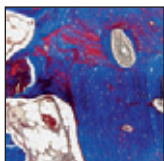


Humanhistologie von allogenen Blocktransplantaten für die Augmentation des Alveolarkamms: Fallbericht



Thiago Morelli, DDS*

Rodrigo Neiva, DDS, MS**

Hom-Lay Wang, DDS, MSD, PhD***

Die Unterkiefersymphyse oder der Ramus mandibulae sind die wesentlichen Spenderbereiche für autogene Knochentransplantate, die zur Korrektur des Alveolarkamms aus der Mundhöhle entnommen werden. Solche Knochentransplantate können zwar erfolgreich sein, aber es bleiben bei ihrer Verwendung doch Bedenken bestehen, was z. B. die Morbidität im Spenderbereich, Nervenlähmungen, Devitalisierung der natürlichen Zähne und postoperative Komplikationen (z. B. Schwellungen und Schmerzen) betrifft. Aufgrund dieser Bedenken und weil für Transplantate nur begrenzt autogener intraoraler Knochen zur Verfügung steht, wurden allogene Blocktransplantate eingeführt, die in diesem Artikel vorgestellt werden. Weiterhin wird die Integration dieser Materialien in den Empfängerbereich anhand einer detaillierten histologischen Untersuchung gezeigt und das chirurgische Vorgehen, mit dem dieses Transplantat bei einem Patienten verwendet wurde, Schritt für Schritt beschrieben. Nach einer Literatursuche nach Artikeln, die sich mit allogenen Blocktransplantaten befassen, wurden diese Artikel durchgesehen und zusammengefasst. Anhand der Literatur und der Erfahrung der Autoren wurden die Vor- und Nachteile von allogenen Blocktransplantaten beschrieben. Es wurde von einem Patienten berichtet, der mit einem allogenen Blocktransplantat behandelt wurde. Die histologischen Nachweise zeigten bei diesem Patienten ein gutes Knochenremodeling und eine signifikante Menge an neugebildetem Knochen. Aus der Literatur und der klinischen Erfahrung geht hervor, dass allogene Blocktransplantate erfolgreich für die Augmentation des beeinträchtigten Alveolarkamms verwendet werden können. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:613–620.)

* Arzt in Facharztausbildung, Graduate Periodontics, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

** Klinischer Assistenzprofessor, Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

*** Professor und Direktor für das Graduiertenprogramm, Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

Korrespondenz an: Dr. Hom-Lay Wang, Department of Periodontics and Oral Medicine, University of Michigan, School of Dentistry, 1101 N. University, Ann Arbor, MI 48109-1078, USA; Fax: +1 734-936-0374; E-Mail: homlay@umich.edu

Aufgrund der höheren Lebenserwartung der Patienten hat die Verwendung von Dentalimplantaten als Ersatz für fehlende Zähne in den letzten 10 Jahren stark zugenommen^{1, 2}. Nach der Extraktion eines Zahns ist die Knochenresorption unvermeidlich, weil eine funktionelle Stimulierung und das Knochenremodeling fehlen. Dies führt zur Schrumpfung des Knochens in Breite, Höhe und Volumen³.

Für die Insertion eines Implantats in einer idealen dreidimensionalen Position und für eine optimale Ästhetik ist häufig eine Knochenaugmentation erforderlich. Derzeit wird ein allogenes Blocktransplantat verwendet, damit für die Entnahme kein zweiter Eingriffsbereich nötig ist und die Augmentation erleichtert wird. Im vorliegenden Artikel werden dieses Material beschrieben und das chirurgische Vorgehen gezeigt, mit dem das Material für die Augmentation des beeinträchtigten Alveolarkamms verwendet wird. Zusätzlich werden histologische Nachweise für das Knochenremodeling vorgestellt.

