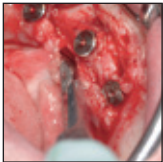


## Vertikaler Kammaufbau mithilfe einer flexiblen heterologen Knochenplatte: 3-Jahres-Follow-up



Maurizio Ludovichetti, MD, DDS\* / Danilo Alessio Di Stefano, DDS\*\*  
Stefano Pagnutti, BSc\* / Enrico Vaccari, BSc, PhD\*  
Francesco Saverio Ludovichetti\* / Renato Celletti, MD, DDS\*\*\*

*Die Versorgung eines atrophierten Kieferkamms ist oft problematisch. Chirurgische Techniken zur Knochenaugmentation können nur schwer auszuführen sein, weil geeignete Oberflächen für die Vaskularisierung während der ersten Phase der Knochenregeneration fehlen. Wenn heterologe Biomaterialien als Alternative zu autologem Knochen verwendet werden, ergeben sich bei den beiden üblichen Formen – Block oder Granulat – signifikante Einschränkungen. In der vorliegenden Studie wird die Effektivität eines alternativen Materials, einer flexiblen equinen Knochenplatte, für die vertikale Kammaugmentation untersucht. 49 Implantate wurden bei 18 Patienten inseriert. Gleichzeitig erfolgte eine Kammaugmentation im Ober- oder Unterkiefer mit Knochenplatten, die aus dem Oberschenkel von Pferden entnommen worden waren. Nach vier Monaten war das fehlende Kammvolumen bei allen Patienten wiederhergestellt, die Implantate waren erfolgreich osseointegriert und die definitiven Versorgungen wurden eingegliedert. Diese Parameter blieben über einen Beobachtungszeitraum von drei Jahren unverändert. (Int J Periodontics Restorative Dent 2011;31:401–407.)*

\* Privatpraxis, Padua, Italien.

\*\* Privatpraxis, Mailand, Italien.

\*\*\* Professor und Direktor für Postgraduierstudium Implantologie und Ästhetik, Dental School, University G. d'Annunzio, Chieti, Italien; Privatpraxis, Rom, Italien.

Korrespondenz an: Prof. Renato Celletti, Via Cola di Rienzo 217, 00192 Rom, Italien; E-Mail: celletti@unich.it

Bei stark atrophierten Ober- oder Unterkiefern ist die Versorgung eine schwierige Aufgabe. In solchen Fällen ist eine Knochenaugmentation fast immer zwingend, selbst wenn nur eine minimale Primärstabilität der Implantate erreicht werden kann. Dennoch setzt die Anatomie des atrophierten Kieferkamms der Möglichkeit einer Augmentation Grenzen. Dies gilt vor allem bei einem vertikalem Verlust des Knochens. Die Reduktion der Knochenhöhe beschränkt den Bereich des gesunden Knochens, der mit dem Transplantatmaterial in Kontakt stehen kann. Dies ist der einzige Bereich, aus dem Blutgefäße in das Augmentat einwachsen und damit Zellen, Wachstumsfaktoren, Nährstoffe und Sauerstoff zuführen können<sup>1</sup>.

Als Standardvorgehen für eine Kammaugmentation hat sich ein Aufbau mit autologen Knochenblöcken des Beckenkamms, der Schädeldecke oder anderer Entnahmestellen bewährt<sup>2, 3</sup>. Der Einsatz solcher Transplantate erhöht das chirurgische und postchirurgische Risiko und wird von den Patienten nicht sehr geschätzt. Obwohl autologer Knochen immer noch als Goldstandard für die Regeneration gilt, suchen die Chirurgen wegen des schwer vorhersehbaren Entnahmolumens und der hohen Morbidität

nach alternativem synthetischem oder natürlichem Knochenersatz<sup>4-6</sup>.

