

Evaluation of Gap-Filling Materials in Fresh Socket Implants: Types, Applications, and Properties

Amir Ghorani¹ 
Shayan Ghasemi² 
Mehdi Ebrahimi³ 

1. Postgraduate Student, Dental Students' Research Committee, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2. Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, Dental Implants Research Center, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
3. **Corresponding Author:** Postgraduate Student, Department of Orthodontics, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
Email: ebra.mahdi59@gmail.com

Abstract

Introduction: Immediate implant placement in fresh extraction sockets, known as fresh socket implantation, has emerged as a cutting-edge technique in contemporary dentistry. This method shortens overall treatment duration and aids in maintaining alveolar bone architecture, thereby enhancing aesthetic and functional outcomes. Nevertheless, the gap between the implant fixture and the surrounding bone wall represents a key obstacle. This review explores various gap-filling materials to address this issue effectively.

Description: Gap-filling materials can be classified into three primary categories: natural sources (autografts, allografts, xenografts); synthetic (hydroxyapatite, tricalcium phosphate, and bioactive glass); and composite formulations. Desirable attributes for these materials encompass high biocompatibility, osteoinductive and osteoconductive properties, and adequate mechanical strength.

Conclusion: Although no single material is ideal for all situations, xenografts and synthetic materials are suitable options due to their availability and predictable outcomes. Final selection should be based on the patient's clinical condition and the specific properties of each material. Therefore, further extensive testing is required to provide definitive confirmation.

Key words: Dental implants; Tooth socket; Osseointegration

Received: 05.12.2025

Revised: 06.03.2026

Accepted: 04.04.2026

How to cite: Ghorani A, Ghasemi Sh, Ebrahimi M. Evaluation of Gap-Filling Materials in Fresh Socket Implants: Types, Applications, and Properties. J Isfahan Dent Sch 2026; 22 (1): 75- 84.

بررسی مواد پرکننده ی فضای خالی (Gap filling) در فرش ساکت ایمپلنت: انواع، کاربردها و خصوصیات

امیر قرآنی^۱ IDشایان قاسمی^۲ IDمهدی ابراهیمی^۳ ID

۱. دستیار تخصصی، کمیته پژوهش‌های دانشجویی، گروه جراحی دهان، فک و صورت، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 ۲. دستیار تخصصی، گروه پروتزهای دندانی، مرکز تحقیقات ایمپلنت‌های دندانی، مرکز تحقیقات دندانی، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
 ۳. نویسنده مسئول: دستیار تخصصی، گروه ارتودنسی، مرکز تحقیقات دندانی، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.
 Email: ebra.mahdi59@gmail.com

چکیده

مقدمه: امروزه کاشت فوری ایمپلنت در ساکت دندان تازه کشیده شده (که به نام ایمپلنت فرش ساکت شناخته می‌شود) به عنوان یک روش نوین در دندانپزشکی معاصر مورد توجه قرار گرفته است. این تکنیک با کاهش زمان درمان و حفظ ساختار استخوانی همراه است و نتایج زیبایی و فانکشنال را بهبود میبخشد، اما وجود فضای خالی بین ایمپلنت و دیواره استخوانی چالشی مهم محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش مروری، بررسی موادپرکننده جهت پرکردن فضای خالی (Gap Filling) بود.

شرح مقاله: مواد پرکننده به سه گروه اصلی طبیعی (اتوگرافت، الوگرافت، زنوگرافت)، سنتتیک (هیدروکسی آپاتیت، تری کلسیم فسفات، بیوگلاس) و ترکیبی تقسیم شدند. ویژگی‌های ایده‌آل این مواد شامل زیست‌سازگاری، تحریک استخوان‌سازی و خواص مکانیکی مناسب است.

نتیجه‌گیری: اگرچه هنوز ماده ایده‌آل واحدی برای تمام موارد وجود ندارد، اما زنوگرافت‌ها و مواد سنتتیک به دلیل در دسترس بودن و نتایج قابل پیش‌بینی، گزینه‌های مناسبی هستند. انتخاب نهایی باید بر اساس شرایط بالینی بیمار و ویژگی‌های هر ماده انجام شود. بنابراین به آزمایشات گسترده زیادی احتیاج است که این موضوع تأیید نهایی شود.

کلید واژه‌ها: ایمپلنت‌های دندانی؛ ساکت دندان؛ استئواینتگریشن

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۱۵

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۹/۱۴

استناد به مقاله: قرآنی امیر، قاسمی شایان، ابراهیمی مهدی. بررسی مواد پرکننده ی فضای خالی (Gap filling) در فرش ساکت ایمپلنت: انواع، کاربردها و خصوصیات. مجله دانشکده دندانپزشکی اصفهان. ۱۴۰۵؛ ۲۲ (۱): ۷۵-۸۴.

