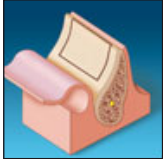


Rekonstruktion eines schmalen Alveolarkamms mit gesteuerter Knochenregeneration nach Alveolarkammspaltung mit einem rhPDGF-BB-Growth-Factor-angereicherten Allograft



Tat Chiang, DMD¹/Ana Lucia Roca, DDS, MDS²/Sylvia Rostkowski, DMD²
Howard J. Drew, DMD³/Barry Simon, DDS, MSD⁴

Wenn ausgeprägte horizontale Alveolarkammdefekte eine gleichzeitige Knochenaugmentation und Implantation ausschließen, wird die Implantation oft später vorgenommen. Es gibt zahlreiche Behandlungsoptionen bei horizontalen Alveolarkammdefekten. Durch Fortschritte im Tissue Engineering kann der Einsatz von Wachstumsfaktoren die Wundheilung deutlich verbessern und zur raschen Neubildung und Reifung von Knochen führen. Anhand der hier vorgestellten klinischen Fälle wird ein Verfahren beschrieben, das die Vorhersagbarkeit des horizontalen Knochengewinns erhöht und das Operationstrauma sowie die postoperativen Komplikationen reduziert. Die Proliferation und Migration von osteogenen Zellen wird mit rekombinantem humanem Platelet-derived Growth Factor-BB (rhPDGF-BB) in Kombination mit einem partikulierten Allograft stimuliert. Durch eine Alveolarkammspaltung mit vertikalen Knocheninzisionen wird die bukkale Platte expandiert und mobilisiert, sodass ein Raum zur Aufnahme der Knochenersatzpartikel entsteht. Aufgrund der Dekortikation der mobilisierten bukkalen Platte entstehen zelluläre und vaskuläre Zugangswege zur Beschleunigung der Reifung. Zur apikalen Verbreiterung des Alveolarkamms wird lateral der mobilisierten bukkalen Platte weiteres Knochenersatzmaterial eingebracht. Mithilfe piezoelektrischer Instrumente ist bei ausgeprägten horizontalen Alveolarkammdefekten eine präzise Inzision in den Knochenkamm möglich, um die Wundheilung zu beschleunigen. In der vorliegenden Studie wird das Verfahren einschließlich der empfohlenen therapeutischen Überlegungen vorgestellt, um vorhersagbar eine ausreichende Knochenmenge zu regenerieren, die eine optimale Implantation in horizontale Alveolarkammdefekte erlaubt. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 123–130)

Zur lokalen Wiederherstellung des horizontalen Knochenangebots wurden verschiedene Verfahren vorgeschlagen. Als Goldstandard gelten autogene Blocktransplantate aus Symphyse, Ramus, Tori und extraoralen Bereichen. Allerdings gibt es Einschränkungen aufgrund der Patientenmorbidity, wie neurosensible Veränderungen, eine Kinnptose, Lippeninkompetenz, Block- und Kieferfrakturen sowie Schäden an den angrenzenden Zähnen. Außerdem wurde eine signifikante Resorption des Blocktransplantats um bis zu 50 % beschrieben^{1,2}. Alternative, erfolgreiche Ansätze zur horizontalen Alveolarkammaugmentation sind z. B. die gesteuerte Knochenregeneration (GBR) mit Partikeltransplantaten (mit oder ohne Spanschrauben), ein Titanetz mit Partikeltransplantaten mit oder ohne Wachstumsfaktoren (rekombinantes humanes morphogenes Protein-2 [rhBMP-2] oder rekombinanter humaner Platelet-derived Growth Factor-BB [rhPDGF-BB]), die Distractionsosteogenese, die Kammexpansion mit Osteotomen und Ver-

¹ Außerordentlicher klinischer Professor, Department of Periodontics, New Jersey Dental School, Newark, New Jersey, USA.

² Postgraduate Student, Department of Periodontics, New Jersey Dental School, Newark, New Jersey, USA.

³ Klinischer Professor, Department of Periodontics, New Jersey Dental School, Newark, New Jersey, USA.

⁴ Professor, Department of Diagnostic Sciences, New Jersey Dental School, Newark, New Jersey, USA.

