

Histologische Auswertung der Socket Preservation mit mineralisiertem humanem Allotransplantatmaterial



Hom-Lay Wang, DDS, MSD*
Yi-Pin Tsao, DDS, MS**

Die Socket Preservation zum Zeitpunkt der Zahnextraktion wird von vielen Autoren empfohlen. Wenn sie erfolgreich verläuft, ist später ein weniger umfangreiches oder gar kein Alveolarkammtransplantat erforderlich. Wir beschreiben ein Augmentationsverfahren einschließlich der histologischen und histomorphometrischen Befunde. An dieser Pilotstudie nahmen fünf Patienten (drei Männer, zwei Frauen, Durchschnittsalter 56 Jahre) teil. Es wurden fünf Areale behandelt. Für das Auffüllen jeder Extraktionsalveole bis zum Knochenkamm (2 mm unter der Weichgewebeoberfläche) wurde ein lösungsmittelkonserviertes mineralisiertes Spongiosa-Allotransplantat verwendet. Die Bereiche wurden mit einem bioresorbierbaren Kollagen-Wundverband abgedeckt. Fünf bis sechs Monate nach der Augmentation wurden aus der Mitte der Extraktionsalveolen Biopsate entnommen. Die histologische Auswertung der präparierten Biopsate zeigte Bildung und Umbau von Knochenbälkchen in den Bereichen des mineralisierten Spongiosa-Allotransplantats und keine Anzeichen von Entzündung. Die histomorphometrische Analyse der Biopsate zeigte durchschnittlich 68,5 % vitalen Knochen, 3,8 % verbliebene Transplantatpartikel und 27,7 % Bindegewebe/Knochenmark. Außerdem zeigten sich vitaler Knochen und Bindegewebe in engem Kontakt zum restlichen Allotransplantat. Aus unseren Daten geht hervor, dass die Kombination aus humanem mineralisiertem Knochen und einem resorbierbaren Kollagen-Wundverband eine geeignete Technik zur Socket Preservation ist. Trotzdem empfehlen wir, kontrollierte klinische Studien mit einer größeren Zahl von Biopsaten durchzuführen, um die Ergebnisse dieser Technik zu bestätigen. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2008;28:225–231.)

* Professor und Leiter des Graduiertenseminars für Parodontologie, Abteilung für Parodontologie und Oralmedizin, Zahnheilkundliche Fakultät, Universität Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

** Privatpraxis, San Francisco, Kalifornien, USA.

Korrespondenz an: Dr. Hom-Lay Wang, Department of Periodontics and Oral Medicine, University of Michigan, School of Dentistry, 1011 N University Avenue, Ann Arbor, Michigan 48109-1078, USA; Fax: +734-936-0374. E-Mail: homlay@umich.edu

Nach der Extraktion eines Zahns ist der horizontale und vertikale Abbau des Knochenkammvolumens unvermeidlich. Der Knochenverlust ist innerhalb der ersten beiden Jahre nach dem Zahnverlust am größten^{1–8}. Es sind bereits verschiedene Techniken zur Socket Preservation mit verschiedenen Knochentransplantatmaterialien untersucht worden. Die Ergebnisse waren vielversprechend^{9–14}. Die Socket Preservation zum Zeitpunkt der Extraktion erfolgte, um den Abbau des Alveolarkamms zu reduzieren, eine bessere Alveolenauffüllung anzuregen, die horizontale Kammresorption zu minimieren und letztlich zu erreichen, dass der Kamm später weniger oder gar nicht aufgebaut werden muss.

Das lösungsmittelkonservierte mineralisierte Spongiosa-Allotransplantat (Puros cancellous bone, Zimmer Dental) ist ein neu entwickeltes Material, das in der Literatur noch kaum berücksichtigt ist^{15–17}. Das mineralisierte Spongiosa-Allotransplantat enthält eine humane mineralisierte Komponente, eine organische Matrix und Kollagen. Es wird durch den Tutoplastprozess (Tutogen Medical) konserviert, d. h. durch die Reinigung mit Lösungsmittel und Gammabestrahlung mit niedriger Dosis. Der Hersteller gibt

an, dass dieses Lösungsmittelkonservierte mineralisierte Spongiosa-Allotransplantat die Knochenbälkchen in der Knochenstruktur mit hoher Porosität beibehält. Dadurch ist das osteokonduktive Potenzial größer als bei herkömmlichen, gefriergetrockneten Knochenallotransplantaten. Es hat sich vor Kurzem gezeigt, dass dieses Material die Knochenbildung in der Parodontal- und Implantattherapie fördert^{15, 16, 18}.