مقدمه

در گذشته، بر اساس اولین پروتکل های کاشت ایمپلنت دندان، توصیه می‌شد که ایمپلنت تنها پس از طی دوره‌ی بهبودی کامل ساکت آلونول و بازسازی استخوان از طریق جراحی قرار داده شود تا شرایط مناسب برای استئواینتگریشن فراهم گردد. اما امروزه قرار دادن فوری ایمپلنت در ساکت دندان بلافاصله پس از کشیدن (فرش ساکت) به عنوان یک پروتکل جدید جراحی معرفی شده است. هدف از این روش، کاهش زمان درمان، کاهش تعداد جلسات جراحی، به حداقل رساندن تحلیل استخوان آلونول پس از کشیدن، ایجاد تأثیر روانی مثبت بر بیمار و توانایی قرار دادن ایمپلنت در موقعیت محوری ایده‌آل نسبت به دندان قبلی است (۱). از منظر تاریخی، پروتکل‌های مرسوم کاشت ایمپلنت، زمان بهبودی را ۱۲ ماه یا بیشتر پس از کشیدن دندان برای جایگذاری ایمپلنت توصیه می‌کردند. امروزه ترجیح بیماران به سمت پروتکل‌های درمانی فوری یا زود هنگام نسبت به رویکرد تأخیری تغییر یافته است. بنابراین، در بیمارانی که نیازهای زیبایی (مانند دندان‌های قدامی) دارند، کاهش زمان درمان با استفاده از ایمپلنت‌هایی که در ساکت دندان‌های تازه کشیده شده قرار می‌گیرند، به عنوان یک جایگزین درمانی معتبر مطرح است (۲).

از دست دادن استخوان در حین بهبود ساکت اکسترکشن، به ویژه استخوان مارژینال به دلیل تحلیل صفحه نازک پلِت باکال، چالشی است که باید برای تداوم زیبایی و ارتفاع استخوان برطرف شود (۳). همچنین، ثبات اولیه برای کاشت موفقیت‌آمیز ایمپلنت، چه در استخوان بهبود یافته و چه در حفره‌های تازه بسیار مهم است. دستیابی به ثبات اولیه کافی مستلزم کشیدن دندان بدون تروما برای حفظ ساختار استخوانی است. عواملی مانند کیفیت و کمیت استخوان موجود و بیوتایپ لته نیز باید در نظر گرفته شود. برخی از مطالعات بهبود تشکیل استخوان در حفره‌های پیوند شده با استفاده از جایگزین‌های استخوان را در مقایسه با ساکت‌های درمان نشده گزارش کرده‌اند (۴).

پس از کشیدن دندان، ابعاد حفره‌ی آلونولار (ساکت

دندانی) اغلب بزرگ‌تر از قطر ایمپلنت است که منجر به ایجاد فاصله‌ی بین سطح ایمپلنت و دیواره‌های استخوان آلونولار در محل دریافت‌کننده می‌شود. این فاصله به عنوان پرش فاصله (Jumping Distance) تعریف شده است.

در یک مطالعه هیستولوژیک روی بیوپسی‌های انسانی، تأثیر اندازه این فاصله بین دیواره‌ی داخلی ساکت و ایمپلنت بررسی شد. نتایج نشان داد که اگر این فاصله $\geq 1/5$ میلی‌متر باشد، حتی بدون استفاده از ممبرین (غشای محافظ)، پر شدن کامل نقص استخوانی رخ می‌دهد. اما در فاصله‌های بیشتر از ۴ میلی‌متر، حتی با استفاده از ممبرین نیز پر شدن کامل استخوان اتفاق نمی‌افتد. بنابراین، اگرچه پر شدن کامل هیستولوژیک استخوان ممکن است برای موفقیت بالینی ضروری نباشد، اما برای نتایج بلندمدت درمان ایمپلنت، یک نتیجه مطلوب محسوب می‌شود (۲).

برای مدیریت شکاف بین سطح ایمپلنت و استخوان، کاهش تحلیل استخوان باکال و جلوگیری از انقباض بافت نرم، چندین گزینه‌ی درمانی وجود دارد. این گزینه‌ها شامل استفاده از مواد پیوندی با یا بدون غشاء، کاربرد غشا به تنهایی، ترمیم‌های موقت و... هستند.

مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی انواع مواد Gap filling مورد استفاده در فرش ساکت ایمپلنت، کاربردهای آنها در حفظ ساختار استخوانی و بهبود استئواینتگریشن و همچنین تحلیل خصوصیات ایده‌آل این مواد انجام شده است. این مقاله با مرور مطالعات موجود، مزایا و محدودیت‌های هر نوع ماده را بررسی کرده و مسیرهای تحقیقاتی آینده را نشان می‌دهد.

شرح مقاله

این مطالعه‌ی مروری با جستجو در منابع الکترونیکی ISI، Scopus، PubMed، Google Scholar و با استفاده از واژگان Gap Filling Material، استئواینتگریشن، بازسازی استخوان، حفظ ساکت به عنوان کلیدواژه انجام شده است. در این مطالعه تمرکز بر استفاده از مطالعات منتشر شده پس از سال ۲۰۱۶ بوده که به زبان انگلیسی

انواع مواد Gap filling در فرش ساکت ایمپلنت

در دندانپزشکی چندین ماده‌ی پیوند استخوان در دسترس است که به حفظ ریح و استخوان‌سازی کمک می‌کند:

الف) مواد طبیعی

- اتوگرافت

استخوان اتوژن، از یک مکان اهداکننده‌ی دیگر همان فرد مشتق شده است و ویژگی‌های استخوان‌زایی (Osteogenesis) (تشکیل استخوان جدید توسط سلول‌های پیوند)، القای استخوان (Osteoinduction) (به‌کارگیری و تحریک سلول‌های پرتوان تمایز نیافته به سلول‌های استخوان‌ساز) و هدایت استخوانی (Osteoconduction) (تهیه‌ی داربستی که امکان تشکیل استخوان جدید را می‌دهد) را ارائه می‌کند (۷). با این حال، دسترسی محدود و جذب سریع استخوان اتوژن، نقص محل اهداکننده و عوارض یا ناراحتی ناشی از پیوندهای خارج دهانی مانع استفاده از استخوان اتوژن می‌شود (۸).

