



Marcus Seiler
Dr. med. dent., M.Sc., M.Sc.

Amely Hartmann
Dr. med. dent.

Praxis Dr. Seiler und Kollegen MVZ
Echterdinger Straße 7
70794 Filderstadt-Bernhausen
E-Mail: amely.hartmann@implantologie-
stuttgart.de

Individualisierter Knochenaufbau mit einem 3-D-gedruckten Titangitter



Indizes

Patientenspezifische Knochenregeneration, Customized Bone Regeneration (CBR), Yxoss CBR Backward, individualisierter Knochenaufbau, CAD/CAM, Titangitter

Zusammenfassung

Augmentationen sind im Zusammenhang mit Implantationen nicht immer vermeidbar. Die dazu verwendeten konventionellen Titangitter werden zunehmend von patientenspezifischen Produkten abgelöst. Dieser Trend der individualisierten Medizin wird durch neue Techniken wie Reverse Engineering, Rapid Prototyping und Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) möglich. Der digitale Workflow führt zu einer Vernetzung der chirurgischen Tätigkeit und der prothetischen Planung. Eine präzise Bildgebung erlaubt eine Simulation des Eingriffs im Vorfeld am Computer und somit eine Verkürzung der eigentlichen Operationszeit. Der Beitrag erläutert anhand eines klinischen Fallbeispiels das von den Autoren angewandte Prozedere beim Einsatz des kommerziell erhältlichen Titangitters Yxoss CBR Backward. Des Weiteren werden der Hintergrund der Entwicklung der individuellen Titangitter sowie die wissenschaftliche Aktualität und Relevanz dieses Forschungsfeldes dargestellt.

Einleitung

Implantate sind heute Bestandteil der zahnärztlich-chirurgischen Standardversorgung. Für einige Patienten wäre eine Implantattherapie ohne Knochenaugmentation nicht möglich. Eine Vielzahl von Materialien und chirurgischen Techniken stehen zur Verfügung. Autologe Knochentransplantate aus intra- und extraoralen Donorstellen, allogene Knochenblöcke, Ridge-Splitting oder die Distractionsosteogenese sind Teil der Alltagsroutine⁵.

Zu den am besten vorhersagbaren Methoden gehört die gesteuerte Knochenregeneration (Guided Bone Regeneration, GBR), die seit 1968 auf dem Gebiet der

Zahnmedizin etabliert und dokumentiert ist¹. Hierbei kommt eine Barrieremembran zum Einsatz, um den zu augmentierenden Defekt und das umliegende Bindegewebe zu trennen¹³. Damit wird ein Einsprossen des Weichgewebes verhindert und eine erfolgreiche Knochenregeneration ermöglicht. Zahlreiche Studien haben die Effizienz dieses Verfahrens belegt^{2,11}. Die Barrieremembranen können entweder resorbierbar oder nicht resorbierbar sein. Bei größeren Defekten lassen sich starre Titangitter einsetzen¹⁴, die dann das Augmentat stabilisieren und gemäß dem Prinzip der mechanischen Ruhe eine Knochenheilung erlauben. Ferner wird so ein Weichgewebekollaps vermieden. Vorteile sind die Biokompatibilität, die Korrosionsbeständigkeit und positive thermische Effekte. Ein zusätzliches Titangitter reduziert außerdem die Resorption des Knochentransplantats bei dreidimensionalen und vertikalen Augmentationen¹⁵. Die Applikation birgt jedoch einige Nachteile. Vor der Anwendung muss ein konventionelles Titangitter intra operationem geschnitten und an den Defekt adaptiert werden. Daraus resultiert eine längere Behandlungszeit, und scharfe Kanten können zu Schleimhautreizungen sowie Gitterexpositionen führen¹². Von Arx et al.¹⁹ berichteten über ein konstantes Behandlungsergebnis trotz Exposition des Gitters. Dieses Thema wird in der Literatur kontrovers diskutiert¹⁰.

Patientenspezifische Titangitter

Der Sinn patientenspezifischer Produkte ist eine Verkürzung der Dauer des Eingriffs^{4,20}. Durch die Fertigung im Vorfeld werden runde und stumpfe Kanten kreiert, die Schleimhautreizungen und Entzündungen verhindern^{3,9}. Im Vergleich zu handkonfigurierten Gittern zeigt sich eine deutliche Qualitätsverbesserung. Materialien können biologisch abbaubare Polymere, Calciumphosphatkeramiken und Titan sein. Individuelle Titangitter besitzen eine Mikroperforationsstruktur, welche die Ausbreitung von Sauerstoff und Nährstoffen sowie die Migration von Immunzellen ermöglicht. Unterschiedliche Oberflächenbeschichtungen wurden über die Zeit erprobt⁷.

