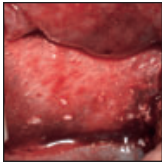


Die Bone-Lamina-Technik: Fallserie zu einem neuartigen Ansatz für die laterale Alveolarkammaugmentation



Hannes Wachtel, Prof. Dr. med. dent.¹
 Stefan Fickl, Dr. med. dent.²
 Marc Hinze, Dr. med. dent.³
 Wolfgang Bolz, Dr. med. dent.³
 Tobias Thalmeier, Dr. med. dent.³

In der vorliegenden Fallserie wird ein neuer Therapieansatz zur lateralen Alveolarkammaugmentation vorgestellt. Die Behandlung wird anhand von vier systemisch gesunden Patienten (Alter: 48 bis 59 Jahre) mit unzureichender Alveolarkammbreite dargestellt. Alle Alveolarkammdefekte wurden mit einer xenogenen kortikalen Knochenmatrix und einem partikulierten Knochenersatzmaterial sowie einer dünnen Kollagenmembran behandelt. DVT-Scans wurden zu Studienbeginn sowie nach sechs Monaten erstellt. Beim Zweiteingriff wurden Gewebeproben entnommen und histologisch untersucht. Die Ergebnisse erbrachten ein ausreichendes Knochenangebot für eine Implantation; weitere Augmentationsverfahren waren nicht notwendig. Die histologische Untersuchung ergab, dass eine Knochenneubildung stattgefunden hatte und die kortikale Knochenmatrix vollständig resorbiert worden war. Diese Fallserie belegt, dass die Bone-Lamina-Technik die biologischen und mechanischen Voraussetzungen erfüllt, um eine erfolgreiche Hartgewebsaugmentation bei Alveolarkammdefekten durchzuführen. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:453–459.)

¹ Privatpraxis, München, Deutschland; Außerordentlicher Klinischer Professor, Abteilung für restaurative Zahnmedizin, Charité – Universitätsmedizin, Berlin, Deutschland.

² Privatdozent, Abteilung für Parodontologie, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, Deutschland.

³ Privatpraxis, München, Deutschland.

Korrespondenz an: Dr. Hannes Wachtel, Richard-Strauss-Str. 69, 81679 München, Deutschland, E-Mail: hannes@wachtel.biz

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Dentale Implantate gelten als erfolgreiche und zuverlässige Behandlungsoption zur Rehabilitation von zahnlosen und teilbezahnten Patienten^{1,2}. Wegen der Resorption des Alveolarkamms, ausgelöst durch eine Parodontitis oder eine traumatische Verletzung, ist eine optimale dreidimensionale Positionierung der Implantate oftmals unmöglich zu erreichen. Zur Insertion von Implantaten in prothetisch korrekter Position sind daher Verfahren zur knöchernen Augmentation indiziert, um ein ausreichendes Alveolarkammvolumen wiederherzustellen³. Um ein Implantat wird eine mindestens 2 mm dicke Knochenstruktur empfohlen⁴.

Die Effektivität der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) bei der Augmentation von Alveolarkammdefekten ist in der Literatur gut belegt^{5,6}.

Mehrere biodegradierbare Materialien wurden mit unterschiedlichem Erfolg für die Knochenregeneration getestet^{7–9}. Kontrollierte klinische Studien¹⁰ berichten über den erfolgreichen Einsatz von Kollagenmembranen beim GBR-Verfahren. Das Kollagen besitzt mehrere günstige Eigenschaften, wie hämostatische, chemotaktische und zelladhäsive Funktionen, und führte zu guten Ergebnissen in klinischen Studien zur GBR¹¹. Ein entscheidender Nachteil von bioresorbierbaren Kollagenmembranen ist, dass abbaubare

