

## Vertikale Kammaugmentation mit gesteuerter Knochenregeneration, demineralisiertem gefriergetrocknetem Knochenallotransplantat und Minischrauben: Beobachtungszeitraum der belasteten Implantate von vier bis 13 Jahren



Burton Langer, DMD, MSD\*  
Laureen Langer, DDS\*  
Richard M. Sullivan, DDS\*\*

*In dieser retrospektiven Fallserie werden die Ergebnisse von acht Patienten vorgestellt, die mit demineralisierten gefriergetrockneten Knochenallotransplantatpartikeln und Barrieremembranen behandelt worden waren. Zur Abstützung der Membranen wurden bei sieben Patienten entweder Minischrauben oder Implantate verwendet. Bei allen Patienten konnten aufgrund des Umfangs der vertikalen Knochenregeneration im Augmentationsbereich ein oder mehrere Implantate inseriert werden. Anschließend erfolgte frühestens 5,5 Monate nach der Implantatinserion die Belastung mit den definitiven Restaurationen. Die marginale Knochenhöhe um die Implantate blieb im Beobachtungszeitraum von vier bis 13 Jahren stabil. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2010;30:219–227.)*

\* Privatpraxis, New York, New York, USA.

\*\* Klinischer Direktor, Nobel Biocare, Yorba Linda, Kalifornien, USA.

Korrespondenz an: Dr. Burton Langer, 933 Fifth Avenue, New York, NY 10021, USA;  
Fax: +1-212-861-3592; E-Mail: BurtL2@aol.com

Die vertikale Knochenaugmentation bei teilbezahnten Patienten wurde bereits von einigen Behandlern beschrieben. Dazu wurden unterschiedliche Methoden und Materialien verwendet, z. B. autogene Onlay-Knochentransplantate, die mit Knochenschrauben am Empfängerknochen fixiert werden<sup>1-8</sup>, in der letzten Zeit die Distractionosteogenese<sup>9-13</sup>, okklusive Membranen und gleichzeitige Implantatinserion<sup>14, 15</sup>. Dabei bleiben die Implantatwindungen absichtlich 2 bis 7 mm über dem Knochenkamm frei. Es wird eine okklusive Membran benutzt, um das Blutkoagulum und das Transplantatmaterial um die Implantate zu schützen. In einer Hundestudie erbrachten Jovanovic et al.<sup>16</sup> einen histologischen Nachweis der Bildung von neuem Knochen nach der vertikalen Augmentation mit der gesteuerten Knochenregeneration (GBR). Simion et al.<sup>17</sup> berichteten als Erste über die Behandlung von fünf Patienten, bei denen sie mit der GBR ohne Transplantatmaterial eine vertikale Knochenzunahme von 4 mm erreichten. Anschließend veröffentlichten sie einen Bericht über die Behandlung von zwei Patientengruppen<sup>18</sup>. Gruppe A bestand aus 10 Patienten, die insgesamt 22 Implantate erhielten. Die Augmentation erfolgte mit Membranen und

gefriergetrocknetem Knochenallotransplantat. Die durchschnittliche vertikale Knochenzunahme betrug 3,14 mm (Standardabweichung (SA) 0,9 mm; Bereich 1 bis 5 mm). Gruppe B bestand aus 10 Patienten, die insgesamt 30 Implantate erhielten. Die Augmentation erfolgte mit autogenen Knochenchips, die um die freiliegenden Implantatwindungen eingebracht wurden. Die durchschnittliche vertikale Knochenzunahme betrug 5,02 mm (SA 2,3 mm; Bereich 1 bis 8,5 mm). 2001 folgte ein weiterer Bericht, in dem beeindruckende Zunahmen der vertikalen Knochenhöhe gezeigt wurden (1 bis 8 mm neuer Knochen, der eine implantatgetragene Restauration abstützen konnte)<sup>14</sup>. In einem späteren Fallbericht von Simion et al.<sup>19</sup> wurden die Behandlungsergebnisse eines Defekts von 20 mm gezeigt, der durch einen onkologischen Eingriff entstanden war. Er wurde mit einer Kombination aus autogenen Knochenpartikeln und deproteinisiertem Knochen mit rekombinantem humanem Blutplättchenwachstumsfaktor, Spannschrauben und einer nicht resorbierbaren Membran behandelt. Anschließend folgte die Implantatinsertion in einem zweizeitigen Verfahren.

