

KNOCHENAUGMENTATIONEN, TEIL 2: MATERIALIEN

Nach der Literaturübersicht zu Augmentationstechniken in der letzten **pip** widmen wir uns in der aktuellen Ausgabe den materialspezifischen Aspekten der Knochenaugmentation. Aufgrund der rasch voranschreitenden Entwicklungen u. a. in der Stammzelltechnik und dem Einsatz von Wachstumsfaktoren möchten wir unsere Reihe außerdem um das Tissue Engineering erweitern und diesem hochaktuellen Thema in der nächsten Ausgabe der **pip** einen dritten Teil widmen.

In der nun vorliegenden Literaturlauswahl zu Augmentationsmaterialien werden Studien zur Verwendung autologen Knochens und Knochenersatzes allogenen, xenogenen, phylogenen und synthetischen Ursprungs vorgestellt. Die bestmöglichen Eigenschaften, die ein Augmentationsmaterial besitzen sollte, sind seine Biokompatibilität und Osteokonduktivität sowie eine ausreichende primäre Dimensionsstabilität bei gleichzeitiger Resorptionsfähigkeit und osteogener Potenz. Am weitesten verbreitet ist die Verwendung xenogener Materialien tierischer Herkunft (bovin, equin und porcine). Aber auch Knochenersatz phylogenen, pflanzlichen Ursprungs (aus marinen Algen) wird mittlerweile eingesetzt [Scarano et al., 2012; Luo et al., 2013]. Histologische Ergebnisse verschiedener Fallstudien bescheinigen Knochenersatz equinen Ursprungs eine gute Biokompatibilität und die Fähigkeit zur Anregung der Osteoklasten- und Osteoblastenaktivität [Felice et al., 2013; Pistilli et al., 2013]. Porciner Knochenersatz und porcines Kollagen verfügen ebenfalls über eine gute Biokompatibilität und werden, ähnlich wie Material bovinen Ursprungs, sowohl als Aufbaumaterial als auch als Grundlage zur Herstellung resorbierbarer Membranen eingesetzt [Calvo Guirado et al., 2013; Rothamel et al., 2012]. Porciner Knochenersatz unterscheidet sich dabei nicht wesentlich hinsichtlich seines Dimensions- und Resorptionsverhaltens von Knochenersatz boviner Herkunft bei Sinusbodenaugmentationen, wie ein aktuelles RCT und ein systematischer Review zeigen [Rickert et al., 2012; Silvestri et al., 2013]. Boviner Knochenersatz trägt zu einer guten Knochenneubildung bei, aber hinsichtlich seiner Fähigkeit zur Resorption gibt es widersprüchliche Aussagen. Während einige Studien über gute Resorptions- und Knochenneubildungsraten berichten [Urban et al., 2013], zeigen die Ergebnisse anderer Untersuchungen eine eher eingeschränkte Resorptionsfähigkeit des Knochenersatzmaterials [Felice et al., 2013; Mordenfeld et al., 2010; Stavropoulos et al., 2011; Traini et al., 2008]. Offensichtlich hat die Defektgröße einen gewissen Einfluss auf die Resorptionsrate des bovinen Knochenersatzes, da diese bei größeren Defekten herabgesetzt zu sein scheint [De Santis et al., 2013]. Die Knochenneubildungsrate scheint bei Verwendung synthetischer Materialien