Patientenspezifische Titangitter finden ihren Einsatz auch bei komplexen kraniofazialen Rekonstruktionen

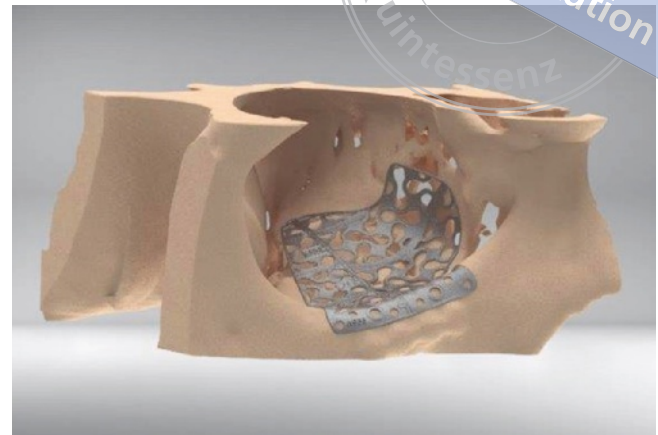


Abb. 1 Ein Designbild von Yxoss CBR Orbita. Das Titangitter wurde patientenspezifisch für die Rekonstruktion einer Orbitabodenfraktur designt

und nach radikalen Tumoroperationen. Eine weitere typische Indikation ist die mandibuläre Rekonstruktion^{8,22}. Als positiv stellt sich darüber hinaus die durch die Verringerung der Operationszeit bedingte geringere Exposition zur Allgemeinanästhesie bei der Implantation in Intubationsnarkose dar. Ebenso ist ein geringerer Blutverlust belegt, und der Eingriff wird durch die Planung im Vorfeld erleichtert. Bei der Rekonstruktion von Orbitawanddefekten ist die Anwendung von individuellen Titangittern gut dokumentiert (Abb. 1). Das sogenannte Rapid Prototyping eröffnet für die Kiefergelenksoperation eine fortschrittliche Rekonstruktionsmethode. Hierbei ist es möglich, die Kiefergelenke präzise symmetrisch zu therapieren und so die Funktion des Unterkiefers zu verbessern²¹. In der Implantologie werden individualisierte Titangitter vermehrt im Zuge von Kieferkammaugmentationen eingesetzt.

Erst kürzlich wurde die Customized Bone Regeneration (CBR) als neue Technik eingeführt¹⁷ und der Ablauf einer Therapie mit ihr in der Literatur dargestellt^{16,18}. Hierbei wird ein patientenspezifisches Titangitter (Yxoss CBR, Fa. ReOSS, Filderstadt) individuell designt. Die Konstruktion des Gitters erfolgt mittels Computer Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM). Dazu wird auf der Basis einer digitalen Volumentomographie (DVT) oder einer Computertomographie (CT) ein 3-D-Modell des Knochendefekts generiert. Mit einer spe-