Flexible Knochenplatten aus equinem Knochen, die enzymatisch deantigeniert und teilweise demineralisiert sind, wurden mittlerweile erfolgreich zur horizontalen Augmentation von Unterkieferknochenkämmen eingesetzt. Die horizontale Breite konnte vollständig regeneriert werden, die Menge an neugebildetem Knochen und die vaskulären endothelialen Wachstumsfaktoren waren mit Kontrollstellen vergleichbar, die Kapillarendichte war sogar erhöht<sup>7</sup>. Der enzymatische Prozess zur Behandlung dieser Knochenersatzmaterialien scheint die osteoklastischen Umbauvorgänge und das Typ-I-Kollagen des Spenderknochens, das dessen mechanische Eigenschaften bewahrt, zu erhalten<sup>8-16</sup>.

Die Autoren versuchten zu bestimmen, ob ähnlich flexible Knochenplatten aus kortikalem anstatt von spongiösem equinem Knochen den Erhalt des augmentierten Knochenkammes über einen längeren Zeitraum gewährleisten können. Da nicht bekannt war, wie lange der Remodelingzeitraum dauern würde, wurde entschieden, die Knochenplatten nur bei einem ausreichenden Restknochenvolumen einzusetzen, das die Primärstabilität der Implantate ermöglichte.

## Material und Methode

19 Patienten (10 Frauen, neun Männer; Altersbereich 45 bis 75 Jahre) wurden in diese Studie aufgenommen. Der Knochen in den Implantatbereichen sollte aus dickem, porösem kortikalem Knochen auf dem Kamm über einem porösen trabekulären Knochen (D2 auf der Knochendichteskala von Misch) bestehen oder aus dünnerem, porösem

kortikalem Knochen auf dem Kamm über einem feinen trabekulären Knochen (D3)<sup>17-19</sup>. Das Knochenangebot sollte die Primärstabilität der Implantate ermöglichen.

Ausgeschlossen wurden folgende Patienten: Raucher (mehr als 10 Zigaretten/Tag), Schwangere, Alkohol- oder Medikamentenabhängige, Diabetiker (Glykämie > 180), Patienten, die Bisphosphonate einnahmen oder eine Strahlen- oder Chemotherapie erhielten, an Kollagenerkrankungen Leidende oder Patienten in Kortisonbehandlung, mit Nierenerkrankungen, Leberzirrhosen oder chronischer Hepatitis, Krebs und neurologischen Störungen. Patienten, die nicht in der Lage waren, eine gute Mundhygiene sicherzustellen, wurden ebenfalls von der Studie ausgeschlossen.

Nach der schriftlichen Einwilligung der Patienten wurden vor dem Eingriff Panorama- und 3D-Röntgenbilder (CTs) angefertigt. Die Kiefer wurden abgeformt, die Modelle einartikuliert und ein diagnostisches Wax-up angefertigt, um die Implantatpositionen zu bestimmen.

Am Abend vor dem chirurgischen Eingriff erhielten die Patienten 1200 mg Bacampicillin. Diese Medikation wurde alle 12 Stunden für fünf Tage fortgeführt. Zusätzlich wurden 550 mg Natrium Naxopren zweimal täglich für drei bis vier Tage verschrieben (erste Tablette eine Stunde vor dem Eingriff). Die Patienten wurden mit 2 mg/ml Diazepam 30 Minuten vor dem Eingriff sediert (15 bis 30 Tropfen, je nach Physis und Körpergewicht des Patienten). Eine Chlorhexidinspülung wurde vor dem Eingriff und zwei- bis dreimal täglich für die nächsten sieben Tage verabreicht. Alle Lokalanästhesien wurden mit 4 % Articain und 1:100000 Epinephrin durchgeführt.

## Regenerative Chirurgie

Nach der Bildung eines Lappens voller Dicke wurde der Knochen gereinigt und mit einem 0,3 mm kugelförmigen Bohrer bearbeitet. Die Implantate wurden gemäß den Herstellerangaben für Implantate mit einem Außensechskant eingesetzt (Osseotite, Biomet 3i)<sup>20, 21</sup>.