Ziel dieser retrospektiven Fallserie war es, die Ergebnisse einer vertikalen Kammaugmentation vorzustellen, die mit demineralisierten gefriergetrockneten Knochenallotransplantatpartikeln und Barrieremembranen durchgeführt worden war. Zur Abstützung der Membranen wurden zum Teil Minischrauben verwendet. Zusätzlich wurde in der Studie die Stabilität des neugebildeten Knochenlevels nach Belastung der Implantate für vier und mehr Jahre untersucht. Dazu wurden Follow-up-Röntgenaufnahmen verwendet.

## Material und Methode

Acht Patienten im Alter von 37 bis 73 Jahren wurden in diese Studie aufgenommen. Bei der initialen umfassenden Parodontaluntersuchung wurden mehrere umfangreiche vertikale Kammdefekte von 3 bis 9 mm festgestellt. Sie waren durch frühere Zahntzündungen, die Entfernung von zylinderförmigen und Blattimplantaten oder eine Periimplantitis verursacht. Bei den meisten Patienten sah das ursprüngliche Behandlungskonzept vor, beim ersten Eingriff ein bis drei permanente Implantate zu inserieren, aber aufgrund der Schwere der Defekte war ein vertikaler Aufbau des Bereichs mit einer verzögerten Implantatinsertion notwendig. Bei zwei Patienten erschien die gleichzeitige Transplantation und Implantatinsertion sinnvoller. Alle Patienten waren gesund und es lagen keine Kontraindikationen gegen die chirurgische Behandlung vor. Die Behandlung wurde ihnen eingehend erläutert, und alle Patienten unterzeichneten die Einwilligung nach Information.

Vor Beginn der Studie wurden aus kommerziell reinem maschinierem Titan zwei Varianten der Minischrauben angefertigt. Eine hatte eine Hydroxylapatitbeschichtung, die andere war nicht beschichtet. Alle Schrauben hatten einen Durchmesser von 1,4 mm und eine Länge von 16 mm.

Die Patienten erhielten am Tag des Eingriffs Antibiotika, die sie noch eine Woche lang einnahmen. Nach der entsprechenden örtlichen Betäubung wurden bukkal und lingual Mukoperiostlappen voller Dicke gelöst. Die Defektbereiche wurden von dem gesamten Granulationsgewebe befreit und manuell kürettiert, was gleichzeitig der Blutversorgung diente. Es erfolgte allerdings keine weitergehende Oberflächenpräpa-

ration des Wirtsknochens, weil die Empfängerbereiche offensichtlich einer aktiven Resorption unterlagen.

Bei fünf von sechs Patienten mit einer verzögerten Implantatinsertion wurden nach Bedarf zur Abstützung einer Barrieremembran eine oder mehrere Minischrauben inseriert (Abb. 1a). Die Auswahl des Minischraubentyps (maschinieret oder mit Hydroxylapatit beschichtet) erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Die Osteotomien für die Minischrauben wurden mit einem Bohrer mit einem Durchmesser von 1,0 mm unter Spülung mit steriler Salzlösung präpariert. Die Länge der Minischrauben wurde so modifiziert, dass das apikale Ende der Schraube im Wirtsknochen an der Defektbasis fixiert werden konnte, ohne vitale Strukturen zu beeinträchtigen. Der Schraubenkopf lag nicht höher als das Knocheniveau neben dem Defekt. Die Länge wurde angepasst, indem das apikale Ende der Minischraube mit einem Bohrer reduziert wurde. Dann wurde die Minischraube mit einem Drehmomentschrauber in den Empfängerbereich inseriert. Der Abstand von der Basis des knöchernen Defekts zur koronalsten Oberfläche der Minischraube wurde mit Parodontalsonden gemessen. Es wurde gemessen, wie weit die Minischraube über dem vertikalen Transplantat freilag. Bei den beiden Patienten, bei denen die Augmentation und die Implantatinsertion gleichzeitig erfolgten, wurde das Implantat nach der gründlichen Entfernung aller Weichgewebereste aus dem Empfängerbett sowie der Spülung mit steriler Salzlösung inseriert.