■ IMPLANTOLOGIE

Individualisierter Knochenaufbau mit einem 3-D-gedruckten Titangitter

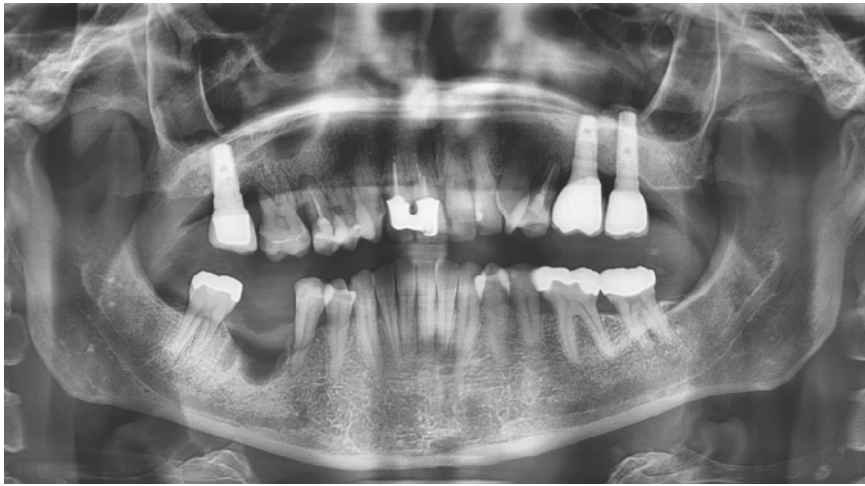


Abb. 2 In der Panoramaschichtaufnahme zeigt sich in Regio 46 ein ausgeprägter vertikaler Defekt nach Extraktion. Vor allem bukkal scheint die entsprechende Lamelle bis zum früheren Apex des Zahnes 46 verloren zu sein. Eine osteogene Potenz lässt sich somit nur ausgehend von der lingualen Wand erhoffen. Die Patientin leidet unter einer generalisierten chronischen Parodontitis, die im Zuge des hauszahnärztlichen Recalls überwacht wird. Zahn 45 weist distal einen massiven Knochenabbau auf

ziellen Rekonstruktionssoftware (Reverse-Engineering-Software) kann auf der 3-D-Projektion des atrophierten Segments ein individuelles Gitter designt werden. Der Behandler wird online über eine geschützte Plattform in den Designprozess einbezogen und bestätigt das Ergebnis vor der Fertigung. Mit Hilfe der Rapid-Prototyping-Technik (3-D-Druck) lässt sich dann aus den virtuellen Daten ein physikalisches Objekt herstellen.

Die Augmentation mit einem individuellen Titangitter findet im klinischen Alltag vor allem bei größeren Defekten statt. Anhand von Patientenbefragungen (Patient-Reported Outcome Measures, PROMs) ermittelte man die Wahrnehmung der Invasivität des Eingriffs. Der individualisierte Knochenaufbau wurde mit einer konventionellen GBR-Technik mit resorbierbaren Membranen bei kleineren Defekten verglichen. Es zeigte sich, dass für die Patienten das reine Behandlungsergebnis und nicht die operative Komorbidität zählt⁶. Hieraus lässt sich als Konsequenz folgern, dass eine Augmentation vor einem adäquaten allgemeinmedizinischen Hintergrund nicht zwingend vermieden werden muss. Vielmehr gilt es, eine implantatprothetische Planung im Sinne des Backward-Planning-Konzepts durchzuführen, um eine ideale Suprakonstruktion zu gewährleisten. Dieser Forderung wurde mit Yxoss CBR Backward Rechnung getragen. Der Knochen kann hierbei im Sinne des o. g. Konzepts an der prothetisch notwendigen Position augmentiert werden. Ebenso ermöglicht das Verfahren im Zuge des Designprozesses

einen Implantat-Fit-Test: Es kann die genaue Position des Implantats am Computer simuliert und dann die Information im Gitter als entsprechende Perforation mitgedruckt werden. Somit dient das Gitter ebenso als Bohrschablone im Sinne einer Positionierungshilfe bzw. Orientierungsschablone.

Nachfolgend soll der Ablauf einer Augmentation mit Yxoss CBR Backward anhand eines Patientenfalls erläutert werden.

Fallbeispiel

Eine 50-jährige Patientin stellte sich erstmals am 07.11.2017 mit dem Wunsch nach einer implantologisch-prothetischen Versorgung mit einer Einzelkrone in Regio 46 vor. Allgemeinanamnestisch gab sie an, Nichtraucherin zu sein und an einer Penicillinallergie zu leiden. Im Rahmen der zahnärztlichen Anamnese wurde eine generalisierte chronische Parodontitis festgestellt. Die diesbezüglich therapierte Patientin befindet sich im Recall der Hauszahnarztpraxis. Der Bereich der Schalllücke in Regio 46 wies ein dreidimensionales, vor allem vertikales Knochendefizit auf (Abb. 2). Die Nachbarzähne waren vital, wobei Zahn 45 trotz eines radiologisch erkennbaren Knochenabbaus klinisch keinen Lockerungsgrad zeigte.

In der Auswertung der DVT-Aufnahme stellte sich der Knochendefekt ebenso ausgeprägt dar. Es wurden eine dreidimensionale Augmentation und ein zwei-

zeitiges Vorgehen geplant. Die Augmentation sollte mittels eines patientenspezifischen Gitters (Yxoss CBR) erfolgen. Mit den DICOM-Daten der DVT-Aufnahme wurde ein digitales 3-D-Modell des Defekts in Regio 46 erstellt. Auf Basis des virtuellen Modells konnte ein Set-up der idealen Implantatposition im Sinne des Backward-Planning-Konzepts simuliert werden (Abb. 3 und 4). Das Gitter wurde entsprechend mit einer Perforation designt und im gleichen Zuge die spätere Okklusion der zukünftigen Krone überprüft (Abb. 5 und 6). Nach Abstimmung mit dem Behandler erfolgte der 3-D-Druck des Gitters. Somit war keine weitere Bohr- schablone notwendig.

