

口腔种植领域中黏性骨的不同组成及制作研究现状

程安琪^{1,2}, 孟锦文², 薛子轩², 靳 勇^{1,2*}

¹内蒙古医科大学通辽临床医学院, 内蒙古 通辽

²通辽市人民医院口腔科, 内蒙古 通辽

收稿日期: 2026年5月29日; 录用日期: 2026年6月23日; 发布日期: 2026年7月1日

摘 要

黏性骨是由自体血液离心后提取的血小板浓缩物与颗粒状骨移植材料混合制备而成的面团样骨移植植物, 具有良好的可塑性和稳定性, 可以适应各种类型的骨缺损形态, 并在植入后保持空间上的稳定性; 黏性骨同时兼顾血小板浓缩物带来的刺激骨再生的优势作用以及颗粒状骨材料带来的支架作用; 目前, 黏性骨已逐渐应用于口腔种植领域, 并取得了积极的成骨效果。本文阐述了黏性骨的组成材料、不同组成及制备方式, 旨在提供全面的黏性骨构成及制作指南, 为临床工作提供便捷。

关键词

黏性骨, CGF, PRF, PRP, 植骨材料

Current Research Status of Different Compositions and Fabrication Methods of Sticky Bone in the Field of Oral Implantology

Anqi Cheng^{1,2}, Jinwen Meng², Zixuan Xue², Yong Jin^{1,2*}

¹Tongliao Clinical Medical College of Inner Mongolia Medical University, Tongliao Inner Mongolia

²Department of Stomatology, Tongliao People's Hospital, Tongliao Inner Mongolia

Received: May 29, 2026; accepted: June 23, 2026; published: July 1, 2026

*通讯作者。

文章引用: 程安琪, 孟锦文, 薛子轩, 靳勇. 口腔种植领域中黏性骨的不同组成及制作研究现状[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 171-180. DOI: 10.12677/acm.2026.1672511

Abstract

Sticky bone is a dough-like bone graft prepared by mixing platelet concentrates extracted from autologous blood centrifugation with granular bone graft materials. It exhibits excellent plasticity and stability, can conform to the morphology of various types of bone defects, and maintains spatial stability after implantation. Sticky bone simultaneously combines the advantageous bone regeneration-stimulating effects of platelet concentrates with the scaffold function provided by granular bone materials. At present, sticky bone has been increasingly applied in the field of oral implantology and has achieved favorable osteogenic outcomes. This article reviews the constituent materials, different compositions and preparation methods of sticky bone, aiming to provide a comprehensive guide to the composition and fabrication of sticky bone and facilitate clinical practice.

Keywords

Sticky Bone, CGF, PRF, PRP, Bone Graft Materials

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. 引言

口腔种植领域在种植体植入时常面临骨量不足的问题，常需要通过骨增量技术来提升种植区域的骨质量。目前，常用的骨移植材料主要有自体骨、同种异体骨、异种骨及人工合成骨，每种材料都有各自的优缺点[1][2]。Sohn 等人[3]的团队于 2010 年首次提出了“黏性骨”(sticky bone)这一概念，并将其定义为“被包裹在纤维蛋白网络中的生物固化的骨移植植物”。在口腔医学领域中，黏性骨一般指由血小板浓缩物与一定质量的骨增量材料(常用低替代率的颗粒状骨移植材料)混合制备而成，具有一定生物活性和可塑性的凝胶团块状骨移植植物，也被称为血浆基质骨块[4]。血小板浓缩物的研究大致经历了富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)，富血小板纤维蛋白(platelet-rich fibrin, PRF)，浓缩生长因子(concentrated growth factors, CGF)三个阶段，构成了丰富多样的血小板制品。而颗粒骨作为黏性骨组成的重要物质，其种类也数量繁多，因而其与血小板制品组合后构成了不同组合的黏性骨，其制备方式各有不同，目前没有对各种黏性骨制备方法的整体论述，本文将对不同组合的黏性骨的制作方式进行系统性的综述，旨在提供具体的黏性骨制备方式，方便科研人员及临床工作人员能够方便找到适合使用的黏性骨及其制备方法。

2. 植骨材料

2.1. 自体来源骨组织

自体骨是目前临床骨缺损修复的首选材料。多数的作者认为自体骨是植骨的“金标准”。自体骨具有活性成骨细胞及起诱导成骨作用的骨形态发生蛋白。常使用的自体骨材料为自体髂骨，其红骨髓可提供大量成骨细胞，能有效地刺激新骨的生成及与移植骨的融合。同时自体骨还具有疗效好、易操作、成骨速度快、理想的生物相容性、排斥反应较低，无传播疾病的优点。然而，自体骨也存在供给量有限、易萎缩、手术风险、额外失血及供骨容易引发炎症、手术过程中患者较为痛苦等临床局限性[5]。因此，近

些年来,来源于自体成分的自体牙本质逐渐展现出其优越性。牙本质作为骨替代材料具有巨大潜力,因其有远高于其他骨衍生物的矿物质含量。研究表明,牙本质与骨组织均来自神经嵴细胞,且组成成分非常接近:70%为无机成分,20%为有机成分,其余10%主要为水。羟基磷灰石和胶原蛋白是尤为重要的组成元素。牙本质还含有多种生长因子,如骨形态发生蛋白-2 (BMP-2)和转化生长因子 β (TGF- β)。牙本质小管经脱矿处理后变粗,暴露出丰富的胶原纤维网,可释放蛋白质并促进成骨细胞活化及血管分化,加速新骨形成[6]。I型胶原占牙本质中有机物含量的90%,是生长因子的优良载体,能够发挥良好的支架作用,同时促进血管内皮生长因子表达,有利于骨修复,其具有采骨方便、创伤小、避免异种骨及人工骨材料造成的炎症、过敏等不良反应、成功率及安全性较高的优点。牙本质颗粒作为生物支架材料具备骨诱导、骨传导、生物相容性良好等优势,因此已逐渐应用于临床[7]。

