

سیر تکاملی بازسازی هدایت شده استخوان (GBR) در 30 سال گذشته

Dieter D. Bosshardt, MSc, PhD / Simon S. Jensen, DDS, Dr odont /
Daniel Buser, DDS, Prof em Dr med dent

می‌باشند. امروزه این شیوه‌ها در بسیاری از مراکز بالینی غالب می‌باشد.¹⁹⁻²¹

یکی از مهم‌ترین پیش‌نیازها برای دستیابی و حفظ موفقیت آمیز استئواینترگریشن، وجود حجم کافی از استخوان سالم در محل گیرنده است. این نه تنها شامل ارتفاع کافی استخوان برای امکان قراردعی ایمپلنت با طول کافی است، بلکه شامل یک ریج با عرض کرست کافی نیز می‌شود. مطالعات بالینی در دهه‌های 1980 و 1990 نشان داد که ایمپلنت‌های osseointegrated فاقد دیواره استخوان باکال در زمان کاشت ایمپلنت، دارای میزان عوارض بافت نرم بیشتر و/یا پیش‌آگهی طولانی مدت compromised می‌باشند.^{22,23} برای جلوگیری از افزایش میزان عوارض و شکست‌های ایمپلنت، این مطالعات پیشنهاد می‌کنند که محل‌های دریافت‌کننده ایمپلنت با حجم استخوان ناکافی باید یا به عنوان کنتراندیکاسیون‌های موضعی برای کاشت ایمپلنت در نظر گرفته شوند یا باید به صورت موضعی با یک روش جراحی مناسب برای بازسازی کمبود استخوان موضعی تقویت شوند.

در این دهه‌های اولیه، تلاش‌های متعددی برای توسعه تکنیک‌های جراحی جدید برای آگمنت دیفکت‌های استخوانی موضعی در ریج آلویول به منظور غلبه بر کنتراندیکاسیون‌های موضعی درمان ایمپلنت صورت گرفت. تکنیک‌های پیشنهادی شامل آگمنتاسیون عمودی ریج با استفاده از گرفت‌های بلاک اتوژن از کرست استخوان ایلیاک در قوس‌های بسیار آتروفیک،^{24,25} روش‌های بالا بردن کف سینوس در فک بالا، استفاده از گرفت‌های آنله اتوژن برای آگمنتاسیون لترالی ریج،²⁹⁻³¹ تکنیک‌های split-crest مانند alveolar extension plasty³²⁻³⁴ بود.

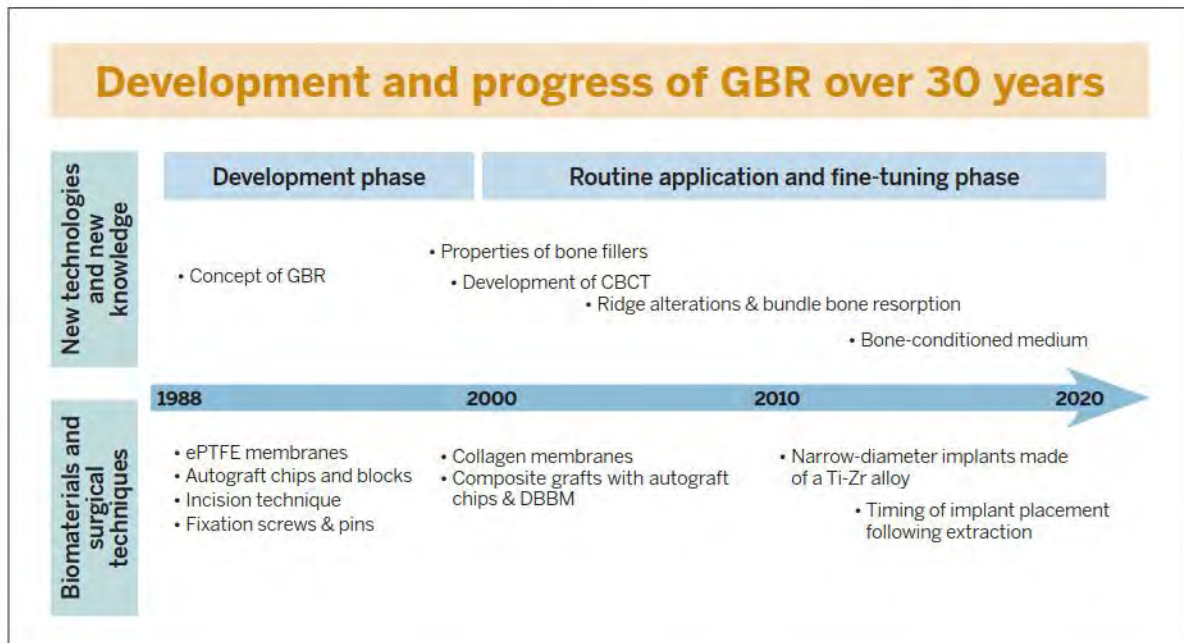
در همان دوره، علاوه بر این تکنیک‌های جدید جراحی، مفهوم بازسازی هدایت‌شده استخوان (GBR) با غشاهای سد‌کننده معرفی شد. بر اساس گزارش‌های موردی و مطالعات بالینی کوتاه مدت، نویسندگان مختلف اولین نتایج را با این تکنیک غشا برای بازسازی نقایص استخوانی موضعی در بیماران ایمپلنت گزارش کردند.³⁵⁻⁴⁰

این کتاب تکست یک به روز رسانی بر اساس بیولوژیک تکنیک GBR و کاربردهای بالینی مختلف آن برای بیماران ایمپلنت ارائه می‌کند. تجربه بالینی با GBR در کارهای روزمره اکنون به 30 سال

دندانپزشکی مدرن ایمپلنت مبتنی بر مفهوم استئواینترگراسیون اخیراً پنجاهمین سالگرد تولد خود را جشن گرفت.¹ پیشرفت فوق‌العاده‌ای که در توانبخشی بیماران کاملاً و نیمه بی‌دندان ایجاد شده است بر اساس مطالعات تجربی بنیادی انجام شده توسط دو تیم تحقیقاتی است. یک تیم در سوئد توسط پروفسور P-I Brånemark از دانشگاه گوتنبرگ مستقر بود. دیگری در سوئیس و توسط پروفسور آندره شرودر از دانشگاه برن قرار داشت. در اواخر دهه 1960 و 1970، دو گروه تحقیقاتی به طور مستقل مقالات برجسته‌ای را منتشر کردند که پدیده ایمپلنت‌های تیتانیومی osseointegrated را توصیف می‌کردند.²⁻⁴ یک ایمپلنت osseointegrated با رسوب مستقیم استخوان زنده بر روی سطح ایمپلنت مشخص می‌گردد.⁵⁻⁷

در مرحله اولیه این پیشرفت، چندین پیش‌نیاز برای دستیابی به استئواینترگریشن شناسایی شد. برخی از این موارد در 50 سال گذشته بازنگری شده‌اند، دیگر موارد نیز هنوز مهم تلقی می‌شوند. به منظور دستیابی به استئواینترگریشن، ایمپلنت باید با استفاده از روش جراحی کم‌تهاجمی برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد استخوان در حین آماده‌سازی یک بستر ایمپلنت دقیق، انجام شود و ایمپلنت باید با ثبات اولیه کافی جایگذاری شود.^{5,8} هنگامی که این دستورالعمل‌های بالینی دنبال می‌شوند، همانطور که در مطالعات تجربی مقایسه‌ای نشان داده شده است، به طور پیش‌بینی شده‌ای یکپارچگی استخوانی موفقیت‌آمیز برای ایمپلنت‌های تیتانیوم nonsubmerged (روش تک مرحله‌ای) و همچنین برای ایمپلنت‌های submerged (روش دو مرحله‌ای) پیش‌بینی می‌شود.^{9,10}