In Lokalanästhesie (Ultracain D-S forte, Fa. Sanofi-Aventis Deutschland, Frankfurt/M.) wurde ein Poncho-Flap im Vestibulum Regio 45 bis 47 präpariert. An die Präparation des mehrschichtigen Lappens schloss sich die Darstellung des dreidimensionalen Defekts an (Abb. 7). Intra operationem wurde die Passung des Gitters überprüft (Abb. 8 und 9). Die Augmentation des Defekts erfolgte mit autologem Knochen und Knochenersatzmaterial (Bio-Oss 0,25 bis 0,5 mm, Fa. Geistlich Pharma, Wolhusen, Schweiz) in einem Mischungsverhältnis von 1:1. Der autologe Knochen wurde mittels SafeScraperTwist (Fa. Geistlich Pharma) aus der Linea obliqua der Eingriffsregion entnommen. Nach Füllung des Gitters mit Augmentat wurde es mit einer mesiobukkal des Implantats eingebrachten Osteosyntheseschraube (Medicon Mikro 1,2/7, Fa. Medicon, Tuttlingen) auf dem Restknochen fixiert (Abb. 10) und okklusal des Gitters eine Kollagenmembran (Bio-Gide, Fa. Geistlich Pharma) appliziert. Der Wundverschluss erfolgte über dem Titangerüst dicht und spannungsfrei mit Einzelknopf- und tiefen Matratzennähten (5.0 Naht, Sabafil, Fa. Sabana, Wiesbaden). Das postoperative Röntgenbild zeigte das Gitter an der geplanten Position (Abb. 11). Post operationem erhielt die Patientin Anweisungen zur adäquaten Mundhygiene. Die Nahtentfernung erfolgte nach 10 Tagen bei klinisch reizfreien Wundverhältnissen.

Nach 6 Monaten Konsolidierungszeit wurde in einem Zweiteingriff das Titangitter entfernt und die Implantation durchgeführt. Zunächst erfolgte in Lokalanästhesie ein minimalinvasiver Kieferkammschnitt im Sinne eines

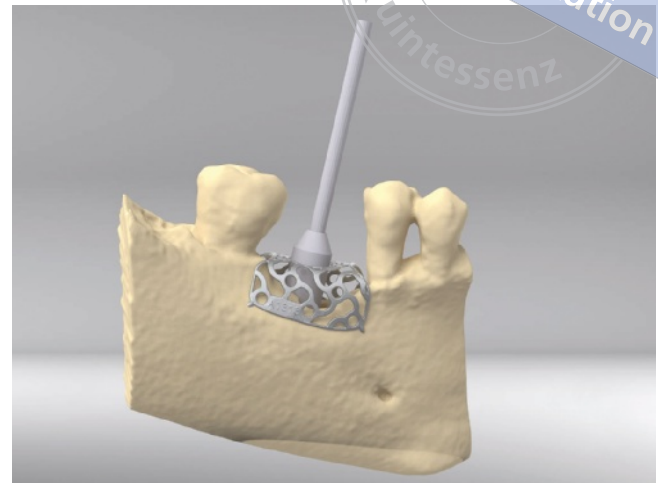


Abb. 3 Mit den DICOM-Daten der Patientin wird der Defekt in Regio 46 digital rekonstruiert. Es erfolgt ein digitales Set-up direkt in der Software. Die Implantatposition kann gemäß den geforderten üblichen Kautelen geplant werden. Dies gilt sowohl für die transversale Relation zu den Nachbarzähnen ...