محل‌های داخل دهانی و خارج دهانی استخوان اتوژن معمولاً شامل سمفیز و راموس مندیبل، ریح مایل خارجی، ایلیاک، اولنا پروگزیمال یا رادیوس دیستال هستند که منابع خوبی برای استخوان کورتیکال و اسفنجی هستند. استخوان اتوگرافت برداشته شده از راموس فک پایین در مقایسه با سایر محل‌های داخل دهانی با عوارض کمتری همراه است (۵).

- الوگرافت

استخوان آلوژنیک، از فرد دیگری از همان گونه به دست می‌آید و شامل آلوگرافت استخوانی خشک شده با انجماد (FDBA)، آلوگرافت استخوانی خشک شده یخ‌زدایی شده (DFDBA)، استخوان لیوفیلیزه (Lyophilized) و... است. زمانی که استخوان برای استفاده‌ی بالینی آماده شود، خاصیت استخوان‌سازی از بین می‌رود ولی خاصیت القای استخوان تا حدی حفظ می‌شود. این پیوند برای برآوردن الزامات بالینی به حامل نیاز دارد (۹، ۱۰).

- زنوگرافت

استخوان زنوژنیک از گونه‌های دیگر به دست می‌آید که

در نمایه‌های فوق منتشر گردیده‌اند. تمامی انواع مقالات از جمله مروری، مطالعات آزمایشگاهی و بالینی جهت بررسی در این پژوهش استفاده شدند. نتایج جستجو ابتدا بر اساس عنوان و سپس بررسی خلاصه مقالات انتخاب شدند. مطالعاتی که پس از بررسی خلاصه‌ی آنها و سپس متن کامل مقاله، اطلاعات کافی را جهت انجام این مطالعه در اختیار نویسندگان قرار نمی‌دادند و یا با معیارهای ورود ذکر شده مغایرت داشتند، حذف گردیدند. فاکتورهای مورد بررسی استخراج شده از مطالعات به شرح زیر بود:

ویژگی‌های یک ماده‌ی Gap filling ایده‌آل

عملکرد اصلی گرفت‌های استخوانی فراهم کردن پشتیبانی مکانیکی و تحریک بازسازی استخوان با هدف نهایی جایگزینی استخوان است. چهار خاصیت بیولوژیکی بنیادی استخوان‌نگریش، استئوژنز، استئوکاندکشن و استخوان‌دکشن در ایفای مؤثر این نقش بسیار مهم هستند. توانایی یک ماده پیوند برای اتصال شیمیایی به سطح استخوان در غیاب لایه بافت فیبری مداخله‌ای به عنوان اوستئواینتگریشن نامیده می‌شود. استئوژنز به تشکیل استخوان جدید از طریق استئوبلاست‌ها یا سلول‌های پیش‌ساز موجود در مواد پیوند اشاره دارد و استئوکاندکشن به توانایی یک ماده پیوند استخوان برای ایجاد یک داربست بیواکتیو که سلول‌های میزبان می‌توانند روی آن رشد کنند، اشاره دارد. استخوان‌دکشن به کارگیری سلول‌های بنیادی میزبان در محل پیوند است، جایی که پروتئین‌های محلی و سایر عوامل باعث تمایز سلول‌های بنیادی به استئوبلاست می‌شوند (۵). علاوه بر این، ویژگی‌های مختلف دیگر بر میزان موفقیت پیوند استخوان تأثیر می‌گذارد که شامل: زیست‌سازگاری، جذب زیستی، یکپارچگی ساختاری، تخلخل کافی برای رشد عروق، انعطاف‌پذیری، سهولت جابجایی، هزینه و استحکام فشاری است، ترکیبی از این عوامل و تحمل طولانی‌مدت کافی توسط بافت‌های میزبان باعث افزایش شانس موفقیت فرایند بازسازی استخوان می‌شود (۶).

به هم پیوسته β -TCP باعث بهبود واسکولاریزیشن می‌شود، منجر به استحکام مکانیکی ضعیف ماده تحت فشار می‌شود (۱۶-۱۴). این باعث می‌شود β -TCP به عنوان یک جایگزین استخوان نامناسب باشد، اما برای استفاده به عنوان پرکننده در نقایص استخوانی و ترمیم در مکان‌های مورفولوژیکی مناسب است. معمولاً برای ترمیم نقایص پرودنتال حاشیه‌ای و پری‌ایپیکال و به عنوان یک پرکننده تاحدی قابل جذب در نقایص استخوان آلوئول استفاده می‌شود (۵).