زمانی که آزمایش بالینی ایمپلنت‌های osseointegrated برای اولین بار آغاز شد، اکثر بیماران تحت درمان کاملاً بی‌دندان بودند. نتایج امیدوارکننده‌ای در مطالعات گذشته‌نگر گزارش شد.¹¹⁻¹³ با تشویق، پزشکان به طور فزاینده‌ای شروع به استفاده از ایمپلنت‌های osseointegrated در بیماران نیمه بی‌دندان کردند و اولین گزارش‌ها در مورد این استفاده در اواخر دهه 1980 و اوایل دهه 1990 با نتایج کوتاه‌مدت امیدوارکننده توسط گروه‌های مختلف منتشر شد.¹⁴⁻¹⁸ بنابراین، فاصله‌های تک‌دندانی و موقعیت‌های اکستنشن دیستالی اندیکاسیون‌های رایج‌تری برای درمان ایمپلنت در کارهای روزمره



شکل 1-1 توسعه GBR طی بیشتر از 30 سال از اواخر دهه 1980. ePTFE، پلی تترا فلئورواتیلن منبسط شده؛ DBBM، ماده معدنی استخوان گاو پروتئین زدایی شده؛ Ti-Zr، تیتانیوم-زیرکونیا

تکامل هر دو تکنیک تبدیل شد، انجام شده بود. استفاده از غشاهای ePTFE برای بازسازی استخوان در اواسط دهه 1980 توسط گروه Dahlin و همکاران که یک سری مطالعات پیش بالینی را انجام دادند، آغاز شد.⁵⁰⁻⁵² بافت‌ها و سلول‌هایی را که به طور بالقوه می‌توانند در رویدادهای بهبود زخم در فضای منزوی شرکت کنند، جدا کردند. غشای سدکننده، تکثیر سلول‌های آنژیوژنیک و استئوژنیک را از فضای مغزاستخوان به داخل دیفکت استخوان بدون دخالت فیبروبلاست‌ها تسریع می‌کند. این رویدادها به خوبی توسط Schenk و همکاران⁵³ در یک مطالعه تجربی برجسته در روباه‌ها نشان داده شد. درک بیولوژیکی کنونی از رویدادهای بهبود زخم در نقایص استخوانی محافظت شده با غشاء به طور مفصل در فصل 2 این کتاب ارائه شده است.

استفاده از غشاهای ePTFE برای روش‌های GBR در اواخر دهه 1980 آغاز شد. هدف اصلی دستیابی به بازسازی در نقایص استخوان اطراف ایمپلنت در محل‌های ایمپلنت با دیفکت‌های استخوانی موضعی بود. تکنیک GBR با رویکردهای همزمان و مرحله‌ای استفاده شده است. کاشت ایمپلنت با GBR همزمان عمدتاً برای قرار دادن فوری ایمپلنت در محل‌های پس از کشیدن دندان برای بازسازی نقایص استخوانی اطراف ایمپلنت^{35,36,38} یا برای ایمپلنت‌ها در محل‌هایی با نقص دهی سنس کرسیتال استفاده می‌شد.⁴⁰ رویکرد مرحله‌ای در موقعیت‌های بالینی با ریج‌های بهبود یافته ولی با عرض کرسیتال ناکافی استفاده شد. از تکنیک غشا برای افزایش پهنای کرسیتال با اولین جراحی استفاده شد و کاشت ایمپلنت پس از 6 تا 9 ماه بهبودی در یک روش جراحی دوم انجام شد.³⁷

رسیده است. این 30 سال را می‌توان به یک مرحله تکامل و یک مرحله کاربرد معمول با تلاش‌های گسترده برای تنظیم دقیق روش جراحی تقسیم کرد (شکل 1-1). تمرکز بر بهبود تکنیک جراحی، گسترش دامنه کاربردها، بهبود قابلیت پیش‌بینی نتایج موفقیت‌آمیز، و کاهش عوارض و درد برای بیماران بود.

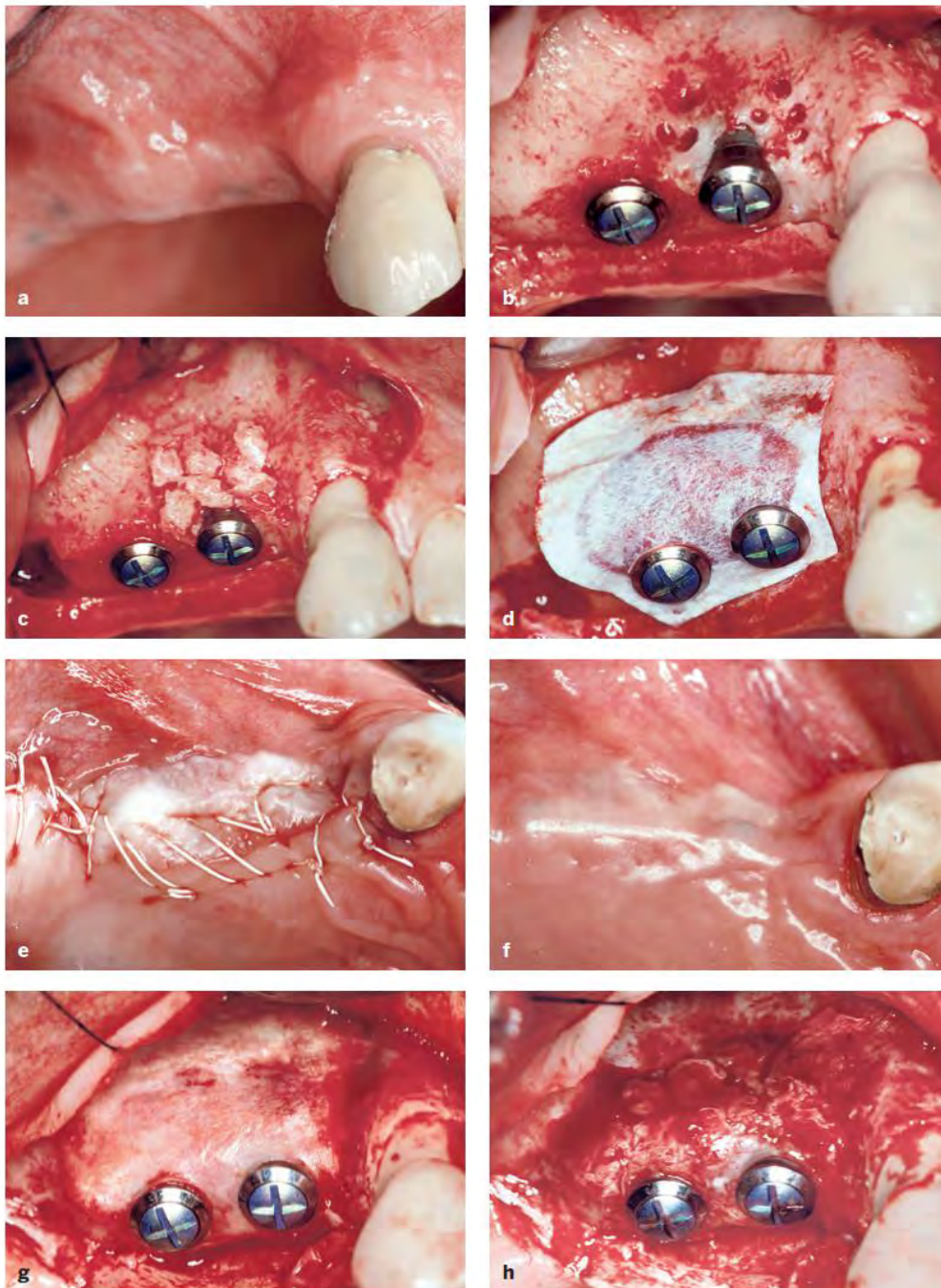
مرحله تکامل GBR

استفاده از غشاهای سدکننده برای بیماران ایمپلنت با استفاده بالینی غشاهای سدکننده برای بازسازی پرپودنتال، به نام بازسازی هدایت شده بافت (GTR) آغاز شد. برای اولین بار در اوایل دهه 1980 توسط گروهی به رهبری نایمن و همکاران^{41,42} توسعه یافت. مطالعات اولیه با فیلترهای Millipore انجام شد که قبلاً در مطالعات تجربی در اواخر دهه 1950 و 1960 برای بازسازی نقایص استخوانی استفاده شده بود.⁴³⁻⁴⁵ با این حال، این مطالعات هیچ تأثیری بر توسعه تکنیک‌های جراحی جدید برای بازسازی نقایص موضعی در فک‌ها نداشتند، زیرا پتانسیل این کاربرد غشایی احتمالاً در آن زمان شناخته نشده بود.