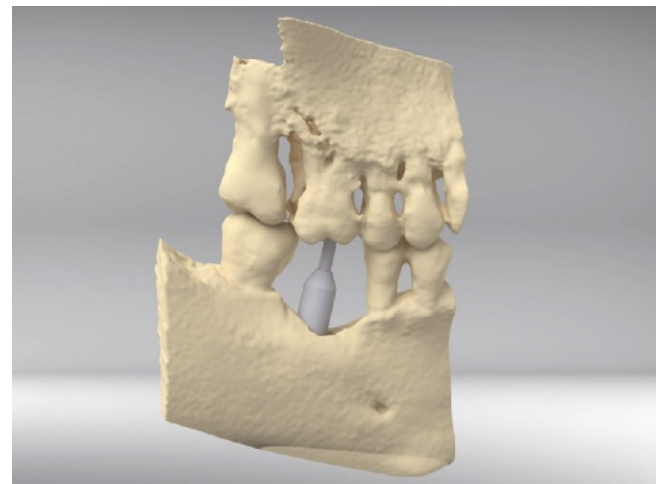


Abb. 4 ... als auch für die bukkolinguale Dimension. Digital wird die Ausrichtung der Bohrung am Oberkiefer überprüft, um eine spätere Abstützung und Okklusion im Sinne der prothetischen Idealvorstellungen zu erreichen. Auf Basis der angefertigten DVT oder CT erfolgt mittels CAD/CAM-Technik die Erstellung eines 3-D-Modells des Knochendefekts. Danach wird auf dem Modell das Gitter gemäß den Vorgaben beim Einsatz von Membranen designt. Die Ränder des Gitters entsprechen der Knochenkontur, und die innere Kontur repräsentiert das gewünschte Augmentationsvolumen. Die errechnete Implantatposition wird durch das Gitter im Sinne des Backward-Planning-Konzepts vorgegeben

■ IMPLANTOLOGIE

Individualisierter Knochenaufbau mit einem 3-D-gedruckten Titangitter

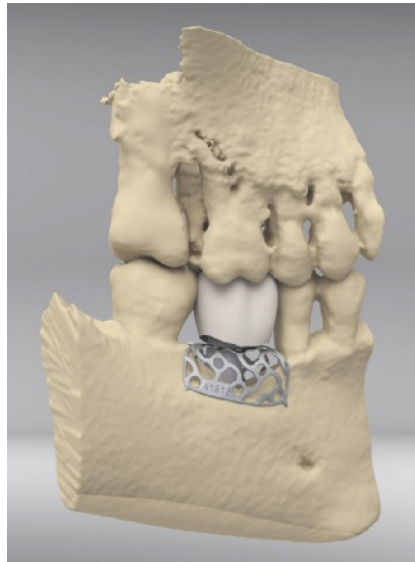
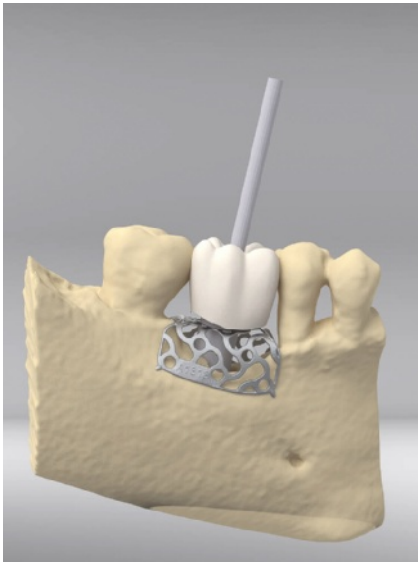


Abb. 5 Die Implantatposition wird der Vertikalen an der zu erwartenden Höhe des Augmentats definiert. Die Vorgabe erfolgt über die koronale Position des Gitters, und hier befindet sich auch die entsprechende Perforierung für die Implantatbohrungen

Abb. 6 Finale Planung durch das digitale Set-up. Im Gitter sind somit mehrere Informationen enthalten: Das zu augmentierende dreidimensionale Volumen ist ebenso festgelegt wie die Implantatposition und die spätere mögliche Okklusion der Suprakonstruktion