Eine sterile Vorlage wurde auf den Knochen gelegt und mit einer sterilen Schere zugeschnitten. In die Vorlage wurden in den Osteotomiebereichen Löcher gestanzt und diese mit einer sterilen chirurgischen Schere erweitert.

Jede Vorlage wurde auf eine kortikale Knochenplatte (Osteopant Osteoxenon Cortical Sheets, Bioteck) gelegt und diese anhand der Vorlage angepasst. Je nach Größe des Augmentationsbereichs wurde eine von zwei möglichen Plattengrößen verwendet (25 x 30 x 2,5 mm oder 40 x 30 x 2,5 mm). Eine 1:1-Mischung aus Knochengranulat (0,5/1,0 mm; Osteopant Osteoxenon Mix Granulat, Bioteck) wurde ebenfalls eingesetzt. Platten und Granulat wurden aus dem Oberschenkel von Pferden entnommen.

Die geplanten Implantatpositionen wurden auf den Platten durch 1-mm-Pilotbohrungen markiert. Die Löcher wurden bis zum Durchmesser der Implantate (4 oder 5 mm) mit einem 4-mm-Bohrer leicht konisch erweitert.

Die Ausformung und Bohrung erfolgte trocken, um die Stabilität des Knochens zu erhalten und das Frakturrisiko zu reduzieren. Die Platten werden erst nach der Positionierung im Augmentationsbereich langsam mit Blut benetzt. In jedem Augmentationsbereich wurde das Implantat auf der Platte positioniert und 4 bis 5 mm tief eingeschraubt. Bei drei geplanten Implantaten wurde mit dem mittleren begonnen.

Die Knochenplatte wurde einprobiert und Spalten zwischen dem Knochen und der Platte mit Granulat aufgefüllt, das 2 bis 3 min in steriler Kochsalzlösung bei Raumtemperatur eingeweicht worden war. Die Platte wurde über dem Augmentationsbereich positioniert und die übrigen Löcher den Implantatbohrungen angepasst. Nach der Insertion des ersten Implantats wurden die restlichen Implantate eingesetzt. Die Implantatsechskante stand hervor. Die Stabilität der Implantate wurde mit einem Ausdreh- (10 Ncm) und einem Perkussionstest bewertet.

Die Knochenplatten wurden mit den Deckschrauben der Implantate gesichert. Hierzu wurden Deckschrauben mit einem 1 mm größeren Durchmesser für eine bessere Stabilisierung gewählt. Es war keine Biomembran erforderlich. Die Lappen wurden mobilisiert und mit Matratzen- und Einzelknopfnähten verschlossen.

Alle 15 Tage nach dem Eingriff erfolgte eine radiologische Kontrolle bis zur Freilegung der Implantate (vier Monate nach dem Eingriff).

#### *Freilegung der Implantate und prothetische Versorgung*

Vier Monate nach dem ersten Eingriff wurde ein großzügiger Mukoperiostlappen gebildet, um den augmentierten Bereich begutachten zu können. Die Stabilität der Implantate wurde erneut mithilfe des Ausdreh- (10 Ncm) und einem Standard-Perkussionstest bewertet. 10 Tage nach der Freilegung und Nahtentfernung wurde die Situation abgeformt.

Die prothetische Versorgung erfolgte durch Restaurationen auf einem Ackermann-Steg oder Metallkeramikronen. Die Patienten wurden nach einem sowie sechs Monaten

und jährlich für mindestens drei Jahre nachuntersucht. Bei jeder Kontrollsituation wurden Panoramaröntgenbilder angefertigt, die Versorgungen kontrolliert und die Taschentiefe um die Implantate gemessen. Der Erfolg der Implantate wurde nach den Kriterien von Albrektsson et al. bewertet<sup>22</sup>.

Die Abbildungen 1 bis 8 zeigen die Behandlung eines Patienten aus der Studie.