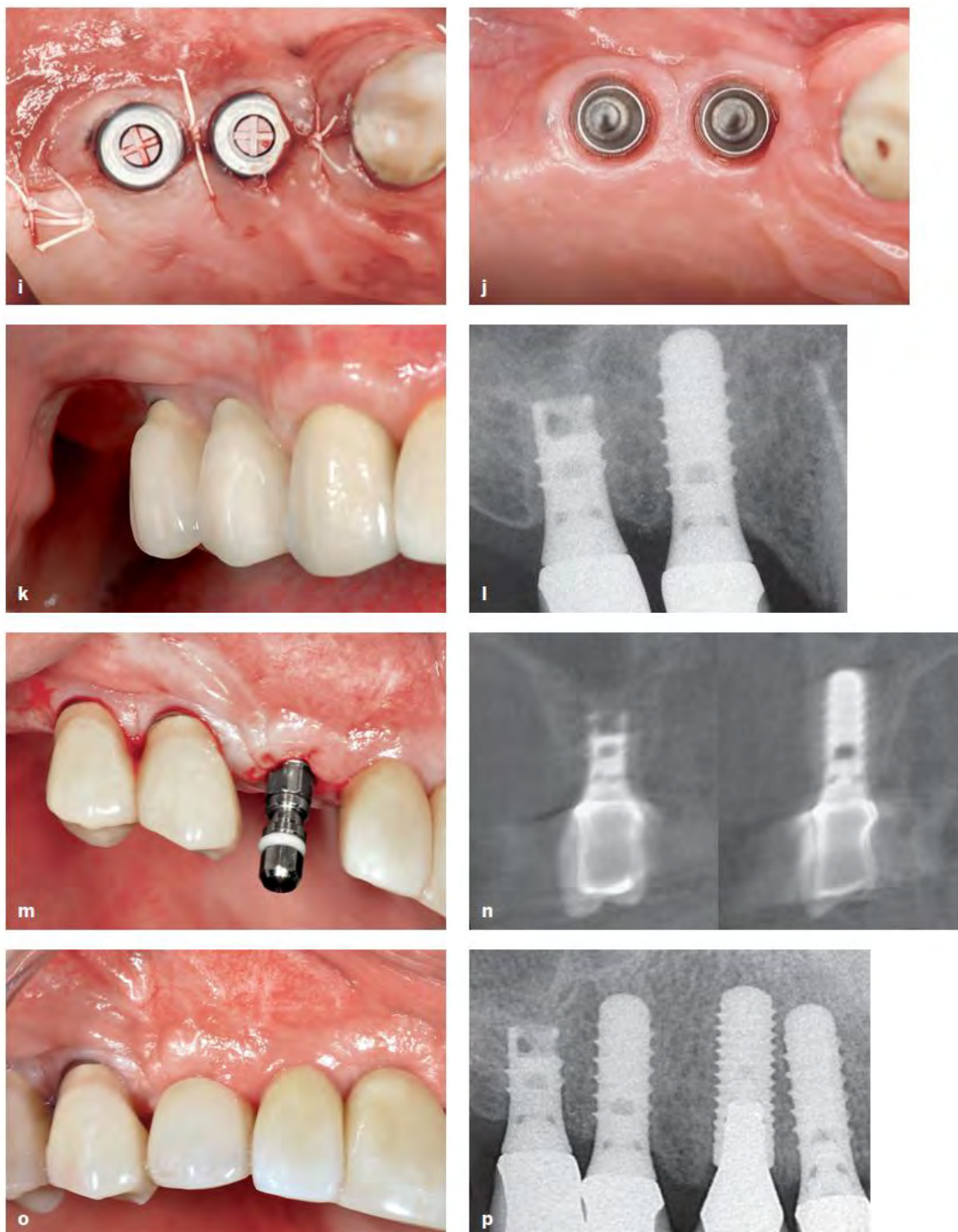
دو مقاله Nyman و همکاران^{41,42} در زمینه GTR، که هر دو نتایج موفقیت‌آمیز درمانی روش‌های GTR را نشان می‌دهند، با علاقه زیادی استقبال شدند و منجر به افزایش فعالیت‌های تحقیقاتی در اواسط تا اواخر دهه 1980 شد.⁴⁶⁻⁴⁹ این مطالعات با پلی تترا فلئورواتیلن منبسط شده (ePTFE)، که یک غشای bioinert است و به غشای استاندارد برای روش‌های GTR و GBR در طی مرحله

نشان دادند.^{37,40} بنابراین فیلرهای استخوانی مانند اتوگرفت یا آلوگرفت توسط گروه های مختلف عمدتاً برای حمایت از غشا و کاهش خطر کلاپس غشا توصیه می شود.⁵⁴⁻⁵⁶ ترکیب غشاهای ePTFE و پیوندهای استخوانی اتوزن نتایج بالینی خوبی را برای هر دو رویکرد ارائه کرد. برخی از این بیماران تا 25 سال پس از جراحی هنوز تحت پیگیری و ثبت هستند (شکل های 1-2 تا 4-1).

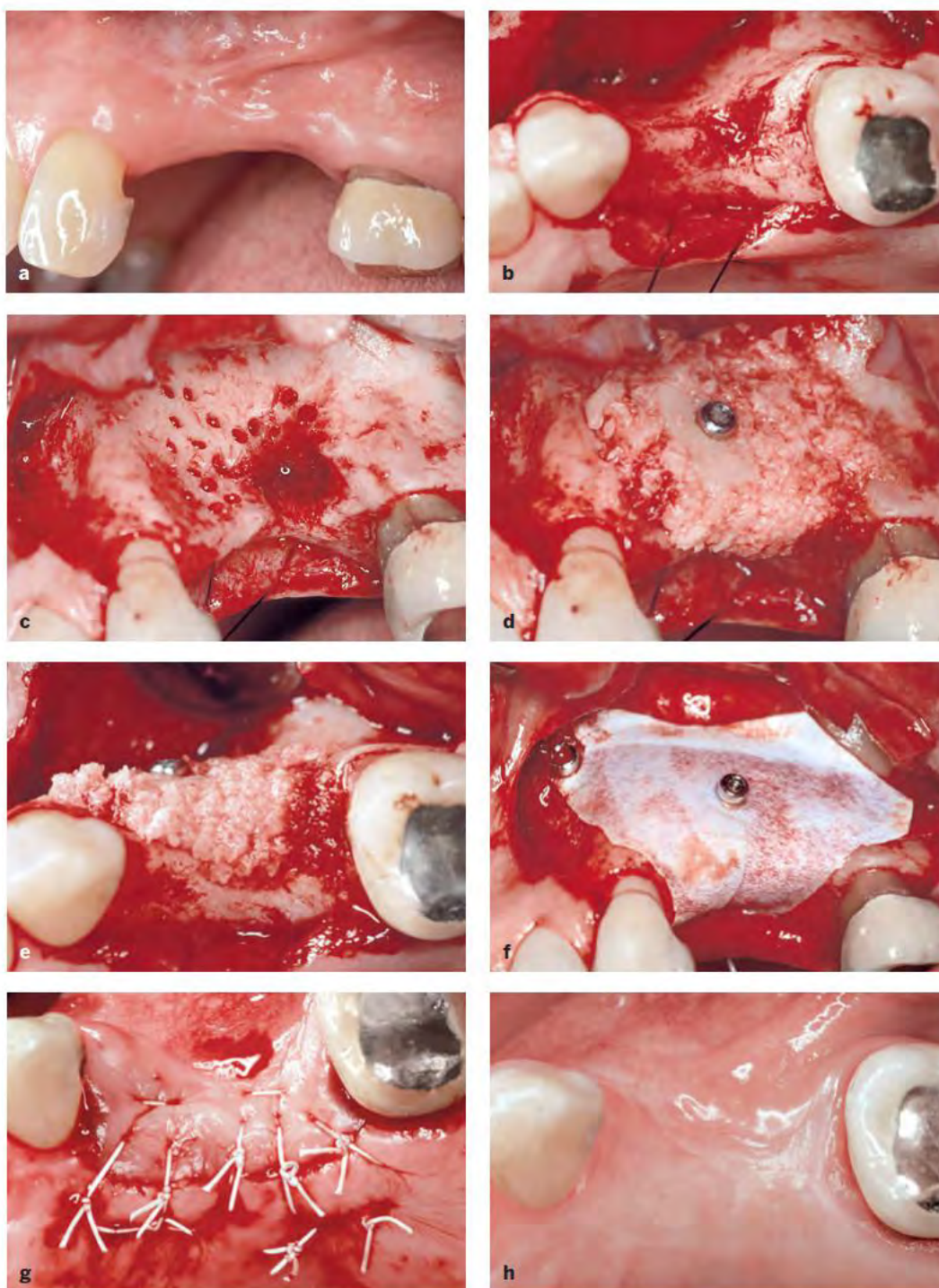
در اوایل، چندین عارضه با هر دو رویکرد مشاهده شد، و تغییراتی در تکنیک های جراحی برای بهبود قابلیت پیش بینی نتایج موفقیت آمیز درمان پیشنهاد شد. یکی از عوارض شایع کلاپس غشاهای ePTFE بود که باعث کاهش حجم بافت بازسازی شده در زیر غشا شد. علاوه بر این، برخی از محل های بازسازی شده استخوان سازی ناکافی و تشکیل بافتی شبیه پریوستوم را در زیر غشا