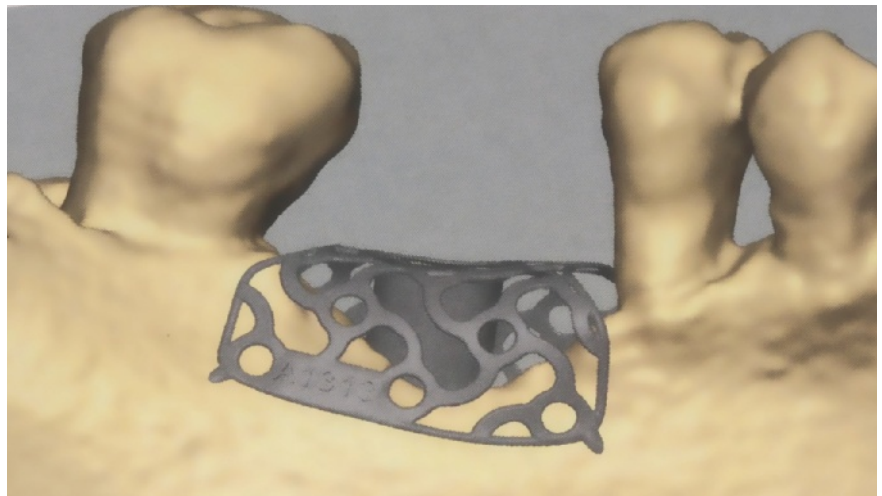
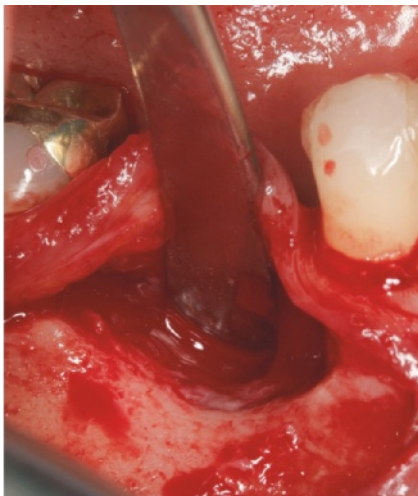


Abb. 7 Über einen Poncho-Flap erfolgt der Zugang zur Defektregion 46. Nach dem Debridement von Narbengewebe wird der Knochen dargestellt. Es zeigt sich ein deutliches dreidimensionales Defizit

Abb. 8 Das Titangitter wird in Abstimmung mit dem Operateur 3-D-geduckt. Hierbei erfolgt der Aufbau von Yxoss CBR in einem additiven Verfahren Schicht für Schicht aus Metallpulver, welches durch einen Elektronenstrahl geschmolzen wird. Basis dazu ist das designte 3-D-CAD-Modell. Die Verarbeitung bei erhöhten Temperaturen und unter Vakuum führt zu positiven physikalischen Eigenschaften der Gitter

Volllappens von Regio 45 bis Regio 47 ohne Entlastungen. Gemäß der Yxoss-CBR-Backward-Planung wurde die Präparation des Implantatbettes durch das inserierte Gitter vorgegeben (Abb. 12). Danach wurde die Fixationsschraube entfernt und das Gitter an der Sollbruchstelle getrennt. Durch leichte rotierende Extrusionsbewegungen mit einem Raspatorium konnten die

Einzelteile separat entfernt werden, ohne das vorpräparierte Implantatbett zu beschädigen. Das augmentierte Knochenvolumen war wie geplant dimensioniert, gut vaskularisiert und ohne Anzeichen einer Entzündung (Abb. 13). Die Insertion des Implantats (Screw-Line, Durchmesser 5 mm, Länge 11 mm, Fa. Camlog, Wimsheim) erfolgte auf der implantatprothetisch idealen

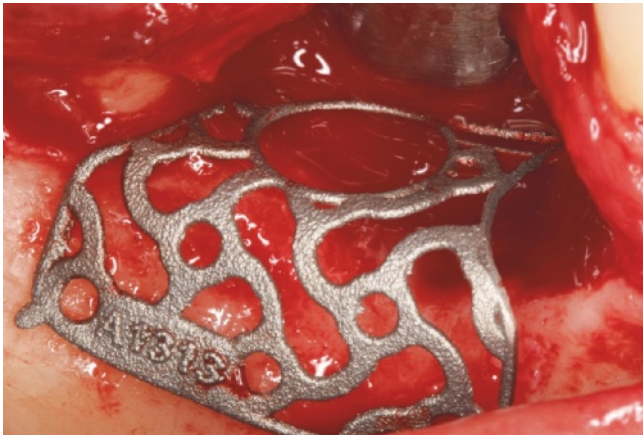


Abb. 9 Die Passung des erstellten Gitters wird in situ überprüft und deckt sich mit der Planung aus Abbildung 9. Am Gitter ist die patienten- und fallspezifische Nummer erkennbar. Okklusal befindet sich neben der Perforation für die Implantatbohrung der Schlitz für die spätere Entfernung des Gitters („Easy Removal Design“)