#### **Ergebnis**

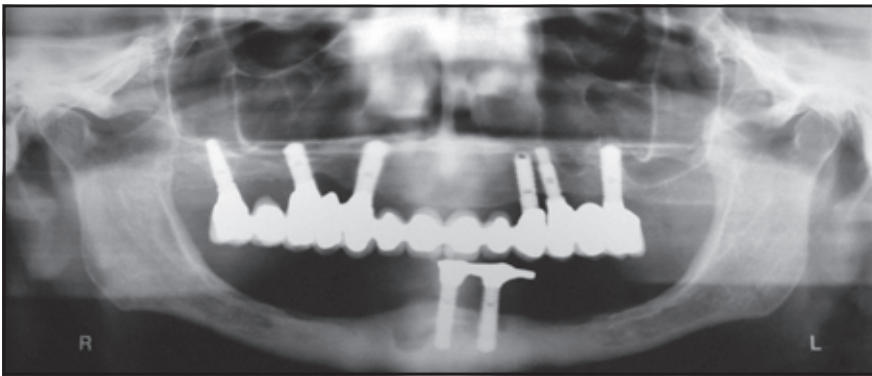
49 Osseotite-Implantate mit Außen-sechskant wurden bei 18 Patienten der Studie eingesetzt. Tabelle 1 zeigt die Längen und Durchmesser dieser Implantate.

Alle 49 Implantate bestanden den Ausdreh- und Perkussionstest bei der Insertion und der Freilegung. Über den Beobachtungszeitraum wurden alle nach den Kriterien von Albrektsson et al. als erfolgreich bewertet<sup>22</sup>. Bei den Nachkontrollen waren die Sondierungstiefen stabil (2 bis 3 mm). Bei der Freilegung war keine Reduktion des aufgebauten Volumens sichtbar. Die radiologische Untersuchung bestätigte diese Beobachtung über drei Jahre.

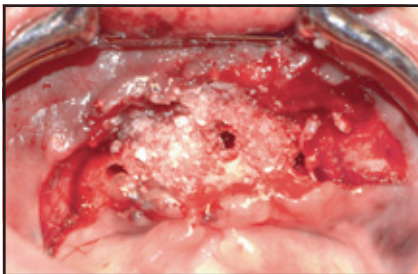
Tabelle 2 zeigt die Details der prothetischen Versorgungen der Patienten. Nach drei Jahren waren alle Versorgungen funktionell einwandfrei.

#### **Diskussion**

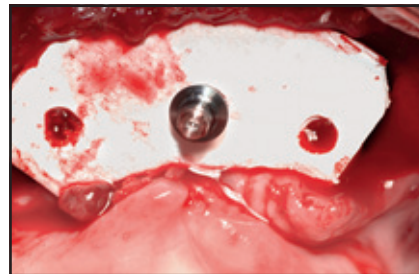
Das Standardvorgehen zur Augmentation eines atrophierten Ober- oder Unterkiefers beinhaltet den Einsatz von autologem Knochen, der oft außerhalb der Mundhöhle entnommen wird. Hier muss sorgfältig zwischen Risiko und Vorteil dieser Methode abgewogen und ein möglicher Einsatz alternativer Biomateria-



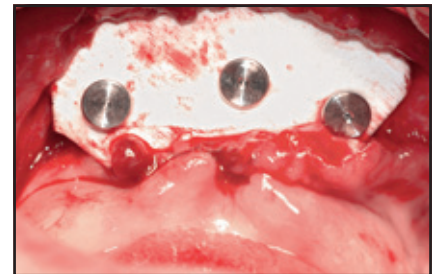
**Abb. 1** Panoramaröntgenbild der Ausgangssituation einer 72-jährigen Patientin: Der Unterkiefer ist stark atrophiert. Sie hatte 5 Jahre zuvor einen Knochenaufbau mit Beckenkammknochen und 2 Implantate erhalten, was zu einem Misserfolg führte.