Ein Kollagen-Wundverband (z. B. Colla-Plug, Zimmer Dental) wird häufig bei der Socket Preservation verwendet, weil er das Transplantat in der Alveole schützen und die Koagulumbildung über die Plättchenaggregation auslösen (und so die Wunde stabilisieren) kann. Außerdem fördert er die Zellmigration und verbessert den primären Wundverschluss^{19, 20}. Deshalb haben wir die Eigenschaften beider Materialien kombiniert und für die Socket Preservation eine Technik vorgeschlagen, die wir die „Technik des mineralisierten Knochenblocks“ (Mineralized bone plug, MBP) genannt haben. Bis heute gibt es keine Studien zur Auswertung der Ergebnisse mit dieser Methode. Deshalb wird in unserer Studie über die histologische Auswertung dieser neu eingeführten Technik zur Socket Preservation berichtet.

Material und Methode

Studienteilnehmer

An dieser Studie nahmen fünf Patienten (drei Männer und zwei Frauen, Durchschnittsalter 56 Jahre) teil. Sie wurden über die Behandlung aufgeklärt und gaben schriftlich ihre Einwilligung nach Information, um teilzunehmen. Der Studienzeitraum lief vom 1. Oktober 2004 bis

30. September 2005. Alle Probanden waren gesund, chirurgische Eingriffe waren nicht kontraindiziert und bei allen mussten einer oder mehrere Zähne gezogen werden. Die Gründe für die Extraktionen (insgesamt 7 Zähne) waren Frakturen (n = 3), Karies (n = 2), endodontische Komplikationen (n = 1) und Parodontalkrankheit (n = 1).

Alle Zähne wurden nach dem von Wang et al. beschriebenen Protokoll²¹ extrahiert. Als erstes wurden mit einem 15C-Skalpell Sulkuszisionen geführt, um den suprakrestalen Zahnhalteapparat zu lösen. Dann wurde mit dem Periotom das subkrestale Weichgewebeattachment durchtrennt. Gegebenenfalls wurde mit einem feinen, langen Fissurenbohrer Platz geschaffen, damit das Periotom in den Bereich des parodontalen Ligaments inseriert werden konnte. Bei der MBP-Technik für die Socket Preservation wurde folgendermaßen vorgegangen: Die Zähne wurden nach Luxation mit Periotom und Elevator vorsichtig mit einer Dentalzange extrahiert. Die Alveolen wurden gründlich untersucht, um sicherzustellen, dass keine Weichgewebereste mehr vorhanden waren. Dann wurden die Alveolenwände mit einem halbrunden Bohrer perforiert, um das regionale Beschleunigungsphänomen auszulösen, das die Inkorporation des Transplantats stimuliert²²⁻²⁴. Das lösungsmittelkonservierte mineralisierte Spongiosa-Allotransplantat (Puros) wurde inseriert und bis zu 2 mm apikal zu dem umgebenden Weichgewebe dicht gestopft. Über das Knochentransplantat wurde vorsichtig ein bioresorbierbarer Kollagen-Wundverband (Colla-Plug) gelegt, um den Knochenumbau und die Weichgewebedicke auszugleichen. Dann wurde der Bereich mit 4-0 Vicryl-Nahtmaterial (Ethicon/Johnson & Johnson) mit einer ge-

kreuzten Matratzennaht verschlossen, um die Stabilität zu erhalten.

Die Patienten wurden gebeten, in den ersten zwei bis drei Wochen nach dem Eingriff den Mund mit warmem Salzwasser zu spülen. Es wurden keine Antibiotika verschrieben. Alle Patienten erhielten Ibuprofen (600 mg, 3 Tage alle 6 Stunden). Die Fäden wurden zwei Wochen nach dem Eingriff entfernt. Alle Patienten erhielten fünf bis sechs Monate nach der Extraktion Implantate.