Alle behandelten Defekte wurden im Verhältnis 1:1 fotografiert. Die Defekte wurden bis zum oberen Ende der Minischraube bzw. des Implantats dicht mit DFDBA-Partikeln (University of Miami Bone Bank)

**Tabelle 1 Implantatinsertionsdaten und Beobachtungszeitraum**

| Patient/-in | Implantbereich* | Implantatlänge (mm) | Datum Implantatinsertion | Datum Wiedereröffnung | Implantatbelastung (J.) | Marginales Knochenniveau beim letzten Follow-up-Termin |
|-------------|-----------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--|
| 1           | 26              | 13                  | 2/5/99                   | 8/10/99               | 9                       | Erste koronale Windung                                 |
|             | 27              | 10                  | 2/5/99                   | 8/10/99               | 9                       | Erste koronale Windung                                 |
| 2           | 36              | 10                  | 9/4/97                   | 3/10/98               | 10                      | Erste koronale Windung                                 |
|             | 35              | 8,5                 | 9/4/97                   | 3/10/98               | 10                      | Erste u. zweite koronale Windung                       |
|             | 34              | 10                  | 9/4/97                   | 3/10/98               | 10                      | Erste koronale Windung                                 |
| 3           | 17              | 10                  | 8/94                     | 2/95                  | 13                      | Erste koronale Windung                                 |
|             | 16              | 10                  | 8/94                     | 2/95                  | 13                      | Erste koronale Windung                                 |
|             | 15              | 10                  | 8/94                     | 2/95                  | 13                      | Erste koronale Windung                                 |
| 4           | 45              | 7                   | 10/19/99                 | 3/30/2000             | 8                       | Erste koronale Windung                                 |
|             | 46              | 7                   | 10/19/99                 | 3/30/2000             | 8                       | Erste koronale Windung                                 |
| 5           | 24              | 13                  | 5/19/98                  | 1/8/99                | 10                      | Erste koronale Windung                                 |
|             | 25              | 10                  | 5/19/98                  | 1/8/99                | 10                      | Erste koronale Windung                                 |
| 6           | 31              | 10                  | 9/3/99                   | 3/14/00               | 5 <sup>†</sup>          | Erste koronale Windung                                 |
| 7           | 22              | 15                  | 10/25/96                 | 2/13/98               | 10                      | Erste koronale Windung                                 |
| 8           | 15              | 13                  | 12/23/98                 | 7/28/99               | 4 <sup>‡</sup>          | Erste koronale Windung                                 |

\*FDI – Internationales Zahnschema.

<sup>†</sup>Aus dem Follow-up ausgeschieden.

<sup>‡</sup>Verstorben.

gefüllt. Wenn keine Minischraube und kein Implantat benutzt wurden, wurden sie bis zur Höhe des benachbarten Knochenkamms gefüllt.

Bei allen Patienten wurde zum Abdecken eine Membran verwendet. In fünf der nicht implantierten Augmentationsbereiche und einem der Implantatbereiche wurden titanverstärkte expandierte Polytetrafluoroethylen-(ePTFE)-Membranen (W.L. Gore & Associates) verwendet. In zwei Bereichen (einem ohne und einem mit Implantat) wurden resorbierbare (Resolut) Membranen (W. L. Gore & Associates) verwendet. Vier Membranen wurden mit Knochen-Fixierschrauben stabilisiert und vier mit dem darüber befindlichen Lappen. Die Lappen wurden aus dem Periost gelöst, um eine maximale Mobilität und einen möglichst spannungsfreien Verschluss zu

sichern. Die gingivalen Lappen wurden mit einer Kombination aus Matrizen- und Einzelknopfnähten vernäht. In Tabelle 1 ist die initiale chirurgische Behandlung der acht Patienten zusammengefasst. In den Abbildungen 1 bis 3 wird die Behandlung von drei Patienten gezeigt.

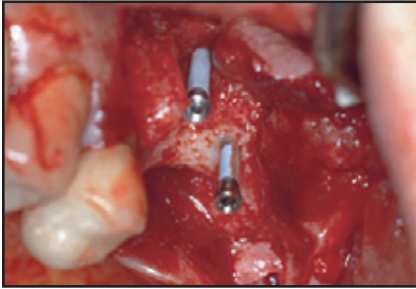
In den ersten zwei bis vier Monaten nach Insertion der Membranen durften die Patienten über dem Augmentationsbereich keine herausnehmbaren Versorgungen tragen. Wenn die Patienten allerdings bereits festsitzende Provisorien trugen, die komplett von den benachbarten natürlichen Zähnen abgestützt wurden, wurden diese nach dem Augmentationseingriff wieder eingegliedert.