- بیوگلاس

بیوگلاس (BAG) گروهی از سرامیک‌های مصنوعی مبتنی بر سیلیکات هستند که از سیلیکات‌های جفت شده با سایر مواد معدنی مانند Ca ، Na_2O ، H و P تشکیل شده‌اند (۱۴، ۱۷). پس از قرار گرفتن در معرض مایعات بدن در طول کاشت، یون‌های سیلیکون می‌توانند شسته شده و تجمع کنند و لایه‌ای از HA را روی سطح ماده تشکیل دهند که امکان چسبیدن سلول‌های پیش‌ساز استخوانی را فراهم می‌کند. خواص مطلوب بیوگلاس شامل زیست سازگاری خوب، استئوکاندکتیویتی، فعالیت ضد میکروبی و ساختار متخلخلی است که باعث افزایش واسکولاریزیشن می‌شود (۱۴، ۱۷، ۱۸). تحقیقات اخیر نشان داده است که ترکیب یون‌های مختلف با BAG می‌تواند خواص مواد را افزایش دهد. Esfahanizadeh و همکاران دریافتند که zinc-doped BAG منجر به کاهش تشکیل بیوفیلم و کاهش میکروب‌های مرتبط با بیماری پرودنتال می‌شود (۱۹). با این حال، BAG می‌تواند شکننده باشد و دارای استحکام مکانیکی پایین و مقاومت ضعیف در برابر شکستگی باشد. بنابراین، استفاده از آنها در دندانپزشکی به محیط‌های کم استرس یا در ترکیب با سایر مواد پیوند محدود می‌شود. مواد بیوگلاس با موفقیت برای تقویت استخوان آلوئول در شکاف یک طرفه، مدیریت نقایص استخوانی پرودنتال و حفظ استخوان آلوئول پس از کشیدن دندان در بیماران ارتودنسی استفاده شده است (۵).

(ج) ترکیبی

- ترکیب HA+B-TCP

رایج‌ترین آنها منابع گاو یا خوک است (۷). و همانند استخوان آلورژنیک ممکن است منجر به عفونت یا پاسخ سیستم ایمنی شود. اثر استخوان‌زایی محدود، هزینه‌ی بالای درمان و درجه‌ی پذیرش پایین بیمار، کاربرد بالینی این دو گروه را محدود می‌کند (۱۱).

(ب) مواد سنتتیک

- هیدروکسی آپاتیت (HA)

ترکیب شیمیایی HA شباهت زیادی به اجزای معدنی استخوان دارد که آن را قادر می‌سازد به عنوان ماده‌ی پیوند استخوان استفاده شود (۱۲). HA سنتتیک به دلیل نسبت کلسیم به فسفر نسبتاً بالا و کریستالینی بودن آن، جذب تأخیری دارد. یکی دیگر از نگرانی‌های اصلی مرتبط با HA استحکام مکانیکی نسبتاً پایین آن است که از استفاده از آن در مکان‌های تحت استرس بالا جلوگیری می‌کند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که کیفیت و کمیت استخوان جدید تشکیل شده پس از پیوند با HA سنتتیک به تنهایی یا در ترکیب با یک پلیمر برای حفظ ارتفاع ریج آلوئول جهت قرار دادن ایمپلنت‌های اندوواسئوس، لیفت سینوس ماگزیلاری و مدیریت نقایص استخوانی پرودنتال کافی نیست (۱۲، ۱۳). از این رو، کاربرد HA در دندانپزشکی به طور کلی به پوشش روی ایمپلنت‌ها، پین‌های فیکساتور خارجی یا در مکان‌هایی با استرس کم محدود می‌شود (۱۳).

- فسفات کلسیم بتا-تری کلسیم فسفات (β -TCP)
 β -TCP نوعی ماده‌ی فسفات کلسیم است که به طور گسترده‌ای به عنوان ماده‌ی جایگزین استخوان در طول سالیان متمادی استفاده می‌شود. به دلیل نسبت کلسیم به فسفر پایین‌تر، تجزیه‌ی زیستی و جذب سریع‌تری را در مقایسه با HA نشان می‌دهد (۱۴).

β -TCP در فاز خالص خواص مطلوب بسیاری دارد، مانند سهولت در کار کردن، رادیوآپسپته که امکان نظارت بر بهبودی را فراهم می‌کند، استئوکاندکتیویتی خوب به دلیل داشتن تخلخل درشت که باعث رشد فیبرواسکولار و چسبندگی سلول‌های استخوانی می‌شود، قابلیت جذب خوب و خطر کم انتقال بیماری (۱۵). در حالی که ساختار متخلخل

شود. مطالعات تشکیل استخوان ترابکولار جدیدی را در مدل‌های حیوانی مشاهده کرده‌اند که به دنبال آن مواد کامپوزیت پس از بازسازی کامل استخوان پس از هشت ماه جذب می‌شود (۵). مطالعات بیشتر بر روی افراد انسانی نشان داده است که NanoBone™ می‌تواند ارتفاع استخوان آلوئول را در محل اکسترکشن حفظ کند. هنگامی که با فیرین غنی از پلاکت استفاده می‌شود، می‌تواند بازسازی استخوان را تسریع کند و کیفیت و کمیت استخوان تازه تشکیل شده را به دنبال برداشتن کیست‌های فک پایین بهبود بخشد (۲۱).