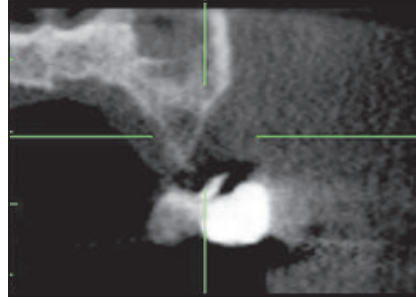
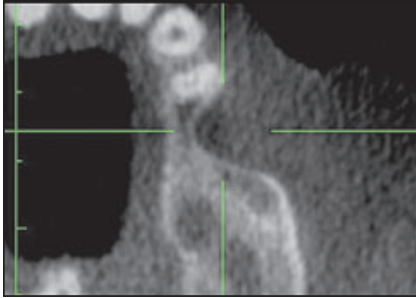


Abb. 1 Das präoperative DVT zeigt eine für die Implantation unzureichende Alveolarkambbreite.

Materialien bei einer ungünstigen Defektmorphologie keinen ausreichenden Raumerhalt bieten¹². Wenn nicht ausreichend Raum für die Knochenregeneration aufrecht erhalten wird, ist dies mit schlechten Ergebnissen der Knochenregeneration verbunden^{8,13}. Um einen ausreichenden Konturerhalt zu ermöglichen, wurden nicht resorbierbare, titanverstärkte Membranen verwendet. Deren Anwendung ist jedoch mit Komplikationen wie sekundärer Wundheilung oder Lappendehiszenzen verbunden, die sich nachhaltig negativ auf das Behandlungsergebnis auswirken^{10,14}. In den letzten Jahren wurden in zahlreichen klinischen Studien xenogene Knochenersatzmaterialien zur Defektfüllung mit Kollagenmembranen als Barriere kombiniert und hohe Erfolgsraten erzielt¹⁵. Auch die Kombination von xenogenen Knochenersatzmaterialien und Kollagenmembranen zeigt den Nachteil eines weniger zuverlässigen Raumerhalts, insbesondere in Bereichen mit hoher Muskelaktivität oder einem Frenulum, z. B. dem unbezahnten unteren Molarenbereich.

Diese Pilotstudie stellt an vier konsekutiv behandelten Patienten eine neue Technik vor, die einen biokompatiblen Ansatz mit maximalem Gewebeerhalt verfolgt. Die Bone-Lamina-Technik kombiniert eine xenogene kortikale Knochenmatrix mit einem partikulierten Knochenersatzmaterial

und einer dünnen Kollagenmembran im Sinne eines biokompatiblen und mechanisch stabilen Konzepts zum Raumerhalt und zur Stabilisierung des Blutkoagulums.

Material und Methode

In die Studie aufgenommen wurden vier Patienten im Alter von 46 bis 59 Jahren (zwei Frauen und zwei Männer). Die Patienten wiesen einen horizontalen Alveolarkammdefekt im oberen Seitenzahnbereich auf und sollten mit dentalen Implantaten behandelt werden. Alle Patienten erfüllten die folgenden Einschlusskriterien: < 4 mm Alveolarknochen am geplanten Implantatbett und die Indikation für eine laterale Alveolarkammaugmentation vor Implantation, eine unzureichende bukkolinguale Dimension (< 5 mm) des Implantationsbereichs auf Höhe des Alveolarkamms. Es wurde eine sorgfältige medizinische und dentale Anamnese erhoben. Die Patienten waren gesunde Nichtraucher ohne Kontraindikationen für einen chirurgischen Eingriff. Zur Vorbereitung der Patienten gehörte eine Mundhygiene-Unterweisung mehrere Wochen vor der Operation. Die Patienten wurden vor der Behandlung klinisch und radiologisch mit einer Panoramaröntgenaufnahme und einem digitalen Volumentomogramm untersucht (Abb. 1).

Chirurgisches Vorgehen

Nach Mundspülung mit 0,2%igem Chlorhexidindigluconat und lokaler Anästhesie wurde eine kreistale Inzision auf dem Alveolarkamm durchgeführt und intrasulkulär über die bukkalen Aspekte der Nachbarzähne verlängert. Am distobukkalen „line angle“ des distalen Nachbarzahns erfolgte eine vertikale Entlastungsinzision, die weit über die mukogingivale Grenzlinie hinausreichte. Ein Mukoperiostappen wurde präpariert und eine Periostschlitzung durchgeführt, um einen spannungsfreien primären Wundverschluss zu ermöglichen. Die kortikale Oberfläche wurde mehrmals mit einem kleinen Rosenbohrer perforiert, um eine Blutung aus den Gefäßräumen des Marks auszulösen und eine mechanische Verankerung des Augmentationsmaterials zu ermöglichen (Abb. 2a und 2b).