2.2. 同种异体骨

同种异体骨是指在无菌环境下从骨库捐赠者身上获取的骨组织,消毒灭菌处理后用于临床。目前有多种类型的同种异体骨移植可供使用,如冻干同种异体骨(FDBA)、脱矿冻干同种异体骨(DFDBA)和新鲜冷冻同种异体骨(FFBA)、深低温冷冻同种异体骨(深冻骨)等[8]。FDBA通过融合或修复(爬行替代)并形成结缔组织区域,即可在患者的受植部位实现血管再生。DFDBA主要由胶原蛋白组成,但也包含其他蛋白质,如骨形态发生蛋白和具有骨诱导性的骨成分,此外,还存在其他生长因子,如血小板衍生生长因子和转化生长因子。深冻骨在低温冷冻和辐照处理后立即储存于-80℃环境中备用,其保留了良好的骨强度、骨传导以及骨诱导性[9]。深冻骨利用低温辐照技术,能够有效杀灭病原体,同时减少对成骨细胞的损伤,其骨整合能力有大幅提升[10]。同种异体骨在生物相容性、骨愈合效果及空间维持能力等方面相较于其他骨替代材料具有明显优势,显示出其在未来骨移植中的巨大发展前景。

2.3. 异种骨

异种骨是哺乳动物的骨,经过处理后去除了其有机成分,消除其免疫原性,保留了其无机结构,是目前应用较广泛的骨替代材料。随着技术的发展,异种骨移植取得了重要进展,但由于异种骨具有与人类不同的抗原,其必须进行人工处理后才能进行使用,以此来避免骨粉移植后人体出现免疫排斥反应。此外,异种骨存在潜在的致病性和相关伦理问题。经过处理后的异种骨虽然可以保留一部分与骨诱导相关的生物力学特性,但诱导干细胞分化和增殖的能力在处理中消失[11]。常用的异种骨支架有脱钙骨基质(DBM)(去无机质支架)和煅烧骨(去有机质支架),分别保留了骨的有机成分和无机成分。其具有类似于自体骨的天然空隙,该结构可有效促进细胞黏附、血管新生及组织长入,进而推动新生骨组织的形成,是理想的骨缺损修复材料[12]。DBM亲水性欠佳但降解性优良,脱钙处理后内源性BMP-2充分暴露,成骨诱导活性优异;煅烧骨亲水性好但降解缓慢,高温致活性成分失活,却因天然多孔结构拥有良好骨传导作用,可提供有利于成骨的微环境。两种骨支架均无免疫原性,骨缺损修复效果佳,应用潜力较高。

2.4. 人工合成材料

人工骨是人工合成的骨替代物,通过植入骨缺损区域来实现骨修复。人工骨具有无限供应、易于加工、方便储存等优点。但人工骨不具备骨组织所特有的骨诱导性,因此这些材料应用于临床的关键在于他们本身的多孔结构,其作为骨传导支架,可增加成骨细胞在骨缺损区域的黏附和增殖,从而促进新骨的生长[13]。生物陶瓷作为无机非金属材料代表之一,其具有良好的生物相容性、充足的生物力学作用、对宿主几乎不造成毒性以及影像学成像等优点,但其也存在脆性大、抗扭转能力差等缺点。羟基磷灰石(HA)、 β -磷酸三钙(β -TCP)、磷酸钙等耐磨性高、弹性模量大,但其断裂韧性较低。其中 β -TCP因良好的

生物相容性、骨引导性和生物降解性,成为常见骨组织工程支架材料。骨形态发生蛋白-2 (BMP-2)可诱导相关细胞向骨及软骨细胞分化,在骨缺损修复中作用关键[14]。Lee 等研究结果表明氧化锆增韧氧化铝、氮化硅和表面变形氮化硅这三种全新的陶瓷材料在增强成骨活性的同时抑制了骨吸收,同时具有低炎症反应的优点[15]。天然高分子聚合物如胶原、壳聚糖、海藻酸钠等,具有低免疫原性、高生物活性,能与宿主组织产生良好生物学反应,但单独植骨时生物降解速率不可控、支架稳定性差。聚乳酸、聚乙交酯、聚己内酯等合成高分子聚合物虽然生物降解速率可控、易加工塑形、支架稳定性好,却存在骨结合力不牢固的缺陷[16]。纳米晶胶原基骨修复材料(nHAC), nHAC 是一种新型纳米复合骨材料,具有良好的生物相容性、骨传导性、骨诱导性以及骨整合性,同时还具备合适的物理和化学性质,如硬度、良好的抗压能力、足够的韧性以及与人体骨近似的弹性模量[17]。金属材料也是重要的人工植骨材料,钛合金笼(TMC)有着高强度、高可塑性、高韧性、耐腐蚀、低免疫排斥和可供细胞攀附生长等特点,但其容易出现下沉、骨融合失败或细菌感染、影像学成像干扰等问题;钽金属因其超高的孔隙率(75%~80%)加速了细胞生长,限制了内植物的下沉,具有明确的抗菌性;医用不锈钢的弹性模量与人体松质骨不匹配,可能导致患者骨融合失败,围手术期感染及金属微粒的毒副作用。镁金属的主要缺陷在于植入人体后过早被降解而导致再骨折风险增加[18]。