Die Membranentfernung wurde für einen Zeitpunkt geplant, der zwei

bis vier Monate nach der Augmentation lag. So wurde die Entnahme der titanverstärkten Membranen erleichtert und das Risiko einer darunter entstehenden Infektion minimiert, die die knöcherne Auffüllung beeinträchtigt hätte. Im Fall einer Membranfreilegung erfolgte die Entfernung allerdings so bald wie möglich. Simion et al. hingegen beließen die Membranen sieben bis 11 Monate in situ<sup>18</sup>. In der vorliegenden Studie wurden die Minischrauben zum Zeitpunkt der Membranentfernung nicht entnommen.

Bei fünf von sechs der Patienten, bei denen die Implantatinsertion verzögert erfolgte, fand dieser Eingriff sechs bis acht Monate nach der vertikalen Kammaugmentation statt. Die sechste Patientin wurde im Behandlungszeitraum schwanger. Sie erhielt 15 Monate nach dem

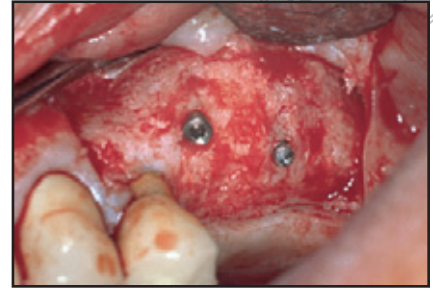
**Abb. 1** Patient 1.



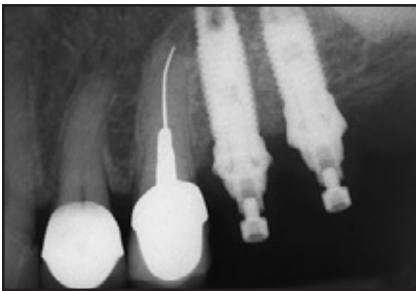
**Abb. 1a** Ausgeprägte Resorption des Knochens im linken Seitenzahnbereich des Oberkiefers. Die freiliegenden Minischraubenwindungen fallen auf.



**Abb. 1b** Der Defekt wurde vor dem Auflegen der Membran mit DFDBA-Partikeln gefüllt.

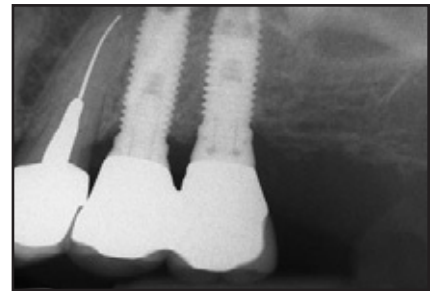


**Abb. 1c** Knochenkamm 8 Monate nach der Augmentation, vor Entfernung der Minischrauben. Die Membran wurde einen Monat nach der Augmentation entfernt.



**Abb. 1d** (links) Röntgenaufnahme direkt nach der Belastung.

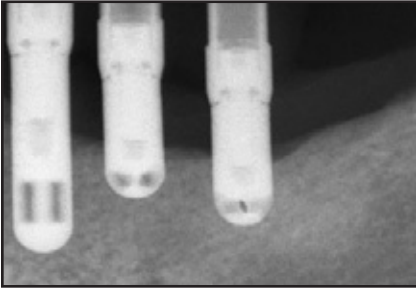
**Abb. 1e** (rechts) Das Röntgenbild zeigt 9 Jahre nach der Belastung ein stabiles marginales Knochenniveau.



ersten Eingriff drei Implantate (Abb. 2a bis 2h). In allen Fällen wurden die Minischrauben entfernt und Implantate (Nobel Biocare) inseriert. Sie wurden mit einem Mukoperiostlappen abgedeckt und konnten mindestens fünf Monate unbelastet integrieren. Den Patienten wurden Antibiotika und entsprechende Schmerzmittel verschrieben. Die Antibiotika wurden in der ersten Woche nach dem Eingriff eingenommen.

Die Abutments wurden 5,5 und 16 Monate nach der Insertion der Implantate eingesetzt. Nach der Eingliederung der definitiven Versorgung gab es ein routinemäßiges Follow-up mit Röntgenaufnahmen. Die Versorgung wurde zu keinem Zeitpunkt herausgenommen.

**Abb. 2** Patientin 2.



**Abb. 2a** Die Patientin stellte sich mit einem Knochenabbau um drei zylinderförmige Implantate links im Unterkiefer vor.