**Abb. 2** Knochengranulat wird zum Auffüllen der Spalten zwischen Knochen und Transplantat verwendet.



**Abb. 3** Das erste Implantat wird teilweise in die kortikale Platte eingeschraubt.



**Abb. 4** Nach dem Setzen der restlichen Implantate wurden überkonturierte Deckschrauben zur Sicherung der Platte verwendet.



**Abb. 5** (links) Zweiter Eingriff zur Freilegung.

**Abb. 6** (rechts) Ackermann-Steg über den Implantaten.



**Abb. 7** Röntgenkontrolle des Stegs nach der Eingliederung.



**Abb. 8** Definitive Versorgung auf dem Ackermann-Steg.

<b>Tabelle 1</b> Länge und Durchmesser der Implantate	
<b>Anzahl gesetzte Implantate</b>	
8,5 × 4 mm	11
10,0 × 4 mm	30
11,5 × 4 mm	8
Gesamt	49

<b>Tabelle 2</b> Art der prothetischen Versorgung			
	<b>Anz. Patienten</b>	<b>Anz. Implantate pro Patient</b>	<b>Implantate pro Versorgungsart</b>
Oberkiefer Steg	5	4	20
Unterkiefer Steg	4	3	12
Oberkiefer Einzelkronen	4	2	8
Unterkiefer Einzelkronen (> 1 pro Patient)	4	2	8
Unterkiefer Einzelkronen	1	1	1
Gesamt	18	–	49

lien in Betracht gezogen werden.

Bis heute war der Einsatz von Knochenersatzmaterialien zum Aufbau atrophierter Knochenkämme durch die verfügbaren Formen limitiert: Granulat oder steife Blöcke. Beide Techniken haben Nachteile. Granulat lässt sich oft nur schwer stabilisieren, Blöcke müssen aufwendig geformt werden, was viel Zeit verbraucht und wobei oft kein guter Kontakt zwischen Block und Transplantatstelle entsteht. In diesem Beitrag wurde eine Technik zur vertikalen Knochenaugmentation mit flexiblen Knochenplatten aus Pferde-

knochen beschrieben. Diese Technik wurde bereits erfolgreich für die horizontale Kammaugmentation eingesetzt, mit ähnlichen, flexiblen Spongiosaplaten und titanverstärkten Polytetrafluorethylenmembranen<sup>7</sup>. Der Einsatz flexibler Platten in dieser Onlay-Technik erlaubt einen maximalen Kontakt zwischen Spender- und Empfänger Knochen. Diese kortikalen Platten schützen außerdem das eingebrachte Granulat und machen den Einsatz einer zusätzlichen Membran überflüssig, da die Platte selber als Barriere dient. Dies reduziert Zeit und Kosten der Chirurgie.

Antigene werden mithilfe von Verdauungsenzymen, die das Knochenmineral und die osteoklastischen Remodelingeigenschaften bewahren, aus dem Transplantat entfernt. Die Platten werden durch einen elektrolytischen Prozess flexibel gemacht (HCl 0.1M;  $\Delta V$ , 1.5 V), der den Knochen teilweise demineralisiert. Dieses Vorgehen ist möglich, da das Typ-I-Kollagen durch diesen selektiven Prozess unverändert bleibt.

Wie die vorliegende Studie zeigt, erlaubt dieses Vorgehen einen korrekten vertikalen Kammaufbau und eine erfolgreiche Implantatinsertion



in einer Sitzung. Es konnte keine Resorption des Transplantatmaterials über den Beobachtungszeitraum von drei Jahren festgestellt werden, was bei einem Aufbau mit autologem Knochen selten der Fall ist.

### Schlussfolgerungen

Der Einsatz von flexiblen heterologen Knochenplatten zum Aufbau des atrophierten Knochens im Unter- und Oberkiefer scheint kurz- und mittelfristig effektiv eine erfolgreiche prothetische Versorgung solcher Knochenkämme zu garantieren. Der Einsatz dieser Materialien reduziert die Kosten und die Morbidität für den Patienten. Zusätzliche kontrollierte Studien mit einer größeren Anzahl von Patienten sind notwendig, um diese Ergebnisse zu bestätigen.