3. 血小板浓缩物

3.1. 富血小板血浆(PRP)

PRP 是第 1 代由自体血液提取制备的血小板凝胶,是一种通过多次离心分离全血获得的自身衍生物,使用时需要将获得的浓缩血浆重新悬浮以获得适当浓度,因其独特的生物学特性而受到广泛关注。PRP 通过释放血小板中储存的多种生物活性因子,包括血小板衍生生长因子(PDGF)、转化生长因子 β (TGF- β)、血管内皮生长因子(VEGF)、表皮生长因子(EGF)和粘连分子,刺激组织修复并加速慢性伤口愈合过程[19]。这些因素协同作用,调控炎症反应,促进血管生成,并促进细胞外基质重建。在骨再生过程中,PRP 可以促进骨髓间充质干细胞(BMSC)的增殖和骨发生性分化,诱导 H 型血管生成,并促进血管化骨骼的再生。PRP 释放的生长因子可以促进软骨细胞和肌腱细胞再生,诱发短暂的炎症反应[20]其在多个学科的临床应用归因于三大优势:自身起源消除免疫原风险、具成本效益的治疗特性,以及由血小板衍生物活性分子介导的多因素组织修复能力[21]。

3.2. 富血小板纤维蛋白(PRF)

PRF 是第二代通过自体血液制得的血小板浓缩物。它由富血小板血浆(PRP)进一步发展而来,其优势在于纤维蛋白浓度较 PRP 度显著升高,约为 PRP 所包含的生理浓度的十倍,且制备 PRF 不添加抗凝辅助剂,避免了外源性物质的加入,有更好的生物相容性。PRF 的另一个优势在于其能够形成纤维蛋白基质,该基质可使生长因子逐步释放[22]-[24]。自 2000 年代初 Choukroun 开发出快速离心 L-PRF 后,又进一步研发了先进 PRF (A-PRF) [25]。此外,文献中还出现了多种 PRF 变体,根据制备方式可分为水平富血小板纤维蛋白(H-PRF),可注射型纤维蛋白(I-PRF) [26]。采集方法以及所用试管类型也会影响最终产品。如浓缩 PRF (C-PRF)虽然采用与原始 L-PRF 相似的制备方案,但其独特之处在于一种特殊的采集技术:直接在红细胞上方收集白细胞层。同样,钛 PRF (T-PRF)所使用的离心参数与原始 L-PRF 相近,但特别选用钛制试管进行制备。这一独特的工艺旨在增强血小板的激活作用,从而形成高度有序的白细胞基质[27] [28]。I-PRF 的制备方法因离心时间、离心速度、离心设备以及样本采集部位的不同而有所差异。PRF 不仅可以释放生长因子助力骨组织恢复,还能改善骨移植材料的操控性。从离心管中提取的 PRF 可与骨替代材料混合,制成黏性骨粉;也可压制成膜状。用作黏性骨粉时,它可作为生物连接剂,将骨颗粒紧密

连接在一起；而作为膜状材料，则能在愈合过程中为骨移植提供额外保护与稳定，从而实现骨增量的高效效果[29]。

3.3. 浓缩生长因子(CGF)

CGF 是第三代自体血液离心后制得的血小板制品，它由萨科于 2006 年提出。本质上，它是富血小板纤维蛋白(PRF)的升级版，具有更强的纤维蛋白基质，且生长因子和细胞因子的含量更高。CGF 离心处理可释放多种生长因子，如 PDGF (血小板衍生生长因子)、FGF (成纤维细胞生长因子)、骨形态发生蛋白、TGF- β (转化生长因子- β)和 EGF (表皮生长因子)，这些因子对组织恢复至关重要，可以促进胶原蛋白沉积及成熟，并刺激成纤维细胞的增殖和迁移，从而显著促进软组织和硬组织的再生。CGF 与纤维中的矿化胶原结合后，生长因子可连续释放 28 天，出现两个浓度峰值，形成连续生长因子持续释放系统，极大促进组织恢复和再生[30]。CGF 支持多种细胞类型的粘连、增殖、迁移和分化的潜力，包括牙周韧带细胞、顶端干细胞、牙髓细胞和成骨细胞等，这表明 CGF 在口腔伤口愈合和组织再生中发挥着重要作用。CGF 中的干细胞和单核细胞可能会迁移到伤口部位，在损伤处分化成巨噬细胞，从而促进愈合。凭借这些特性，CGF 既是生物屏障，也是生长因子的储藏库，促进浅层和深层软组织伤口的再生[31]。鉴于 CGF 通过提供多种生长因子在骨骼再生中的关键作用，CGF 与其他移植材料的结合在骨再生领域引起了越来越多的关注[32]。

4. 黏性骨发挥作用的细胞与分子机制

黏性骨的生物学效应可概括为“支架稳定 + 因子调控”。PRF、CGF 或激活 PRP 形成的纤维蛋白网络把松散骨粉包裹成团块，减少颗粒移位，同时提供类似早期血凝块的三维支架，利于间充质干细胞、成骨前体细胞和血管内皮细胞黏附、迁移。血小板浓缩物持续释放 PDGF、TGF- β 、VEGF 等因子：PDGF 主要促进细胞趋化和增殖，TGF- β 参与胶原合成、成骨分化及骨改建，VEGF 诱导内皮细胞增殖和新生血管形成。2024 年随机对照研究显示，CGF 联合黏性骨用于前牙区水平骨增量可提高骨体积转化率并减轻术后疼痛[33]；2025 年位点保存研究亦支持 CGF 联合黏性骨对前牙区拔牙后骨量保存具有积极作用[34]。