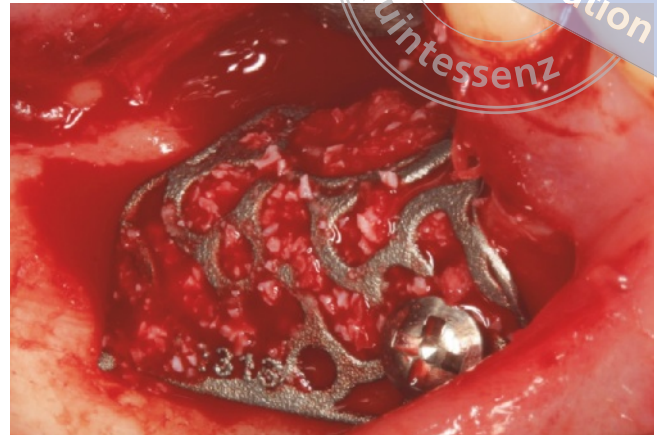


Abb. 10 Das Gitter wird mit Augmentat (1:1-Gemisch aus autologem Knochen und Knochenersatzmaterial) gefüllt. Der autologe Knochen wurde mittels SafeScraper aus der Linea obliqua der Eingriffsregion entnommen. Eine zusätzliche Schraube fixiert das Gitter lagestabil am Empfängerknochen



Abb. 11 In der postoperativen Röntgenkontrolle befindet sich Yxoss CBR an der geplanten Position. Mesial ist die Fixierschraube erkennbar

und im Vorfeld errechneten Position (Abb. 14). Im Sinne einer offenen Einheilung wurde ein Wide-Body-Gingivaformer eingesetzt und ein spannungsfreier Wundverschluss durchgeführt. Die Nahtentfernung erfolgte 1 Woche später. Geplant ist eine Einheilungszeit von 3 Monaten vor der Herstellung der Suprakonstruktion beim Hauszahnarzt.

Resümee

Yxoss CBR Backward ist ein patientenspezifisch hergestelltes Gerüst aus Titan, das der Rekonstruktion des Alveolarknochens vor und im Zusammenhang mit einer Implantation dient. Es wirkt als Volumenstütze und wird chirurgisch mit Titanschrauben am vorhandenen

■ IMPLANTOLOGIE

Individualisierter Knochenaufbau mit einem 3-D-gedruckten Titangitter



Abb. 12 In der Okklusalansicht ist die Situation nach der Primärbohrung im Zuge der Implantation zu sehen. Das augmentierte Volumen weist eine gute Vaskularisation auf

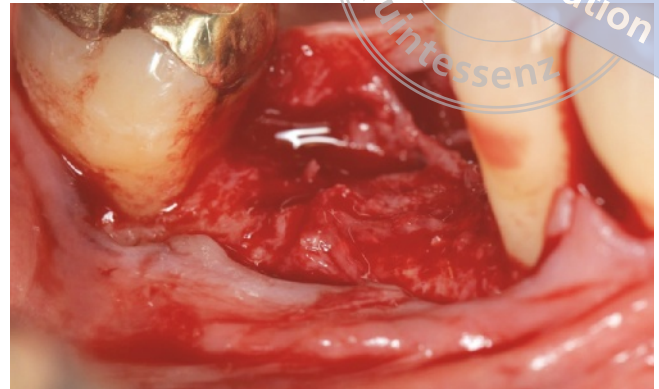


Abb. 13 Nach Explantation des Titangitters ist das augmentierte Volumen dreidimensional stabil. Die Implantation erfolgt gemäß den geplanten Vorgaben

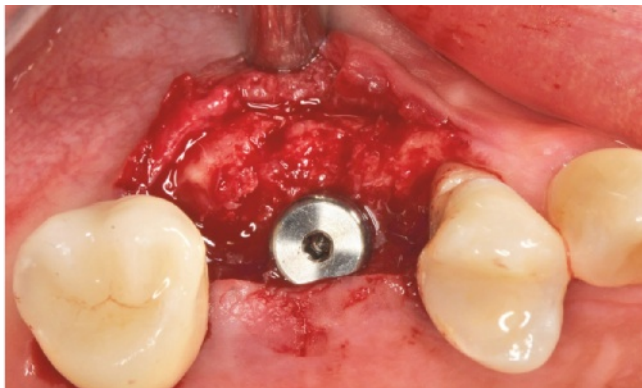


Abb. 14 Das Implantat ist primärstabil im augmentierten Knochen verankert. Auch die Transversale wurde adäquat rekonstruiert

Lagerknochen fixiert. Dadurch entsteht ein Bereich der mechanischen Ruhe, so dass eine unbeeinträchtigte Knochenheilung möglich ist. Im Vorfeld der Operation werden anhand eines digitalen Workflows die ideale Implantatposition und das entsprechend notwendige Augmentationsvolumen geplant. Der eigentliche chirurgische Eingriff lässt sich somit verkürzen und vereinfachen. Das Titangitter wird nach Absprache mit dem Behandler 3-D-gedruckt. Die folgenden chirurgischen Schritte am Patienten können generell unterschieden

werden in die Vorbereitung des Defekts, den Prozess der Knochengewinnung zur Transplantation in die Defektregion und die Kombination beider Prozesse gefolgt vom Wundverschluss.