بحث

مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی انواع، کاربردها و خصوصیات مواد Gap filling در فرش ساکت ایمپلنت انجام شده است. مطالعات متعددی در این زمینه انجام گرفته است که یافته‌های متعددی را گزارش کرده‌اند. برای مثال Liñares و همکاران در مطالعه‌ی مروری نقادانه‌ی خود به نتایج زیر دست یافتند (۲):

- پیوند استخوان در فضای خالی بین دیواره‌ی حفره و سطح ایمپلنت تا حدی ابعاد ریح آلوئولار را پس از کاشت فوری ایمپلنت حفظ می‌کند.
- مزایای پیوند در شکاف باکال در قدام ماگزایلا (جایی که اکثر بیماران دارای صفحه‌ی استخوانی باکال نازک (۱) میلی‌متر یا کمتر) هستند) آشکارتر است.
- در حال حاضر شواهد محدودی برای برتری یک ماده پیوند استخوان خاص نسبت به دیگری در کاشت فوری ایمپلنت وجود دارد، اگرچه استفاده از پیوند زانوژنیک (منشأ گاوی) مانند DBBM و DBBM-C رواج گسترده‌ای دارد.
- به نظر نمی‌رسد استفاده از ممبران بر اساس اصل بازسازی استخوان هدایت‌شده (GBR) نتایج بالینی کاشت فوری ایمپلنت در حفره‌های سالم را بهبود بخشد.
- تکنیک‌های بدون فلپ ممکن است کانتور باکال ریح را حفظ کرده و رضایت بیمار را افزایش دهند.

پیشرفت‌ها در چند دهه‌ی گذشته تلاش کرده‌اند تا ماده‌ای را توسعه دهند که بتواند هم قابلیت جذب پذیری β -TCP را داشته باشد و هم پتانسیل استخوان‌زایی HA (۲۰). این امر منجر به توسعه سرامیک‌های فسفات کلسیم دوفازی شد، که در آن β -TCP و HA معمولاً در ارتباط باهم استفاده می‌شوند. از این‌رو، بازسازی استخوان سریع‌تر و بیشتر در مقایسه با استفاده از HA به تنهایی و خواص مکانیکی بهتر در مقایسه با β -TCP به تنهایی، از جمله مزایای استفاده از سرامیک‌های CP دوفازی را هستند (۵).

علاوه بر این، جذب و استخوان‌زایی سرامیک‌های فسفات کلسیم دوفازی با تغییر نسبت HA/ β -TCP قابل کنترل است (۲۰). علیرغم بهبود استحکام مکانیکی در مقایسه با β -TCP به تنهایی، سرامیک‌های CP دوفازی همچنان دارای استحکام فشاری کمتری نسبت به استخوان کورتیکال هستند (۱۷). استفاده از سرامیک‌های CP دوفازی به عنوان یک جایگزین استخوان در جراحی پری‌اپیکال نشان داده شده است و نتایج بالینی قابل پیش‌بینی و بهبود کامل استخوان آلوئول را در طی یک دوره دو ساله نشان داده است. از این‌رو، این ماده پتانسیل بهبود استخوان را از طریق فرایندهای استئوکاندکشن و استئوایندکشن نشان داده است که می‌تواند در عمل بالینی بیشتر مورد بررسی قرار گیرد (۵).

- مواد جایگزین استخوان کامپوزیت

جایگزین‌های استخوان کامپوزیتی با ترکیب موادی مانند بیوگلاس و پلیمرها ساخته می‌شوند تا خواص مکانیکی و استخوان‌زایی آنها را بهبود بخشند. آنها معمولاً برای گسترش کاربرد محصولات اتوگرافت مورد استفاده قرار می‌گیرند و اغلب با مغز استخوان ترکیب می‌شوند یا به عنوان حامل برای BMPها عمل می‌کنند تا خواص استئوکاندکتیو و استئوایندکتیو را بهبود بخشند (۶، ۱۶).

NanoBone™ یک جایگزین استخوان کامپوزیتی نسبتاً جدید است که ساختاری بسیار متخلخل دارد اما در عین حال چقرمگی شکست و استحکام مکانیکی بالایی دارد. حالت عمل سریعی دارد و می‌تواند به سرعت در بافت میزبان ادغام

بازسازی بافت به تدریج جذب شوند. چنین موادی نسبت به مواد بیولوژیکی امروزی، القای استخوان‌سازی (استخواندکشن) بهتری خواهند داشت (۲۱).

از طرفی مرور سیستماتیک Chavda و Levin، استاندارد طلایی بودن استخوان اتوژنوس را زیر سؤال برد و اذعان داشت که موفقیت آن در مقایسه با سایر مواد به طور معنادار بالا تر نیست (۲۲).

در مقابل برخی از مطالعات نشان دادند که استخوان اتوژن زمان ترمیم کمتر و سازگاری بهتر با استخوان بیمار دارد، زیرا یکپارچگی به طور قابل توجهی بیشتر است، اگرچه از نظر آماری تفاوت معناداری با مواد مقایسه شده ندارد (۲۳، ۲۴).

یک پیامد اصلی این بررسی این است که گرافت‌های اتوژن ممکن است از نظر بالینی انتخاب برتری برای تقویت ریج آلوئول نباشند زیرا با درد و عوارض بیشتری همراه هستند (۲۲).

Ferraz در مطالعه‌ی مروری خود نتیجه گرفت که مواد سنتتیک به دلیل سهولت کاربرد، قابلیت تزریق، خودسخت‌شوندگی و تولیدپذیری کنترل‌شده، جایگاه ویژه‌ای در میان متخصصین پزشکی و دندانپزشکی پیدا کرده‌اند. تولید برنامه‌ریزی‌شده و تنظیم‌شده این مواد در مقیاس وسیع نیز یک مزیت دیگر محسوب می‌شود، چرا که مطالعات نشان می‌دهند، تشکیل استخوان مستقیماً به ترکیب ماده، اندازه، شکل و تخلخل ذرات آن وابسته است (عواملی که در تولید مواد زانوژنیک به سختی کنترل می‌شوند) (۲۵).