Korrespondenz an: Dr. Ana Lucia Roca, Department of Periodontics, New Jersey Dental School, 110 Bergen Street, Newark, NJ 07103, USA. E-Mail: luciaroca.dds@gmail.com

Tat Chiang und Ana Lucia Roca waren zu gleichen Teilen an der Studie beteiligt und sind beide Hauptautoren.

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

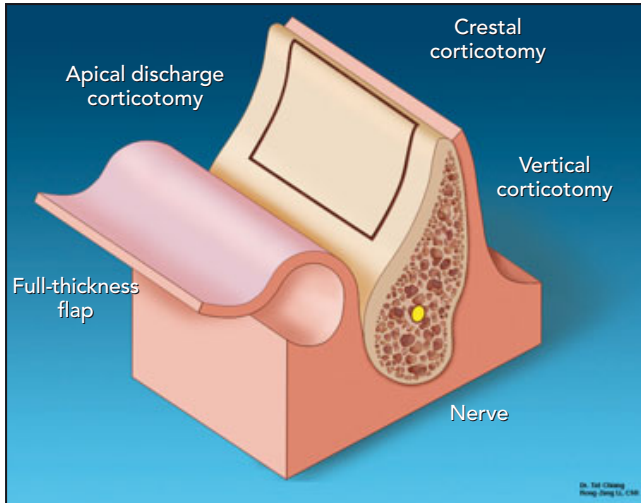


Abb. 1 Vollschichtlappen zur Eröffnung der Defekte und Durchführung der Korkotomien.
Full-thickness flap = Vollschichtlappen; Apical discharge corticotomy = Apikale Entlastungskorkotomie; Crestal corticotomy = Krestale Korkotomie; Vertical corticotomy = Vertikale Korkotomie
Nerve = Nerv.

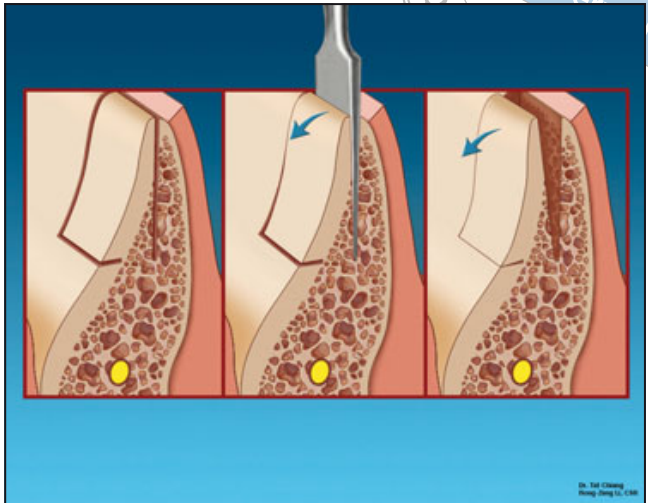
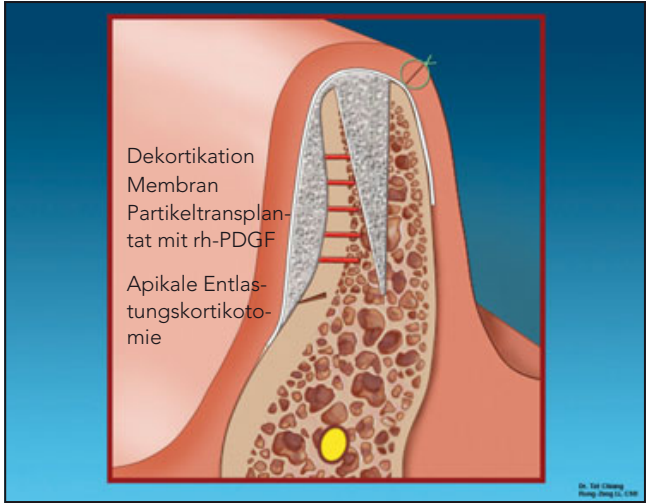


Abb. 2 Die Erweiterung der krestalen Korkotomie mit Osteotomen. Man sieht die zusätzliche Expansion der bukkalen Knochenplatte nach dem Kollaps der apikalen Korkotomie.