**Abb. 2b** Der knöcherne Defekt um die fehlgeschlagenen Implantate nach der Kürettage und vor der Implantatentfernung.



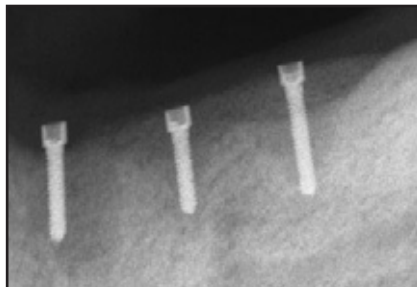
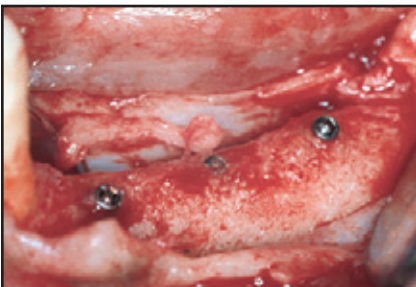
**Abb. 2c** Nach Entfernung der Implantate wurden die Minischrauben inseriert.



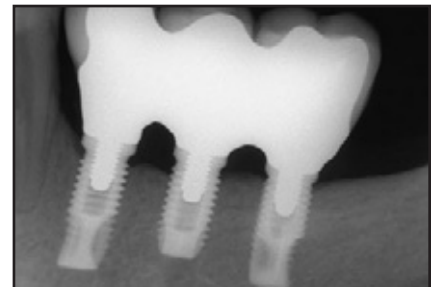
**Abb. 2d** (links) Das Transplantatmaterial wurde um die Minischrauben eingebracht.



**Abb. 2e** (rechts) Die titanverstärkte Membran wurde über den augmentierten Kamm und die Minischrauben gelegt.



**Abb. 2f und 2g** Klinische und Röntgenaufnahmen des Knochenkamms 15 Monate nach der Augmentation und vor Entfernung der Minischrauben und Insertion der Implantate. Die Membran wurde 2 Monate nach der Transplantation entfernt.



**Abb. 2h** Das Röntgenbild zeigt 9 Jahre nach der Belastung ein stabiles marginales Knochniveau.

**Tabelle 2** Augmentations- u. Membranprotokoll mit den Ergebnissen der einzelnen Patienten

| Patient/<br>-in | Mini-<br>schrauben-<br>bereich* | Oberfläche     | Opera-<br>tions-<br>datum | Membran-<br>typ | Membran<br>entfernt | Augmentation<br>m. gleichzeitiger<br>Implantat-<br>insertion | Zeit (Mo.)<br>Augmentation<br>u. Implantat-<br>insertion | Freiliegende Länge<br>Minischraube/<br>Implantat (mm) |                          | Zunahme<br>Kamm-<br>höhe<br>(mm) |
|-----------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------|--|--|---|--------------------------|----------------------------------|
|                 |                                 |                |                           |                 |                     |  |  | Bei Aug-<br>mentation                                 | Bei Wieder-<br>eröffnung |                                  |
| 1               | 26                              | HA             | 6/5/98                    | TR e-PTFE       | 7/7/98              | Nein   | 8  | 9   | 2                        | 7                                |
|                 | 27                              | HA             |                           |                 |                     |  |  | 9   | 3                        | 6                                |
| 2               | 36                              | M              | 6/21/96                   | TR e-PTFE       | 8/16/96             | Nein   | 15   | 6   | 0,5                      | 5,5                              |
|                 | 35                              | M              |                           |                 |                     |  |  | 6   | 1                        | 5                                |
|                 | 34                              | M              |                           |                 |                     |  |  | 4,5   | 1                        | 3,5                              |
| 3               | NA <sup>†</sup>                 | NA             | 1/21/94                   | TR e-PTFE       | 4/5/94              | Nein   | 7  | 6 <sup>†</sup>  | 0 <sup>†</sup>           | 6                                |
| 4               | 45                              | HA             | 4/20/99                   | TR e-PTFE       | 7/27/99             | Nein   | 6  | 9   | 2                        | 7                                |
|                 | 46                              | HA             |                           |                 |                     |  |  | 9   | 3                        | 6                                |
| 5               | 24                              | M              | 10/15/97                  | TR e-PTFE       | 2/14/98             | Nein   | 7  | 9   | 2                        | 7                                |
|                 | 25                              | M              |                           |                 |                     |  |  | 7   | 2                        | 5                                |
| 6               | 31                              | HA             | 2/12/99                   | Resolut         | NZ                  | Nein   | 7  | 9   | 1                        | 8                                |
| 7               | 22                              | M <sup>‡</sup> | 10/25/96                  | TR e-PTFE       | 3/18/97             | Ja   | 0  | 7   | 1                        | 6                                |
| 8               | 15                              | M <sup>‡</sup> | 12/23/98                  | Resolut         | NZ                  | Ja   | 0  | 3   | 1                        | 2                                |