Die kortikale Knochenmatrix (OsteoBiol Soft Cortical Lamina, Tecoss) wurde vor der Verwendung für 3 min in einer sterilen Kochsalzlösung gewässert. Sobald die Knochenmatrix die gewünschte Plastizität erreicht hatte, wurde sie an die anatomischen Gegebenheiten des Defekts angepasst und mit zwei nicht resorbierbaren Titanpins an ihrer apikalen Basis fixiert. Um einen direkten Kontakt zu den benachbarten Zähnen zu vermeiden, wurde ein Abstand von 1 mm eingehalten.

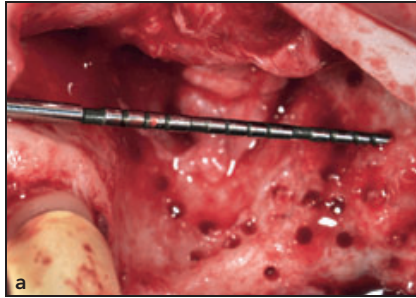


Abb. 2a und b Bukkale Ansicht des initialen Alveolarkammdefekts nach der Lappenpräparation.

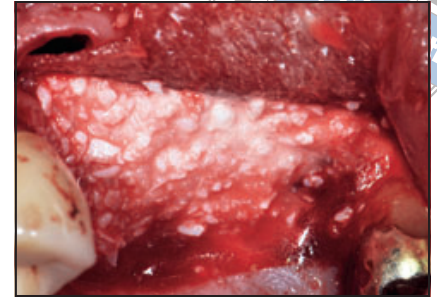
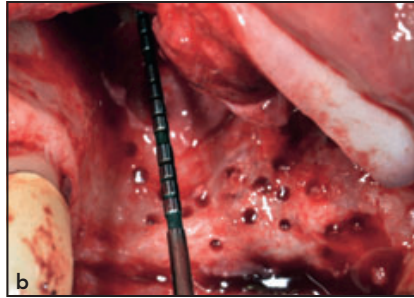


Abb. 3 Rekonstruktion des Alveolarkamms mit Knochenersatzmaterial.

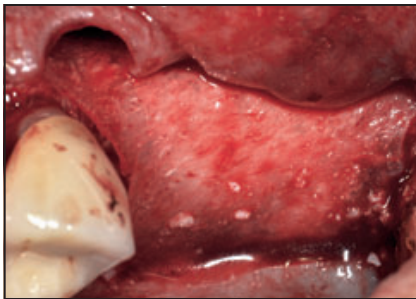


Abb. 4 Stabilisierung des augmentierten Bereichs durch Abdecken des Knochenersatzmaterials mit der kortikalen Knochenmatrix.

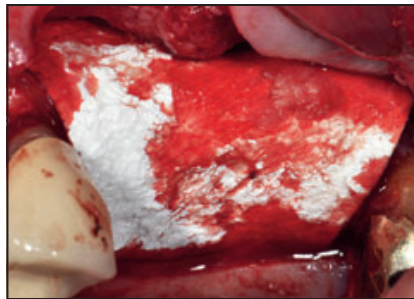


Abb. 5 Kollagenmembran über der Knochenmatrix.



Abb. 6 Primärer Lappenschluss.

Anschließend wurde ein deproteiniertes porcines Knochenersatzmaterial (Mp3, OsteoBiol) lateral des Alveolarkamms aufgebracht, bis die gewünschte Breite erreicht wurde (Abb. 3). Die Knochenmatrix wurde nach koronal über das Knochenersatzmaterial gelegt und unter dem palatinalen Lappen fixiert (Abb. 4). Zusätzlich wurde über die Knochenmatrix eine bovine Kollagenmembran (Evolution, OsteoBiol) gelegt (Abb. 5). Die bukkalen und palatinalen Lappen wurden readaptiert und die vertikale Entlastungsinzision mit einer Kombination aus Matratzen- und Einzelknopfnähten verschlossen (Gore-Tex CV5, WL Gore & Associates) (Abb. 6).

