, 但它也为未来的研究开辟了一些途径。需要进行长期研究来评估再生骨的稳定性和耐久性。此外, 涉及不同缺损大小和位置的研究, 以及在更大的动物模型或人体临床试验中进行的试验, 将为 CGF 在骨再生中的有效性和适用性提供更全面的数据。

#### 4.6. 潜在局限性

该研究并非没有其局限性。使用单一动物模型, 虽然提供了一个可控的比较环境, 但可能无法完全捕捉到人类骨愈合的复杂性。此外, 研究持续时间相对较短, 限制了对治疗长期效果的评估。

### 5. 结论

本研究探讨了浓缩生长因子(CGf)复合明胶海绵支架对兔骨缺损的修复效果, ELISA 检测证实 CGF 富含多种关键成骨生长因子, 可构建利于骨修复的生物学微环境; 放射学及组织学结果显示, CGF 组骨密度、矿化质量显著优于 Emp 组和凝胶组, 且与 BioOss 组疗效相当, 明胶海绵支架可有效承载 CGF 并促进其作用发挥。CGF 源于自身、生物相容性高且制备简便, 为临床骨修复提供了新选择, 同时本研究存在单一动物模型、研究周期短的局限, 未来需通过长期研究及临床试验进一步明确其临床价值与适用范围。

#### 伦理审批与知情同意

本研究获得安徽医科大学第二附属医院伦理委员会批准(审批号: YX2025-003)。

## 基金项目

安徽省高校自然科学基金重点项目(编号: 2022AH050776)。

## 参考文献

- [1] Chen, X., Wu, T., Bu, Y., Yan, H. and Lin, Q. (2024) Fabrication and Biomedical Application of Alginate Composite Hydrogels in Bone Tissue Engineering: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, Article 7810. <https://doi.org/10.3390/ijms25147810>
- [2] Wang, J., Liu, M., Yang, C., Pan, Y., Ji, S., Han, N., et al. (2024) Biomaterials for Bone Defect Repair: Types, Mechanisms and Effects. *The International Journal of Artificial Organs*, **47**, 75-84. <https://doi.org/10.1177/03913988231218884>
- [3] Zhang, J. and Xu, B. (2023) A Prediction Model for the Efficacy of Midface Augmentation with Bio-Oss Bone Powder. *Asian Journal of Surgery*, **46**, 5362-5364. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.08.014>
- [4] Gil, L.F., Nayak, V.V., Benalcázar Jalkh, E.B., Tovar, N., Chiu, K., Salas, J.C., et al. (2022) Laddec® versus Bio-Oss®: The Effect on the Healing of Critical-Sized Defect—Calvaria Rabbit Model. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, **110**, 2744-2750. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35125>
- [5] van Oirschot, B.A.J.A., Geven, E.J.W., Mikos, A.G., van den Beucken, J.J.J.P. and Jansen, J.A. (2022) A Mini-Pig Mandibular Defect Model for Evaluation of Craniomaxillofacial Bone Regeneration. *Tissue Engineering Part C: Methods*, **28**, 193-201. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2022.0012>
- [6] Sun, S., Xu, X., Zhang, Z., Zhang, Y., Wei, W., Guo, K., et al. (2023) A Novel Concentrated Growth Factor (CGF) and Bio-Oss Based Strategy for Second Molar Protection after Impacted Mandibular Third Molar Extraction: A Randomized Controlled Clinical Study. *BMC Oral Health*, **23**, Article No. 750. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03411-2>
- [7] Arıcan, G., Özmeriç, A., Fırat, A., Kaymaz, F., Ocak, M., Çelik, H.H., et al. (2020) Micro-CT Findings of Concentrated Growth Factors (CGF) on Bone Healing in Masquelet's Technique—An Experimental Study in Rabbits. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **142**, 83-90. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03596-z>
- [8] Mao, Y., Hu, M., Chen, L., Chen, X., Liu, M., Zhang, M., et al. (2022) CGF-HLC-I Repaired the Bone Defect Repair of the Rabbits Mandible through Tight Junction Pathway. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **10**, Article 976499. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.976499>
- [9] Zeng, X., Wei, Q., Ye, J., Rao, J., Zheng, M., Ma, Y., et al. (2023) A Biocompatible Gelatin Sponge Scaffold Confers Robust Tissue Remodeling after Spinal Cord Injury in a Non-Human Primate Model. *Biomaterials*, **299**, Article ID: 122161. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2023.122161>
- [10] Fang, D., Li, D., Li, C., Yang, W., Xiao, F. and Long, Z. (2022) Efficacy and Safety of Concentrated Growth Factor Fibrin on the Extraction of Mandibular Third Molars: A Prospective, Randomized, Double-Blind Controlled Clinical Study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **80**, 700-708. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2021.10.005>
- [11] Cheng, J., Cheng, L., Kong, L., Qiu, W. and Zhuang, R. (2023) Clinical Observation of Porcine Collagen Membrane + Artificial Bovine Bone Granules Guided Tissue Regeneration Combined with Autologous CGF in the Treatment of Severe Periodontitis Bone Defect. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, **39**, 710-714. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.3.6899>
- [12] Li, H., Zhang, X., Ameer, K.A., Zhang, X., Du, W., Mei, S., et al. (2023) Clinical Observation of Concentrated Growth Factor (CGF) Combined with Iliac Cancellous Bone and Composite Bone Material Graft on Postoperative Osteogenesis and Inflammation in the Repair of Extensive Mandibular Defects. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, **124**, Article ID: 101472. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2023.101472>
- [13] Liu, Y., Wu, G., Feng, L., Li, J., Xia, Y., Guo, W., et al. (2025) Harnessing Antioxidants in Cancer Therapy: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Antioxidants*, **14**, Article 674. <https://doi.org/10.3390/antiox14060674>
- [14] Palermo, A., Giannotti, L., Di Chiara Stanca, B., Ferrante, F., Gnoni, A., Nitti, P., et al. (2022) Use of CGF in Oral and Implant Surgery: From Laboratory Evidence to Clinical Evaluation. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 15164. <https://doi.org/10.3390/ijms232315164>