Indikationen für die Knochenaugmentation

Die Schaffung eines ausreichenden dreidimensionalen Knochenvolu-

Tabelle 1 Vergleich der verschiedenen allogenen Knochenblöcke

Allotransplantatblock	Firma	Sterilisation	Beschreibung	Bearbeitung	Rehydrierung
Puros	Zimmer	γ -Strahlen	Kortikospongiosa	Lösungsmitteldehydrierung (Tutoplast)	30 min in Salzlösung
Readigraft (Osilium, bi-kordikal)	Lifenet Health	γ -Strahlen	Kortikospongiosa	Chemi. Bearbeitung (Allowash)	30 min in Salzlösung
Readigraft	Lifenet Health	γ -Strahlen	Spongiosa	Chemi. Bearbeitung (Allowash)	30 min in Salzlösung
Beckenkammkeil	Pacific Coast	γ -Strahlen	Kortikospongiosa	Gefriergetrocknet	30 min in Salzlösung
Beckenkammblock	Pacific Coast	γ -Strahlen	Spongiosa	Gefriergetrocknet	30 min in Salzlösung
AlloOss	Ace	γ -Strahlen	Kortikospongiosa	Gefriergetrocknet	30 min in Salzlösung

mens für die regelrechte Insertion enossaler Implantate ist das Ziel der Knochenaugmentation. Es stehen derzeit viele Techniken zur Verfügung, unter anderem die Socket Preservation nach einer Extraktion, die horizontale oder vertikale Kammaugmentation, das Bone-Splitting, die Kammextension und der Sinuslift⁵. Zusammen mit den verschiedenen chirurgischen Vorgehensweisen können unterschiedliche Materialien wie Transplantatpartikel, Membranen, Blocktransplantate und Wachstumsfaktoren verwendet werden, allein oder in unterschiedlichen Kombinationen.

Knochenaugmentationsverfahren zur Korrektur lokalisierter knöcherner Defekte und zur Wiederherstellung eines adäquaten Knochenlagers für die ideale Implantatinsertion sind in der neueren Literatur beschrieben worden⁶. Autogener Knochen für die Korrektur von Kammdefekten wird aus verschiedenen intra- und extraoralen Spenderbereichen gewonnen, z. B. aus der Unterkiefersymphyse^{7, 8}, dem Ramus mandibulae^{9, 10}, dem Schienbein^{11, 12}, dem Beckenkamm^{13, 14}, dem Schulterblatt¹³ und dem Schädeldach^{15, 16}.

In der Dentalimplantologie sind die Unterkiefersymphyse und der Ramus mandibulae die häufigsten Spenderbereiche für die Entnahme von Knochen zur Korrektur des Alveolarkamms¹⁷. Es bestehen allerdings auch Bedenken, die gegen die Entnahme von Knochen aus diesen Bereichen sprechen. Dazu gehören unter anderem die Morbidität im Spenderbereich, die Entstellung des Kinns, die Beschädigung der Nerven (Parästhesie), die Devitalisierung von Zähnen, die gingivale Rezession, starke postoperative Schmerzen, Infektionen und die begrenzte Menge an Spendergewebe.

Um diese Nachteile zu minimieren und eine unbegrenzte Menge an Material zur Verfügung zu stellen, wurden allogene Knochenblocktransplantate entwickelt. In Studien wurde gezeigt, dass allogene Blocktransplantate sich ähnlich verhalten wie autogene Knochenblocktransplantate und dass sie ähnliche Erfolgsraten aufweisen^{18, 19}. Es wird angenommen, dass allogene Blocktransplantate hauptsächlich durch Osteokonduktion und Osteoinduktion funktionieren.

Allogene Knochenblocktransplantate

Allotransplantate werden häufig zur Korrektur von Knochendefekten und zu regenerativen Zwecken verwendet. In klinischen Studien wurde zwar die Wirksamkeit von Allotransplantaten nachgewiesen²⁰⁻²², aber die Bedenken wegen einer möglichen Krankheitsübertragung bleiben. Allotransplantate stammen von Leichen, und das Risiko einer Immunreaktion kann nicht völlig ausgeschlossen werden²³⁻²⁵. Bis heute wurde allerdings in der zahnmedizinischen Literatur noch nicht über einen solchen Vorfall berichtet.