5. 黏性骨制备及组合

5.1. 以 PRP 为基质制备黏性骨

PRP 需要经过二次离心后进行制备，其制作程序与各学者的研究中各有不同。刘璐[35]等以 3000 r/min 离心 12 min 转移上中层 2 次离心后，重悬底层与中间层得到 PRP，将 PRP 和凝血酶溶液(体积比 10:1)与髂骨松质骨颗粒混合，从而形成黏性骨。周瑛等[36]采用以 1500 r/min 离心 20 min，吸取上部血浆及靠近界面下 3~5 mm 的红细胞，再次以 2000 r/min 离心 10 min，去除上部大部分血浆后，剩余部分即为 PRP，按 9:1 比例加入激活剂(1000 U 牛凝血酶和 10%氯化钙溶 1:10 配置而成)，2 s 后将 PRP 凝胶与同种异体骨粉搅拌混合后即形成黏性骨。杨晶晶等[37]，吴萃等[38]，采用 Anitua's 的方法，制备好 PRP 后按顺序抽取 PRP、氯化钙牛凝血酶与空气混合(6:1:1)，将 PRP 凝胶与 BIO-OSS 材料混匀制备黏性骨。陈铁楼等[39]以 220 × g 离心 15 min 后将最上层和中间层以 980 × g 离心 10 min，丢弃上层 PPP 后得到 PRP，加入激活剂(4:1)混合以激活 PRP 与 BIO-OSS 骨粉混匀，制备黏性骨。钱文慧等[40]将 PRP 与激活剂(生理盐水 100 U/mL 和凝血酶 1:1 混合制成)按 1:1 比例在空气中混合、摇匀，经 6~10 s 后即制成 PRP 凝胶，与羟基磷灰石混合后制备成黏性骨，制备过程中严格无菌操作。PRP 在钙离子和凝血酶的作用下，被活化为自体纤维蛋白凝胶，为新骨生长提供了一个有利于成骨细胞增殖与分化的微环境，从而促进新骨形

成,这与 Weibrich 的实验结果相同[41],证实了在骨粉的支架作用下,PRP 可以诱导和促进骨的再生与增殖,对种植体周围的骨缺损重建具有积极意义。综上,采用 PRP 与自体骨,同种异体骨,异种骨及人工合成材料制备黏性骨均有成熟的制备方法,PRP 凝胶因采用离心机不同,其制备方式也不尽相同,但目前市面上多数品牌的离心机已有既定模式制备 PRP,临床可按照既定模式制备好 PRP 后加入激活剂后制备 PRP 凝胶,随后加入骨粉颗粒制备黏性骨,但总体来说其制备过程较为繁琐且需要加入凝血酶,可能造成外源性感染,在临床使用中已逐渐减少。

5.2. 以 PRF 为基质制备黏性骨

PRF 制备黏性骨根据其不同衍生物有着不同的步骤及程序。Nagrani T 等[42],Kapa PB 等[43]在标准温度(23℃或 73.4°F)采集患者血液于 i-PRF 真空采血管内以转速 700 r/min 女性离心 3 min,男性离心 4 min 后收集 i-PRF,将其与牙本质颗粒或同种异体骨粉混合后静置 5~10 min 后即可制备出黏性骨[44]。杜健伟[45]在研究中以 1500 r/min 离心 14 min 后取中下层之间红黄交界处的细胞层与骨粉混合,或离心 3 min 后得到 i-PRF 与牙本质骨粉混合得到黏性骨。Andrade, C 等[46]以 2700 r/min 离心 12 min 获得 L-PRF 凝块,以 2700 r/min 离心 3 min 制备 i-PRF;随后将 L-PRF 凝块静置 5 分钟压缩成膜后切成小块,并与 300~1200 μm 的牙本质颗粒按 1:1 混合后加入 i-PRF,混合物轻轻搅拌约 10 秒,几分钟后即可得到黏性骨。Stanciugelu IS 等[47]以 800 r/min 离心 12 min 制备 A-PRF;以 350 r/min 离心 10 min 制备 PRP;以 2700 r/min 离心 3 min 制备 i-PRF,以 6:4 的比例混合自体骨碎片与血小板制品制备黏性骨。Csöngé L 等[48]以 375 r/min 离心 10 min 制备 F-PRF 后放置 8 min,以 0.125 克/毫升的 BMG 与血浆比例加入 BMG,在早期凝胶阶段,用镊子夹住膜的边角将其折叠 4~5 次后挤出混合物中液体,这种黏性骨足够致密且均匀,能提供最大的骨黏附能力,且不会形成颗粒团簇。David P 等[49]在室温条件下以 1300 r/min 的转速离心 5 分钟,用于制备液态 i-PRF;按 1 mg 骨移植材料配 10 μL 液态 i-PRF 比例混合制备黏性骨。Park P 等[50],Soni 等[51]以 1300 r/min 离心 8 min 分别获得 A-PRF 及 i-PRF。将 i-PRF 与制备 PRFM 时渗出的渗出液混合,将异种牛骨与这些液体 1:1 的体积比混合 2~3 分钟,从而制成黏性骨。李嘉等[52]以 1300 r/min 变速离心 14 min 获得 PRF 清液后与百奥骨粉混合,随后加入 A-PRF 压膜后得到的萃取液,充分混合 3 min,静置 10 min 后得到黏性骨。Ponte JS 等[53]采用 Castro-Silva II 中用 Oliveira 等人所述的方案[54],以 1500 r/min 离心 10 min,获得 PRF 凝块及其衍生物(栓或膜);以 2700 r/min,离心 3 min 后获取 i-PRF,将 PRF 凝块浸出溶液液与 i-PRF 混合以生成改良富血小板纤维蛋白混合物。随后联合 Boneceramic™ (由 60%羟基磷灰石和 40% β -磷酸三钙组成的双相磷酸钙),混合后即可形成黏性骨[55]。综上,用 PRF 制备黏性骨最简便的方法为以 2700 r/min 或 700 r/min 离心 3 min 制备 I-PRF 后与各类骨粉混合制备黏性骨,该方案仅使用一次离心即刻获得黏性骨,在临床操作中便于实施,且临床上关于其与各类型骨粉混合后制备黏性骨均有成功案例,可保证其成功率,依据目前研究来看人工合成材料联合 PRF 制备的黏性骨在应用效果上不够理想且相关研究较少,不足以提供准确的理论依据,随着未来更多的研究可能会有更进一步的发展及应用。