Histologische Präparation und histomorphometrische Auswertung

Bei der Implantateinsetzung wurden die Areale untersucht (Abb. 1). Aus der Mitte der Extraktionsalveole wurde mit einem zylindrischen Trepanbohrer (2 x 10 mm) unter reichlicher Spülung mit Salzlösung ein Knochenkern entnommen. Mit chirurgischen Schablonen wurde sichergestellt, dass die Entnahme aus dem transplantierten Bereich korrekt erfolgte. Nach der Entnahme wurden die Biopsate so markiert, dass die koronale und die apikale Seite gekennzeichnet waren. Dann wurden sie sofort in 10 % neutralem gepuffertem Formalin fixiert und anschließend mit einer aufsteigenden Alkoholreihe dehydriert. Von jedem Biopsat wurden mit Längsschnitten vom koronalen zum apikalen Bereich Serienschnitte angefertigt. Vier bis sechs Schnitte, jeder 5 µm dick, wurden für die histologische Analyse mit Hämatoxylin und Eosin (H & E) und Trichrom eingefärbt.

Alle mit H & E eingefärbten Schnitte wurden analysiert, und das Knochenvolumen (% Knochen/Bereich) und das Volumen der verbliebenen Transplantatpartikel und des Bindegewebes/Knochenmarks wurden ermittelt. Für die histomorpho-



Abb. 1 (links) Bereich 6 Monate nach der Kammaugmentation mit MBP. Es wurde eine Knochendichte von D1 festgestellt.



Abb. 2 (rechts) Histologischer Schnitt in geringer Vergrößerung. Gemessenes Knochenvolumen 68,9 % (H & E; Originalvergrößerung x 10). B = Lamellen- und Geflechtknochen; C = Bindegewebe; P = restliche Transplantatpartikel.

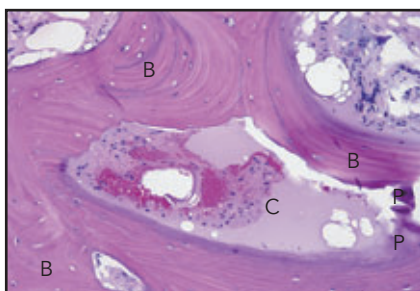


Abb. 3 (links) Histologischer Schnitt in stärkerer Vergrößerung. Die restlichen Allotransplantatpartikel (P) waren von Lamellenknochen (B), Geflechtknochen (B) und Bindegewebe (C) umgeben (H & E; Originalvergrößerung x 20).

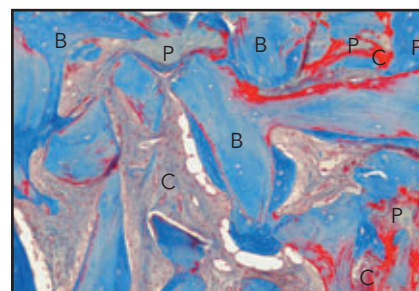


Abb. 4 (rechts) Histologischer Schnitt mit Trichromfärbung in geringerer Vergrößerung. Gemessenes Knochenvolumen (B) 66,4 % (Originalvergrößerung x 10). P = Transplantatpartikel.

metrischen Messungen wurden Mikroskopbilder auf einen Computer übertragen und mit Image-Pro Express (Media Cybernetics) analysiert. In jedem Biopsat wurden drei Bereiche analysiert (z. B. apikales, mittleres und koronales Drittel).

Ergebnisse

Die Einheilung verlief bei allen Probanden komplikationslos. Sie kamen alle zwei Wochen zum Follow-up. Zwei Wochen nach dem Eingriff wurde keine Transplantatfreilegung festgestellt. Nach vier Wochen zeigte sich bei drei Probanden (fünf Areale) eine komplette Weichgewebeabdeckung. Bei den übrigen drei Probanden war die komplette Weichgewebeabdeckung nach sechs Wochen erreicht. Beim Lösen des Mukoperiostlappens während der Wiedereröffnung war das Bindegewebe über den transplantierten

Bereichen etwa so dick wie das umgebende Weichgewebe. Die knöcherne Auffüllung der Extraktionsalveolen war bei allen Probanden klinisch zu erkennen (Abb. 1). Der augmentierte Alveolenbereich war klinisch nicht vom ursprünglichen benachbarten Knochengewebe zu unterscheiden. Die Knochendichte, die bei der Osteotomiepräparation von zwei erfahrenen Klinikern untersucht wurde, betrug D1 (dichte Kortikalis) bis D2 (poröse Kortikalis und raue Bälkchen), nach der Einteilung von Misch (1990)²⁵.