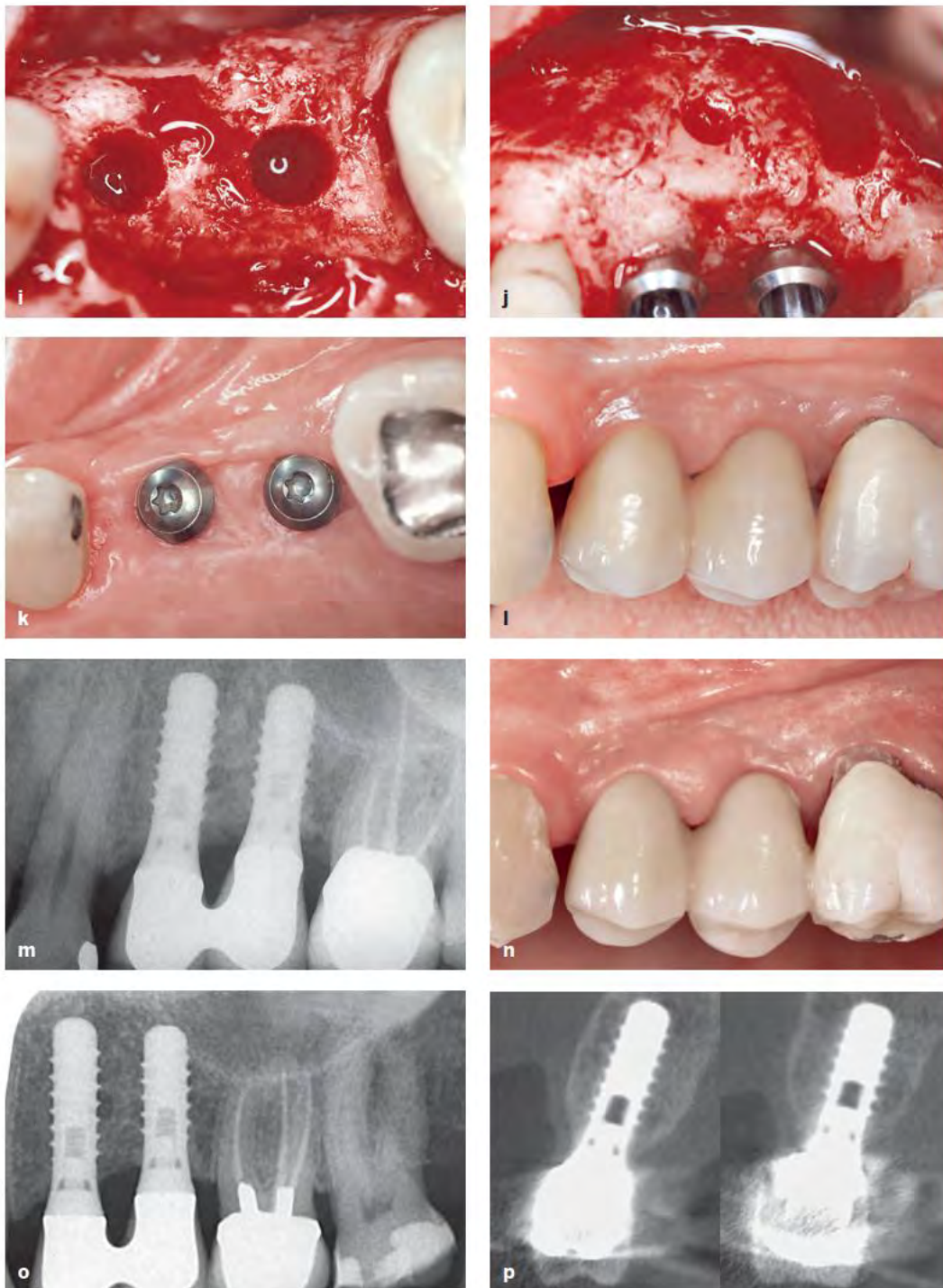
شکل 1-2 مورد 1. (a) وضعیت قبل از عمل (1991). موقعیت اکستنشن دیستالی در سمت راست فک بالای مردی با ریج بهبود یافته. دو ایمپلنت تیتانیوم برای امکان ساخت پروتز ثابت برنامه ریزی شده بود. (b) هر دو ایمپلنت قرار داده شدند، که منجر به نقص کرسنال در ایمپلنت مزایال شد. سطح استخوان کورتیکال با یک فرز گرد کوچک پرفورده شد تا حفره مغزاستخوان باز شود و خونریزی در ناحیه دیفکت تحریک شود. (c) تراشه های استخوانی برداشت شده موضعی برای حمایت از غشای ePTFE و تحریک تشکیل استخوان جدید در ناحیه دیفکت استفاده شد. (d) یک غشای ePTFE بیواینترت برای عملکرد به عنوان یک مانع فیزیکی استفاده شد. غشای پانچ شده در اطراف گردن هر دو ایمپلنت تثبیت شد. (e) پس از برش پریوستوم، جراحی با بسته شدن اولیه زخم بدون کشش کامل شد. (f) وضعیت بالینی 4 ماه پس از جراحی ایمپلنت. بهبود زخم بدون نقص بود. (g) بازگشایی پس از 4 ماه از بهبودی. جراحی دوم برای برداشتن غشای غیرقابل جذب ضروری بود. (h) وضعیت بالینی پس از برداشتن غشاء، بازسازی موفقیت آمیز استخوان در ناحیه نقص در هر دو ایمپلنت را نشان داد.