5.3. 以 CGF 为基质制备黏性骨

目前临床中使用 CGF 制作黏性骨的研究,基本上只有与异种骨 Bioss-Oss 骨粉混合后制备这一种组合,其与自体骨、同种异体骨及人工合成材料混合的研究并未有深入研究,故以下仅有异种骨与 CGF 混合制备黏性骨的方法述评,其总体思路为制备自体纤维蛋白胶及 CGF 后将 AFG 与 CFG 渗出液及异种骨骨粉混合制备黏性骨,其制备差异集中体现于制备 AFG 与 CGF 时的离心速率及具体过程。Xie Y 等[33]在研究中将血液以离心程序:加速 30 秒,2700 r/min 持续 2 min,2400 r/min 持续 4 min,2700 r/min 持续

min, 3000 r/min 持续 3 min, 减速 36 秒后停止。此后, 试管中出现三层: 上层为贫血小板血浆, 中层为富含纤维蛋白的凝胶(含聚集的血小板)和浓缩生长因子(CGFs), 下层为红细胞(RBCs)。将中层的黄色浓缩生长因子凝胶以及其与下层的交界处制成膜并备用。另外抽取静脉血, 以 2400~2700 r/min 的速度离心 2~12 min, 上层即为 AFG。将 AFG 与 Bio-Oss 骨粉混合后加入 CGF 渗出液以促进聚合, 生成红色粘性骨。李天一等[56]的病例展示中则直接使用该离心程序制备 CGF 后将 CGF 液与骨粉按 1:1 比例混匀, 静置 2 min, 即可形成黏性骨。Wei 等[34], 曾千倩等[57]在研究中于术前 15 min, 取 2 支试管(AFG 和 CGF 专用试管)以 2400 r/min 离心 2 min 后停止, 此时仅 AFG 管, 取上层液体即得到 AFG; CGF 试管继续离心 12 min, 取中间层得到 CGF; CGF 放入压膜器中压制成膜; 将获得的 AFG 尽快与 Bio-Oss 骨粉混合, 随后加入 CGF 压膜后得到的萃取液并充分混合, 静置 1 min 后即可得到黏性骨。刘秉尧等[58]在研究中采用 A-PRF、CGF 联合纳米羟基磷灰石材料制备黏性骨, 从患者静脉抽取血液后以 1500 r/min 离心 14 min 后分离中间层 A-PRF, 压制成膜, 存于离心液中备用; 以 3000 r/min 离心 20 min 后分离中层 CGF 凝胶块, 置于器械盒内网眼板上, 密封后静置 10 min; 将纳米羟基磷灰石与 A-PRF、CGF 混合后制备黏性骨。总的来说, 以 CGF 为原料制备的黏性骨其生成过程时间较短, 成功率高, 多项研究结果表明, 使用黏性骨联合 CGF 的引导骨再生(GBR)手术的骨体积转化率大于使用 Bio-Oss 混合生理盐水的传统引导骨再生手术, 这意味着术中植入的更多骨移植成功转化为所需的唇侧骨, 也反映出使用黏性骨联合 CGF 会减少愈合过程中骨移植材料的吸收, 值得在临床中推广使用, 但其与其他骨移植材料混合制备黏性骨的研究在临床中几乎没有涉及, 其临床效果也无从考究, 故后续可对此进行深入研究。

6. 不同临床场景下的组合选择

临床应用可按场景选择组合: 牙槽窝位点保存宜采用自体牙本质或异种骨 + i-PRF/CGF, 并可覆盖 PRF/CGF 膜, 优点是适形性好、利于软组织愈合, 局限为严重感染或骨壁缺损时空间维持不足; 水平骨增量可采用异种骨、同种异体骨或自体骨 + CGF/i-PRF, 轻中度缺损适用, 但大范围非包容性缺损仍需联合胶原膜、钛网等支撑结构; 上颌窦底提升术更适合凝聚性强、吸收较慢的异种骨 + CGF/i-PRF 方案, 以减少骨粉散落并维持窦底空间[33], 但窦黏膜穿孔风险高或剩余骨高度极低时仍需分期处理和膜保护。

7. 结语

综上, 目前临床上不同类型血小板浓缩物与骨材料混合制备黏性骨的方法及效果已总体概括。采用异种骨制备黏性骨的方法及临床研究已趋于成熟, 多种制备方法及与不同种类血小板浓缩物的组合已有比较全面的研究。自体来源骨组织则以自体牙本质最为突出, 其来源较为广泛且不易造成额外损伤, 但其未应用于以 CGF 制备黏性骨的领域。同种异体骨因其伦理原因正逐步在临床中所替代, 其与 CGF 的组合也难以进行深层次的研究。人工合成材料的发展日新月异, 多种合成骨材料已展示出其独特的优势, 但目前针对血小板浓缩物与其制备黏性骨的研究极度缺乏, 且过于陈旧, 今后的研究可倾向于探讨不同种类血小板浓缩物与各种人工合成骨组织制备黏性骨的不同可能性, 探索其临床效果及合适的制备方法, 为临床工作提供更多可能。本文旨在为临床工作者根据不同患者情况及具体医疗环境择优选择合适的黏性骨组合用于临床, 提升患者骨组织恢复的可靠性。在应用中探索出高效简洁的黏性骨制备方案及合理有效的黏性骨组合方案。