Histologische Befunde

Die histologische Untersuchung der sieben Biopsate von fünf Patienten zeigte eine Knochenneubildung und minimale verbliebene Transplantatpartikel. Die Untersuchung des apikalen Biopsatbereichs offen-

barte dicke, dichte, zusammenhängende Knochenbälkchen und eine kleine Menge an amorphem restlichem Transplantatmaterial (Abb. 2). In den koronalen Bereichen waren die Knochenbälkchen dünner und weniger dicht und es lagen noch mehr restliche Transplantatpartikel vor. Bei dem neuen Knochen handelte es sich zum größten Teil um Lamellenknochen, mit Osteozyten in den Lakunen. In keinem der Biopsate waren Anzeichen einer Entzündung zu erkennen. In allen Biopsaten befanden sich noch restliche Transplantatpartikel, vor allem im mittleren und koronalen Bereich. Die verbliebenen Transplantatpartikel standen in engem Kontakt zur Knochenstruktur oder zum Bindegewebe (Abb. 3). Die Trichromfärbung zeigte die Kollagenkomponente des Transplantatmaterials (Abb. 4).

Tabelle 1 Histomorphometrische Daten der einzelnen Biopsate

Patient / -in	Zahn Nr.*	Knochen dichte ²⁵	% des Biopsats											
			Knochen (Geflechtk. u. Lamellenk.)				Restl. Partikel				Bindegewebe			
			Apikal. Drittel	Mittl. Drittel	Koronal. Drittel	Ø	Apikal. Drittel	Mittl. Drittel	Koronal. Drittel	Ø	Apikal. Drittel	Mittl. Drittel	Koronal. Drittel	Ø
AG	14	1	68,9	78,2	71,4	72,8	0,4	1,2	2,9	1,5	30,8	20,6	25,7	25,7
TO	4	1	66,4	59,1	75,1	66,9	0,1	11,0	4,8	5,3	33,5	29,9	20,2	27,8
JR	9	2	74,7	52,7	60,7	62,7	6,0	18,9	7,0	10,6	19,2	28,4	32,4	26,7
JR	10	2	81,5	86,2	44,1	70,6	0,8	2,5	4,5	2,6	17,7	11,2	51,4	26,8
JR	11	2	79,5	69,1	64,4	71,0	3,6	5,4	6,1	5,1	16,9	25,5	29,4	23,9
RO	5	2	87,3	58,5	30,0	58,7	0,0	1,4	2,9	1,4	12,7	40,0	67,1	39,9
MN	19	2	78,4	78,0	73,1	76,5	0,0	0,2	0,3	0,2	21,6	21,8	26,6	23,3
Durchschnitt						68,5				3,8				27,7

*Internationales Zahnschema.

Histomorphometrische Analyse

Die durchschnittlichen Prozentzahlen der verschiedenen Gewebe in allen Biopsaten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Knochen

Das durchschnittliche Knochenvolumen betrug 68,45 % (Durchschnittsbereich 58,66 % bis 76,49 %). Die Knochendichte war anscheinend in den apikalen Bereichen am größten. Von apikal nach koronal nahm sie allmählich ab.

Restliche Transplantatpartikel

Das Durchschnittsvolumen der restlichen Transplantatpartikel betrug 3,8 % (Bereich von 0,16 % bis 10,64 %). Der apikale Bereich der Biopsate wies die wenigsten restlichen Transplantatpartikel auf.

Bindegewebe/Knochenmark

Das Durchschnittsvolumen des Bindegewebes betrug 27,74 % (Bereich von 23,35 % bis 39,91 %). In den Biopsaten war bei der Verteilung

des Bindegewebes kein deutlicher Trend zu erkennen.

Diskussion

In verschiedenen Studien zur Socket Preservation sind, mit ermutigenden Ergebnissen, schon viele Knochen-Transplantatmaterialien untersucht worden, darunter autogener Knochen, demineralisiertes gefriergetrocknetes Knochenallotransplantat (DFDBA), mineralisiertes gefriergetrocknetes Knochenallotransplantat, bovines Hydroxylapatit (HA) und Alloplaste^{10, 24, 26-32}. Das ideale Material für die Socket Preservation wurde aber noch nicht eindeutig ermittelt. Allogene Knochen-Transplantatmaterialien werden wegen ihrer Verfügbarkeit und erwiesenen biologischen Aktivität befürwortet. Lösungsmittelkonserviertes mineralisiertes Knochenallotransplantat (Puros) enthält eine humane mineralisierte Komponente, eine organische Matrix und Kollagen. Es wird durch den patentierten Tutoplastprozess