Die Patienten wurden angewiesen, für mindestens zwei Wochen postoperativ dreimal täglich mit

0,2%igem Chlorhexidindigluconat zu spülen. Zur Reduktion der Schwellung wurde Ibuprofen 600 mg verordnet. Die Fäden wurden sieben Tage postoperativ entfernt. Die Heilung verlief ereignislos, in allen Fällen wurde eine primäre Heilung beobachtet.

Sechs Monate nach dem augmentativen Eingriff wurden eine dreidimensionale Analyse durchgeführt (Abb. 7) und die Insertion der Implantate geplant.

Nach der Präparation eines Mukoperiostlappens und Darstellung des Alveolarkamms wurden die Fixierpins entfernt. Mit einem Trepanbohrer (Außendurchmesser 2,1 mm) wurden aus dem rekonstruierten Alveolarkamm Gewebeproben entnommen, und sowohl Bohrer als auch Knochen in einer 4 % gepufferten Formaldehydlösung fixiert. Die Implantations-

stellen wurden gemäß den Herstelleranweisungen aufbereitet und die Implantate gesetzt (Abb. 8).

Ergebnisse

Klinische und radiologische Ergebnisse

Bei allen Patienten wurden ein bis zwei Implantate in den augmentierten Bereich gesetzt, ohne dass eine weitere Augmentation erforderlich war.

Die postoperative Heilung verlief ereignislos. Der Defekt war nach fünf bis sechs Tagen von klinisch gesunder keratinisierter Mukosa ohne Zeichen einer Infektion bedeckt.

Die dreidimensionale Analyse sechs Monate nach dem augmenta-

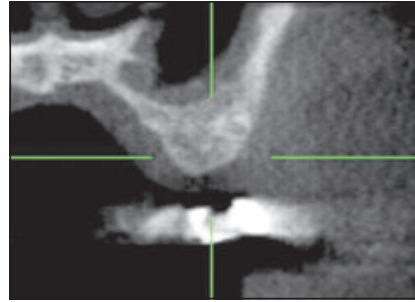
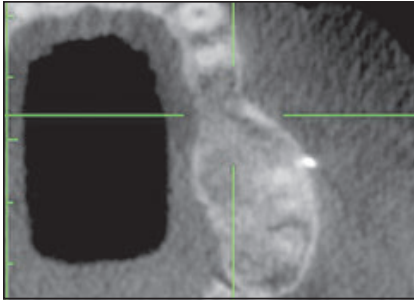


Abb. 7 DVT 6 Monate nach der Augmentation: Die Knochenmenge ist ausreichend für eine Implantation.

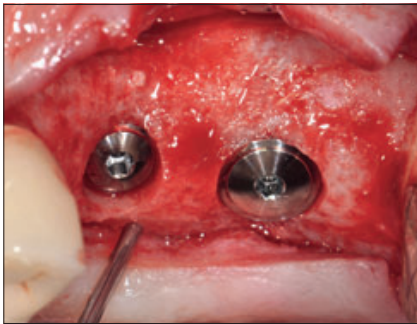


Abb. 8 Intraoperative Ansicht des augmentierten Bereichs und Setzen von zwei Implantaten 6 Monate nach der Augmentation.

tiven Eingriff wies eine ausreichende Zunahme des Knochenvolumens auf. Beurteilt wurde eine geeignete Stelle mit ausreichender Knochenbreite für die Implantation.

Deskriptive Histologie

Die histologische Untersuchung nach sechs Monaten zeigte eine fast vollständige Resorption und Substitution der kortikalen Knochenmatrix durch neugebildetes Bindegewebe (Abb. 9a).