Allogene Knochenblocktransplantate können über Gewebebanken und kommerzielle Firmen bezogen werden. Es sind viele verschiedene Produkte erhältlich (Tabelle 1). Intensiv untersucht wurde mineralisiertes gefriergetrocknetes Knochen-Allotransplantat (FDBA). Es zeigt akzeptable Ergebnisse, besonders in der Parodontologie^{20, 22, 26}. FDBA dient im Wesentlichen als Gerüst für die Osteokonduktion. FDBA kann nachweislich erfolgreich für die Socket Preservation sowie für die Knochenaugmentation verwendet werden,

Tabelle 2 Studien zu allogenen Blocktransplantaten

Studie	Allotransplantatblock	Firma	Anz. der Fälle (gesamt)	Implantatüberlebensrate (%)
Lyford et al (2003) ³⁶	Readigraft	Lifenet Health	5 beeintr. Alveolarkämme (4 OK, 1 UK)	100
Wallace and Gellin (2008) ³⁷	Readigraft	Lifenet Health	1 beeintr. Alveolarkamm (OK)	100
Leonetti and Koup (2003) ³⁵	Puros	Zimmer	4 beeintr. Alveolarkämme (3 OK, 1 UK)	100
Petrungaro and Amar (2005) ¹⁷	Puros	Zimmer	3 beeintr. Alveolarkämme (2 OK, 1 UK)	100
Keith et al (2006) ³⁴	Puros	Zimmer	82 beeintr. Alveolarkämme (50 % OK, 50 % UK)	91,1

sowohl für die Reparatur von Implantatdefekten als auch zur Förderung der Knochenbildung in der Kieferhöhle²⁷⁻²⁹.

Allogene Transplantatmaterialien gibt es auch als dekalzifiziertes gefriergetrocknetes Knochenallotransplantat (DFDBA). Es kann aufgrund der Expression von knochenmorphogenetischen Proteinen osteoinduktiv wirken^{19, 30}. Da es etwas rascher resorbiert wird als FDBA, ist die Verwendung von DFDBA in der Dentalimplantologie häufig eingeschränkt.

Vor Kurzem wurde eine neue Bearbeitungsmethode für Allotransplantate vorgestellt. Das Transplantat wird im Wesentlichen mit einem patentierten Prozess, der als Tutoplast bezeichnet wird, oder einer Dehydrierung mit chemischen Lösungsmitteln bearbeitet, statt mit der herkömmlichen Gefrierdrying. Zu den aktuell erhältlichen Produkten zählen mineralisierte Spongiosa- oder Kortikalis-Chips (z. B. Puros, Zimmer Dental). Dieses Material kann prognostizierbar die Regeneration von Parodontalgewebe und Knochen anregen^{20, 28, 31, 32}.

Da das Material erst seit Kurzem auf dem Markt ist, gibt es für allogene Blocktransplantate nur wenige

wissenschaftliche Nachweise in der Literatur. Bei den meisten Studien zu diesem Material handelt es sich um Fallberichte^{17, 33-36}. In einem Bericht über fünf Patienten untersuchten Lyford et al.³⁶ die Wirksamkeit von gefriergetrockneten Spongiosablöcken (Readigraft, Lifenet Health), die für die Behandlung des beeinträchtigen Alveolarkamms hergestellt wurden (viermal Oberkiefer, einmal Unterkiefer). Um den Spalt zwischen dem Block und dem natürlichen Knochen zu füllen, wurde FDBA verwendet. Nachdem das Transplantat fixiert worden war, wurde es entweder mit einer resorbierbaren bovinen Kollagenmembran (BioMend Extend, Zimmer Dental) oder mit einer nicht resorbierbaren Barriere (Gore-Tex Augmentation Material, 3i/WL Gore) abgedeckt. Nach sechs Monaten Einheilung wurde im augmentierten Bereich eine Zunahme des Alveolarkamms um 2 bis 4 mm verzeichnet. Auch Leonetti und Koup³⁵ untersuchten die Verwendung von allogem kortikospongiossem Blockmaterial (Puros, Zimmer Dental) für die horizontale Kammaugmentation. Auch hier heilten alle augmentierten Bereiche gut und es wurde eine adäquate Breite für die regelrechte Im-

plantatinsertion erzielt. Ein histologisches Biopsat, das einem Patienten entnommen wurde, zeigte das Vorhandensein von lebensfähigem Knochen. Es hatte also ein Remodeling stattgefunden, das die Knochenbildung förderte.