mit Lösungsmittel und Gammabestrahlung mit niedriger Dosis konserviert. Durch diesen Prozess bleiben die Knochenbälkchenstruktur und die hohe Porosität erhalten. In Studien wurde gezeigt, dass sich damit parodontale Furkationsdefekte gut behandeln lassen. Auch für den Sinuslift und die gesteuerte Knochenaugmentation im Zusammenhang mit der Implantatinsertion ist das Material gut geeignet^{15-18, 33}. Aus den Daten unserer histologischen Auswertung geht hervor, dass dieses lösungsmittelkonservierte mineralisierte Knochen-Transplantatmaterial durch neuen Knochen ersetzt wurde und dass es mit dem umgebenden Gewebe gut biokompatibel war.

Bei der früher beschriebenen Bio-Col-Technik²⁴ wurde die Alveole mit Knochen-Transplantatmaterialien bis zu zwei Dritteln gefüllt. Im Gegensatz dazu wurde bei der hier vorgestellten Technik das Transplantatmaterial bis auf 2 mm unter dem Weichgewebeniveau inseriert, um den Erhalt des Alveolarknochens zu ver-

bessern. Außerdem wird bei der Bio-Col-Technik bovinen HA als Transplantatmaterial verwendet, bei der MBP-Technik hingegen humane Spongiosa. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass bei der MBP-Technik nur etwa 5 % des Gewebes noch restliche Transplantatpartikel enthielten. Das ist bedeutend weniger als bei der Bio-Col-Technik mit bovinem HA^{24, 26}.

Bei beiden Techniken wird ein bioresorbierbarer Kollagen-Wundverband (Puros) verwendet, um das Transplantat zu schützen und die Koagulumbildung zur weiteren Stabilisierung der Wunde zu fördern. Das frühe Auseinanderreißen des Blutkoagulums führt häufig zum Verlust von Transplantatmaterial. Dies wirkt sich negativ auf die Menge des für die Implantateinsetzung verfügbaren Knochens aus³⁴. Das stimmt mit den klinischen Beobachtungen in unserer Studie überein. Der Kollagen-Wundverband ist wegen der guten Biokompatibilität und der hämostatischen Funktion bei der Förderung der Plättchenaggregation, wodurch die Koagulumbildung und die Wundstabilisierung erleichtert wird, vorzuziehen. Außerdem zieht die chemotaktische Funktion Fibroblasten an, womit die Wundabdeckung gefördert wird^{19, 20}.

Der Erfolg der Osseointegration von Dentalimplantaten hängt sehr vom Knochen-Implantat-Interface ab. Wenn ein Implantat in einer Extraktionsalveole in Kontakt zu Transplantatpartikeln steht, kann die Osseointegration in dem Bereich beeinträchtigt sein. Wie der Zusammenhang zwischen dem minimalen Prozentsatz an Knochen-Implantat-Kontakt und der Langlebigkeit belasteter Implantate aussieht, ist noch nicht hinreichend nachgewiesen. Trotzdem ist es häufig wünschenswert, den größtmöglichen Oberflächenkontakt zu erreichen. Das Er-

gebnis dieser histomorphometrischen Auswertung zeigt eine übereinstimmende Knochendichte des transplantierten Bereichs bei allen Biopsaten (durchschnittlich 68,5 %, Bereich von 58,7 % bis 76,5 %). Es wurden nur minimale Mengen an restlichen Transplantatpartikeln festgestellt (durchschnittlich 3,8 %, Bereich von 0,2 % bis 10,6 %). Das ist ein vielversprechendes Ergebnis für die Entwicklung von Implantatmaterialien. Es stimmt mit den Ergebnissen einer früheren histologischen Studie überein, in der das gleiche Transplantatmaterial für den Sinuslift verwendet wurde³³. In jener Studie wurde eine durchschnittliche Knochendichte von 73,3 % (Bereich von 66,1 % bis 85,0 %) erzielt. Das ist vergleichbar mit der ursprünglichen Knochendichte, die in der Studie festgestellt wurde (Knochendichte im Oberkieferkamm: durchschnittlich 73,2 %; Bereich von 61,6 % bis 84,4 %). Diese Daten veranschaulichen die Zuverlässigkeit und Biokompatibilität des lösungsmittelkonservierten mineralisierten Knochen-transplantatmaterials.