جایگزین‌های سنتتیک جدید در مقایسه با مواد با منشأ حیوانی، رفتار بیولوژیک مطلوبی در تشکیل استخوان از خود نشان داده‌اند. مراحل اولیه هر مطالعه معمولاً روی حیوانات کوچک مانند موش و خوک‌های مینیاتوری انجام می‌شود و با پیشرفت پژوهش، حیوانات بزرگ‌تر و در نهایت مطالعات انسانی (به عنوان مرحله نهایی تحقیق) اضافه می‌شوند. بنابراین، بسیاری از مواد جدید هنوز در این مرحله از پژوهش قرار دارند. آزمایش روی بیماران، مرحله نهایی بررسی یک محصول است و مواد مبتنی بر فناوری‌های جدید هنوز به صورت گسترده استفاده یا تجاری‌سازی نشده‌اند و تحت

نتایج فوق در برخی جنبه‌ها با مطالعه‌ی Wu و همکاران هم‌راستا بود (۱۱). این تیم در مطالعه‌ای، کراس سکشنال ۳۰ بیمار که دندان‌های قدامی آسیب دیده داشتند و کاندید دریافت ایمپلنت فوری بودند را بررسی کردند؛ معاینه‌ی بالینی و ارزیابی رادیوگرافی در مورد تغییر استخوان افقی در سه سطح ۰ میلی‌متر (همسطح کرست استخوانی)، ۳ میلی‌متر (۳ میلی‌متر پایین‌تر از کرست استخوان) و ۶ میلی‌متر زیر گردن ایمپلنت (۶ میلی‌متر زیر کرست) و از دست رفتن استخوان مارژینال، بلافاصله، ۶ و ۱۲ ماه پس از کاشت ایمپلنت انجام شد. همچنین با استفاده از پرسشنامه‌ی احساس بیماران در مورد جراحی را در زمان کشیدن بخیه مورد بررسی قرار دادند و به نتایج زیر دست یافتند:

- پایداری استخوان افقی در سطوح ۰ میلی‌متر، ۳ میلی‌متر و ۶ میلی‌متر سطح فاسیال ایمپلنت، در پیگیری‌های ۶ ماهه و ۱۲ ماهه تقریباً بین استخوان اتوژن و استخوان زانوژنیک یکسان بود.

- صرف‌نظر از مدت پیگیری و ماده‌ی پیوند استخوانی استفاده شده، از دست رفتن استخوان افقی در سطح ۶ میلی‌متر، بسیار کمتر از سطوح ۰ میلی‌متر و ۳ میلی‌متر در قسمت فاسیال ایمپلنت بود.

- بیماران هنگام استفاده از استخوان اتوژن دندان در مقایسه با استخوان زانوژنیک، احساس بهتری داشتند.

در همین راستا، مطالعه‌ی روایی Haugen و همکاران نیز از کاربرد گسترده‌ی زانوگرفت‌ها گفتند و مشاهده کردند مواد زانوگرفت در حال حاضر بازار جایگزین‌های استخوانی در ناحیه جمجمه و فک و صورت را در اختیار دارند و پس از آن، مواد بیومتریال مصنوعی قرار می‌گیرند که متأسفانه هنوز پیش‌بینی‌پذیری و عملکرد بالینی اثبات شده‌ای ندارند. همچنین بیان کردند ماده‌ی بیولوژیکی ایده‌آل در آینده احتمالاً ترکیبی از چند ماده بیومتریال با ویژگی‌های مختلف خواهد بود که بتواند خواص مکانیکی، ساختار سطحی، آزادسازی مولکول‌های فعال محرک رشد استخوان و تجزیه‌پذیری کنترل‌شده را تنظیم کند. در عین حال در فرایند

روش حفظ رایج ایجاد کند، اما تعداد مداخلات جراحی و زمان درمان را کاهش می‌دهد و در نتیجه رضایت بیماران را افزایش می‌دهد (۲۷).

از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. محدود بودن مرور مطالعات در چهار پایگاه اطلاعات علمی.
 ۲. نوع مطالعه‌ی مروری که از نوع متاآنالیز نبوده که بتوان اندازه اثر انواع مختلف مواد و نوع مداخلات را تعیین کرد.
- بر مبنای محدودیت‌های این مطالعه پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با روش مطالعه‌ی مروری متاآنالیز اندازه اثر و نقش تعاملی متغیرهای جمعیت‌شناختی در عملکرد نوع مواد و اقدامات انجام شده تعیین گردد.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های حاصل از مطالعات متعدد مرور شده در این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مواد جایگزین استخوان به عنوان Gap-filling در اطراف ایمپلنت‌های فرش ساکت، نقش بسزایی در حفظ ساختار ریح آلئولار دارد. به‌ویژه در ناحیه‌ی قدامی ماگزایلا، که ضخامت صفحه باکال معمولاً کمتر از ۱ میلی‌متر است، این مداخله می‌تواند از تحلیل شدید استخوانی پیشگیری کند و پایداری، زیبایی و عملکرد ایمپلنت را در بلندمدت افزایش دهد.