Es wurde auch über erfolgreiche Ergebnisse mit allogenen kortikospongiossem Blocktransplantaten für die Korrektur von defekten Alveolarkämmen berichtet^{17, 34}. Keith et al.³⁴ berichteten in einer Follow-up-Studie über drei Jahre, in der 82 beeinträchtigte Alveolarkämme ausgewertet wurden (50 % Oberkiefer, 50 % Unterkiefer), von einer durchschnittlichen Überlebensrate von 91,1 %. Der Seitenzahnbereich des Unterkiefers wies bei den Transplantatmisserfolgen die höchste Rate auf (n = 5). Das ist vielleicht mit dem Kortikalisanteil in diesem Bereich und damit zu erklären, dass es schwierig ist, einen spannungsfreien Lappenverschluss zu erreichen. In Tabelle 2 sind alle Studien zu allogenen Blocktransplantaten und ihren Ergebnissen aufgeführt.

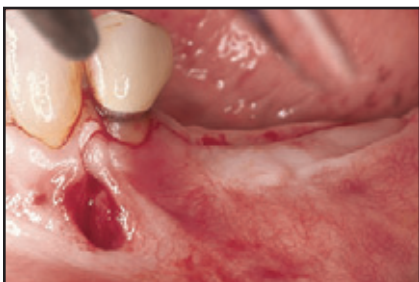


Abb. 1a (links) Horizontaler Kammdefekt links im Unterkiefer (H-Typ). Im Empfängerbereich erfolgte eine Inzision. Die vertikale Entlastungsinzision ist mindestens 10 mm von dem allogenen Blocktransplantat entfernt, um der Freilegung des Lappens vorzubeugen.



Abb. 1b (rechts) Präparation des Empfängerbereichs: Das Knochenmark wird penetriert, um das regionale Beschleunigungsphänomen für die Blutversorgung zu fördern.

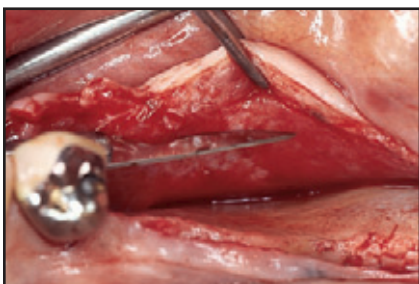


Abb. 1c (links) Entlastungsinzisionen, um einen spannungsfreien Verschluss zu sichern.

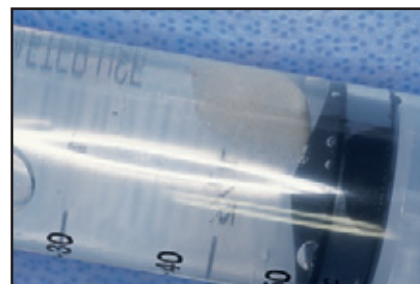


Abb. 1d (rechts) Das allogene Blocktransplantat (J-Block, Zimmer Dental) wird mindestens 10 bis 15 Minuten hydriert, ehe es passend für den Bereich zugeschnitten wird.

Chirurgisches Vorgehen

Die erste chirurgische Phase bei der Augmentation des Alveolarkamms mit allogenen Blocktransplantaten (Abb. 1a) ist die Präparation des Empfängerbereichs. Für ein prognostizierbares Ergebnis müssen die PASS-Prinzipien (primärer Wundverschluss, Angiogenese, Platz und Stabilität) eingehalten werden³⁸. Für beste klinische Ergebnisse wird häufig ein zweizeitiges Verfahren gewählt (z. B. Blocktransplantat im ersten Eingriff und Implantatinsertion nach entsprechender Einheilung). Unter örtlicher Betäubung wird ein Mukoperiostlappen gelöst und eine leichte Kammosteoplastik durchgeführt, um ein besseres Transplantatbett zu schaffen. Anschließend erfolgt die Dekortikation des Empfängerbereichs und des allogenen Blocktransplantats mit einem runden Karbidbohrer (Abb. 1b). Das verbessert die Blutversorgung und stimuliert die Wachstumsfaktoren und die Migration undifferenzierter mesenchymaler Zellen in den Eingriffsbereich, d. h. das von Frost³⁹ vorgestellte regionale Beschleunigungsphänomen. Wichtig sind Entlastungsinzisionen, um einen spannungsfreien Lappenverschluss zu sichern (Abb. 1c). Vor der Präparation sollte das Blocktransplantat mindestens 30 Minuten unter Druck hydriert werden (eine 50-ml-Spritze mit sterilem Wasser oder Salzlösung kann benutzt werden, um Wasser in das Transplantat zu pressen) (Abb. 1d).