In weiteren histomorphometrischen Studien wurde nach einer Socket Preservation mit verschiedenen Transplantatmaterialien eine etwas geringere Knochendichte festgestellt als in der vorliegenden Studie. Artzi et al. stellten mit einem bovinen Knochentransplantat eine durchschnittliche Knochendichte von 46,3 % fest³⁵. Froum et al. verglichen bioaktives Glas und DFDBA und stellten eine durchschnittliche Knochendichte von 59,5% bzw. 34,7 % fest¹¹.

In der vorliegenden Studie lag der Anteil des restlichen Transplantatmaterials ähnlich hoch wie beim bioaktiven Glas in der Studie von Froum et al. (5,5 %). Er war niedriger als in den anderen Studien (13,5 % des DFDBA bei Froum et al.¹¹,

30,8 % des bovinen Knochen-transplantats bei Artzi et al.³⁵). Der Anteil des Bindegewebes war in der vorliegenden Studie etwas höher (27,7 %) als bei Artzi et al.³⁵ (22,9 %). Aber er war niedriger als bei Froum et al.¹¹ (35,5 % bei bioaktivem Glas und 51,6 % bei DFDBA).

Nach den in dieser Studie erhobenen Daten ist MBP eine Technik, die sich für die Socket Preservation eignet, da sie die Knochenregeneration fördert und zum Erhalt des Alveolarkamms beiträgt. Mit dieser Technik kann man eine hohe Knochendichte erreichen, und es bleiben nur minimale restliche Transplantatpartikel zurück. Trotzdem empfehlen wir die Durchführung kontrollierter klinischer Studien mit einer größeren Zahl von Biopsaten, um die Ergebnisse dieser Technik zu bestätigen.

Danksagung

Diese Studie wurde zum Teil vom Periodontal Graduate Student Research Fund der Universität Michigan unterstützt. Die Autoren danken Chris L. Strayhorn, Abteilung für Oralmedizin/Pathologie/Onkologie, Zahnmedizinische Fakultät der Universität Michigan, für seine wertvolle Hilfe bei der histologischen Präparation.



Literatur

1. Mecall RA, Rosenfeld AL. Influence of residual ridge resorption patterns on fixture placement and tooth position, Part III: Presurgical assessment of ridge augmentation requirements. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:322–337.
2. Mecall RA, Rosenfeld AL. The influence of residual ridge resorption patterns on implant fixture placement and tooth position. 2. Presurgical determination of prosthesis type and design. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:32–51.
3. Mecall RA, Rosenfeld AL. Influence of residual ridge resorption patterns on implant fixture placement and tooth position. 1. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1991;11: 8–23.
4. Sevor JJ, Meffert R. Placement of implants into fresh extraction sites using a resorbable collagen membrane: Case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1992;4:35–41.
5. Polizzi G, Grunder U, Goene R, et al. Immediate and delayed implant placement into extraction sockets: A 5-year report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:93–99.
6. Grunder U, Polizzi G, Goene R, et al. A 3-year prospective multicenter follow-up report on the immediate and delayed-immediate placement of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:210–216.
7. Werbitz MJ, Goldberg PV. The immediate implant: Bone preservation and bone regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:206–217.
8. Werbitz MJ, Goldberg PV. Immediate implantation. Preservation of bone volume and osseous regeneration (in French). *J Parodontol* 1991;10:157–166.
9. Ashman A, Lopinto J. Placement of implants into ridges grafted with bioplastic HTR synthetic bone: Histological long-term case history reports. *J Oral Implantol* 2000;26:276–290.
10. Froum S, Orłowski W. Ridge preservation utilizing an alloplast prior to implant placement—Clinical and histological case reports. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12:393–402; quiz 404.
11. Froum S, Cho SC, Rosenberg E, Rohrer M, Tarnow D. Histological comparison of healing extraction sockets implanted with bioactive glass or demineralized freeze-dried bone allograft: A pilot study. *J Periodontol* 2002;73:94–102.
12. Barteck BK. Extraction site reconstruction for alveolar ridge preservation. Part 2: Membrane-assisted surgical technique. *J Oral Implantol* 2001;27:194–197.
13. Becker W, Hujoel P, Becker BE. Effect of barrier membranes and autologous bone grafts on ridge width preservation around implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4:143–149.
14. Fowler EB, Breault LG, Rebitski G. Ridge preservation utilizing an acellular dermal allograft and demineralized freeze-dried bone allograft: Part II. Immediate endosseous implant placement. *J Periodontol* 2000;71:1360–1364.
15. Block MS, Finger I, Lytle R. Human mineralized bone in extraction sites before implant placement: Preliminary results. *J Am Dent Assoc* 2002;133:1631–1638.
16. Block MS, Degen M. Horizontal ridge augmentation using human mineralized particulate bone: Preliminary results. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(9 suppl 2):67–72.
17. Minichetti JC, D'Amore JC, Hong AY, Cleveland DB. Human histologic analysis of mineralized bone allograft (Puros) placement before implant surgery. *J Oral Implantol* 2004;30(2):74–82.
18. Tsao Y-PN, Neiva R, Al-Shammari K, Oh T-J, Wang H-L. Effects of a mineralized human cancellous bone allograft in regeneration of mandibular Class II furcation defects. *J Periodontol* 2006;77:416–425.
19. Gross J. Ridge preservation using HTR synthetic bone following tooth extraction. *Gen Dent* 1995;43:364–367.
20. Sableman E. Biology, biotechnology, and biocompatibility of collagen. In: Williams DF (ed). *Biocompatibility of Tissue Analogs*, ed 1. Boca Raton, FL: CRC Press, 1985: 27–66.
21. Wang HL, Kiyonobu K, Neiva RF. Socket augmentation: Rationale and technique. *Implant Dent* 2004;13:286–296.