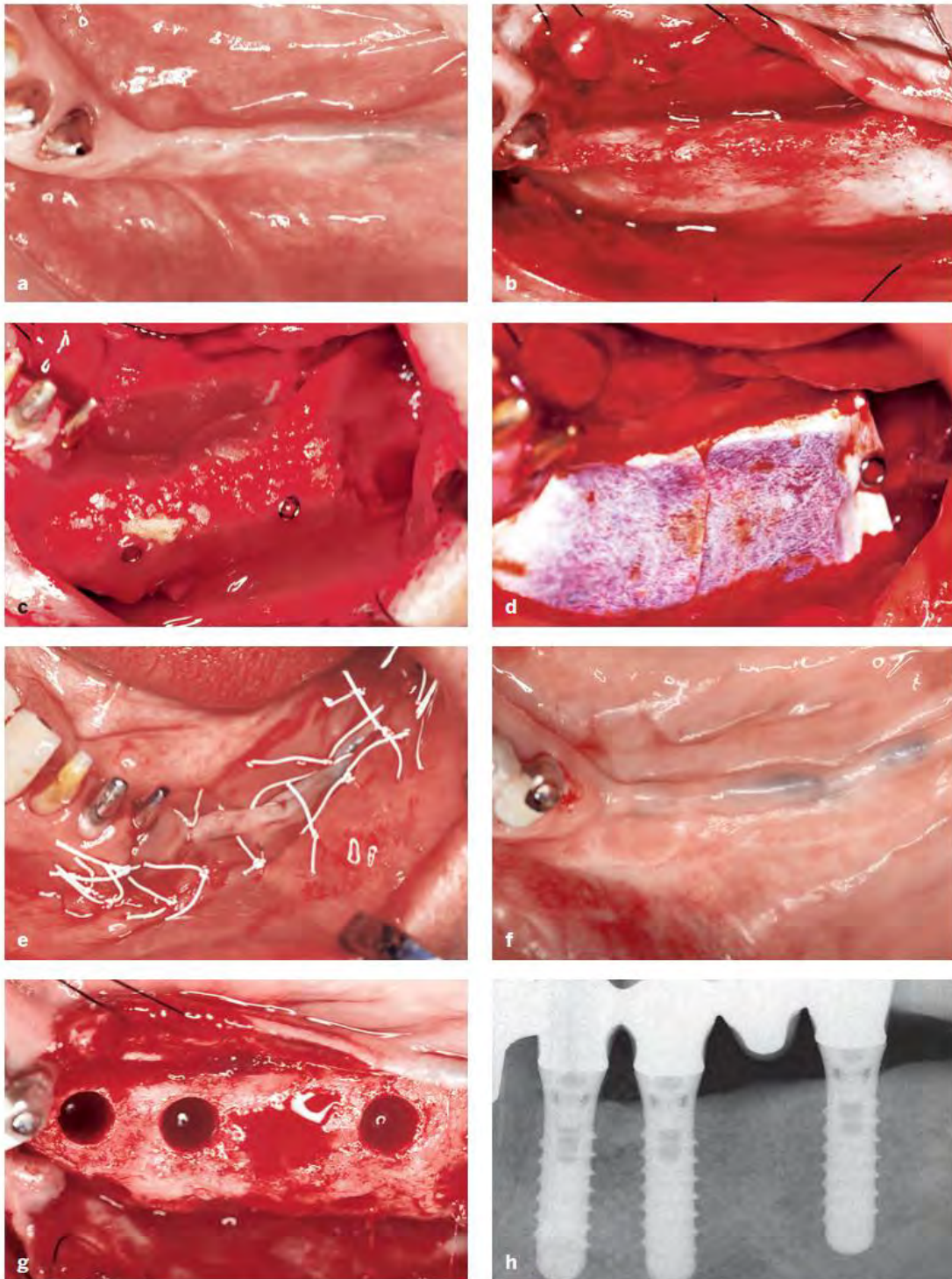
شکل 1-2 (ادامه) (i) هیلینگ کپ های بلندتر استفاده شد و مارژین های بافت نرم با بخیه های منقطع در محل خود قرار گرفتند و محکم شدند. (j) دو هفته بعد، بافت های نرم بهبود یافته بودند و هر دو ایمپلنت را می توان با یک روکش ترمیم کرد. (k) وضعیت بالینی در معاینه پیگیری 15 ساله (2006) نتیجه درمانی رضایت بخشی را با بافت نرم اطراف ایمپلنت پایدار نشان داد. (l) پیگیری رادیوگرافی در 15 سال: سطح کرسست استخوان در اطراف هر دو ایمپلنت که اسپلینت شده اند ثابت بود. (m) در سال 2010 (19 سال پس از جراحی اولیه)، یک ایمپلنت اضافی در محل دندان کائین به صورت قراردعی تاخیری ایمپلنت با استفاده از تکنیک flapless قرار داده شد. نمای بالینی حین جراحی، بافت نرم اطراف ایمپلنت پایدار را در هر دو ایمپلنت در ناحیه پرمولر نشان داد. (n) در حین معاینه بعد از عمل قراردعی ایمپلنت کائین، اسکن CBCT گرفته شد. برش های اوروفاسیال یک دیواره استخوانی ضخیم باکال را برای هر دو ایمپلنت پرمولر نشان داد که در آن زمان به مدت 19 سال در فاکشن بودند. (o) وضعیت بالینی پس از تکمیل روکش منفرد جدید در محل کائین. نتیجه درمان با توجه به زمانی که روش GBR انجام شد (1991) بسیار رضایت بخش بود. (p) رادیوگرافی پری اپیکال پس از اتمام درمان. دو ایمپلنت tissue-level در نواحی پرمولر به مدت 19 سال کار کرده بودند و هر دو سطح کرسست استخوان اطراف ایمپلنت ثابتی را نشان دادند. این آخرین معاینه پیگیری بود، زیرا بیمار متأسفانه دچار زوال عقل شد و چند سال بعد از دنیا رفت.



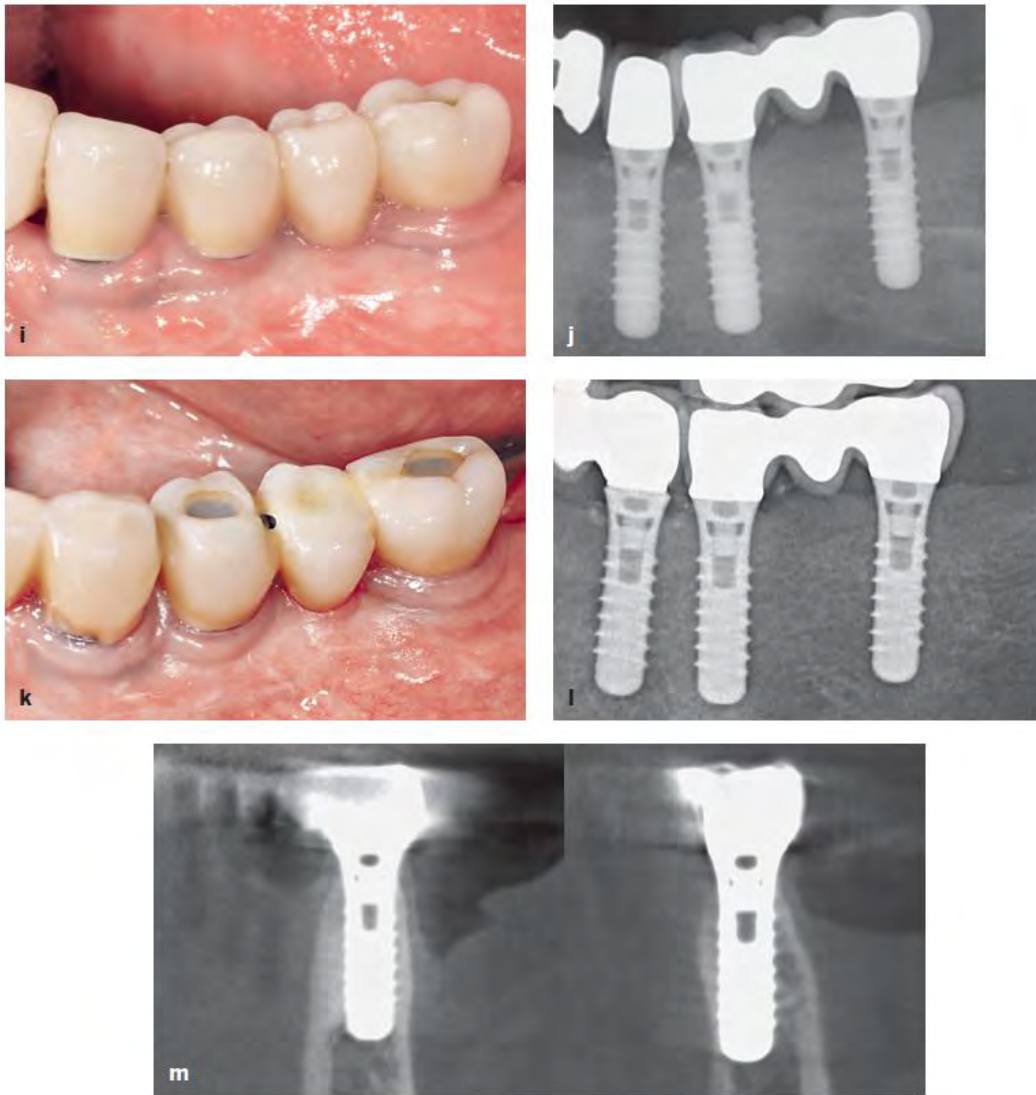
شکل 1-3 مورد 2. (a) نمای قبل از عمل (1994). نمای باکال سمت چپ فک بالا این زن دو دندان پرمولر از دست رفته را نشان می‌دهد. (b) نمای اکلوزال حین جراحی مسطح شدن قابل توجه باکال و نقص استخوان باکال در ناحیه پرمولر دوم را نشان می‌دهد. (c) قبل از کاربرد بلاک، کل سطح استخوان باکال سوراخ شد تا حفره مغزاستخوان باز شود. دبریدمان دیفکت استخوان از بافت‌های اسکار انجام شد. (d) یک پیوند بلاک اتورژن برداشت شده از چانه به کار برده شد و با یک پیچ ثابت شد. تراشه‌های استخوان برای تقویت کل ناحیه اطراف استفاده شد. (e) نمای اکلوزال حجم ریج تقویت شده را نشان می‌دهد. (f) نمای باکال غشای ePTFE به کار برده شده برای پوشاندن ریج تقویت شده به عنوان یک غشای سدکننده بیوانیترت. (g) بسته شدن اولیه زخم با استفاده از بخیه‌های 0-4 و 0-5 ePTFE با چندین بخیه ماترس و منقطع به دست آمد. (h) شش ماه پس از آگمنتاسیون ریج، وضعیت بالینی بافت نرم سالم را پس از یک دوره بهبودی عاری از عوارض نشان می‌دهد.