MA = maschinert; HA = Hydroxylapatitbeschichtung; TR e-PTFE = titanverstärktes expandiertes Polytetrafluoroethylen.

\*FDI-Internationales Zahnschema.

<sup>†</sup>Keine Minischraube oder Implantat inseriert; verbliebene Kammhöhe als Referenz verwendet; Zunahme der Höhe aufgrund von Sinuslift nicht berücksichtigt.

<sup>‡</sup>Standard-Schraubenimplantate, die zum Zeitpunkt der Knochenaugmentation für die Abstützung der Membran verwendet wurden, d. h. keine Verwendung von Minischrauben.

## Ergebnisse

Bei allen acht Patienten wurde ein ausreichendes Knochenvolumen für die Insertion von einem oder mehreren Dentalimplantaten regeneriert. Die Zunahme der vertikalen Kammhöhe betrug 2 bis 8 mm.

Insgesamt wurden 15 Implantate inseriert. Zwei Patienten erhielten drei Implantate, drei erhielten zwei Implantate und drei Patienten erhielten ein Implantat. Alle Implantate blieben vor der prothetischen Versorgung mindestens 5,5 Monate unbelastet. Das Röntgen-Follow-up dauerte nach der Belastung vier bis 13 Jahre (Tabelle 2).

Bei den sechs Patienten, die eine Titanmembran erhielten, wurde der

vollständige Lappenverschluss über der Membran ohne Membranfreilegung erreicht. Allerdings wurde bei einem Patienten, der Diabetiker war, nach 10 Wochen ein Exsudat beobachtet. Bei der Entfernung der Membran zeigte sich, dass das Deckgewebe schlecht organisiert war und ein amorphes Aussehen hatte. Es wurde zunächst vermutet, dass dies den Umfang des Knochenwachstums um die Minischraube beeinträchtigen würde, aber später wurde beobachtet, dass um die Oberfläche der Minischraube eine beeindruckende vertikale Ossifizierung stattgefunden hatte (Abb. 3a bis 3f).

Die beiden Bereiche, die mit resorbierbaren Membranen abge-

deckt worden waren, zeigten keine Entzündung. Bei diesen beiden Patienten wurde zwar eine geringere vertikale Knochenregeneration benötigt als bei den übrigen sechs, aber die nötige Menge wurde erreicht und die Beschaffenheit des neuen Knochens war bei beiden Membrantypen ähnlich. Die Follow-up-Röntgenbilder nach der Implantatbelastung in diesem neuregenerierten Knochen zeigten an der ersten koronalen Windung des Implantats ein stabiles marginales Knochenniveau.

**Abb. 3** Patient 3.



**Abb. 3a** Röntgenansicht des knöchernen Defekts 1994, vor der Extraktion.



**Abb. 3b** Defekt direkt nach der Extraktion, mit lateralem Fenster für den Sinuslift.



**Abb. 3c** Die titanverstärkte Membran in situ über dem Partikeltransplantat. Bei diesem Patienten wurden keine Minischrauben verwendet, um die Membran abzustützen.



**Abb. 3d** Der Kieferkamm vor der Implantatinsertion, 7 Monate nach der Augmentation. Die Membran wurde nach 10 Wochen entfernt. Die vertikale Knochenzunahme betrug netto 6 mm, ohne Berücksichtigung des Sinuslifts.



**Abb. 3e** Röntgenbild der Implantate, die 1996 versorgt wurden.



**Abb. 3f** Röntgenbild der Implantate nach 12 Jahren.

## Diskussion

In oralen Transplantationsbereichen hat DFDBA eine ähnliche Wirksamkeit gezeigt wie autogener Knochen<sup>18</sup>. Wenn migrierende Osteoblasten sowie ein Komplex aus Blutkoagulum/Allotransplantat vorhanden sind, ist vielleicht nur ein Gitter erforderlich, das die Osteokonduktion unterstützen kann, damit in einem Defekt eine Knochenneubildung stattfinden kann. Bei sieben der acht hier vorgestellten Patienten fungierten die Minischrauben und

die Implantate als Halte- und Stützmechanismus, der die Knochenneubildung ermöglichte.