Außerdem wurde unterschiedlich viel Knochengewebe und verbliebenes Biomaterial sowie unterschiedliche Mengen an Weichgewebe, wie lockeres Bindegewebe, Gefäße und dichtes fibröses Gewebe nachgewiesen (Abb. 9b). Koronal war lockeres Bindegewebe mit dünnen Kollagenfasern enthalten und die Zellpopulation

bestand überwiegend aus Fibroblasten. Dieses Gewebe war insbesondere im Bereich des Periosts gut vaskularisiert. In aktiven Bereichen wiesen die kollagenhaltigen Knochenpartikel an der Oberfläche Zeichen der Knochenneubildung auf, die Brücken zwischen den Partikeln und dem bereits vorhandenen Knochen bildeten (Abb. 9c). Als Zeichen der anhaltenden Resorption/Remodellierung der Partikel fanden sich girlandenförmige Resorptionslakunen und neue Osteone in den Partikeln (Abb. 9d). In den nicht aktiven Bereichen waren die Partikel in neugebildeten Knochen eingebettet. Es bestand eine vollständige Vaskularisierung.

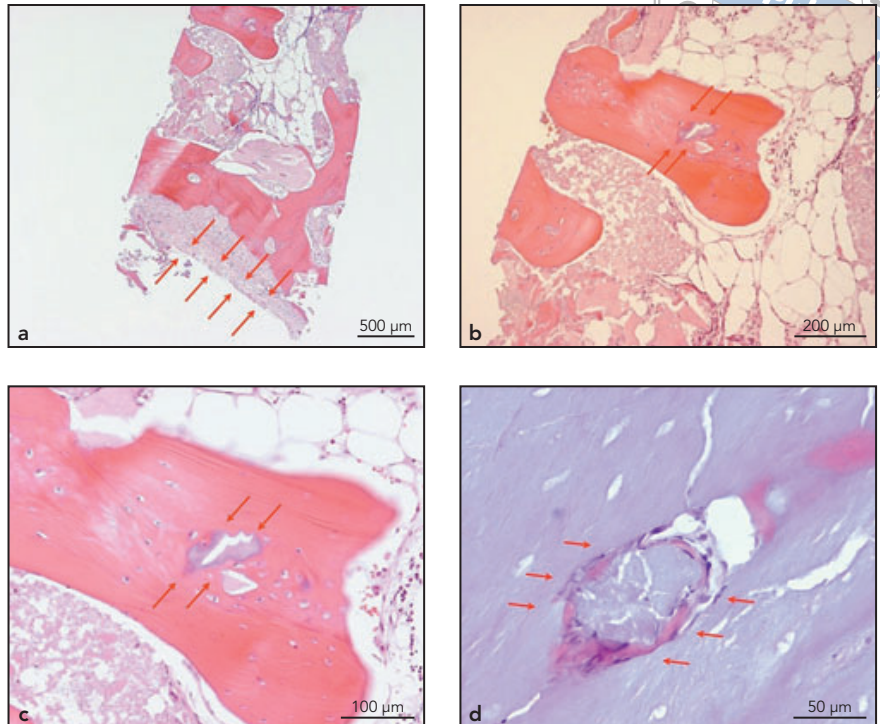
Diskussion

In dieser Fallserie wird ein neuartiger klinischer Ansatz zur lateralen Alveolarkammaugmentation vorgestellt,

die Bone-Lamina-Technik. Es wird die Anwendung einer Matrix aus porciner Kortikalis, die als Barrieremembran verwendet wird, mit einer Kollagenmembran kombiniert. Der Zweiteingriff zeigte, dass bei allen Patienten eine ausreichende Knochenmenge vorhanden war und ohne weitere Augmentation Implantate gesetzt werden konnten. Histologisch wies das Material osteokonduktive Eigenschaften auf und es zeigte sich eine Resorption der kortikalen Knochenmatrix (Knochenmembran). Daher kann dieser Ansatz als biologische und stabile Barriertechnik für ein Augmentationsverfahren gelten.