شکل 1-3 (ادامه) (i) پس از بلند شدن فلب و برداشتن غشاء، نمای اکلوزال حجم ریح عالی و دیواره استخوان باکال ضخیم را پس از آماده‌سازی بستر ایمپلنت نشان می‌دهد. **(j)** نمای باکال آگمنتاسیون موفقیت آمیز ریح را تأیید می‌کند. پیوند بلاک هنوز قابل تشخیص است و در برخی از نواحی با استخوان تازه تشکیل شده پوشیده شده است. **(k)** وضعیت بالینی پس از 3 ماه بهبودی nonsubmerged برای هر دو ایمپلنت. مخاط اطراف ایمپلنت سالم بود و شامل نوار خوبی از مخاط کراتینه‌شده بود. **(l)** وضعیت بالینی در معاینه 10 ساله (2005) دو تاج ایمپلنت اسپلینت شده را نشان می‌دهد. مخاط اطراف ایمپلنت بدون هیچ نشانه‌ای از پاتولوژی اطراف ایمپلنت پایدار بود. **(m)** رادیوگرافی پری آپیکال در معاینه 10 ساله، سطوح کرسٹ استخوانی پایدار را در اطراف دو ایمپلنت tissue-level با طراحی هیبریدی تأیید می‌کند. **(n)** معاینه پیگیری 25 ساله (2019) وضعیت بالینی را با مخاط اطراف ایمپلنت کاملاً سالم نشان می‌دهد، اگرچه کنترل پلاک دیگر در این بیمار مسن (سن 86 سال) کامل نیست. **(o)** رادیوگرافی پری آپیکال سطوح کرسٹ استخوانی پایدار را در هر دو ایمپلنت tissue-level تأیید می‌کند. **(p)** اسکن CBCT، دیواره‌های استخوان باکال کاملاً دست نخورده و ضخیم را برای ایمپلنت‌ها در ناحیه پرمولر اول (چپ) و پرمولر دوم (راست) نشان می‌دهد.



شکل 1-4- مورد 3. (a) نمای قبل از عمل (1993). نمای اکلوزال وضعیت اکستنشن دیستالی را در فک پایین نشان می دهد. ریج بهبود یافته این خانم آتروفیک با مسطح شدن باکالی شدید بود. (b) نمای حین عمل پهنای کرست کمتر از 3 میلی متر را نشان می دهد. (c) وضعیت به دنبال آگمنتاسیون افقی ریج با دو پیوند بلاک برداشت شده در ناحیه مولر سوم در همان فلپ. (d) پیوندهای بلاک با یک غشای ePTFE پوشانده شدند. غشاء با چندین مینی اسکرو تثبیت شد. (e) جراحی با بسته شدن زخم بدون کشش با بخیه های ماترس و تکی برای دستیابی به بهبود اولیه زخم تکمیل شد. (f) وضعیت بالینی پس از 6 ماه بهبودی بدون عوارض. (g) به دنبال بالا بردن فلپ و برداشتن غشاء، یک نتیجه آگمنتاسیون عالی در نواحی پرمولر اول و مولر اول قابل مشاهده است که امکان کاشت ایمپلنت را فراهم می کند. (h) پس از ترمیم موفقیت آمیز، رادیوگرافی پری آپیکال در معاینه 1 ساله (1994) سطوح کرست استخوانی پایدار را در هر سه ایمپلنت-tissue level نشان می دهد.



شکل 1-4 (ادامه) (i) وضعیت بالینی در معاینه 15 ساله. مخاط اطراف ایمپلنت پایدار است اما برخی از علائم موکوزیت را نشان می دهد. (j) رادیوگرافی سطوح کرست استخوانی پایدار را در هر سه ایمپلنت tissue-level تایید می کند. (k) نمای بالینی در معاینه پیگیری 25 ساله (2019). بیمار اکنون 85 ساله است و کنترل پلاک دیگر بهینه نیست. مخاط اطراف ایمپلنت های tissue-level با سطح ایمپلنت ماشینکاری شده در ناحیه گردن، بافت های اطراف ایمپلنت بسیار پایداری را نشان می دهد. (l) رادیوگرافی پری اپیکال سطوح کرست استخوانی پایدار را در هر سه ایمپلنت tissue-level پس از 25 سال عملکرد تایید می کند. (m) یک اسکن CBCT برای بررسی حجم استخوان اطراف ایمپلنت گرفته می شود. برش های دهانی، دیواره های استخوان باکال کاملاً دست نخورده را در دو ایمپلنت در محل های پرمولر اول و مولر اول نشان می دهند، محلی که آگمنتاسیون پیوند بلاک با GBR در سال 1993 انجام شد.

منجر به یک نتیجه ی بازسازی شده compromised می شود.⁵⁷⁻⁶⁰

- سختی کار با غشا در حین عمل جراحی به دلیل خاصیت آبریز آن، مستلزم تثبیت غشا با مینی اسکرو یا پین است.^{55,56,61}
- نیاز به یک روش جراحی دوم برای برداشتن غشای غیرقابل جذب bioinert و در نتیجه افزایش عوارض و زمان کلی درمان برای بیمار.

در این جلسه، اهدافی برای بهبود قابلیت پیش بینی و جذابیت روش های GBR هم برای بیماران ایمپلنت و هم برای پزشکان تعریف شد (کادر 1-1).

در سال 1994، یک نشست تخصصی در ایالات متحده برگزار شد تا پتانسیل و محدودیت های تکنیک GBR مورد استفاده در کارهای روزمره پس از 5 سال تجربه بالینی مورد بحث قرار گیرد (شکل 5-1). این جلسه به وضوح نشان داد که بهبود تکنیک GBR برای امکان استفاده گسترده تر در بیماران ایمپلنت مورد نیاز است. متخصصان توافق کردند که تکنیک GBR - مبتنی بر استفاده از غشاهای ePTFE در ترکیب با پیوند استخوان یا جایگزین های استخوان - دارای ضعف ها و کاستی های زیر است:

- میزان قابل توجهی از اکسپوژر غشاء به دلیل انقباضات بافت نرم، که اغلب منجر به عفونت موضعی در زیر غشاء که متعاقباً



شکل 1-5 عکس جلسه کارشناسی در سال 1994 در آریزونا با (از سمت چپ) دنی بوزر، بیل بکر، ساشا جووانوویچ و ماسیمو سیمیون.