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Membranen bildeten einen großen Bereich, in dem das Blutkoagulum sich stabilisieren konnte und der regenerative Komplex geschützt war. Es muss noch ermittelt werden, wie lange solche Membranen in situ verbleiben sollten. Die Ergebnisse dieses Berichts deuten darauf hin, dass sich auch dann neuer Knochen bilden kann, wenn die Membran bereits nach einem

Monat entfernt wird. Möglicherweise könnte dieser Zeitrahmen noch weiter verkürzt werden.

Das ideale Ziel der GBR ist es, eine Deckmembran zu haben, die der Migration von Epithel und Bindegewebe in den transplantierten Bereich vorbeugt, damit die langsamer fortschreitende Knochenbildung stattfinden kann. Aber auch wenn dies erreicht wird, ist postoperativ eine Überwachung erforderlich, weil bestimmte Patienten in dem heilenden Eingriffsbereich eine entzündliche Reaktion



entwickeln können. Wenn dies nicht erkannt wird, kann der Erfolg des Verfahrens gefährdet sein.

In der Mehrzahl der Fälle sowie bei den hier vorgestellten Beispielen, bei denen mit autogenen Knochentransplantaten ein vertikales Knochenwachstum erreicht wurde, lag im Augmentationsbereich im Kieferkamm eine Vertiefung oder Konkavität vor. In zukünftigen Untersuchungen könnte versucht werden, eine vertikale Knochenregeneration in einem horizontalen Bereich (keine Konkavität) des Ober- oder Unterkiefers zu stimulieren. Bei jedem Versuch einer vertikalen Knochenregeneration kann der Patient direkt über dem transplantierten Bereich keine herausnehmbare Versorgung tragen.

Die hier verzeichneten Zunahmen der Knochenhöhe von 2 bis 8 mm halten dem Vergleich mit Berichten von Tinti et al.<sup>20, 21</sup> stand. Sie beschrieben für die vertikale Kammaugmentation mit autogenem Knochen, der aus einem Knochenfilter entnommen worden war, Zunahmen von 4 bis 7 mm. Simion et al.<sup>17</sup> berichteten für die Verwendung von Allotransplantatmaterial von vertikalen Zunahmen von 1 bis 5 mm.

Das erzielte Knochenwachstum war um die Minischrauben aus maschinierem Titan oder mit Hydroxylapatitbeschichtung gleich. Beim Eingriff wirkte es allerdings so, als sei der Knochen um die Minischrauben mit Hydroxylapatitbeschichtung dichter. Dies war allerdings eine subjektive Beobachtung und hatte keinen Einfluss auf die Insertion der Implantate oder die Stabilität des Knochens bei der prothetischen Belastung.

Die Entfernung der Minischrauben zum Zeitpunkt der Implantatinsertion war das große Problem bei diesem Verfahren. Besonders schwie-

rig gestaltete sich dies bei den Minischrauben mit Hydroxylapatitbeschichtung. Es wurden zwar Trepanbohrer mit kleinerem Durchmesser verwendet, aber die Mineralisierung war so dicht, dass es schwierig war, den apikalsten Teil der Minischrauben zu entfernen. Häufig mussten kleine Rundbohrer verwendet werden, und es traten einige Frakturen der Minischrauben auf. In Zukunft könnte die leichtere Entfernung der Minischrauben in das Studienprotokoll aufgenommen werden.

Bei allen acht Patienten wurden die definitiven Versorgungen nur von den Implantaten getragen, die in den vertikal augmentierten Knochen inseriert worden waren und die in Tabelle 2 aufgeführt sind. Sie wurden nicht mit anderen Implantaten oder Zähnen verblockt. Die marginale Knochenhöhe der vertikal augmentierten und funktionell belasteten Implantationsbereiche blieb im Beobachtungszeitraum von vier bis 13 Jahren stabil.