Abb. 3 Abgeschlossener Raum im Alveolarkamm, bukkale Dekortikationen, GBR und primärer Wundverschluss.



1/2-Rundbohrer dekortiziert. Um die Gefäßversorgung und Integrität der Knochenplatte nicht zu beeinträchtigen, wurde zwischen den Dekortikationen ein Abstand von 5 mm eingehalten. Apikal des gespaltenen Alveolarkamms wurde das Knochenmark penetriert, damit Osteoprogenitorzellen einwandern konnten. Dann wurde die Alveolarkammexpansion fortgesetzt und der erforderliche Knochenraum geschaffen. Anschließend wurde kortikales gefrierge-

trocknetes Knochenallograft (FDBA) mit einer Partikelgröße von 300 bis 500 µm für 15 Minuten mit sterilem Wasser hydriert, gründlich getrocknet und für mindestens 10 Minuten mit rhPDGF-BB (GEM 21S, Osteohealth) rehydriert. Das rhPDGF-BB-angereicherte FDBA wurde in den intraosären Raum eingebracht, der durch die Alveolarkammspaltung erzeugt worden war, sowie lateral der mobilisierten bukkalen Knochenplatte und festgedrückt. Danach wurde das Kno-

chenersatzmaterial mit einer resorbierbaren Kollagenmembran (Ossix Plus OraPharma und/oder Bio-Gide, Geistlich) fixiert (Abb. 3). Der spannungsfreie primäre Wundverschluss erfolgte nach periostalen Entlastungsschnitten mit horizontalen Matratten- und Einzelknopfnähten. Das restliche rhPDGF-BB wurde nach der Naht (Vicryl Ethicon oder Cytoplast PTFE, Osteogenics Biomedical) auf die Innenseite des Lappens und die Schnittlinien gegeben. Die Patienten

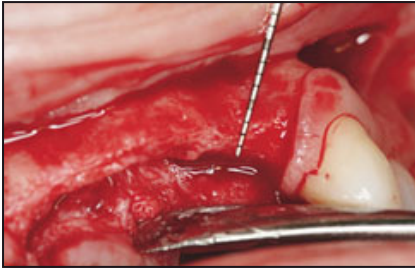


Abb. 4 Zurückbiegen des papillenscho-nenden Vollschichtlappens mit Erhalt des bukkalen keratinisierten Gewebes an den Eckzähnen.

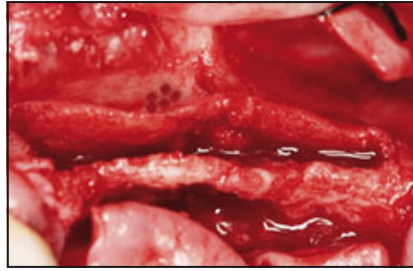


Abb. 5 Blick auf die Kortikotomien. Aufgrund der Spina nasi war für eine ausreichende Expansion eine weitere Kortikotomie erforderlich.

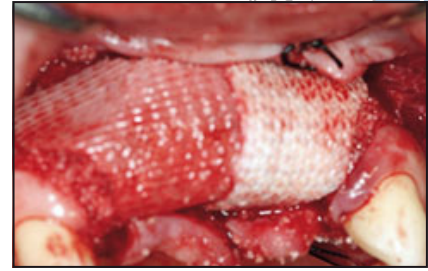


Abb. 6 In den geschaffenen Alveolar-kammeraum und auf die bukkale Konkavität wird Knochenersatzmaterial eingebracht und mit einer resorbierbaren Membran abgedeckt.