Alle in der Literatur beschriebenen chirurgischen Verfahren zur lateralen Knochenaugmentation haben Vor- und Nachteile. Daher sollten Verfahren oder Materialien bevorzugt werden, die sowohl leicht zu handhaben als auch wenig invasiv sind und mit einem minimalen Risiko für

Abb. 9 (a) Die mikroskopische Aufnahme zeigt eine nahezu vollständige Biodegradation der kortikalen Membran. (b) Neuer Knochen und verbliebene Transplantatpartikel nach 6 Monaten. (c) In neugebildeten Knochen eingebettete, verbliebene Transplantatpartikel. (d) Zeichen von andauernder Resorption und Remodellierung des Knochenersatzmaterials



Komplikationen einhergehen¹⁶. Die beschriebene Kombination aus einer langsam resorbierbaren kortikalen Knochenmatrix an der Defektinnenseite und einer biokompatiblen gewebefreundlichen Kollagenmembran an der Defektaußenseite scheint die vorgenannten Kriterien zu erfüllen.

Die Biokompatibilität der Barrieremembranen und ihrer Abbauprodukte ist die Grundvoraussetzung für einen komplikationslosen Heilungsverlauf¹⁷.

Zweischichtige Kollagenmembranen weisen ein hohes Potenzial an Gewebeintegration und Vaskularisation ohne erkennbare Fremdkörperreaktionen auf und zeigen daher eine komplikationslose Weichgewebsheilung^{18,19}. Nach vier bis sechs Wochen beginnt der biologische Abbau und nach 12 bis 19 Wochen ist eine histologische Unterscheidung zwischen der Membran und dem umgebenden Kollagen nicht mehr möglich¹⁹.

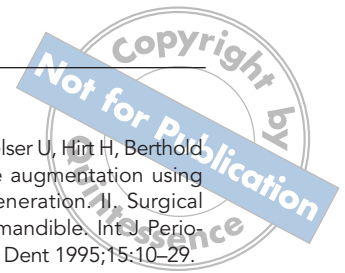
Zur besseren Gewebeintegration wurden Kollagenmembranen als äußere Lage verwendet. Durch die zellokklusive Oberfläche der Membran können sich die Kollagenfasern des Weichgewebes erfolgreich mit der Membran verzahnen, sodass ein beschleunigter primärer Wundverschluss zu erwarten ist.

Das Ausmaß der Knochenregeneration wird von der Morphologie des Knochendefekts beeinflusst²⁰⁻²². Bezogen auf die Konfiguration und Größe des Defekts würde ein Kollabieren der Barrieremembran in den Wundbereich den Raum für den Regenerationsprozess minimieren.

Ein wesentlicher Nachteil des nativen Kollagens ist sein schneller biologischer Abbau durch die enzymatische Aktivität von Makrophagen und polymorphkernigen Leukozyten. Dies führt zu einem verminderten Membranwiderstand und ermöglicht unerwünschten Zelltypen, in die abge-

grenzte Wundfläche zu gelangen²³. Aufgrund dieser eher ungünstigen mechanischen Eigenschaften¹² wurde empfohlen, die Membran mit Knochenersatzmaterial zu unterstützen und so einen Kollaps in den Defekt zu verhindern²⁴. Bei der Knochenregeneration wurde jedoch in keiner Studie die Resorptionszeit definiert, die für Barrieremembranen erforderlich ist. Ein langdauernder Barriereeffekt von bis zu sechs Monaten erscheint als wünschenswert^{18,25,26}.