Mit einem Hochgeschwindigkeits-Handstück mit Wasserkühlung kann das allogene Blocktransplantat so zugeschnitten werden, dass es in den Empfängerbereich passt. Es ist wichtig, den größtmöglichen Kontakt zwischen dem autogenen Knochen und dem Transplantatmaterial zu erreichen. Im Anschluss an die Adaption des Transplantats können eventuell vorhandene scharfe Ecken geglättet werden, um einem Gewebetrauma oder einer Perforation vorzubeugen. Dann wird das

Transplantat mit mindestens zwei Schrauben im Empfängerbereich fixiert, um die Stabilität zu sichern (Abb. 1e).

FDPA-Partikel werden verwendet, um den Spalt zwischen dem allogenen Blocktransplantat und dem Empfängerbereich zu füllen (Abb. 1f). Es wird häufig vorgeschlagen, den Bereich mit einer Membran (z. B. Kollagenmembran) abzudecken, um die Knochenpartikel zu schützen, die Wunddeckung zu fördern und unerwünschte Epithelzellen auszuschließen (Abb. 1g). Außerdem wird die Resorption des Blocktransplantats bei der Verwendung einer Membran nachweislich verringert^{40, 41}. In einer vergleichenden klinischen Studie⁴² wurde gezeigt, dass bei Verwendung einer expandierten Polytetrafluoroethylen-(ePTFE)-Membran im Transplantatbereich eine durchschnittliche Oberflächenresorption von 0,3 mm auftrat, im Vergleich zu einer durchschnittlichen Resorption von 2,3 mm in Bereichen, die nicht mit einer e-PTFE-Membran

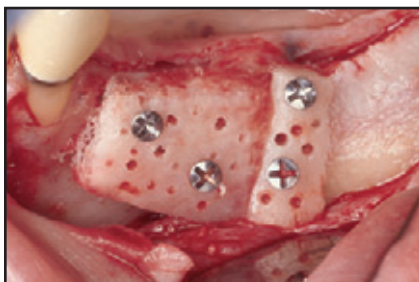


Abb. 1e Der allogene Block wurde mit je zwei Schrauben fixiert, um einen Spalt zu vermeiden und die Immobilität zu sichern. Außerdem wurden die Blocktransplantate mit einem Vierkant-Karbidbohrer perforiert.



Abb. 1f Zusätzlich wurde mineralisiertes Knochenallotransplantat (Puros-Spongiosa, Partikelgröße 250 bis 850 µm, Zimmer Dental) inseriert, um einen potenziellen Spalt zu versiegeln.



Abb. 1 Eine Kollagenmembran (BioMend Regular, Zimmer Dental) wurde zugeschnitten und über die Knochentransplantate gelegt.



Abb. 1h Der Lappen wurde mit 4-0 Vicryl (Ethicon) spannungsfrei verschlossen.

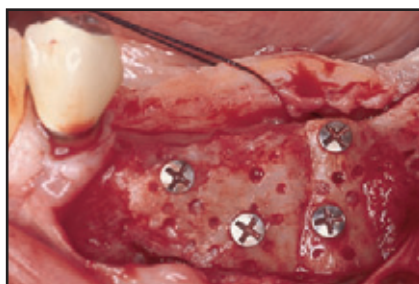


Abb. 1i Sechs Monate nach dem Eingriff zeigt der Bereich eine knöcherne Integration.

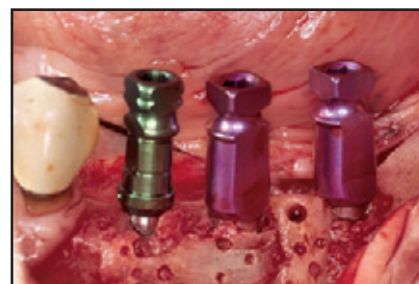


Abb. 1j Drei Implantate (BioMend Tapered Screw, grün: 3,7 x 13 mm, lila: 4,7 x 13 mm; Zimmer Dental) wurden in prothetisch idealen Positionen inseriert.

