

Resorbierbare Kuppel und gesteuerte Knochenregeneration als Alternative zur Behandlung von Knochendefekten: Eine Fallserie



Stefano Parma-Benfenati, MD, DDS, MsD¹
Marisa Roncati, RDH, DDS²
Primo Galletti, MD, DDS³
Carlo Tinti, MD, DDS^{1,4}

In dieser Fallserie wird eine „Kuppel“ aus langsam resorbierbarem Nahtmaterial vorgestellt. Sie fungiert als Barriere und zum Raumerhalt, um die Knochenregeneration zu fördern. Bei sechs Patienten wurden mehrwandige Defekte mit einer Kombination aus einer azellulären dermalen Matrix oder einer quervernetzten resorbierbaren Kollagenmembran als Barrieren und mineralisiertem gefriergetrocknetem Knochen-Allograft und gleichzeitiger Implantation behandelt. Insgesamt wurden acht Implantate gesetzt. Nur eines der Implantate heilte nicht gedeckt ein. Alle Implantationsbereiche blieben komplett gedeckt und in keinem Fall kam es während der Heilung zur Exposition des Implantats. Bei den Freilegungsoperationen nach neun bis 24 Monaten entsprach die klinische Knochendichte derjenigen von nativem Knochen und es waren durchschnittlich 0,5 Gewindegänge exponiert. Die mittlere bukkale Knochendicke betrug 3,12 mm. In etwa 87,5 % der Fälle wurde eine vollständige Abdeckung der exponierten Gewindegänge erreicht. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 701–707.)

Das biologische Prinzip der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) wurde erfolgreich für die parodontale implantologische Behandlung eingesetzt. In den letzten 20 Jahren wurde in klinischen Studien belegt, dass sich zahlreiche unterschiedliche Knochendefekte vor oder nach der Implantation mit diesem Verfahren behandeln lassen¹.

Die GBR hat sich bei der Knochenregeneration an enossalen Implantaten als effektiv erwiesen und der regenerierte Knochen verhält sich bei der funktionellen Belastung wie nativer Knochen^{2–5}.

Das umfassendere Verständnis der GBR hat in Verbindung mit ausgefeilteren Operationsverfahren zu besseren Ergebnissen geführt. Vor Kurzem wurde in mehreren Studien über den Einsatz resorbierbarer Barrieremembranen bei der Behandlung von Knochendefekten in der Implantologie berichtet^{6,7}. Die klinischen Ergebnisse entsprachen den Resultaten, die mit einer nicht resorbierbaren Membran erreicht werden. Inzwischen sind im Handel zahlreiche resorbierbare und raumerhaltende Materialien erhältlich⁸.

Schwierig sind jedoch weiterhin Raumerhalt und Wundstabilisierung. Hierbei geht es darum, einen Raum ausreichender Größe zu schaffen und zu erhalten, in dem sich ein adäquates Blutkoagulum ungestört etablie-

¹ Lehrprofessor, Master's Program in Periodontology, Dental School, University of Turin, Turin, Italien; Privatpraxis, Ferrara, Italien.

² Lehrprofessorin, Master's Program in Prosthodontics, Dental School, University of Bologna, Bologna, Italien. Privatpraxis, Ferrara, Italien.

³ Privatpraxis, Ferrara, Italien.

⁴ Privatpraxis, Ferrara, Italien.

Korrespondenz an: S. Parma-Benfenati, Corso Giovecca 155/A, 44121, Ferrara, Italien.
Fax: +39 0532 210522. E-Mail: info@studioparmabenfenati.it

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

ren kann. Damit wird das maximal regenerierbare Knochenvolumen definiert. Klinisch wurde gezeigt, dass es umso schwieriger ist einen Membrankollaps zu verhindern, je weniger Defektwände vorhanden sind. Daher ist bei mehrwandigen Defekten die Schaffung eines abgeschlossenen Raums, in dem das Blutkoagulum vor mechanischen Schäden und vor der Besiedlung durch Zellen aus den Gingivagewebe geschützt wird, extrem wichtig. Gelingt dieser Raumerhalt, können nur Zellen aus der umgebenden Knochenstruktur in das geschützte Blutkoagulum einwandern⁹.