wie dem beta-Trikalziumphosphat [Kurkcu et al., 2012] oder zweiphasigen Kalziumphosphaten [Schmitt et al., 2013] gegenüber bovinem Knochenersatz und autologem Knochen [Rickert et al., 2012] geringer ausgeprägt zu sein. Im Widerspruch dazu stehen Ergebnisse von In vitro-Untersuchungen, die darauf schließen lassen, dass synthetische Knochenersatzmaterialien die Zelladhärenz und die metabolische Aktivität von Osteoblasten positiver beeinflussen als xenogener Knochen [Seebach et al., 2010]. Auch die Ergebnisse eines aktuellen RCT, zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen zweiphasigen Kalziumphosphaten und boviner Knochenmatrix [Froum et al., 2008]. Autologer und allogener Knochen führten bei der Versorgung mehrwandiger periimplantärer Knochendefekte in einigen Studien gleichermaßen zu guten klinischen und röntgenologischen Ergebnissen. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Aufbaumaterialien konnten in diesen Studien nicht beobachtet werden [Abolfazli et al., 2008; Choi et al., 2011]. Ergebnisse einer aktuellen Untersuchung bescheinigen autologem Knochen eine bessere Resorptionsfähigkeit und somit eine bessere Inkorporation in das umgebende Gewebe als allogenem Material [Spin-Neto et al., 2013]. Auch gegenüber der klassischen gesteuerten Knochenregeneration (GBR) mit einer Mischung aus gleichen Anteilen autologer Knochenchips und bovinen Knochenersatzes hatte die Therapie mittels allogener Knochenblöcke zum Alveolarkammaufbau im Unterkiefer keine signifikanten Vorteile aufzuweisen [Amorfini et al., 2013]. In einem aktuellen RCT wird von höheren Volumenverlusten gegenüber autologem Knochen und von Entzündungszeichen bei frischem gefriergetrocknetem Knochen allogenen Ursprungs berichtet, was die Autoren dazu veranlasst, für die Verwendung des allogenen Aufbaumaterials keine Empfehlung auszusprechen [Lumetti et al., 2012]. Bei Betrachtung der aktuellen Studienlage zu Implantat-Überlebensraten in Abhängigkeit der Insertion in ortsständigem Knochen oder in augmentierten Bereichen, scheint es keine signifikanten Unterschiede zu geben, wie die Ergebnisse eines systematischen Reviews zeigten [Klein and Al-Nawas, 2011]. Zwei weitere systematische Reviews ergaben, dass auch bei Implantatinsertion in unterschiedlichen Aufbaumaterialien oder der Kombinationen verschiedener Aufbaumaterialien ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Implantat-Überlebensraten ermittelt werden konnten [Jensen et al., 2012; Rickert et al., 2012]. Abschließend bleibt festzustellen, dass nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand noch keine endgültigen Aussagen zur Überlegenheit bestimmter Aufbaumaterialien vorliegen und entsprechende klinische Empfehlungen nicht möglich sind [Jensen et al., 2012; Klein and Al-Nawas, 2011].

Narrative Reviews

Shepherd JH, Shepherd DV, Best SM.
Substituted hydroxyapatites for bone repair.
J Mater Sci Mater Med. 2012 Oct;23(10):2335-47.

(»Hydroxylapatit-Ersatz für die Wiederherstellung von Knochen.«)

Kalziumphosphate wie das Hydroxylapatit werden in einem breiten Indikationsspektrum sowohl als Knochenersatz als auch zur Beschichtung von Metallimplantaten verwendet. Das vorliegende Papier diskutiert die physikalischen und biologischen Eigenschaften der Elemente Magnesium, Zink, Strontium, Silikon und Kohlenstoff

und ihren potentiellen Einsatz in Hydroxylapatitkeramik. Schon der Austausch von Kalzium durch eine geringe Menge eines anderen chemischen Elements hat signifikante Effekte auf die thermische Stabilität, die Reaktion der Osteoklasten und Osteoblasten In vitro und das Ausmaß der Knochenregeneration In vivo.

Fallberichte

Felice P, Piana L, Checchi L, Corvino V, Nannmark U, Piattelli M. Vertical ridge augmentation of an atrophic posterior mandible with an inlay technique and cancellous equine bone block: a case report. Int J Periodontics Restorative Dent. 2013 Mar-Apr;33(2):159-66.

(»Vertikale Augmentation mit einem spongiösen equinen Knochenblock im atrophierten Unterkiefer-Seitenzahnbereich mittels Inlay-Technik: Ein Fallbericht.«)

In diesem Bericht wird die erfolgreiche Implantatprothetische Rehabilitation im linken Unterkiefer-Seitenzahnbereich bei einem 62-jährigen beschrieben. Als Augmentat wurde ein equiner Spongiosablock verwendet. Vier Monate nach der Augmentation wurden zwei Implantate inseriert und zwei Knochenproben zur histologischen Untersuchung entnommen. Röntgenologisch und computertomografisch war ein Knochengewinn von 5 mm erkennbar. Die Knochenbiopsien zeigten eine Knochenneubildung innerhalb des Spongiosatransplantats. Anzeichen einer Fremdkörperreaktion waren nicht zu erkennen.

Schlussfolgerung: Knochentransplantate equiner Herkunft scheinen eine gute Alternative zu autologem Knochen oder Knochen bovinen Ursprungs für eine Augmentation mittels Inlay-Technik im posterioren Bereich des atrophierten Unterkiefers zu sein.