参考文献

- [1] Sanz, M., Dahlin, C., Apatzidou, D., Artzi, Z., Bozic, D., Calciolari, E., et al. (2019) Biomaterials and Regenerative Technologies Used in Bone Regeneration in the Craniomaxillofacial Region: Consensus Report of Group 2 of the 15th European Workshop on Periodontology on Bone Regeneration. *Journal of Clinical Periodontology*, 46, 82-91.

- <https://doi.org/10.1111/jcpe.13123>
- [2] Haugen, H.J., Lyngstadaas, S.P., Rossi, F. and Perale, G. (2019) Bone Grafts: Which Is the Ideal Biomaterial? *Journal of Clinical Periodontology*, **46**, 92-102. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13058>
- [3] Sohn, D.S., Huang, B.Z., Kim, J., *et al.* (2015) Utilization of Autologous Concentrated Growth Factors (CGF) Enriched Bone Graft Matrix (Sticky Bone) and CGF-Enriched Fibrin Membrane in Implant Dentistry. *The Journal of Implant & Advanced Clinical Dentistry*, **7**, 11-29.
- [4] 张玉峰, 王宇蓝. 血浆基质在口腔种植水平骨增量中的应用[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(3): 153-159.
- [5] 任世强, 于筱, 马帅, 等. 植骨材料在口腔种植中的应用概况及进展[J]. 材料导报, 2021, 35(S1): 94-99.
- [6] 郭子君, 丁铭, 李雅冬. 自体牙骨移植材料修复牙槽骨缺损的应用效果研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2024, 17(1): 74-79.
- [7] 龚佳明, 张启航, 苟萍, 等. 自体牙本质用于牙槽嵴增量的 Meta 分析[J]. 华西口腔医学杂志, 2022, 40(5): 566-575.
- [8] 唐卿炜, 杨帆. 深冻同种异体骨在口腔颌面骨缺损修复中的应用进展[J]. 口腔医学研究, 2025, 41(9): 750-754.
- [9] Stavropoulos, A., Marcantonio, C.C., de Oliveira, V.X.R., Marcantonio, É. and de Oliveira, G.J.P.L. (2023) Fresh-Frozen Allogeneic Bone Blocks Grafts for Alveolar Ridge Augmentation: Biological and Clinical Aspects. *Periodontology* 2000, **93**, 139-152. <https://doi.org/10.1111/prd.12543>
- [10] Ku, J., Kim, I., Um, I., Kim, B. and Yun, P. (2022) Effect of Gamma Irradiation on the Osteoinductivity of Demineralized Dentin Matrix for Allografts: A Preliminary Study. *Journal of Functional Biomaterials*, **13**, Article 14. <https://doi.org/10.3390/jfb13010014>
- [11] 唐国柯, 文根, 刘彦斌, 等. 骨缺损修复生物材料的研究进展[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(2): 185-192.
- [12] 李矛, 白玉龙, 李森, 等. 两种去抗原异种骨性能评价及修复大鼠颅骨缺损实验研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(10): 1303-1310.
- [13] 田冲, 高博, 于鸿伟, 等. 骨修复材料治疗跟骨骨折的理论研究与技术应用[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(22): 3586-3591.
- [14] 陈凯歌, 陈仁吉, 郭思远, 等. 人工骨材料 β -磷酸三钙在牙槽嵴裂骨缺损修复中的应用[J]. 口腔疾病防治, 2023, 31(4): 252-256.
- [15] Lee, S.S., Huber, S. and Ferguson, S.J. (2021) Comprehensive *in Vitro* Comparison of Cellular and Osteogenic Response to Alternative Biomaterials for Spinal Implants. *Materials Science and Engineering: C*, **127**, Article ID: 112251. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112251>
- [16] 黄帅, 周小妮, 刘彦乐, 等. 块状异质植骨材料用于牙槽嵴骨增量的研究进展[J]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2021, 15(2): 65-71.
- [17] 周世博, 俞兴, 冯宁宁, 等. 骨量低下颈椎病患者应用纳米晶胶原基骨修复材料行颈椎前路椎间盘切除减压融合术后植骨融合效果研究[J]. 中国骨伤, 2025, 38(8): 800-809.
- [18] 李亚仑, 董钊, 浦飞飞, 等. 脊柱结核外科手术植骨材料研究进展[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2025, 54(2): 290-297.
- [19] Zhang, H., Luo, Y., Wang, Y. and Sun, M. (2026) PRP-Related Biomaterials Enhance Bone and Nerve Repair. *Materials Today Bio*, **36**, Article ID: 102656. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2025.102656>
- [20] Garaud, S., Hamard, M., Gorican, K., Bouredoucen, H., Knuchel, C., Ferreira Branco, D., *et al.* (2026) Pain Induced by Platelet-Rich Plasma Injections: Reality or Myth and Short-Medium Term Efficiency in a Large Retrospective Cohort. *Clinical Radiology*, **92**, Article ID: 107166. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2025.107166>
- [21] Wu, F., Huang, Z., Yang, H. and Huang, H. (2025) Research Progress of Platelet-Rich Plasma in Promoting Peripheral Nerve Repair. *Neurogenetics*, **26**, Article No. 85. <https://doi.org/10.1007/s10048-025-00868-x>
- [22] Masuki, H., Okudera, T., Watanebe, T., Suzuki, M., Nishiyama, K., Okudera, H., *et al.* (2016) Growth Factor and Pro-Inflammatory Cytokine Contents in Platelet-Rich Plasma (PRP), Plasma Rich in Growth Factors (PRGF), Advanced Platelet-Rich Fibrin (A-PRF), and Concentrated Growth Factors (CGF). *International Journal of Implant Dentistry*, **2**, Article No. 19. <https://doi.org/10.1186/s40729-016-0052-4>
- [23] Karimi, K. and Rockwell, H. (2019) The Benefits of Platelet-Rich Fibrin. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*, **27**, 331-340. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2019.03.005>
- [24] Zwitter, K., Mukaddam, K., Vegh, D., Herber, V., Jakse, N., Schlenke, P., *et al.* (2023) Platelet-Rich Fibrin in Oral Surgery and Implantology: A Narrative Review. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, **50**, 348-359. <https://doi.org/10.1159/000527526>