در مقایسه بین مواد پیوندی مختلف، اگرچه هنوز شواهد کافی برای تعیین ماده‌ای برتر وجود ندارد، اما زئوگرافت‌ها به‌ویژه DBBM و ترکیبات آن، کاربرد گسترده‌ای در کلینیک‌های دندانپزشکی پیدا کرده‌اند. همچنین، تحلیل استخوان فاسیال در سطوح مختلف ایمپلنت (کرس، یک‌سوم میانی، و یک‌سوم اپیکال) نشان می‌دهد که از دست رفتن استخوان در سطوح عمقی‌تر به طور معناداری کمتر است که این امر اهمیت کنترل موقعیت ایمپلنت و انتخاب تکنیک مناسب برای پیوند استخوان را نشان می‌دهد.

همچنین، در بررسی چالش‌های پیش رو، مطالعات نشان

ارزیابی هستند. از این‌رو، قابل درک است که در کارآزمایی‌های بالینی، نتایج آماری معمولاً به نفع مواد زئوژنیک است که بیش از ۳۰ سال در بازار حضور داشته و اثربخشی آن‌ها به خوبی مستند شده است.

Lim و همکاران در پنج قلاذه سگ از نژادهای مختلط، ریشه‌های دیستال پره مولر دوم و سوم از فک بالا (۴ محل در هر حیوان) کشیدند و بلافاصله جایگذاری ایمپلنت انجام شد. هر محل به طور تصادفی به یکی از ۴ گروه زیر تقسیم شد (۲۶):
(i) گروه GBR: پر کردن فضای خالی با روش بازسازی استخوان هدایت شده

(ii) گروه SCTG: پیوند بافت همبند زیر اپیتلیال

(iii) ترکیب هر دو روش GBR و SCTG

(iv) گروه شاهد: عدم انجام هیچگونه درمان اضافی
نتایج این مطالعه نشان داد که:

(v) اگر هدف تقویت بافت در ناحیه‌ی بالای ایمپلنت باشد، پیوند بافت نرم بهتر جواب می‌دهد.

(vi) اگر هدف تقویت استخوان زیر ایمپلنت باشد، پیوند بافت سخت مؤثر است.

(vii) اما ترکیب هر دو باهم لزوماً نتیجه‌ی بهتری ندارد.

نتایج تحقیق Mazzocco و همکاران نشان دادند که کاشت فوری ایمپلنت همراه با پیوند همزمان، به طور کامل از تحلیل استخوان جلوگیری نمی‌کند و به طور میانگین کاهشی حدود ۰/۵ میلی‌متر در ارتفاع و عرض مشاهده می‌شود (۲۷). این مقادیر با نتایج ارائه شده در یک فراتحلیل اخیر مطابقت دارد که در آن میانگین کاهش عمودی ۰/۷۸ میلی‌متر در دیواره باکال و ۰/۵ میلی‌متر در صفحه لینگوال گزارش شده است (۲۸).

Jung و همکاران، با استفاده از CBCT نشان دادند که پس از ۶ ماه ترمیم، در محل‌های کشیدن دندان که با استخوان گاوی غیرآلی پر شده بودند و بدون بالابردن فلپ انجام شده بود، میانگین کاهش افقی ۰/۶ میلی‌متر و کاهش عمودی از ۰ تا ۱/۲ میلی‌متر مشاهده شد (۲۹). اگرچه کاشت فوری ایمپلنت ممکن است کاهش مشابهی در عرض در مقایسه با

در نهایت، انتخاب دقیق مواد Gap-filling و تکنیک‌های جراحی، به‌ویژه در شرایط کاشت ایمپلنت‌های فوری، تأثیر قابل توجهی در حفظ ساختار استخوان و پایداری بلندمدت ایمپلنت‌ها دارد. مواد زئوژنیک و سنتتیک به‌ویژه به‌واسطه ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خود، گزینه‌های مناسب و امیدوارکننده‌ای هستند. با این حال، برای رسیدن به نتایج بهینه، به پژوهش‌های بیشتر و بررسی‌های بالینی در این زمینه نیاز است.

داده‌اند که مواد سنتتیک، به‌واسطه کنترل‌پذیری در طراحی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی، پتانسیل بالایی برای جایگزینی با سایر انواع گرافت دارند، هرچند همچنان نیاز به بررسی‌های بالینی بیشتر در این زمینه احساس می‌شود. در مجموع، انتخاب ماده‌ی گرافت مناسب، استفاده یا عدم استفاده از ممبران، و اتخاذ تکنیک جراحی مناسب باید بر پایه‌ی تحلیل دقیق شرایط بیمار، خواسته‌های زیبایی‌شناختی، و شواهد علمی به‌روز باشد تا نتایج درمانی بهینه حاصل شود.