Pistilli R, Signorini L, Pisacane A, Lizio G, Felice P. Case of severe bone atrophy of the posterior maxilla rehabilitated with blocks of equine origin bone: histological results. Implant Dent. 2013 Feb;22(1):8-15.

(»Rehabilitation einer schweren Knochenatrophie im Oberkiefer-Seitenzahnbereich mittels Knochenblöcken equinen Ursprungs: Histologische Ergebnisse.«)

Im vorliegenden Patientenfall wurde ein beidseitiger Sinuslift mit equinen Knochenblöcken durchgeführt. Nach acht Monaten wurden Implantate inseriert und gleichzeitig Knochenproben aus dem augmentierten Bereich entnommen. Drei Monate nach Implantatinsertion wurde der Patient mit einer festsitzenden prothetischen Restauration versorgt. Sechs Monate nach Implantation war das krestale Knochenlevel unverändert und die histologische Analyse ergab, dass das Knochentransplantat Remodellierungsprozessen unterlag und in allen Bereichen eine Knochenneubildung und eine erhöhte Osteoklastenaktivität im mineralisierten Anteil des Knochentransplantats zu erkennen waren.

Schlussfolgerung: Equine Knochenblöcke scheinen sich aufgrund ihrer biokompatiblen und dimensionsstabilen Eigenschaften sehr gut als Augmentate im Bereich zahnloser Kieferbereiche zu eignen.

Schulze-Späte U, Dietrich T, Kayal RA, Hasturk H, Dobeck J, Skobe Z, Dibart S.

Analysis of bone formation after sinus augmentation using beta-tricalcium phosphate.

Compend Contin Educ Dent. 2012 May;33(5):364-8.

(»Analyse der Knochenbildung nach Sinusbodenaugmentation mit beta-Trikalziumphosphat.«)

Das Ziel der vorliegenden Fallserie war die systematische Untersuchung, wie sich die Entwicklung und die Reifung von Sinusbodenaugmentaten aus beta-Trikalziumphosphat gestaltet. In einem Zeitraum von 21 bis 40 Wochen nach Augmentation wurden Knochenbiopsien entnommen und gleichzeitig Implantatinsertionen durchgeführt. Die histologische Untersuchung ergab, dass neugebildeter Knochen auf Kosten des beta-Trikalziumphosphats zugenommen hatte. Fremdkörperreaktionen konnten nicht beobachtet werden. 12 Monate nach Insertion der Implantate waren keine Komplikationen oder Implantatverluste festzustellen.

Degidi M, Piattelli A, Perrotti V, Iezzi G.

Histologic and histomorphometric evaluation of an implant retrieved 8 years after insertion in a sinus augmented with anorganic bovine bone and anorganic bovine matrix associated with a cell-binding peptide: a case report.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2012 Aug;32(4):451-7.

(»Histologische und histomorphometrische Untersuchung nach acht Jahren Liegedauer in einer mittels Knochen und Knochenmatrix boviner Herkunft und zellbindendem Peptid augmentierten Kieferhöhle: Ein Fallbericht.«)

Anorganischer Knochen boviner Herkunft (anorganic bovine bone, ABB) und anorganische bovine Knochenmatrix in Verbindung mit einem zellbindenden Peptid (PepGen P-15) sind xenogene Materialien, die biokompatible und osteokonduktive Eigenschaften haben sollen. Im vorliegenden Fall wurde eine einseitige Sinusbodenaugmentation mittels ABB (50%) und PepGen P-15 (50%) bei einem 54-jährigen Patienten durchgeführt. Zwei Titanimplantate mit einer gesandstrahlten und geätzten Oberfläche wurden sechs Monate nach der Augmentation inseriert und nach weiteren sechs Monaten wurde der Patient mit einer festsitzenden prothetischen Restauration versorgt. Ein Implantat frakturierte nach acht Jahren Belastungszeit im koronalen Anteil und musste mit einem Trepanbohrer entfernt werden. Die anschließende histologische und histomorphometrische Untersuchung ergab, dass ein nur geringer Anteil von Knochenersatzmaterial im periimplantären Bereich erhalten und dass zwischen Knochenersatzmaterial und Implantatoberfläche vorwiegend körpereigener Knochen interponiert war.

AlGhamdi AS.

Osteotome maxillary sinus lift using bovine bone and calcium sulfate: a case series.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Apr;15(2):153-9.