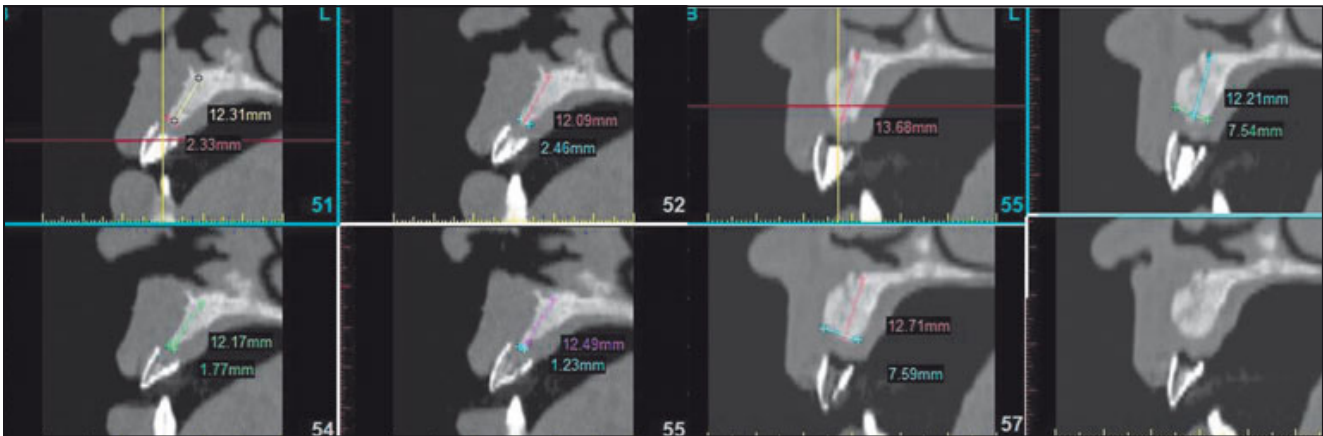


Abb. 7 Die prä- und postoperativen DVT-Scans zeigen die Knochenaugmentation über 5 mm.

erhielten postoperativ für eine Woche Amoxicillin 3 x 500 mg/d, spülten den Mund zweimal täglich mit Chlorhexidinlösung und erhielten zur Kontrolle der postoperativen Schwellung ein Medrol Dose Pack (Methylprednisolon). Die erste postoperative Kontrolle erfolgte nach 10 bis 14 Tagen.

Fallberichte

Patientin 1

Bei einer 50-jährigen Patientin mit unauffälliger medizinischer Anamnese war der obere Frontzahnbereich vom rechten bis zum linken lateralen Schneidezahn unbezahlt. Ur-

sache war ein Trauma sieben Jahre zuvor (Abb. 4). Im Bereich der rechten Schneidezähne imponierte in der DVT eine Alveolarkammbreite < 3 mm mit ausgeprägter bukkaler Konkavität. Der Behandlungsplan sah das Setzen von zwei Implantaten in der Position der lateralen Schneidezähne vor, die als Pfeiler für eine Teilrestauration dienen sollten. Aufgrund der Anatomie des Alveolarkamms und der dicken Kortikalis erfolgte eine zusätzliche Kortikotomie in der Mittellinie, um die Knochenexpansion zu erleichtern (Abb. 5). Nach der Expansion wurde die GBR abgeschlossen (Abb. 6) und nach Periostinzisionen mit horizontalen Matratzen- und Einzelknopfnähten primär verschlossen. Vor der Implantation

wurde ein Kontroll-DVT angefertigt (Abb. 7). Nach sechsmonatiger Heilung wurde ein Vollschichtlappen mobilisiert und eine Breitenzunahme um 5 mm festgestellt. Mithilfe einer Operationsschablone wurden zwei Implantate in die Positionen der lateralen Schneidezähne gesetzt (Abb. 8). Abbildung 9 zeigt die Patientin zwei Jahre nach der Behandlung.

Patientin 2

Bei einer 41-jährigen Patientin mit unauffälliger medizinischer Anamnese ergaben DVT und körperliche Untersuchung eine signifikante Alveolarkammatrophie. Der etwa 2 mm

breite Knochenkamm wurde zur Basis hin breiter (Abb. 10). Aufgrund der unelastischen bukkalen Knochenplatte und der dicken Kortikalis wurde zusätzlich zur krestalen und vertikalen Inzision eine apikale Kortikotomie durchgeführt (Abb. 11). Der Alveolarkamm wurde mit Osteotomen expandiert und nach der Dekortikation der Knochenplatte eine GBR durchgeführt. Nach vier Monaten wurde der Bereich wiedereröffnet und eine Breitenzunahme um > 5 mm beobachtet. Dann wurden zwei Implantate in optimaler Position als Pfeiler für eine dreigliedrige Teilrestauration gesetzt (Abb. 12).