Wie bereits an anderer Stelle beschrieben¹⁰, hilft die Verwendung eines resorbierbaren Materials, wie PDS II (Ethicon), einen Raum unter der resorbierbaren Membran zu schaffen und ihn zu erhalten, das Blutkoagulum zu schützen sowie die Wunde zu stabilisieren und es trägt dazu bei, Zweiteingriffe zu vermeiden.

Das resorbierbare PDS-II-Nahtmaterial ist ein durch monomere Paradioxononpolymerisierung entstandenes Monofilament, das in vielen chirurgischen Bereichen eingesetzt wird. Aus der medizinischen Literatur geht hervor, dass dieses Nahtmaterial in den ersten zwei Wochen 70 % seiner Reißkraft beibehält. Die Reißkraft sinkt langsam ab und erreicht nach vier Wochen noch 50 % und nach sechs Wochen noch 25 % des Ausgangswerts. In vivo wird PDS II langsam hydrolytisch abgebaut. Dieser Abbau beginnt am 91. Tag und ist nach 182 Tagen abgeschlossen. Das Nahtmaterial löst eine geringe Gewebereaktion aus, die nach Abschluss der Resorption vollständig abklingt¹¹.

In der Literatur zur Implantologie finden sich kaum Veröffentlichungen zur Anwendung von azellulärer dermalen Matrix (ADM) als Barriere, insbesondere nicht bei der Alveolar-kammaugmentation^{12,13}.

Obwohl das Autograft als Goldstandard bei der Knochentransplantation gilt¹⁴, sind allogene Materialien, wie demineralisierter gefriergetrockneter und nur gefriergetrockneter Knochen, gute Alternativen mit vergleichbaren Erfolgsraten¹⁵.

Oft werden resorbierbare Membranen gemeinsam mit einem Knochentransplantat für den Raumerhalt eingesetzt. Quervernetzte Kollagenmembranen stabilisieren darüber hinaus die Kollagenfasern und erhalten die Membranintegrität^{7,16}.

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob sich mit einem langsam resorbierbaren Nahtmaterial ein abgeschlossener Raum schaffen und erhalten lässt. Dabei stützt die resorbierbare Kuppel als Platzhalter die nicht formstabile resorbierbare Barriere.

Material und Methode

In einer Privatpraxis stellten sich sechs medizinisch gesunde, nicht rauchende Patienten vor, die nach dem Verlust von einem oder mehreren Seitenzähnen vor mehr als zwei Jahren einzelne Knochendefekte hatten.

Die meisten Defekte (sechs von acht) wiesen eine horizontale Alveolarkammatrophy auf und nur wenige (zwei von acht) eine kleine vertikale Komponente, weshalb eine GBR indiziert war.

Nachdem die Patienten aufgeklärt worden waren und dem Eingriff zugestimmt hatten, wurden insgesamt acht dentale Implantate (SK1 oder SK3, Shakleton) gesetzt. Gleichzeitig wurde der Alveolarkamm mit einem mineralisierten humanen Allograft (MinerOss, spongioser und kortikaler Knochen, BioHorizons) augmentiert und entweder mit ADM (AlloDerm GBR, BioHorizons) oder mit einer quervernetzten resorbierbaren Kollagenmembran (Mem-Lok, BioHorizons) abgedeckt. Bei allen Patienten

wurde aus dem Nahtmaterial PDS II (Polydioxanon) eine temporär bestehende Kuppel geschaffen.

Die Lappen für die vertikale Augmentation wurden so gewählt, dass eine Membranexposition verhindert, ein maximaler Raum geschaffen, das Blutkoagulum geschützt und die Wunde stabilisiert wurde^{17,18}.

Mit einer Parodontalsonde wurde die horizontale Defektausdehnung ermittelt. Für die vertikale Ausdehnung diente der Übergang von der rauhen zur glatten Oberfläche des Implantats als Referenzpunkt.