22. Melsen B. Tissue reaction to orthodontic tooth movement—A new paradigm. *Eur J Orthod* 2001;23:671–681.
23. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 1999;69:151–158.
24. Sclar AG. Preserving alveolar ridge anatomy following tooth removal in conjunction with immediate implant placement. The Bio-Col technique. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1999;7(2): 39–59.
25. Misch CE. Divisions of available bone in implant dentistry. *Int J Oral Implantol* 1990; 7:9–17.
26. Artzi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: Histomorphometric evaluations at 9 months. *J Periodontol* 2000; 71:1015–1023.
27. Sy IP. Alveolar ridge preservation using a bioactive glass particulate graft in extraction site defects. *Gen Dent* 2002;50:66–68.
28. Yukna RA, Castellon P, Saenz-Nasr AM, et al. Evaluation of hard tissue replacement composite graft material as a ridge preservation/augmentation material in conjunction with immediate hydroxyapatite-coated dental implants. *J Periodontol* 2003;74:679–686.
29. Vasilic N, Henderson R, Jorgenson T, Sutherland E, Carson R. The use of bovine porous bone mineral in combination with collagen membrane or autologous fibrinogen/fibronectin system for ridge preservation following tooth extraction. *J Okla Dent Assoc* 2003;93(4):33–38.
30. Becker W, Becker BE, Caffesse R. A comparison of demineralized freeze-dried bone and autologous bone to induce bone formation in human extraction sockets. *J Periodontol* 1994;65:1128–1133.
31. Feuille F, Knapp CI, Brunsvold MA, Mellonig JT. Clinical and histologic evaluation of bone-replacement grafts in the treatment of localized alveolar ridge defects. Part 1: Mineralized freeze-dried bone allograft. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:29–35.
32. Zubillaga G, Von Hagen S, Simon BI, Deasy MJ. Changes in alveolar bone height and width following post-extraction ridge augmentation using a fixed bioabsorbable membrane and demineralized freeze-dried bone osteoinductive graft. *J Periodontol* 2003;74:965–975.
33. Gapski R, Neiva R, Oh TJ, Wang HL. Histologic analyses of human mineralized bone grafting material in sinus elevation procedures: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:59–69.
34. Horowitz RA. Extraction environment enhancement: Critical evaluation of early socket healing in long-term barrier-protected extraction sockets. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26:703–713; quiz 714, 735 (erratum 2005 Nov;26(11):765).
35. Artzi Z, Nemcovsky CE. The application of deproteinized bovine bone mineral for ridge preservation prior to implantation. Clinical and histological observations in a case report. *J Periodontol* 1998;69: 1062–1067.