Patientin 3

Bei einer 45-jährigen Patientin mit unauffälliger medizinischer Anamnese fehlten aufgrund eines schweren Kariesbefalls der obere linke laterale Schneidezahn und Eckzahn. Bei der Evaluation zeigte sich eine starke bukkale Konkavität. Der Alveolarkamm war < 2 mm breit. Es wurden krestale und vertikale Kortikotomien durchgeführt. Nach der Expansion und Dekortikation der bukkalen Knochenplatte (Abb. 13) wurde eine GBR vorgenommen. Vier Monate später wurde eine Breitenzunahme von > 5 mm ermittelt (Abb. 14) und es wurden zwei Implantate gesetzt. Abbildung 15 zeigt die Restauration nach mehr als zweijähriger funktionaler Belastung.

Diskussion

Eine Alveolarkammspaltung mit simultaner Implantation führt nicht immer zu einem vorhersagbaren Ergebnis. Daher ist aufgrund der geringeren Komplikationsrate ein mehrzeitiges Vorgehen manchmal besser geeignet. Bei den herkömm-

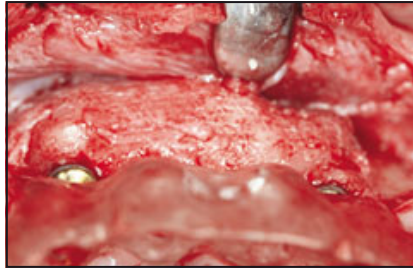


Abb. 8 Freilegung des augmentierten Bereichs mit einem papillenschonenden Vollschichtlappen und einer Operationsschablone aus Kunststoff zur Implantation.



Abb. 9 Definitive Prothese.

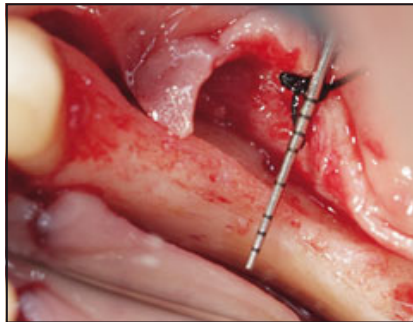


Abb. 10 Nach Abheben des Mukoperiostlappens zeigt sich ein stark atrophiertes Alveolarkamm mit einer Breite unter 3 mm.

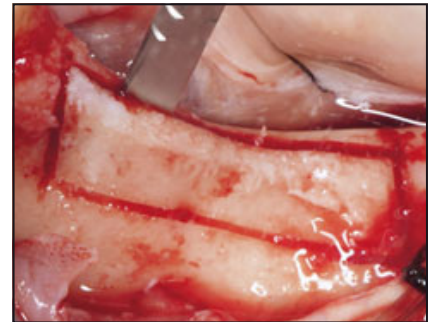


Abb. 11 Apikale Kortikotomie zur Führung der bukkalen Knochenplatte.

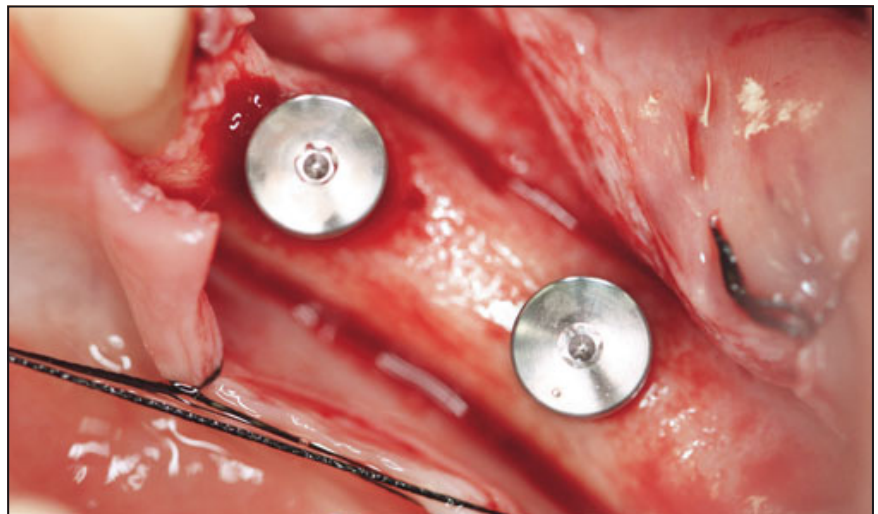


Abb. 12 Deutliche Breitenzunahme, die eine Implantation erlaubt.