Anschließend wurde das Implantatbett mit einem zylindrischen Bohrer, der denselben Durchmesser wie das PDS-II-Nahtmaterial hatte und sich auf einem langsamen Handstück befand, dekortiziert. Dabei wurde der Knochen an mehreren Stellen perforiert, um die darunterliegenden Markräume zu eröffnen und Mesenchymzellen zu rekrutieren. Von diesen Löchern wurden vier dazu verwendet, um die beiden PDS-II-Enden in den Interproximalräumen neben der exponierten Implantatoberfläche zu fixieren. Anschließend wurde aus den beiden PDS-II-Fäden, die zuvor auf die erforderliche Länge zugeschnitten wurden, eine Kuppel über der Implantatoberfläche geformt.

Die exponierten Gewindegänge wurden mit einem mineralisierten gefriergetrockneten humanen Allograft (MinerOss), mit dem auch der Raum unter den PDS-II-Fäden aufgefüllt wurde, vollständig abgedeckt.

Es wurden zwei resorbierbare Membranen/Barrieren verwendet: (1) Mem-Lok aus hochreinen Typ-I-Kollagenfasern mit einer verlängerten, vorhersehbaren Resorptionsdauer von 26 bis 38 Wochen¹⁹. Die makromolekulare Porengröße erlaubt während der Heilung den Austausch von essenziellen Nährstoffen. (2) AlloDerm GBR: allogene humane Dermis, die aseptisch von Zellen befreit und gefriergetrocknet wurde, um die

Tabelle 1 Daten der sechs Patienten, bei denen eine GBR mit resorbierbarer Kuppel durchgeführt wurde

Patient Nr.	Position	Beginn: exponierte Gewindegänge	Ende: exponierte Gewindegänge	Zuwachs der Knochendicke (mm)	Membrantyp	Membran-/Implantatexposition?
1 N	Oberer rechter Eckzahn	11	2	4	AlloDerm GBR	Nein
2 S	Oberer linker zweiter Prämolare	1	0	5	Mem-Lok	Nein
3 S	Unterer linker erster Prämolare	7	1	2	AlloDerm GBR	Nein
	Unterer linker zweiter Prämolare	5	1	2	AlloDerm GBR	Nein
	Unterer linker erster Molare	2	0	2	AlloDerm GBR	Nein
4 S	Unterer rechter erster Molare	4	0	5	Mem-Lok	Nein
5 S	Unterer rechter erster Molare	3	0	3	AlloDerm GBR	Nein
6 S	Oberer rechter lateraler Schneidezahn	3	0	2	Mem-Lok	Nein
Mittelwert*		4,5	0,5	3,12		

N = offen einheilendes Implantat; S = gedeckt einheilendes Implantat.
* Mittlere komplette Deckung der exponierten Gewindegänge in 87,5 % der Fälle.

Feuchtigkeit zu erhalten, während die biologischen Komponenten und die Struktur der dermalen Matrix erhalten bleiben. Sie wurde nach Herstelleranweisung in einer Petri-Schale mit 50 ml steriler Kochsalzlösung für 5 min rehydriert. Nachdem das schützende Trägermaterial abgelöst war, wurde das ADM-Allograft für 5 min in eine andere Petri-Schale mit 50 ml steriler Kochsalzlösung verbracht.

Die ausgewählte Barriere wurde zugeschnitten und so über die Kuppel gelegt, dass sie den Defekt um 2 bis 4 mm überragte.

Die ausgewählte Membran oder Barriere wurde durch die Kuppel aus PDS-II-Nahtmaterial über dem exponierten Anteil des Implantats von der Implantatoberfläche ferngehalten.

Die Membran wurde mit Fixierschrauben oder mit einer einzelnen Schlingennaht aus 5-0 Vicryl (Ethicon) um das Implantat befestigt.

Das Periost an der Basis des bukkalen und lingualen Lappens wurde durchtrennt, um den Lappen spannungsfrei nach koronal über die Membran/Barriere verschieben zu können.

Die Vollschichtlappen wurden passiv möglichst weit nach koronal verlagert, um die regenerativen Materialien vollständig abzudecken.