### Schlussfolgerungen

Diese Studie zeigt, dass Konkavitäten aufgrund von Zahnextraktionen bzw. der Entfernung von Implantaten im unbezahnten Kieferkamm vertikal augmentiert werden können. Es wurde entsprechend dem chirurgischen Protokoll von Simion et al.<sup>14</sup> vorgegangen. Jedoch wurde nur DFDBA verwendet, wobei entweder Minischrauben, Implantate oder nur das Transplantatmaterial zur Abstützung einer Deckmembran diente. Die vertikale Zunahme betrug 2 bis 8 mm. Der neue Knochen war dicht genug für die Insertion von Implantaten. Simion et al.<sup>14</sup> erreichten eine durchschnittliche vertikale Knochenzunahme von 3,14 mm (SA 0,9 mm; Bereich, 1 bis 5 mm). Die Zunahme der Knochenhöhe und

die regenerierte Knochenfunktion unter Belastung variierten in Abhängigkeit von der Verwendung einer resorbierbaren oder nicht resorbierbaren Membran. Bei den Patienten, bei denen eine resorbierbare Membran verwendet worden war, war allerdings eine wesentlich geringere vertikale Augmentation erforderlich. Bei Verwendung eines Allotransplantats ist kein weiterer Eingriffsbereich erforderlich, was die Morbidität minimiert. Das stabile röntgenologische marginale Knocheniveau bei acht Patienten während des Follow-up-Zeitraums von vier bis 13 Jahren nach der Eingliederung der Versorgungen bestätigt, dass der neugebildete Knochen der funktionellen Belastung der Implantate standhält.

### Offenlegung

Dr. Sullivan ist bei Nobel Biocare, dem Hersteller des Implantats, das in dieser klinischen Fallserie verwendet wurde, angestellt.

### Literatur

1. Collins TA. Advanced grafting. In: Bell W. Modern Practice in Orthognathic and Reconstructive Surgery. Philadelphia: W.B. Saunders, 1992:1191–1205, 1215–1220.
2. Buser D, Brägger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. Clin Oral Implants Res 1990;1:22–32.
3. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt HP, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. 1. Surgical procedure in the maxilla. Int J Periodontics Restorative Dent 1993;13:29–45.



4. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt HP, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. II. Surgical procedure in the mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1995;15:10–29.
5. Collins TA, Nunn W. Autogenous veneer grafting for improved esthetics with dental implants. *Compendium* 1994;15:370, 372–374, 376.
6. Proussaefs P, Lozada J, Kleinman A, Rohrer MD. The use of ramus autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation and implant placement: A pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:238–248.
7. Bahat O, Fontanessi RV. Efficacy of implant placement after bone grafting for three-dimensional reconstruction of the posterior jaw. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:220–231.
8. Bahat O, Fontanessi RV. Implant placement in three-dimensional grafts in the anterior jaw. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:357–365.
9. Chin M, Toth BA. Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: Review of five cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:45–53.
10. Chin M, Toth BA. Le Fort III advancement with gradual distraction using internal devices. *Plast Reconstr Surg* 1997;100:819–830.
11. Jensen OT, Cockrell R, Kuhike L, Reed C. Anterior maxillary alveolar distraction osteogenesis: A prospective 5-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:52–68.
12. Chiapasco M, Romeo E, Casentini P, Rimondini L. Alveolar distraction osteogenesis vs. vertical guided bone regeneration for the correction of vertically deficient edentulous ridges: A 1-3-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:82–95.
13. McAllister B, Gaffaney TE. Distraction osteogenesis for vertical bone augmentation prior to oral implant reconstruction. *Periodontol* 2000 2003;33:54–66.
14. Simion M, Jovanovic SA, Tinti C, Benfenati SP. 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.
15. Parma-Benfenati S, Tinti C, Albrektsson T, Johansson C. Histologic evaluation of guided vertical ridge augmentation around implants in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999;19:424–437.
16. Jovanovic SA, Schenk RK, Orsini M, Kenny EB. Supracrestal bone formation around dental implants: An experimental dog study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:23–31.
17. Simion M, Trisi P, Piattelli A. Vertical ridge augmentation using a membrane technique associated with osseointegrated implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:496–511.
18. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:8–23.
19. Simion M, Rocchietta I, Monforte M, Maschera E. Three-dimensional alveolar bone reconstruction with a combination of recombinant human platelet-derived growth factor BB and guided bone regeneration: A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:239–243.
20. Tinti C, Parma-Benfenati S, Polizzi G. Vertical ridge augmentation: What is the limit? *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:220–229.
21. Tinti C, Parma-Benfenati S. Vertical ridge augmentation: Surgical protocol and retrospective evaluation of 48 consecutively inserted implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:434–443.