Nicht resorbierbare Membranen scheinen über längere Zeit einen ausreichenden Raum für die Knochenregeneration aufrechtzuhalten. Trotz der guten klinischen Ergebnisse^{5,6,14,27,28} ist ihr Einsatz jedoch in mehrfacher Weise aufgrund des gestörten Heilungsprozesses eingeschränkt. Häufige Probleme sind eine Lappendehiszenz und eine frühe spontane Membranexposition mit anschließender bakterieller Konta-



mination, die eine vorzeitige Entfernung erforderlich machen^{10,14,29–31}. In mehreren Studien wurde eine Wundinfektion nach Exposition von Membranen aus expandiertem Polytetrafluorethylen beschrieben und demzufolge eine geringere mittlere Knochenzunahme bei Fällern mit Dehiszenzen im Vergleich zur ereignislosen gedeckten Regeneration erreicht^{32–34}. Eine weitere Einschränkung der nicht resorbierbaren Membranen ist die Notwendigkeit einer Zweitoperation zur Membranentfernung. Dadurch werden oft die bereits regenerierten Gewebe beschädigt, da die Lappenpräparation zu einer bestimmten krestalen Resorption des Alveolarknochens führt^{35–37}.

Aus diesen Gründen wurde eine bioresorbierbare Knochenmatrix porcinen Ursprungs in Kombination mit einer Kollagenmembran verwendet. Diese Membran scheint in der Lage zu sein, den Platz für die einwachsenden Knochenzellen zu erhalten und die Knochenregeneration und -neubildung zu begünstigen. Da histologisch weder die Membran noch die Knochenmatrix nachgewiesen werden konnten, scheint die Membranresorptionszeit bei dieser Kombination weniger als sechs Monate zu betragen und sich unter der Membran neuer Knochen zu bilden.

Im koronalen Anteil des Defekts war lockeres Bindegewebe sichtbar, das gut vaskularisiert war und keine Zeichen einer Fremdkörperreaktion zeigte. Es wurde gezeigt, dass langsam resorbierbare Membranen an der Stelle der ursprünglichen Membran eine Schicht von Weichgewebe aufwiesen^{38,39}. Außerdem sind die angewandten Membranen porös, sodass eine Invasion von Zellen und kleinen Gefäßen möglich war. Diese Beobachtung belegt die Biokompatibilität der Membran.

Daher wurde in allen behandelten Fällen eine ausreichende Knochenmenge erzielt, sodass in den aug-

mentierten Bereichen Implantate gesetzt werden konnten.

Schlussfolgerung

Die Bone-Lamina-Technik scheint die spezifischen Kriterien der GBR erfüllen zu können. Allerdings unterlag diese Fallserie mehreren Einschränkungen, da der Vergleich mit alternativen Verfahren nicht gegeben war. Nach Ansicht der Autoren belegt das erfolgreiche Ergebnis bei den hier vorgestellten Fällen jedoch das Potenzial der Technik, die in kontrollierten klinischen Studien weiter untersucht werden sollte. Außerdem sollte der Einsatz der Bone-Lamina-Technik auch in anderen Regionen als dem oberen Seitenzahnbereich untersucht werden.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson A. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria for success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11–25.
2. Adell R, Eriksson B, Lekholm U, Brånemark P, Jemt T. Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:347–359.
3. Buser D, Martin W, Belser U. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: Anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:43–61.
4. Grunder U. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:113–119.
5. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt H, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. II. Surgical procedure in the mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1995;15:10–29.
6. Buser D, Dula K, Hirt H, Schenk R. Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: A clinical study with 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:420–432.
7. Brunel G, Benque E, Elharer F, et al. Guided bone regeneration for immediate non-submerged implant placement using bioabsorbable materials in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:303–312.
8. Zellin G, Gritli-Linde A, Lindhe J. Healing of mandibular defects with different biodegradable and non-biodegradable membranes: An experimental study in rats. *Biomaterials* 1995;16:601–609.
9. Sandberg E, Dahlin C, Lindhe J. Bone regeneration by the osteopromotion technique using bioabsorbable membranes: An experimental study in rats. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:1106–1114.
10. Zitzmann N, Naef R, Schärer P. Resorbable versus non-resorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:844–852.
11. Bunyaratavej P, Wang H. Collagen membranes. A review. *J Periodontol* 2001;72:215–229.
12. Lundgren D, Sennerby L, Falk H, Friberg B, Nyman S. The use of a new bioresorbable barrier for guided bone regeneration in connection with implant installation. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:177–184.
13. Mellonig J, Nevins M, Sanchez R. Evaluation of a bioabsorbable physical barrier for guided bone regeneration. Part I. Material alone. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:129–137.
14. Simion M, Baldoni M, Rossi P, Zaffe D. A comparative study of the effectiveness of e-PTFE membranes with and without early exposure during the healing period. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:166–180.

15. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: Clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):218–236.
16. Polimeni G, Xiropaidis A, Wikesjö U. Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontol* 2000 2006;41:30–47.
17. Somerman M, Sauk J, Foster R, Norris K, Dickerson K, Argraves W. Cell attachment activity of cementum: Bone sialoprotein II identified in cementum. *J Periodontol Res* 1991;26:10–16.
18. von Arx T, Broggin N, Jensen S. Membrane durability and tissue response of different bioresorbable barrier membranes: A histologic study in the rabbit calvarium. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:843–853.
19. Rothamel D, Schwarz F, Sager M, Becker J. Biodegradation of differently cross-linked collagen membranes: An experimental study in the rat. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:369–378.
20. Gottlow J, Nyman S, Karring T, Lindhe J. New attachment formation as the result of controlled tissue regeneration. *J Clin Periodontol* 1984;11:494–503.
21. Karring T, Nyman S, Gottlow J, Laurell L. Development of the biological concept of guided tissue regeneration: Animal and human studies. *Periodontol* 2000 1993;1:26–35.
22. Selvig K, Kersten B, Wikesjö U. Surgical treatment of intrabony periodontal defects using expanded polytetrafluoroethylene barrier membranes: Influence of defect configuration on healing response. *J Periodontol* 1993;64:730–733.
23. Tatakis DN, Promsudthi A, Wikesjö U. Devices for periodontal regeneration. *Periodontol* 2000 1999;19:59–73.
24. von Arx T, Kurt B. Implant placement and simultaneous ridge augmentation using autogenous bone and a micro titanium mesh: A prospective clinical study with 20 implants. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:24–33.
25. Hutmacher D, Kirsch A, Ackermann K, Hürzeler M. A tissue engineered cell-occlusive device for hard tissue regeneration: A preliminary report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:49–59.
26. Buser D, Dula K, Hess D. Localized ridge augmentation with autografts and barrier membranes. *Periodontol* 2000 1999;19:151–163.
27. Dahlin C, Gottlow J, Lindhe J, Nyman S. Healing of maxillary and mandibular bone defects using a membrane technique. An experimental study in monkeys. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1990;24:13–19.
28. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt H, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. 1. Surgical procedures in the maxilla. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:29–45.
29. Machtei E. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis. *J Periodontol* 2001;72:512–516.
30. Tempro P, Nalbandian J. Colonization of retrieved polytetrafluoroethylene membranes: Morphological and microbiological observations. *J Periodontol* 1993;64:162–168.
31. Selvig K, Kersten B, Chamberlain A, Wikesjö U, Nilveus R. Regenerative surgery of intrabony periodontal defects using e-PTFE barrier membranes. Scanning electron microscopic evaluation of retrieved membranes vs clinical healing. *J Periodontol* 1992;64:730–733.
32. Gher M, Quintero G, Assad D, Monaco E, Richardson A. Bone grafting and guided bone regeneration for immediate dental implants in humans. *J Periodontol* 1994;6:881–891.
33. Augthun M, Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S. Healing of bone defects in combination with immediate implants using the membrane technique. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:421–428.
34. 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.
35. Philstrom B, McHugh R, Oliphant T, Ortiz-Campos C. Comparison of surgical and non-surgical treatment of periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1983;10:524–541.
36. Fickl S, Kebschull M, Schupbach P, Zuhr O, Schlagenhauf U, Hürzeler M. Bone loss after full-thickness and partial-thickness flap elevation. *J Clin Periodontol* 2011;38:157–162.
37. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Hürzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: A volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol* 2008;35:356–363.
38. Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, Dahlin C. Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: A histologic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:13–29.
39. Jovanovic SA, Schenk RK, Orsini M, Kenney EB. Supracrestal bone formation around dental implants: An experimental dog study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:23–31.