Der primäre Lappenschluss erfolgte mit einer Kombination aus Einzelknopfnähten und einer inneren horizontalen Matratzennaht. Es wurde kein Parodontalverband angelegt. Die Patienten sollten zwei Wochen lang den Kontakt mit der Wunde meiden. Um eine versehentliche Kompression zu verhindern, wurden keine Eisbeutel auf die Wunde gelegt.

Folgende Antibiotika werden empfohlen: Amoxicillin + Clavulansäure 1 g alle 12 Stunden, zwei Stunden vor der Operation sowie postoperativ für sechs Tage. Außerdem sollten die Patienten am ersten Tag postoperativ Ibuprofen 800 mg und dann für drei Tage Ibuprofen 600 mg einnehmen. Die Patienten wurden in der Wundversorgung unterwiesen und behandelten die Wunde insbesondere in den ersten drei Wochen postoperativ täglich mit einer in 0,12 % Chlorhexidin getränkten Kompresse. Diese wickelten sie um den Finger und strichen mit ihr von apikal nach koronal,

also von der Mukosa zur Implantat-/Zahnoberfläche – ähnlich wie beim Zähneputzen in Rolltechnik.

Ergebnisse

Die klinischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Keiner der sechs Patienten wies bei den Kontrolluntersuchungen Hinweise auf eine Plaquebedingte Entzündung auf. Postoperativ bestanden keine Schmerzen und das postoperative Ödem fiel nicht stärker aus als üblich.

Alle gedeckt einheilenden Implantate blieben komplett gedeckt. Bei keinem der Patienten kam es während der Heilungsphase zur Exposition der Barriere oder des Implantats. Nur bei einem Patienten heilte das Implantat nicht gedeckt ein.

Durchschnittlich waren anfangs 4,5 (Bereich: 1 bis 11) Gewindegänge und bei Studienende 0,5 Gewindegänge exponiert. Die mittlere bukkale Knochendicke erreichte 3,12 mm. In 87,5 % der Fälle wurde eine komplette Deckung der exponierten Gewindegänge erreicht.

Abb. 1 Fall 1: Oberer rechter Sextant.

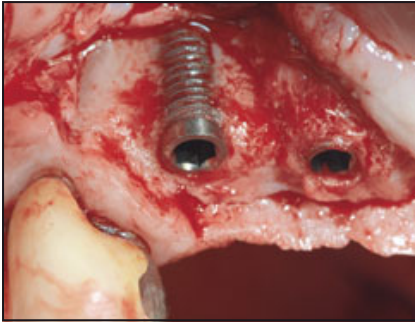


Abb. 1a Bei der zweizeitigen Implantation waren an dem zuvor in der Position des oberen rechten Eckzahns gesetzten Implantat 11 Gewindegänge exponiert. Die Primärstabilität war gegeben und keine Entzündung vorhanden. Das periimplantäre Periost wurde entfernt, um Zugang zum darunterliegenden Knochen zu erlangen.

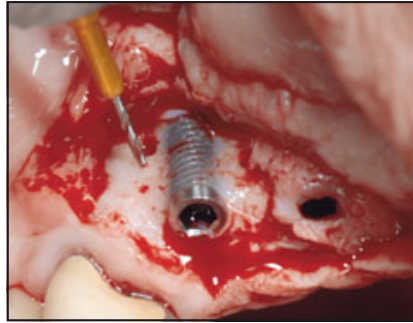


Abb. 1b Die Dekortikation des Implantatbetts erfolgte mit einem zylindrischen Bohrer auf einem langsamen Handstück. Dabei wurden mehrere Knochenperforationen angelegt, um die darunterliegenden Markhöhlen zu eröffnen.

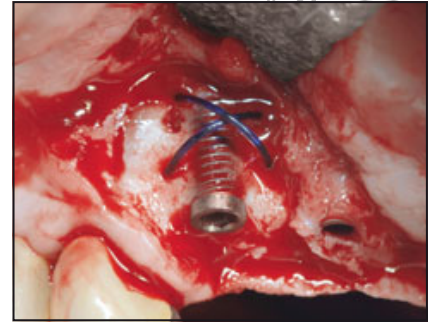


Abb. 1c Die beiden Enden des PDS-II-Nahtmaterials, die zuvor auf die erforderliche Länge eingekürzt wurden, werden in vier Löcher eingeführt, sodass eine Kuppel über der Implantatoberfläche entsteht.