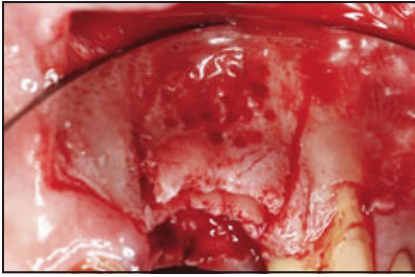


Abb. 13 Die Dekortikation der bukkalen Knochenplatte erfolgte mit einem Rundbohrer.

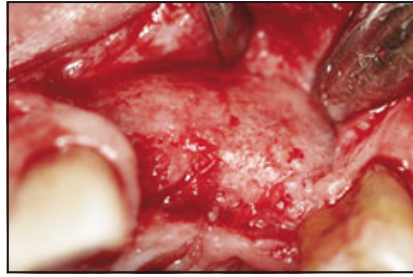


Abb. 14 Beim Zweiteingriff reichte das Knochenangebot des Alveolarkamms für eine optimale Implantation aus.



Abb. 15 Definitive Restauration nach 2 Jahren.

lichen GBR-Verfahren werden mit einer Barrieremembran Epithel und Bindegewebe abgehalten, damit die osteogenen Zellen in die osteokonduktive Matrix einwandern können. Dabei handelt es sich um eine passive Therapie. Die hier vorgestellten Fälle wurden mit einem bioaktiven Verfahren behandelt, das durch die Fortschritte beim Tissue Engineering möglich ist. Dabei werden mithilfe von Wachstumsfaktoren aktiv Zellen rekrutiert, die die Wundheilung und Knochenneubildung beschleunigen.

Es wurden mehrere zweizeitige Verfahren beschrieben, in denen eine mäßige horizontale Kammaugmentation erreicht wurde¹¹⁻¹³. Elian et al. ermöglichten durch eine Kammspaltung mit Expansion mithilfe runder und flacher Osteotome eine deutliche Zunahme der Knochenbreite¹¹. Mazzoco et al. setzten zur lateralen Alveolarkammaugmentation motorgetriebene Alveolarkammexpander (MRE) ein und ermittelten nach sechs Monaten im kortikalen Abschnitt im Abstand von 5 mm zu der Stelle, an der die MRE verwendet worden waren, einen horizontalen Knochenzuwachs von 1,5 mm und 1,6 mm¹³. Vercellotti erreichte mit einem piezoelektrischen Verfahren zur Alveolarkammexpansion in unbezahnten Be-

reichen eine Breitenzunahme von 2 bis 3 mm¹⁰. In den hier vorgestellten klinischen Fällen wurde die Knochenneubildung nach dem Prinzip des Tissue Engineering erreicht. Dazu müssen drei Elemente vorhanden sein und interagieren: ein Signal, Zellen und eine Gerüstmatrix⁹. Simion et al. erzielten am Tiermodell bei der vertikalen Augmentation mit rhPDGF-angereicherten Bio-Oss-Blöcken und ohne Barrieremembranen ausgezeichnete klinische und histologische Ergebnisse¹⁴. Ergebnisvariablen waren Chemotaxis, Mitogenese sowie die Proliferation von Osteoblasten und Fibroblasten.

Ein weiterer Vorteil von rhPDGF-BB ist die positive Wirkung auf die Angiogenese mit einer Stimulation der Proliferation von Blutgefäßen und der Kapillarknospeung im Transplantat, die beide für die Knochenregeneration wichtig sind⁹. Als Gerüstmatrix wurde mineralisiertes kortikales FDBA verwendet. Für eine wachstumsfaktorvermittelte Geweberegeneration muss die Gerüstmatrix gute Bindungs- und Freisetzungseigenschaften haben¹⁵. FDBA bindet rhPDGF-BB zufriedenstellend, weshalb diese Kombination zu einer robusten Knochenneubildung führte¹⁵. Bei der Implantation ist der