Hinweis

Dr. *Marcus Seiler* hat das Verfahren der CBR-Technik entwickelt und ist Geschäftsführer der Firma ReOss GmbH.



Literatur

1. Boyne PJ, Mikels TE. Restoration of alveolar ridges by intramandibular transposition osseous grafting. *J Oral Surg* 1968;26: 569-576.
2. Canullo L, Trisi P, Simion M. Vertical ridge augmentation around implants using e-PTFE titanium-reinforced membrane and deproteinized bovine bone mineral (bio-oss): A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:355-361.
3. Ciocca L, Fantini M, de Crescenzo F, Corinaldesi G, Scotti R. Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches. *Med Biol Eng Comput* 2011;49:1347-1352.
4. Ciocca L, Mazzoni S, Fantini M et al. A CAD/CAM-prototyped anatomical condylar prosthesis connected to a custom-made bone plate to support a fibula free flap. *Med Biol Eng Comput* 2012; 50:743-749.
5. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P. The efficacy of horizontal and vertical bone augmentation procedures for dental implants – a Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2009;2:167-184.
6. Hartmann A, Welte-Jzyk C, Seiler M, Daubländer M. Neurophysiological changes associated with implant-associated augmentation procedures in the lower jaw. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19:725-732.
7. Hirota M, Hayakawa T, Yoshinari M et al. Hydroxyapatite coating for titanium fibre mesh scaffold enhances osteoblast activity and bone tissue formation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41:1304-1309.
8. Hou JS, Chen M, Pan CB et al. Application of CAD/CAM-assisted technique with surgical treatment in reconstruction of the mandible. *J Craniomaxillofac Surg* 2012;40:e432-e437.
9. Jung GU, Jeon JY, Hwang KG, Park CJ. Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2014; 40:181-187.
10. Kim YK, Yun PY, Kim SG, Oh DS. In vitro scanning electron microscopic comparison of inner surface of exposed and unexposed nonresorbable membranes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107:e5-e11.
11. Lindfors LT, Tervonen EA, Sandor GK, Ylikontiola LP. Guided bone regeneration using a titanium-reinforced ePTFE membrane and particulate autogenous bone: the effect of smoking and membrane exposure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:825-830.
12. Louis PJ, Gutta R, Said-Al-Naief N, Bartolucci AA. Reconstruction of the maxilla and mandible with particulate bone graft and titanium mesh for implant placement. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:235-245.
13. Merli M, Lombardini F, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts 3 years after loading: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:801-807.
14. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res* 2013;57:3-14.
15. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berrone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: a controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007;18: 286-294.
16. Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann AG. Customized titanium lattice structure in three-dimensional alveolar defect: An initial case letter. *J Oral Implantol* 2018;44:219-224.
17. Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann AG. Customized lattice structure in reconstruction of three-dimensional alveolar defects: A technical note. *Int J Comput Dent* 2018;21: (in press).
18. Seiler M, Peetz M, Hartmann A, Witkowski R. Individualized CAD/CAM-produced titanium scaffold for alveolar bone augmentation: a retrospective analysis of dehiscence events in relation to demographic and surgical parameters. *J Oral Science Rehabilitation* 2018;4:38-46.
19. Von Arx T, Hardt N, Walkamm B. The TIME technique: a new method for localized alveolar ridge augmentation prior to placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11: 387-394.
20. Wang G, Li J, Khadka A, Hsu Y, Li W, Hu J. CAD/CAM and rapid prototyped titanium for reconstruction of ramus defect and condylar fracture caused by mandibular reduction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;113:356-361.
21. Zhang S, Liu X, Xu Y et al. Application of rapid prototyping for temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:432-438.
22. Zhou LB, Shang HT, He LS et al. Accurate reconstruction of discontinuous mandible using a reverse engineering/computer-aided design/rapid prototyping technique: a preliminary clinical study. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:2115-2121.