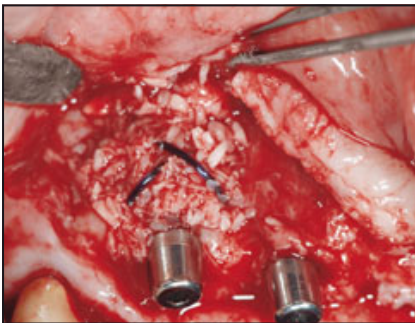


Abb. 1d Die exponierten Gewindegänge wurden mit mineralisiertem gefriergetrocknetem humanem Allograft komplett abgedeckt. Gleichzeitig wurde damit der durch die PDS-II-Segmente erzeugte Raum aufgefüllt.

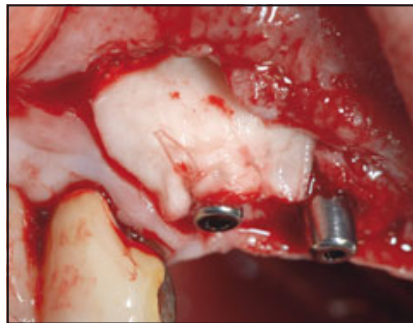


Abb. 1e Das hydrierte AlloDerm GBR wurde so zugeschnitten, dass es das Transplantat vollständig bedeckte. Durch den Kuppel-effekt der beiden resorbierbaren PDS-II-Fäden wird es von der Implantatoberfläche und dem darunterliegenden Füllmaterial ferngehalten. Die Membran wurde mit einer einfachen Schlingennaht aus 5-0 Vicryl an der Einheilkappe fixiert.

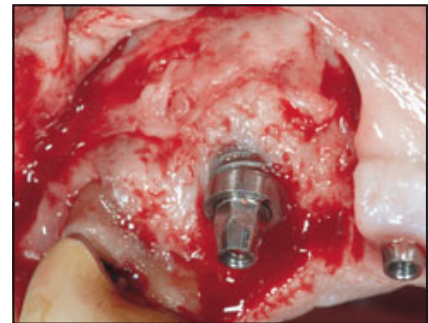


Abb. 1f Freilegung 2 Jahre postoperativ. Bei dem Nachbarzahn war wegen Karies eine operative Kronenverlängerung erforderlich. 9 der 11 Gewindegänge waren bedeckt. Obwohl die Knochenregeneration keine 100 % erreichte, war der Knochen doch bemerkenswert dick. Der regenerierte Knochen ist vom Wirtsknochen nicht zu unterscheiden.

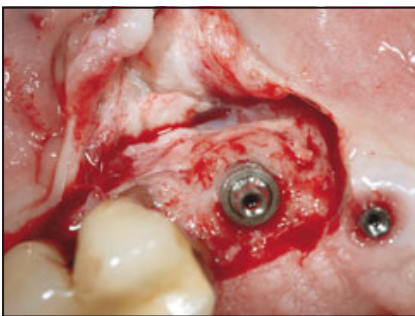


Abb. 1g Okklusale Ansicht. Die Dicke des Alveolarkamms hat um 4 mm zugenommen.

Abb. 2 Fall 2: Oberer linker Sextant.

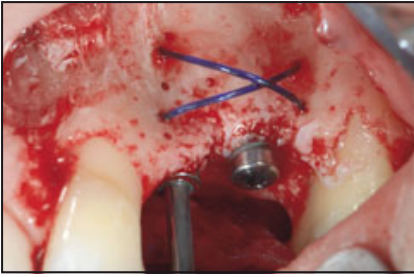


Abb. 2a Bukkale Ansicht. Im Bereich der Prämolaren wird ein Vollschichtlappen mobilisiert. Wegen der reversen Knochenarchitektur weist das distale Implantat einen minimalen, aber homogenen vertikalen Knochenverlust auf, der sich durch die zirkumferenzielle Exposition des glatten Anteils des Implantats und des ersten Gewindegangs manifestiert. Mit den beiden Segmenten des PDS-II-Fadens, die zuvor auf die korrekte Länge gekürzt wurden, wird eine Kuppel erzeugt.