regenerierte Knochen in der Regel hart und fest und zeigt einen Bohrwiderstand, der dem Knochentyp 2 oder 3 ähnelt. In einer aktuellen Studie erzielten Nevins et al.¹⁶ bei der Behandlung von Extraktionsalveolen mit minimal vorhandenen oder fehlenden bukkalen Knochenplatten eine signifikante klinische und histologische Knochenneubildung. Dazu setzten sie mineralisiertes kollagenes Knochenersatzmaterial ein, das mit rhPDGF-BB hydriert war, und verzichteten auf Membranen. Dieser Knochenersatz muss noch in weiteren Studien als geeignete Gerüstmatrix und Carrier von rhPDGF-BB bei der lateralen Alveolarkammaugmentation untersucht werden. Sarment et al.¹⁷ bestimmten in einer Studie zur parodontalen Wundheilung in der gingivalen Sulkusflüssigkeit den Knochenumbaumarker quervernetztes, karboxyterminales Telopeptid vom Typ-I-Prokollagen. Sie stellten fest, dass der Effekt von rhPDGF-BB auf die Heraufregulation des Knochenumbaues und die Knochenheilung auch noch sechs bis 12 Wochen nach dem Einbringen von rhPDGF vorhanden ist.

Bravi et al. beschrieben im unteren Seitenzahnbereich ein hohes Frakturrisiko, das aufgrund der nicht elasti-

schen dicken bukkalen Kortikalis besteht. Sie mussten daher bei 44 % der Unterkieferdefekte ein zweizeitiges Vorgehen wählen, um eine Fraktur der bukkalen Knochenplatte zu verhindern. Dies war im Oberkiefer nur bei 1,5 % der Defekte erforderlich⁸. Um solche Einschränkungen der einzeitigen Alveolarkammspaltung zu überwinden, wählten Enislidis et al.¹⁸ ein zweizeitiges Vorgehen und verwendeten ein gestieltes Transplantat für das spätere Implantatbett. Dazu mobilisierten sie 40 Tage nach der Anlage eines Vollschichtlappens und einer rechteckigen kompletten bukkalen Kortikotomie einen Teilschichtlappen und verlagerten die bukkale Knochenplatte mit ihrem Periost und den intakten Gefäßen nach lateral. Bei diesem Ansatz wird die Lage der Grünholzfraktur vorab festgelegt.

Bei dem hier beschriebenen Verfahren wird in den Bereichen, in denen der Knochen aufgrund einer dicken Kortikalis nicht elastisch ist, eine apikale Kortikotomie durchgeführt, um die Lage der Grünholzfraktur festzulegen. Diese Kortikotomie sollte nicht in der vollen Dicke der Kortikalisplatte und bis in die Markräume erfolgen (siehe Patientin 2). Außerdem stellten die Autoren fest, dass die Mobilisation der abgelösten bukkalen Knochenplatte bei großen zu augmentierenden Bereichen (siehe Patientin 1) durch eine weitere, dritte vertikale Kortikotomie erleichtert wird. Andere Autoren sind bei der Alveolarkammspaltung ähnlich vorgegangen^{12,13,19}. Alle Knochenschnitte in der vorliegenden Studie wurden mit einem Piezosurgery-Gerät durchgeführt, da es präzisere, kontrollierte Schnitte sowie eine schnellere und weniger traumatische Heilung ermöglicht als Verfahren mit Bohrer und Sägen, wie in histologischen und biomolekularen Studien von Vercellotti et al. belegt wurde²⁰.

Die primäre Weichgewebsheilung ist essenziell für eine erfolgreiche

Alveolarkammaugmentation. Das Aufbringen von rhPDGF-BB auf die Schnittlinien in den Weichgeweben wirkt sich positiv auf die Weichgewebsheilung aus und schützt die Inzision. Damit wird das Risiko einer Membranexposition erheblich verringert²¹.