References

1. Ibrahim A, Chrcanovic BR. Dental implants inserted in fresh extraction sockets versus healed sites: a systematic review and meta-analysis. *Materials (Basel)* 2021; 14(24): 7903.
2. Liñares A, Dopico J, Magrin G, Blanco J. Critical review on bone grafting during immediate implant placement. *Periodontol 2000* 2023; 93(1): 309-26.
3. Schropp L, Wenzel A, Spin-Neto R, Stavropoulos A. Fate of the buccal bone at implants placed early, delayed, or late after tooth extraction analyzed by cone beam CT: 10-year results from a randomized, controlled, clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2015; 26(5): 492-500.
4. Naseri R, Asadollahi S, Shirani M, Pouremadi N. Clinical outcomes of dental implants placed in fresh sockets: A five-year retrospective study. *Saudi Dent J* 2024;36(1):146-50.
5. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone grafts and substitutes in dentistry: a review of current trends and developments. *Molecules* 2021; 26(10): 3007.
6. Kolk A, Handschel J, Drescher W, Rothamel D, Kloss F, Blessmann M, et al. Current trends and future perspectives of bone substitute materials—from space holders to innovative biomaterials. *J Craniomaxillofac Surg* 2012; 40(8): 706-18.
7. Janjua OS, Qureshi SM, Shaikh MS, Alnazzawi A, Rodriguez-Lozano FJ, Pecci-Lloret MP, et al. Autogenous tooth bone grafts for repair and regeneration of maxillofacial defects: a narrative review. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19(6): 3690.
8. Khanijou M, Seriwatanachai D, Boonsiriseth K, Suphangul S, Pairuchvej V, Srisatjaluk RL, et al. Bone graft material derived from extracted tooth: A review literature. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology* 2019; 31(1): 1-7.
9. Kloss FR, Offermanns V, Kloss-Brandstätter A. Comparison of allogeneic and autogenous bone grafts for augmentation of alveolar ridge defects—A 12-month retrospective radiographic evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29(11): 1163-75.
10. Boyan BD, Ranly DM, McMillan J, Sunwoo M, Roche K, Schwartz Z. Osteoinductive ability of human allograft formulations. *J Periodontol* 2006; 77(9): 1555-63.
11. Wu D, Zhou L, Lin J, Chen J, Huang W, Chen Y. Immediate implant placement in anterior teeth with grafting material of autogenous tooth bone vs xenogenic bone. *BMC Oral Health* 2019; 19(1): 266.
12. Dewi AH, Ana ID. The use of hydroxyapatite bone substitute grafting for alveolar ridge preservation, sinus augmentation, and periodontal bone defect: A systematic review. *Heliyon* 2018; 4(10): e00884.
13. Kattimani VS, Kondaka S, Lingamaneni KP. Hydroxyapatite—Past, present, and future in bone regeneration. *Bone and Tissue Regeneration Insights* 2016; 74(): 9.
14. Wang W, Yeung KW. Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioact Mater* 2017; 2(4): 224-47.
15. Kao ST, Scott DD. A review of bone substitutes. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2007; 19(4): 513-21.
16. Kheirallah M, Almeshaly H. Bone graft substitutes for bone defect regeneration. A collective review. *Int J Dentistry Oral Sci* 2016; 3(5): 247-57.

17. Fernandez de Grado G, Keller L, Idoux-Gillet Y, Wagner Q, Musset A-M, Benkirane-Jessel N, et al. Bone substitutes: a review of their characteristics ,clinical use, and perspectives for large bone defects management. *J Tissue Eng* 2018; 9: 2041731418776819.
18. Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive glass applications in dentistry. *Int J Mol Sci* 2019; 20(23): 5960.
19. Esfahanizadeh N, Nourani MR, Bahador A, Akhondi N, Montazeri M. The anti-biofilm activity of nanometric zinc doped bioactive glass against putative periodontal pathogens: An in vitro study. *Biomedical Glasses* 2018; 4(1): 95-107.
20. Gallinetti S, Canal C, Ginebra MP. Development and characterization of biphasic hydroxyapatite/ β -TCP cements. *J Am Ceram Soc* 2014; 97(4): 1065-73.
21. Haugen HJ, Lyngstadaas SP, Rossi F, Perale G. Bone grafts: which is the ideal biomaterial? *J Clin Periodontol* 2019; 46(Suppl 21): 92-102.
22. Chavda S, Levin L. Human studies of vertical and horizontal alveolar ridge augmentation comparing different types of bone graft materials: a systematic review. *J Oral Implantol* 2018; 44(1): 74-84.
23. Spin-Neto R, Stavropoulos A, Coletti FL, Faeda RS, Pereira LAVD, Marcantonio Jr E. Graft incorporation and implant osseointegration following the use of autologous and fresh-frozen allogeneic block bone grafts for lateral ridge augmentation. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25(2): 226-33.
24. Pistilli R, Felice P, Piatelli M, Nisii A, Barausse C, Esposito M. Blocks of autogenous bone versus xenografts for the rehabilitation of atrophic jaws with dental implants: preliminary data from a pilot randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol* 2014; 7(2): 153-71.
25. Ferraz MP. Bone grafts in dental medicine: an overview of autografts, allografts and synthetic materials. *Materials (Basel)* 2023; 16(11): 4117.
26. Lim H-C, Paeng K-W, Kim MJ, Jung RE, Hämmerle CH, Jung U-W, et al. Immediate implant placement in conjunction with guided bone regeneration and/or connective tissue grafts: an experimental study in canines. *J Periodontal Implant Sci* 2021; 52(2): 170-80.
27. Mazzocco F, Jimenez D, Barallat L, Paniz G, Del Fabbro M, Nart J. Bone volume changes after immediate implant placement with or without flap elevation. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(4): 495-501.
28. Lee CT, Chiu TS, Chuang SK, Tarnow D, Stoupel J. Alterations of the bone dimension following immediate implant placement into extraction socket: systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2014; 41(9): 914-26.
29. Jung RE, Philipp A, Annen BM, Signorelli L, Thoma DS, Hämmerle CH, et al. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol* 2013; 40(1): 90-8.