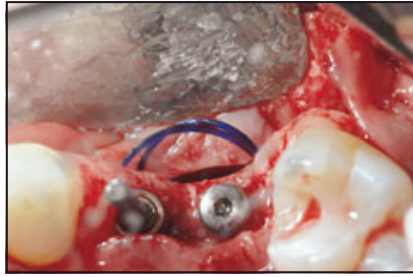


Abb. 2b Okklusale Ansicht. Der Kuppeldefekt des PDS-II-Nahtmaterials ist deutlich zu erkennen.

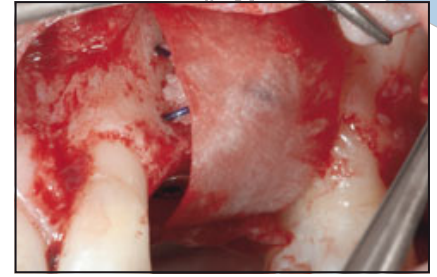


Abb. 2c Bukkale Ansicht. Die resorbierbare Kollagenmembran wurde zurechtgeschnitten und so auf die Kuppel einseitig gelegt, dass sie das darunterliegende mineralisierte partikuliert Allograft vollständig bedeckt. Durch die PDS-II-Kuppel liegt die resorbierbare Membran nicht direkt auf der Implantatoberfläche und den regenerativen Materialien.



Abb. 2d (links) Bukkale Ansicht. Freilegung 12 Monate postoperativ. Komplette Deckung des zuvor exponierten Gewindegangs und des Implantathalses. Die negative Architektur wurde beseitigt. Der regenerierte Knochen ist vom Wirtsknochen nicht zu unterscheiden.

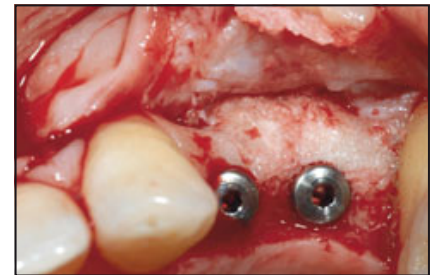


Abb. 2e (rechts) Okklusale Ansicht. Die Dicke des Alveolarkamms hat um 5 mm zugenommen.

Abb. 3 Fall 3: Unterer linker Sextant.

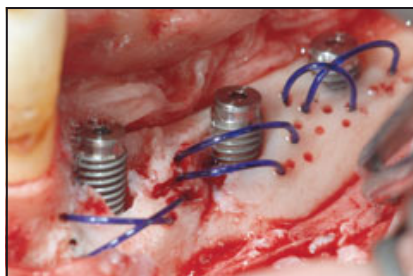


Abb. 3a Nach dem Setzen der Implantate sind multiple Knochendefekte und exponierte Gewindegänge zu erkennen. Es wurden sechs PDS-II-Fäden platziert, um Druck auf die regenerativen Materialien zu verhindern, Raum zu schaffen und die Wunde zu stabilisieren. Ziel ist die Schaffung und Aufrechterhaltung eines ausreichend großen Raums für die ungestörte Bildung eines adäquaten Blutkoagulums.



Abb. 3b Freilegung 12 Monate postoperativ. Für die zweizeitige Implantation wird ein Teilschichtlappen mobilisiert. Es wurde eine fast vollständige Knochenregeneration erreicht. Ausgenommen davon sind der distale Anteil des ersten Gewindegangs am Implantat in der Position des ersten Prämolaren und der mesiale Anteil des ersten Gewindegangs am Implantat in der Position des zweiten Prämolaren. Auch hier ist der regenerierte Knochen nicht vom Wirtsknochen zu unterscheiden.