### Danksagung

Die Autoren danken Biomet 3i und Biomax SRL für ihre Unterstützung. Sie danken auch Jeanette De Wyze für die Hilfe bei der Bearbeitung des Manuskripts.

### Literatur

1. Bernstein S, Cooke J, Fotek P, Wang HL. Vertical bone augmentation: Where are we now? *Implant Dent* 2006;15:219–228.
2. Ferri J, Dujoncoquy JP, Carneiro JM, Raoul G. Maxillary reconstruction to enable implant insertion: A retrospective study of 181 patients. *Head Face Med* 2008;4:31.
3. Maestre-Ferrín L, Boronat-López A, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. Augmentation procedures for deficient edentulous ridges, using onlay autologous grafts: An update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009;14:e402–407.
4. 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.
5. Lyford RH, Mills MP, Knapp CL, Scheyer ET, Mellonig JT. Clinical evaluation of freeze-dried block allografts for alveolar ridge augmentation: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:417–425.
6. Pendarvis WT, Sandifer JB. Localized ridge augmentation using a block allograft with subsequent implant placement: A case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:509–515.
7. Di Stefano DA, Artese L, Iezzi G, et al. Alveolar ridge regeneration with equine spongy bone: A clinical, histological, and immunohistochemical case series. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11:90–100.
8. Perrotti V, Nicholls BM, Piattelli A. Human osteoclast formation and activity on an equine spongy bone substitute. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:17–23.
9. Green J, Schotland S, Stauber DJ, Kleeman CR, Clemens TL. Cell-matrix interaction in bone: Type I collagen modulates signal transduction in osteoblast-like cells. *Am J Physiol* 1995;268:C1090–1103.
10. Baslé MF, Lesourd M, Grizon F, Pascaretti C, Chappard D. Type I collagen in xenogenic bone material regulates attachment and spreading of osteoblasts over the beta1 integrin subunit [in German]. *Orthopade* 1998;27:136–142.
11. Mizuno M, Fujisawa R, Kuboki Y. Type I collagen-induced osteoblastic differentiation of bone-marrow cells mediated by collagen-alpha2beta1 integrin interaction. *J Cell Physiol* 2000;184:207–213.
12. Regazzoni C, Winterhalter KH, Rohrer L. Type I collagen induces expression of bone morphogenetic protein receptor type II. *Biochem Biophys Res Commun* 2001;283:316–322.
13. Güngörmüş M, Kaya O. Evaluation of the effect of heterologous type I collagen on healing of bone defects. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:541–545.

14. Gungormus M. The effect on osteogenesis of type I collagen applied to experimental bone defects. *Dent Traumatol* 2004;20:334-337.
15. Liu G, Hu YY, Zhao JN, Wu SJ, Xiong Z, Lu R. Effect of type I collagen on the adhesion, proliferation, and osteoblastic gene expression of bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *Chin J Traumatol* 2004;7:358-362.
16. Toroian D, Lim JE, Price PA. The size exclusion characteristics of type I collagen: Implications for the role of noncollagenous bone constituents in mineralization. *J Biol Chem* 2007;282:22437-22447.
17. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:232-236.
18. Simion M, Fontana F, Rasperini G, Maiorana C. Long-term evaluation of osseointegrated implants placed in sites augmented with sinus floor elevation associated with vertical ridge augmentation: A retrospective study of 38 consecutive implants with 1- to 7-year follow-up. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:208-221.
19. Misch CE. Bone classification, training keys to implant success. *Dent Today* 1989;8:39-44.
20. Lazzara RJ, Testori T, Trisi P, Porter SS, Weinstein RL. A human histologic analysis of osseotite and machined surfaces using implants with 2 opposing surfaces. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999;19:117-129.
21. Testori T, Wiseman L, Woolfe S, Porter SS. A prospective multicenter clinical study of the Osseotite implant: Four-year interim report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:193-200.
22. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.