Schlussfolgerung

Die bioaktive Therapie aus Alveolarkammspaltung und einer modifizierten GBR ist ein geeignetes Verfahren für die horizontale Augmentation eines schmalen Alveolarkamms. Wenn sie korrekt durchgeführt wird, geht sie mit einer geringen Morbidität und einem signifikanten horizontalen Knochenzuwachs einher. Mithilfe der Alveolarkammspaltung, piezoelektrischen Chirurgie, Allografts mit rhPDGF-BB und GBR auf der Außenfläche der nach lateral verschobenen bukkalen Knochenplatte kann der Alveolarkammdefekt vorhersagbar mit einer signifikanten Knochenmenge gefüllt werden, sodass eine prothetisch optimale Implantation möglich ist.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:278–288.
2. Jemt T, Lekholm U. Measurements of buccal tissue volumes at single-implant restorations after local bone grafting in maxillas: A 3-year clinical prospective study case series. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:63–70.
3. McAllister B, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *J Periodontol* 2007;78:377–396.
4. Machtei E. The effect of membrane exposure on the outcome of regenerative procedures in humans: A meta-analysis. *J Periodontol* 2001;72:512–516.
5. Simon B, Chiang T, Drew H. Alternative to the gold standard for alveolar ridge augmentation: Tenting screw technology. *Quintessence Int* 2010;41:379–386.
6. Misch C. Bone augmentation of the atrophic posterior mandible for dental implants using rh-BMP-2 titanium mesh: Clinical technique and early results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:581–589.
7. Fiorellini JP, Howell TH, Cochran D, et al. Randomized study evaluating recombinant human bone morphogenetic protein-2 for extraction socket augmentation. *J Periodontol* 2005;76:605–613.
8. Bravi F, Bruschi GB, Ferrini F. A 10-year multicenter retrospective clinical study of 1,715 implants placed with edentulous ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:557–565.
9. Nevins M, Hanratty J, Lynch SE. Clinical results using recombinant human platelet-derived growth factor and mineralized freeze-dried bone allograft in periodontal defects. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:421–427.
10. Vercellotti T. Piezoelectric surgery in implantology: A case report—A new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:359–366.
11. Elian N, Ziad J, Ehrlich B, et al. A two-stage full arch ridge expansion technique: Review of the literature and clinical guidelines. *Implant Dent* 2008;17:16–23.
12. Holtzclaw D, Toscano J, Rosen PS. Reconstruction of posterior mandibular alveolar ridge deficiencies with the piezoelectric hinge-assisted ridge split technique: A retrospective observational report. *J Periodontol* 2010;81:1580–1586.
13. Mazzoco F, Nart J, Cheung W, Griffin T. Prospective evaluation of the use of motorized ridge expanders in guided bone regeneration for future implant sites. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:547–554.

14. Simion M, Rocchietta I, Kim D, Nevins M, Fiorellini J. Vertical ridge augmentation by means of deproteinized bovine bone block and recombinant human platelet-derived growth factor-BB: A histologic study in a dog model. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:415–423.
15. Nevins M, Camelo M, Nevins ML, Lynch SE. Periodontal regeneration in humans using recombinant human platelet-derived growth factor-BB (rhPDGF-BB) and allogenic bone. *J Periodontol* 2003;74:1282–1292.
16. Nevins M, Camelo M, Schupbach P, Nevins M, Kim S, Kim D. Human buccal plate extraction socket regeneration with recombinant human platelet-derived growth factor BB or enamel matrix derivative. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:481–492.
17. Sarment DP, Cooke JW, Miller SE, et al. Effect of rhPDGF-BB on bone turnover during periodontal repair. *J Clin Periodontol* 2006;33:135–140.
18. Enislidis G, Wittwer G, Ewere R. Preliminary report on a staged ridge splitting technique for implant placement in the mandible: A technique note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:445–449.
19. Blus C, Szmukler-Moncler S. Split-crest and immediate implant placement with ultra-sonic bone surgery: A 3-year life-table analysis with 230 treated sites. *Clin Oral Implant Res* 2006;17:700–707.
20. Vercellotti T, Nevins M, Kim D, et al. Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:543–549.
21. Wang HL, Boyapati L. "PASS" principles for predictable bone regeneration. *Implant Dent* 2006;15:1:8–17.
22. Nevins M, Al Hezaimi K, Schupbach P, Karimbux N, Kim D. Vertical ridge augmentation using an equine bone and collagen block infused with recombinant human platelet-derived growth factor-BB: A randomized single-masked histologic study in non-human primates. *J Periodontol* 2012;83:878–884.