Abb. 4 Fall 4: Unterer rechter Sextant

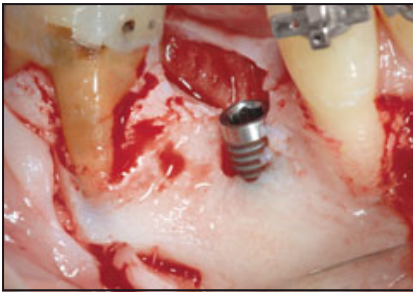
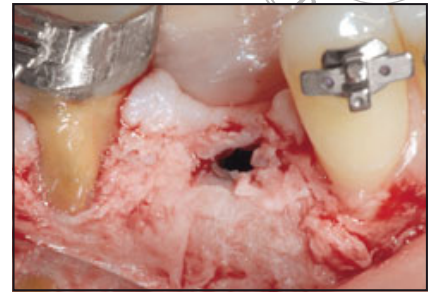


Abb. 4a (links) Es sind 4 Gewindegänge exponiert und das gesetzte Implantat liegt in einem konkaven Knochendefekt.

Abb. 4b (rechts) Freilegung 14 Monate postoperativ. Die zuvor exponierten Gewindegänge sind vollständig von regeneriertem Knochen bedeckt. Das regenerierte Gewebe hat eine kuppelartige Form.



Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die Behandlung von drei Patienten mit verschiedenen Defekttypen.

Diskussion

In der implantologischen Literatur werden zahlreiche Operationsverfahren zur Knochenregeneration an Implantaten mit unterschiedlich vielen exponierten Gewindegängen beschrieben. In den letzten 20 Jahren hat das Interesse an der GBR zugenommen und es wurden klinische Variationen der Operationsverfahren zur Behandlung der verschiedenen Probleme entwickelt.

In dieser Fallserie wurden sechs mehrwandige Knochendefekte an Implantaten mit einem alternativen Verfahren aus einer resorbierbaren Kuppel aus Nahtmaterial und einer GBR-Technik behandelt.

Mit dem PDS-II-Nahtmaterial konnte unter der Mukosa ein längerer Raumerhalt ermöglicht werden. Selbst nach vier bis fünf Monaten war das Nahtmaterial noch konvex geformt, was klinisch vielversprechend ist.

Diese langsam resorbierte Kuppel könnte die Transplantatretention optimieren und das neugebildete Gewebe schützen, das nach der Auflösung der resorbierbaren quervernetzten Kollagenmembran oder der

Integration der ADM in das Bindegewebe entstanden ist.

Die strukturelle Integrität von Allo-Derm GBR bleibt auch nach subkutaner Implantation für bis zu zwei Monate erhalten. Dieser Zeitraum reicht für einen ausreichenden Schutz des Blutkoagulums aus²⁰.

Im Gegensatz zu nicht resorbierbaren Membranen mussten die beiden resorbierbaren Barrieren nicht wieder im Rahmen einer Freilegungsoperation entfernt werden. Das ist für den Patienten weniger belastend und reduziert die Behandlungszeit und das Trauma. Auch durch die Wahl eines resorbierbaren Materials, wie PDS II, mit dem unter der resorbierbaren Membran ein abgeschlossener Raum geschaffen und aufrechterhalten wird, wurde eine Zweitoperation verhindert.

Bei der Freilegungsoperation nach neun bis 24 Monaten lag die bukkale Knochendicke bei etwa 3,12 mm und die exponierten Gewindegänge waren unabhängig von der Art der Barriere in 87,5 % der Fälle komplett abgedeckt.

Die erhöhte bukkale Knochendicke in allen sechs Fällen, die sich durch den dreidimensionalen Knochen-Implantat-Kontakt zeigte, dürfte langfristig eine wichtige Rolle für die Knochenstabilität und die periimplantäre Weichgewebeästhetik spielen²¹.

Vermutlich beruht die signifikante Zunahme der Knochendicke auf dem Kuppel Effekt von PDS II, der einzigartigen Variable in dieser Studie. Trotz der abweichenden Ergebnisse im Vergleich zu vorherigen Studien ist der Einsatz von PDS II mit allen anderen Befunden vergleichbar¹³.

Die Autoren schlussfolgern aus diesen klinischen Beobachtungen, dass die beschriebene Kuppel aus PDS II in Kombination mit den regenerativen resorbierbaren Materialien über ausreichend lange Zeit einen stabilen Raumerhalt und damit die Bildung von neuem Knochen ermöglicht.