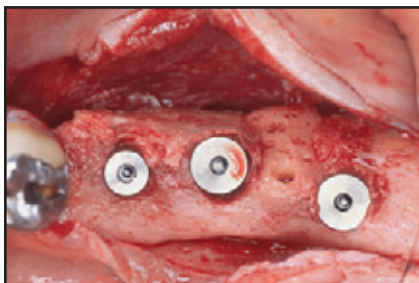


Abb. 1k Mit einem Trepanbohrer wurde ein Knochenkernbiopsat entnommen.



Abb. 1l Definitive Implantatversorgung.

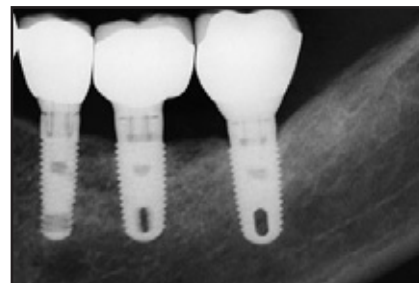


Abb. 1m Abschließendes Röntgenbild.

abgedeckt worden waren. Allerdings ist die Freilegung der Membran, die zu einer Wundinfektion führt, ein großes Problem bei e-PTFE-Membranen⁴³⁻⁴⁵. Zur Vorbeugung werden resorbierbare Kollagenmem-

branen empfohlen. Sie minimieren nachweislich die Resorption des Blocktransplantats^{46, 47} und ermöglichen günstige Ergebnisse, z. B. eine niedrigere Freilegungsrate^{48, 49}.

Nach der Insertion der Membran erfolgt der spannungsfreie primäre Wundverschluss mit einem Lappen in Form einer mukogingivalen Gewebetasche⁵⁰, Entlastungsinzisionen, und modifizierten horizontalen

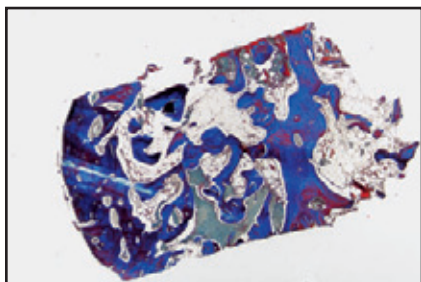


Abb. 1n Knochenkernbiopsat (Vergrößerung x 4).

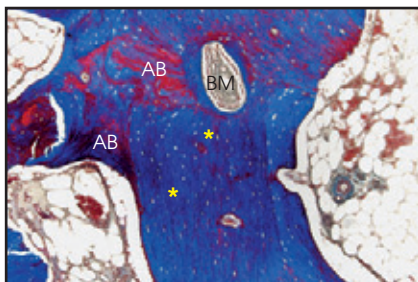


Abb. 1o Das Knochenkernbiopsat zeigt vitalen Knochen (Sternchen), der sich um den allogenen Knochenblock (AB) bildete (Vergrößerung x 10). BM = Knochenmark.

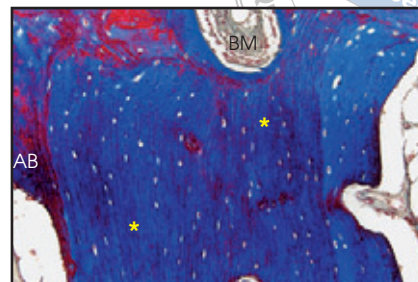


Abb. 1p Das Knochenkernbiopsat zeigt vitalen Knochen (Sternchen), der sich um den allogenen Knochenblock (AB) bildete (Vergrößerung x 20). BM = Knochenmark.

Matratzennähten (Abb. 1h). Im Allgemeinen sind für zufriedenstellende Ergebnisse mindestens vier Monate Einheilung erforderlich (Abb. 1i bis 1m)^{17, 37}. Eine histologische Untersuchung zeigte nach drei Monaten Anzeichen einer Knochenbildung und eines kontinuierlichen Knochenremodelings¹⁷.

In Abbildung 1 wird ein erfolgreiches klinisches Ergebnis nach der Anwendung eines allogenen Blocktransplantats für die Augmentation eines beeinträchtigten Unterkieferkammes gezeigt, das die ideale Implantatinsertion und die Eingliederung einer funktionellen Restauration erleichterte. Die hier gezeigte Behandlung deutet darauf hin, dass das allogene Blocktransplantat eine sinnvolle Alternative für die Kammaugmentation ist, wenn das richtige chirurgische Vorgehen gewählt wird. Die histologischen Analysen zeigten das Vorhandensein von lebensfähigen Knochenzellen, Knochenmarksbereichen und restlicher Allotransplantatsubstanz, was auf ein aktives Knochenremodeling hindeutet (Abb. 1n bis 1p).