کادر 1-1 اهدافی برای بهبود تکنیک GBR در اواسط دهه 1990

- Improve the predictability of successful outcomes following GBR
- Reduce the rate of complications due to membrane exposure and membrane infections
- Make the GBR technique more user friendly, with easier application of the membrane during surgery
- Make GBR more patient friendly by eliminating a second surgical procedure for membrane removal whenever possible, and by reducing healing periods as much as possible

بالینی روی خوک‌های کوچک توسط Buser و همکاران⁸¹ به ما کمک کرد تا بفهمیم فیلرهای استخوان دارای ویژگی‌های بیولوژیکی متفاوتی از نظر پتانسیل استئوژنیک و سرعت جایگزینی فیلر در طول ریمادلینگ استخوان می‌باشند.

مواد زیستی مختلفی که برای روش‌های GBR استفاده می‌شوند، مانند پیوند استخوان، جایگزین‌های استخوان و غشاهای سدکننده نیز در فصل 2 مورد بحث قرار گرفته‌اند.

کاربرد معمول و فاز تنظیم GBR

در حدود سال 2000، GBR وارد مرحله ای از کاربرد معمول در کار روزمره شد. از آن زمان، تکنیک GBR استاندارد مراقبت برای بازسازی نقایص استخوانی موضعی در بیماران ایمپلنت بوده است. این موضوع در سال 2007 در یک بررسی سیستماتیک توسط Aghaloo و Moy⁸² تایید شد که نشان دادند ایمپلنت‌هایی که با روش GBR قرار داده می‌شوند، میزان بقا و موفقیت مطلوبی دارند و روش GBR تنها تکنیک جراحی مستند شده در میان تکنیک‌های جراحی مختلف مورد استفاده برای تقویت موضعی ریج می‌باشد. تنها روش جراحی که از لحاظ علمی برای تقویت استخوان در آن زمان به خوبی مستند شده بود، پیوند سینوس و بالا بردن کف سینوس در فک بالا بود.

برای شرکت کنندگان در این نشست تخصصی مشخص بود که این اهداف تنها با استفاده از یک غشای قابل جذب زیستی قابل دستیابی است. این روند دوباره در زمینه GTR با معرفی اولین غشاهای قابل جذب زیستی در اوایل دهه 1990 آغاز شد. متعاقباً، مطالعات حیوانی متعددی برای بررسی غشاهای قابل جذب زیستی مختلف برای روش‌های GBR انجام شد.⁶⁴⁻⁷⁴ به طور کلی، دو گروه مختلف غشاهای قابل جذب زیستی مورد بررسی قرار گرفتند.⁷⁵

- غشاهای پلیمری ساخته شده از پلی لاکتیک یا پلی گلوکولیک اسید

- غشاهای کلاژن تولید شده از منابع مختلف حیوانی

به موازات این مطالعات پیش بالینی، پزشکان شروع به استفاده از غشاهای قابل جذب زیستی در بیماران کردند. اولین گزارش‌های بالینی منتشر شده عمدتاً غشاهای کلاژن را آزمایش می‌کردند،⁷⁶⁻⁸⁰ و امروزه، غشاهای کلاژن به طور معمول در کارهای روزمره برای پروسه‌های GBR استفاده می‌شوند.

علاوه بر انتخاب یک غشای سدکننده مناسب، انتخاب فیلرهای استخوانی مناسب برای روش‌های GBR به همان اندازه برای نتیجه بازسازی روش‌های GBR مهم می‌باشد. در اوایل دهه 1990، تراشه‌های استخوانی اتوزن عمدتاً از نقطه نظر مکانیکی مورد استفاده قرار گرفتند.

نقش این ذرات فیلر حمایت از غشاء برای جلوگیری از فروپاشی غشاء در طول بهبودی بود. در اواسط دهه 1990، اولین مطالعه پیش

درک بهتر ویژگی‌های بیولوژیکی پیوند استخوان و جایگزین‌های استخوان

همانطور که در پاراگراف قبلی ذکر شد، در اواخر دهه 1980 تراشه‌های استخوانی اتوزن قبلاً با روش‌های GBR مورد استفاده قرار گرفته بودند، اما آنها عمدتاً به عنوان پشتیبان غشاء برای جلوگیری از کلاپس در طول دوره ترمیم مورد استفاده قرار گرفتند. در اواخر دهه 1990، اولین مطالعه بالینی توسط Buser و همکاران⁸¹ در خاک‌های کوچک نشان داد که فیلرهای استخوانی ویژگی‌های بیولوژیکی متفاوتی دارند. تراشه‌های استخوان اتوزن دارای پتانسیل استخوان‌زایی بسیار خوبی هستند، باعث تقویت استخوان‌های جدید در طول بهبودی اولیه می‌شوند و میزان جایگزینی بالایی در طول ریمادلینگ استخوان دارند. فیلرهای استخوانی جایگزین آزمایش شد و همگی با تشکیل استخوان بسیار آهسته‌تر در طول بهبودی اولیه مرتبط بودند، اما یکی از آنها میزان جایگزینی پایین جالبی را نشان داد. متعاقباً، یک سری مطالعات تجربی با فیلرهای استخوانی مختلف توسط Jensen و همکاران،⁸⁹⁻⁹¹ انجام شد که برتری تراشه‌های استخوانی اتوزن را با توجه به پتانسیل استخوان‌زایی در مقایسه با سایر فیلرهای استخوانی آزمایش شده تأیید می‌کرد. در مقابل، این مطالعات نشان داد که برخی از فیلرهای استخوان دارای ثبات حجمی بسیار خوبی با میزان جایگزینی پایین هستند، مانند مواد معدنی استخوان گاوی بدون پروتئین (DBBM)، یک فیلر استخوان گاوی. این بینش جدید در مورد خواص بیولوژیکی پیوندهای استخوان و جایگزین‌های استخوانی به طور فزاینده‌ای استفاده از دو فیلر استخوان را به عنوان یک گرفت کامپوزیتی که می‌تواند به عنوان گرفت کامپوزیت دولایه یا مخلوط استفاده شود، مورد استفاده قرار داد (به فصل 2 مراجعه کنید).

در دهه 2010، ویژگی‌های تراشه‌های استخوان اتوزن در یک سری مطالعات آزمایشگاهی با استفاده از کشت سلولی مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات نشان داد که این تراشه‌های استخوانی سریعاً فاکتورهای رشد (GFs) مانند TGF- β 1 و BMP-2 را در خون اطراف آزاد می‌کنند که هر دو GF قوی برای استخوان سازی می‌باشند. با آزادسازی GFs،⁹²⁻⁹⁵ خون حاوی آنها *bone-conditioned medium* (BCM) نامیده می‌شود. سپس BCM قادر است فیلرهای استخوان و غشاهای سدکننده را از نظر بیولوژیکی برای روش‌های GBR فعال کند.^{96,97} همه این جزئیات در این کتاب در فصل کاملاً جدید 3 ارائه شده‌اند.

توسعه ایمپلنت‌های جدید با قطر باریک ساخته شده از آلیاژ Ti-Zr

ایمپلنت‌های با قطر باریک (NDIs) ساخته شده از تیتانیوم خالص تجاری (CPTi) قبلاً در اواسط دهه 1990 در دسترس بودند، اما از آنجایی که NDIها میزان شکستگی بالایی را در کارهای روزمره به

با این حال، در طول 20 سال گذشته، به لطف پیشرفت‌های جدید در فناوری و درک بسیار بهتر از بافت و بیولوژی پیوند درگیر، پیشرفت قابل توجهی با روش‌های GBR حاصل شده است.