Schlussfolgerungen

In diesem Artikel wurden sechs klinische Fälle mit erfolgreicher Knochenregeneration unter Verwendung resorbierbarer regenerativer Materialien bei unterschiedlichen mehrwandigen Defekten vorgestellt. Trotz der geringen Patientenzahl zeigten die Ergebnisse, dass die Verwendung von PDS II zur Herstellung einer resorbierbaren Kuppel kombiniert mit resorbierbaren Membranen und mineralisiertem Allograft einen dauerhaften Raumerhalt sicherstellen kann und so eine signifikante Zunahme der Knochendicke ermöglicht.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Fiorellini JP, Nevins ML. Localized ridge augmentation/preservation. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:321–327.
2. Simion M, Jovanovic SA, Tinti C, Parma-Benfenati S. Long-term evaluation of osseointegrated implants inserted at the time or after vertical ridge augmentation. A retrospective study on 123 implants with 1–5 year follow-up. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:35–45.
3. Buser D, Ingimarsson S, Dula K, Lussi A, Hirt HP, Belser UC. Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: A 5-year prospective study in partially edentulous patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:109–117.
4. Hammerle CH, Jung RE, Feloutzis A. A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol* 2002;29(suppl 3):226–231.
5. Fugazzotto PA. Success and failure rates of osseointegrated implants in function in regenerated bone for 72 to 133 months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:77–83.
6. Bunyaratavej P, Wang HL. Collagen membranes: A review. *J Periodontol* 2001;72:215–229.
7. Kim DM, De Angelis N, Camelo M, Nevins ML, Schupbach P, Nevins M. Ridge preservation with and without primary wound closure: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2013;33:71–78.
8. Greenstein G, Caton JG. Biodegradable barriers and guided tissue regeneration. *Periodontol* 2000 1993;1:36–45.
9. Melcher AH. On the repair potential of periodontal tissues. *J Periodontol* 1976;47:256–260.
10. Tinti C, Manfrini F, Parma-Benfenati S. Bioresorbable barrier in the treatment of gingival recession: Description of a new resorbable dome device. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:31–39.
11. Zellin G, Gritli-Linde A, Linde A. Healing of mandibular defects with different biodegradable and non-biodegradable membranes: An experimental study in rats. *Biomaterials* 1995;16:601–609.
12. Novaes AB, Souza SL. Acellular dermal matrix graft as a membrane for guided bone regeneration: A case report. *Implant Dent* 2001;10:192–196.
13. Park S, Wang H. Management of localized buccal dehiscence defect with allografts and acellular dermal matrix. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:589–595.
14. Rosenberg E, Rose LF. Biologic and clinical considerations for autografts and allografts in periodontal regeneration therapy. *Dent Clin North Am* 1998;42:467–490.
15. Fiorellini JP, Kim DM, Nakajima Y, Weber HP. Osseointegration of titanium implants following guided bone regeneration using expanded polytetrafluoroethylene membrane and various bone fillers. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:287–294.
16. Bornstein MM, Bosshardt D, Buser D. Effect of two different bioabsorbable collagen membranes on guided bone regeneration: A comparative histomorphometric study in the dog mandible. *J Periodontol* 2007;78:1943–1953.
17. Tinti C, Parma-Benfenati S. GBR and vertical bone crest augmentation. In: Tinti C, Parma-Benfenati S, eds. *GBR. Guided Bone Regeneration for Implant Therapy* [in Italian]. Orbetello, Italy: Nike, 2009: 211–256.
18. Tinti C, Parma-Benfenati S. Vertical ridge augmentation: Surgical protocol and retrospective evaluation of 48 consecutively inserted implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:435–443.
19. Ulreich JB, Zudlich G, Lin HB, Li ST. Prediction of in vivo stability of a resorbable, reconstituted type I collagen membrane by in vitro methods. In: *Transactions of the Sixth World Biomaterials Congress*. Minneapolis, MN: Society for Biomaterials, 2000:222.
20. Owens KW, Yukna RA. Collagen membrane resorption in dogs: A comparative study. *Implant Dent* 2001;10:49–58.
21. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:113–119.