- [25] Ghanaati, S., Booms, P., Orlowska, A., Kubesch, A., Lorenz, J., Rutkowski, J., *et al.* (2014) Advanced Platelet-Rich Fibrin: A New Concept for Cell-Based Tissue Engineering by Means of Inflammatory Cells. *Journal of Oral Implantology*, **40**, 679-689. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-14-00138>
- [26] Choukroun, J. and Ghanaati, S. (2018) Reduction of Relative Centrifugation Force within Injectable Platelet-Rich-Fibrin (PRF) Concentrates Advances Patients' Own Inflammatory Cells, Platelets and Growth Factors: The First Introduction to the Low Speed Centrifugation Concept. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, **44**, 87-95. <https://doi.org/10.1007/s00068-017-0767-9>
- [27] Elver, A. and Caymaz, M.G. (2023) Novel Approaches to the Use of Platelet-Rich Fibrin: A Literature Review. *The Saudi Dental Journal*, **35**, 797-802. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.07.008>
- [28] Tunali, M., Özdemir, H., Küçükodacı, Z., Akman, S., Yaprak, E., Toker, H., *et al.* (2014) A Novel Platelet Concentrate: Titanium-Prepared Platelet-Rich Fibrin. *BioMed Research International*, **2014**, Article ID: 209548. <https://doi.org/10.1155/2014/209548>
- [29] Walch, B., Kolk, A., Scheibl, D., Guarda, M., Maier, S.C. and Denk, L. (2024) The Effect of Advanced Platelet-Rich Fibrin Plus (A-PRF+) on Graft Stability in Dental Implants and Alveolar Ridge Augmentation Procedures: A New Low-Speed Standardized Centrifugation Protocol. *Dentistry Journal*, **12**, Article 349. <https://doi.org/10.3390/dj12110349>
- [30] Yuan, B., He, C. and Lai, W. (2025) Clinical Effect of CGF Blood Concentration Factor in Extracting Supernumerary Teeth in the Middle and High Positions of the Upper Palate. *SLAS Technology*, **33**, Article ID: 100321. <https://doi.org/10.1016/j.slast.2025.100321>
- [31] Çolak, R., Özçelik, N. and Küçükoğlu Çolak, M. (2025) Evaluation of Palatal Donor Site Wound Healing with Concentrated Growth Factor after Gingival Graft Procedures. *BMC Oral Health*, **25**, Article No. 1642. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06898-z>
- [32] Shahood, B., Harphoush, S., Muhaisen, B.O.M. and Qiu, J. (2024) CGF with Bio-Oss Collagen as Grafting Materials for Simultaneous Implant Placement after Osteotome Sinus Floor Elevation: A Prospective Study. *BMC Oral Health*, **24**, Article No. 1515. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05320-4>
- [33] Xie, Y., Qin, Y., Wei, M. and Niu, W. (2024) Application of Sticky Bone Combined with Concentrated Growth Factor (CGF) for Horizontal Alveolar Ridge Augmentation of Anterior Teeth: A Randomized Controlled Clinical Study. *BMC Oral Health*, **24**, Article No. 431. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04229-2>
- [34] Wei, X.Q., Zhang, S. and Ba, K. (2025) [Evaluation of the Clinical Effect of Concentrated Growth Factor Combined with Sticky Bone in Maxillary Anterior Alveolar Ridge Preservation]. *West China Journal of Stomatology*, **43**, 671-678. (In Chinese)
- [35] 刘璐, 刘玉凤, 武芊芊. 自体富血小板血浆联合牙周引导组织再生技术对齿槽嵴裂患者修复效果影响及应用价值分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2021, 20(22): 2449-2452.
- [36] 周瑛, 闵重函, 张枢宏, 等. 富血小板血浆联合同种异体骨粉与自体髂骨移植治疗老年上颌骨缺损的效果比较[J]. 浙江医学, 2020, 42(11): 1172-1176.
- [37] 杨晶晶, 柴显达. ABB 配合 PRP 促进即刻种植体周骨生长重建的效果评价[J]. 吉林医学, 2014, 35(21): 4611-4612.
- [38] 吴萃, 杨敏. 富血小板血浆在口腔种植骨量不足中应用的临床研究[J]. 中国药物与临床, 2018, 18(10): 1793-1795.
- [39] 陈铁楼, 王世峰, 刘国勤, 等. 富血小板血浆与多孔矿化骨修复兔下颌骨双皮质骨缺损作用[J]. 口腔医学, 2013, 33(11): 743-747.
- [40] 钱文慧, 徐艳, 孙颖, 等. 富血小板血浆修复牙周骨缺损的临床疗效[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2014, 24(7): 415-418.
- [41] Weibrich, G., Hansen, T., Kleis, W., Buch, R. and Hitzler, W.E. (2004) Effect of Platelet Concentration in Platelet-Rich Plasma on Peri-Implant Bone Regeneration. *Bone*, **34**, 665-671. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.12.010>
- [42] Nagrani, T., Kumar, S., Haq, M.A., Dhanasekaran, S., Gajjar, S., Patel, C., *et al.* (2023) Use of Injectable Platelet-Rich Fibrin Accompanied by Bone Graft in Socket Endurance: A Radiographic and Histological Study. *Cureus*, **15**, e46909. <https://doi.org/10.7759/cureus.46909>
- [43] Kapa, B.P., N.K., S., G.V., G. and Mehta, D.S. (2022) Coronally Advanced Flap Combined with Sticky Bone and I-PRF-Coated Collagen Membrane to Treat Single Maxillary Gingival Recessions: Case Series. *Clinical Advances in Periodontics*, **12**, 147-151. <https://doi.org/10.1002/cap.10164>
- [44] van Orten, A., Goetz, W. and Bilhan, H. (2022) Tooth-Derived Granules in Combination with Platelet-Rich Fibrin ("Sticky Tooth") in Socket Preservation: A Histological Evaluation. *Dentistry Journal*, **10**, Article 29. <https://doi.org/10.3390/dj10020029>
- [45] 杜健伟. 注射型富血小板纤维蛋白联合牙本质颗粒在引导骨再生中的应用[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连医科大学, 2024.