Schlussfolgerungen

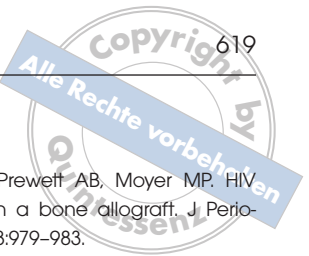
Diese Übersichtsarbeit mit Fallbericht zeigt, dass allogene Blocktransplantate bei der Augmentation des beeinträchtigten Alveolarkammes als Alternative zu herkömmlichen autogenen Blocktransplantaten dienen können.

Danksagung

Diese Studie wurde zum Teil von Zimmer Dental und vom Periodontal Graduate Student Research Fund der Universität Michigan unterstützt.

Literatur

1. Marcus SE, Drury TF, Brown LJ, Zion GR. Tooth retention and tooth loss in the permanent dentition of adults: United States, 1988–1991. *J Dent Res* 1996;75(spec no.):684–695.
2. Meskin LH, Brown LJ. Prevalence and patterns of tooth loss in U.S. employed adult and senior populations, 1985–86. *J Dent Educ* 1988;52:686–691.



3. Pietrokovski J. The bony residual ridge in man. *J Prosthet Dent* 1975;34:456–462.
4. Bashutski JD, Wang HL. Common implant esthetic complications. *Implant Dent* 2007;16:340–348.
5. McAllister BS, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol* 2007;78:377–396.
6. Misch CM, Misch CE, Resnik RR, Ismail YH. Reconstruction of maxillary alveolar defects with mandibular symphysis grafts for dental implants: A preliminary procedural report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:360–366.
7. Jensen J, Sindet-Pedersen S. Autogenous mandibular bone grafts and osseointegrated implants for reconstruction of the severely atrophied maxilla: A preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 1991;49:1277–1287.
8. Jensen J, Sindet-Pedersen S, Oliver AJ. Varying treatment strategies for reconstruction of maxillary atrophy with implants: Results in 98 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52:210–216.
9. Brånemark PI, Lindström J, Hallén O, Breine U, Jeppson PH, Ohman A. Reconstruction of the defective mandible. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1975;9:116–128.
10. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:767–776.
11. Catone GA, Reimer BL, McNeir D, Ray R. Tibial autogenous cancellous bone as an alternative donor site in maxillofacial surgery: A preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50:1258–1263.
12. Breine U, Brånemark PI. Reconstruction of alveolar jaw bone. An experimental and clinical study of immediate and preformed autologous bone grafts in combination with osseointegrated implants. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1980;14:23–48.
13. Listrom RD, Symington JM. Osseointegrated dental implants in conjunction with bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:116–118.
14. Keller EE, Van Roekel NB, Desjardins RP, Tolman DE. Prosthetic-surgical reconstruction of the severely resorbed maxilla with iliac bone grafting and tissue-integrated prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:155–165.
15. Gary JJ, Donovan M, Garner FT, Faulk JE. Rehabilitation with calvarial bone grafts and osseointegrated implants after partial maxillary resection: A clinical report. *J Prosthet Dent* 1992;67:743–746.
16. Donovan MG, Dickerson NC, Hanson LJ, Gustafson RB. Maxillary and mandibular reconstruction using calvarial bone grafts and Brånemark implants: A preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52:588–594.
17. Petrunaro PS, Amar S. Localized ridge augmentation with allogenic block grafts prior to implant placement: Case reports and histologic evaluations. *Implant Dent* 2005;14:139–148.
18. Mellonig JT, Bowers GM, Cotton WR. Comparison of bone graft materials. Part II. New bone formation with autografts and allografts: A histological evaluation. *J Periodontol* 1981;52:297–302.
19. Urist MR. Bone: Formation by autoinduction. *Science* 1965;150:893–899.
20. Tsao YP, Neiva R, Al-Shammari K, Oh TJ, Wang HL. Effects of a mineralized human cancellous bone allograft in regeneration of mandibular Class II furcation defects. *J Periodontol* 2006;77:416–425.
21. Mellonig JT. Decalcified freeze-dried bone allograft as an implant material in human periodontal defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4:40–55.
22. Mellonig JT. Freeze-dried bone allografts in periodontal reconstructive surgery. *Dent Clin North Am* 1991;35:505–520.
23. Buck BE, Malinin TI. Human bone and tissue allografts. Preparation and safety. *Clin Orthop Relat Res* 1994;8–17.
24. Buck BE, Resnick L, Shah SM, Malinin TI. Human immunodeficiency virus cultured from bone. Implications for transplantation. *Clin Orthop Relat Res* 1990;249–253.
25. Mellonig JT, Prewett AB, Moyer MP. HIV inactivation in a bone allograft. *J Periodontol* 1992;63:979–983.
26. Rummelhart JM, Mellonig JT, Gray JL, Towle HJ. A comparison of freeze-dried bone allograft and demineralized freeze-dried bone allograft in human periodontal osseous defects. *J Periodontol* 1989;60:655–663.
27. 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.
28. Wang HL, Tsao YP. Histologic evaluation of socket augmentation with mineralized human allograft. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:231–237.
29. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, et al. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: A clinical and histologic study in humans. *J Periodontol* 2003;74:990–999.
30. Urist MR, Strates BS. Bone formation in implants of partially and wholly demineralized bone matrix. Including observations on acetone-fixed intra and extracellular proteins. *Clin Orthop Relat Res* 1970;71:271–278.
31. Wang HL, Tsao YP. Mineralized bone allograft-plug socket augmentation: Rationale and technique. *Implant Dent* 2007;16:33–41.
32. Block MS, Degen M. Horizontal ridge augmentation using human mineralized particulate bone: Preliminary results. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62(suppl 2):67–72.
33. Keith JD Jr. Localized ridge augmentation with a block allograft followed by secondary implant placement: A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:11–17.
34. Keith JD Jr, Petrunaro P, Leonetti JA, et al. Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft: Results from the developmental period (2001–2004). *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:321–327.