مهمترین پیشرفت‌ها به شرح زیر است:

- توسعه یک تکنیک رادیوگرافی سه بعدی بسیار بهتر بر اساس CBCT
- دانش بسیار بیشتر از بیولوژی بافت در محل‌های بعد از کشیدن دندان
- درک بسیار بهتر از ویژگی‌های بیولوژیکی پیوند استخوان و جایگزین‌های استخوانی
- توسعه ایمپلنت‌های جدید با قطر باریک

CBCT به عنوان روش جدید رادیوگرافی سه بعدی

توسعه تکنیک CBCT در اواخر دهه 1990 با اولین انتشار توسط Mozzo و همکاران،⁸³ آغاز شد و احتمالاً یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در دندانپزشکی ایمپلنت در 20 سال گذشته است. این روش جدید رادیوگرافی سه بعدی امکان تصویربرداری مقطعی با کیفیت تصویر بسیار بهتر و کاهش واضح اکسپوز اشعه را در مقایسه با فناوری توموگرافی کامپیوتری (CT) مورد استفاده در دندانپزشکی در دهه 1990 فراهم می‌کند. تکنیک CBCT امکان تصویربرداری مقطعی را نه تنها برای معاینه قبل از عمل جراحی، بلکه برای مستندات بعدی مراحل آگمنتاسیون استخوان نیز فراهم می‌کند.^{84,85} در طول معاینه قبل از عمل، CBCT به ارزیابی میزان کمبود استخوان در محل‌های بالقوه ایمپلنت و در نتیجه طبقه‌بندی مورفولوژی نقص کمک می‌کند. این جنبه‌ها به تفصیل در فصل 5 مورد بحث قرار می‌گیرند. علاوه بر این، CBCT همچنین یکی از تکنیک‌های اساسی لازم برای استفاده از فناوری دیجیتال، از جمله جراحی ایمپلنت به کمک کامپیوتر (CAIS) در بیماران است.

بهبود دانش بیولوژی بافت در محل‌های بعد از کشیدن دندان

پیشرفت در این زمینه در حدود سال‌های 2004 تا 2005 با مطالعات بنیادی در مورد تغییرات استخوانی در محل‌های پس از کشیدن دندان توسط گروه Lindhe و همکاران آغاز شد. در ابتدا، یک سری از مطالعات تجربی در سگ‌های بیگل به توضیح مفهوم تحلیل استخوان باندل پس از کشیدن دندان کمک کرد.^{86,87} این مطالعات با تعدادی از مطالعات بالینی با استفاده از تکنیک CBCT دنبال شد (برای بررسی، Chappuis و همکاران⁸⁸ را ببینید). این دانش جدید برای تعریف معیارهای انتخاب مورد استفاده در کاشت ایمپلنت پس از کشیدن دندان، اساسی بود. دانش فعلی تغییرات بافت سخت و نرم به طور مفصل در فصل 4 مورد بحث قرار گرفته است و معیارهای انتخاب برای گزینه‌های مختلف درمانی در فصل 6 ارائه شده است.

تبدیل شدن به یک جراح ایمپلنت موفق که قادر به برآورده کردن انتظارات بالای بیماران امروزی است، به پزشک ارائه می‌دهد.

منابع

1. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol* 2000 2017;73:7-21.
2. Brånemark P-I, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969;3:81-100.
3. Schroeder A, Pohler O, Sutter F. Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer [in German]. *SSO Schweiz Monatschr Zahnmed* 1976;86:713-727.
4. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *J Maxillofac Surg* 1981;9:15-25.
5. Albrektsson T, Brånemark P-I, Hansson H-A, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981;52:155-170.
6. Schenk RK, Buser D. Osseointegration: A reality. *Periodontol* 2000 1998;17:22-35.
7. Bosshardt DD, Chappuis V, Buser D. Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: Current knowledge and open questions. *Periodontol* 2000 2017;73:22-40.
8. Buser D, von Arx T, ten Bruggenkate C, Weingart D. Basic surgical principles with ITI implants. *Clin Oral Implants Res* 2000;11(suppl 1):59-68.
9. Gotfredsen K, Rostrop E, Hjørting-Hansen E, Stoltze K, Budtz-Jørgensen E. Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:30-37.
10. Weber HP, Buser D, Donath K, et al. Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:11-19.
11. Brånemark P-I, Hansson BO, Adell R, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977;16(suppl):1-132.
12. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
13. Albrektsson T, Dahl E, Enbom L, et al. Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants. *J Periodontol* 1988;59:287-296.
14. Jemt T, Lekholm U, Adell R. Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: A preliminary study on 876 consecutively placed fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:211-217.
15. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res* 1990;1:33-40.
16. Buser D, Weber HP, Bragger U, Balsiger C. Tissue integration of one-stage ITI implants: 3-year results of a longitudinal study

دلیل شکستگی‌های ناشی از خستگی نشان دادند،⁹⁸ کاربردهای بالینی محدودی داشتند. جهت کاهش خطر شکستگی، اسپلینت NDI به سایر ایمپلنت‌ها در آن زمان توصیه می‌شد.⁸

در حدود سال 2010، آلیاژ جدید تیتانیوم زیرکونیوم (Ti-Zr) به نام Roxolid (Struamann) به بازار معرفی شد. این ماده ایمپلنت جدید در مقایسه با CPTi استحکام بسیار بیشتری داشت.⁹⁹ مواد ایمپلنت مستحکم تر می‌توانست خطر شکستگی را کاهش دهد و از این رو دامنه کاربردها را در کار روزمره افزایش داد. در این بین، NDIها توسط مطالعات بالینی و بررسی‌های سیستماتیک به خوبی مستند شدند.¹⁰⁰⁻¹⁰³ در جدیدترین تجزیه و تحلیل مجموعه بیماران، که 3 سال (2014 تا 2016) در دانشگاه برن را پوشش می‌دهد، فراوانی NDI به وضوح به 25 درصد افزایش یافته است. این بدان معناست که استفاده از آنها در یک دوره 6 ساله به طور قابل ملاحظه ای بیش از دو برابر شده است.²⁰

استفاده از NDIها در کار روزمره دو مزیت دارد. اول، به پزشک اجازه می‌دهد تا از پروتکل استاندارد کاشت ایمپلنت بدون روش GBR همزمان در موقعیت‌های مرزی با پهنای کرست حدود 6 میلی متر استفاده کند. دوم، در صورت نقص موضعی استخوان، مورفولوژی دیفکت را پس از کاشت ایمپلنت بهبود می‌بخشد و از این رو دفعات روش‌های آگمنتاسیون مرحله‌ای را کاهش می‌دهد. مزیت این روش برای بیماران آشکار است، زیرا نه تنها عوارض، بلکه هزینه‌ها را نیز کاهش می‌دهد. این جزئیات در فصل 5 این کتاب مورد بحث قرار گرفته است.

همه این پیشرفت‌ها ما را قادر ساختند تا تکنیک GBR را در 20 سال گذشته تنظیم کنیم و جزئیات این جنبه‌ها در فصل‌های بالینی این کتاب مورد بحث قرار گرفته است.

خلاصه

در طول سال‌ها، پیشرفت قابل توجهی با روش‌های GBR در بیماران ایمپلنت صورت گرفته است. GBR نه تنها به استاندارد مراقبت برای بازسازی نقایص استخوانی موضعی در ریج آلوئول بیماران ایمپلنت تبدیل شده است، بلکه یک عامل مهم کمک کننده برای گسترش سریع درمان ایمپلنت در 20 سال گذشته می‌باشد و همچنین منجر به پیشرفت چشمگیری در زمینه دندانپزشکی ایمپلنت زیبایی شده است.

روش‌های توصیه شده در موقعیت‌های بالینی مختلف به صورت گام به گام در فصل‌های 6 تا 13 ارائه شده‌اند. خواننده این کتاب به سرعت متوجه می‌شود که تکنیک‌های جراحی توصیه شده نسبتاً محافظه کارانه هستند و از قوانین اساسی روش‌های تقویت استخوان پیروی می‌کنند. این قابل پیش بینی ترین رویکرد را برای دستیابی به یک نتیجه درمانی موفق با خطر کم عوارض و در نتیجه توانایی