- [46] Andrade, C., Camino, J., Nally, M., Quirynen, M., Martínez, B. and Pinto, N. (2020) Combining Autologous Particulate Dentin, L-PRF, and Fibrinogen to Create a Matrix for Predictable Ridge Preservation: A Pilot Clinical Study. *Clinical Oral Investigations*, **24**, 1151-1160. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02922-z>
- [47] Stanciugelu, S.I., Patrascu, J.M., Florescu, S. and Marian, C. (2024) Sticky Bone as a New Type of Autologous Bone Grafting in Schatzker Type II Tibial Plateau Fracture Case Report. *Life*, **14**, 1042. <https://doi.org/10.3390/life14081042>
- [48] Csöngé, L., Bozsik, Á., Tóth-Bagi, Z., Gyuris, R. and Kónya, J. (2021) Regenerative Medicine: Characterization of Human Bone Matrix Gelatin (BMG) and Folded Platelet-Rich Fibrin (F-PRF) Membranes Alone and in Combination (Sticky Bone). *Cell and Tissue Banking*, **22**, 711-717. <https://doi.org/10.1007/s10561-021-09925-9>
- [49] David, P., Diego, F., Tali, C., et al. (2023) Sustainability and Release Pattern of Growth Factors from Bone Grafts Prepared with Platelet-Rich Fibrin. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, **21**, 473-478.
- [50] Park, J., Hong, K., Ko, K., Cha, J., Gruber, R. and Lee, J. (2022) Platelet-Rich Fibrin Combined with a Particulate Bone Substitute versus Guided Bone Regeneration in the Damaged Extraction Socket: An *in Vivo* Study. *Journal of Clinical Periodontology*, **50**, 358-367. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13742>
- [51] Soni, R., Priya, A., Yadav, H., Mishra, N. and Kumar, L. (2019) Bone Augmentation with Sticky Bone and Platelet-Rich Fibrin by Ridge-Split Technique and Nasal Floor Engagement for Immediate Loading of Dental Implant after Extracting Impacted Canine. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, **10**, 98-101. https://doi.org/10.4103/njms.njms_37_18
- [52] 李嘉, 肖宇, 曾腾幡, 等. 黏性骨在磨牙牙槽嵴位点保存的临床效果观察[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2024, 25(4): 253-258.
- [53] Ponte, J., Pérez-Guerrero, J., Aragão, F., Menezes, Y., Melo, M. and Castro-Silva, I. (2021) Histomorphometric Evaluation of Human Extraction Sockets Treated with Autologous Fibrin, Sticky Bone or Biphasic Calcium Phosphate. *Acta Odontológica Latinoamericana*, **34**, 271-281. <https://doi.org/10.54589/aol.34/3/271>
- [54] Ponte, J.S., Araújo, M.A.D., Araújo, L.K. and Castro-Silva, I.I. (2019) Platelet-Rich Fibrin: A Versatile Purpose for Alveolar Ridge Preservation. *Dental Oral Biology and Craniofacial Research*, **2**, 2-3.
- [55] Castro-Silva, I.I. (2018) Platelet-Rich Fibrin for Bone Tissue Regeneration. *Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, **3**, 1. <https://doi.org/10.15761/ohns.1000171>
- [56] 李天一, 张新风, 司亚萌, 等. 超声骨刀骨窗技术联合黏性骨在下颌骨囊肿中的应用研究[J]. 现代生物医学进展, 2025, 25(12): 2024-2033.
- [57] 曾千情, 苏浩宇, 汪鼎傑, 等. 浓缩生长因子为基质的黏性骨块在上颌前牙区水平骨增量中应用效果研究[J]. 中国实用口腔科杂志, 2023, 16(3): 320-325.
- [58] 刘秉尧, 虞晓东, 李翠梅, 等. A-PRF、CGF 结合纳米羟基磷灰石在上颌窦外提升种植术中的应用效果[J]. 上海口腔医学, 2025, 34(1): 43-47.