35. Leonetti JA, Koup R. Localized maxillary ridge augmentation with a block allograft for dental implant placement: Case reports. *Implant Dent* 2003;12:217–226.
36. Lyford RH, Mills MP, Knapp CI, Scheyer ET, Mellonig JT. Clinical evaluation of freeze-dried block allografts for alveolar ridge augmentation: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:417–425.
37. Wallace S, Gellin R. Clinical evaluation of a cancellous block allograft for ridge augmentation and implant placement: A case report. *Implant Dent* 2008;17:151–158.
38. Boyapati L, Wang HL. The role of platelet-rich plasma in sinus augmentation: A critical review. *Implant Dent* 2006;15:160–170.
39. Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: A review. *Henry Ford Hosp Med J* 1983;31:3–9.
40. Jardini MA, De Marco AC, Lima LA. Early healing pattern of autogenous bone grafts with and without e-PTFE membranes: A histomorphometric study in rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:666–673.
41. Jensen OT, Greer RO Jr, Johnson L, Kassebaum D. Vertical guided bone-graft augmentation in a new canine mandibular model. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:335–344.
42. Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P. A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: Onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:632–639.
43. Gher ME, Quintero G, Assad D, Monaco E, Richardson AC. Bone grafting and guided bone regeneration for immediate dental implants in humans. *J Periodontol* 1994;65:881–891.
44. Machtei EE. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis. *J Periodontol* 2001;72:512–516.
45. Nowzari H, Slots J. Microbiologic and clinical study of polytetrafluoroethylene membranes for guided bone regeneration around implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:67–73.
46. ten Bruggenkate CM, Kraaijenhagen HA, van der Kwast WA, Krekeler G, Oosterbeek HS. Autogenous maxillary bone grafts in conjunction with placement of I.T.I. endosseous implants. A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1992;21:81–84.
47. Urbani G, Lombardo G, Santi E, Tarnow D. Localized ridge augmentation with chin grafts and resorbable pins: Case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:363–375.
48. von Arx T, Buser D. Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: A clinical study with 42 patients. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:359–366.
49. Zitzmann NU, Naef R, Schärer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:844–852 (erratum 1998;13:576).
50. Park SH, Wang HL. Clinical significance of incision location on guided bone regeneration: Human study. *J Periodontol* 2007;78:47–51.