(»Sinusbodenaugmentation mittels Osteotom und Knochenersatz bovinen Ursprungs sowie Kalziumsulfat: Eine Fallserie.«)

Bei 18 gesunden Patienten (7 Männer und 11 Frauen), mit einem mittleren Altersdurchschnitt von $49,7 \pm 10,66$ Jahren, wurden insgesamt 31 Sinusbodenaugmentationen mittels Osteotom durchgeführt. Die Residualhöhe der Alveolarfortsätze betrug im Durchschnitt $8,16 \text{ mm} \pm 1,52 \text{ mm}$. Als Augmentationsmaterial kam eine Mischung aus Knochenersatz boviner Herkunft und Kalziumsulfat CaSO_4 in einem Verhältnis von 4:1 zum Einsatz. Die Implantatinsertion erfolgte in einem einzeitigen Verfahren gemeinsam mit der Augmentation. Die Implantate wurden vier bis fünf Monate nach dem chirurgischen Eingriff belastet. Die Beobachtungszeit unter Belastung betrug im Mittel 23,4 Monate. Innerhalb der ersten vier bis fünf Monate nach Implantatinsertion war röntgenologisch eine apikale Verlagerung des Sinusbodens in einer mittleren Größenordnung von $3,47 \text{ mm} \pm 0,97 \text{ mm}$ erkennbar, die sich bis zum Abschluss der Beobachtungszeit nicht mehr veränderte. Nach 12 Monaten unter Belastung konnten ein mittlerer Verlust krestalen Knochens von $-0,87 \text{ mm} \pm 0,26 \text{ mm}$ und eine mittlere Sondierungstiefe von $2,9 \text{ mm} \pm 0,67 \text{ mm}$ beobachtet werden, die sich nach Ablauf dieser Periode innerhalb der Beobachtungszeit nicht mehr veränderten.

Schlussfolgerung: Boviner Knochenersatz kann in Verbindung mit CaSO_4 erfolgreich zur Sinusbodenaugmentation mittels Osteotom verwendet werden. Der Einsatz von CaSO_4 trug entscheidend zur besseren Handhabbarkeit des bovinen Knochenersatzes und der Stabilisierung des Knochentransplantats während der Einheilung bei.

Schlee M, Rothamel D.

Ridge augmentation using customized allogenic bone blocks: proof of concept and histological findings.

Implant Dent. 2013 Jun;22(3):212-8.

(»Alveolarkammerhöhung mit individuell angefertigten allogenen Knochenblöcken: Eine Machbarkeitsstudie und histologische Ergebnisse.«)

Vorliegende Untersuchung wurde bei zwei Patienten durchgeführt, um die Handhabung und den Heilungsverlauf beim Einsatz von maßangefertigten Knochenblöcken zur vertikalen und horizontalen Augmentation im Unterkiefer-Seitenzahnbereich zu evaluieren. Dazu wurden insgesamt drei Knochenblöcke mittels computergestütztem Design (computer-aided design, CAD) individuell anhand von präoperativ hergestellten Computertomografien gefertigt. Nach einer Einheilungszeit von sechs Monaten wurde die Resorption im Bereich der Augmentate gemessen und im Zuge der Implantatpräparation mittels Trepanbohrern Biopsien durchgeführt. Nach weiteren vier Monaten erfolgte die prothetische Restauration mit Einzelkronen. Klinische und radiologische Parameter wurden sechs und 12 Monate nach der prothetischen Versorgung erhoben. Bei zwei der drei Knochenblöcke waren keine Komplikationen während der Einheilungszeit zu beobachten. Ein Block lag nach acht Wochen teilweise frei, konnte aber mit einem Weichgewebstransplantat wieder abgedeckt werden. Die histologische Untersuchung ergab eine Knochenneubildung in allen augmentierten Bereichen, eine gute Langzeitstabilität und eine hohe Patientenzufriedenheit.

Schlussfolgerung: Der Einsatz von mittels CAD individuell angefertigten allogenen Knochenblöcken unterstützt die Knochenneubildung und führt zur Abnahme der Morbidität und der Operationsdauer sowie zu einer hohen Akzeptanz durch die Patienten.

Urban IA, Nagursky H, Lozada JL, Nagy K.

Horizontal ridge augmentation with a collagen membrane and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: a prospective case series in 25 patients.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2013 May-Jun;33(3):299-307.

(»Horizontale Alveolarkammaugmentation mit einer Kollagenmembran und einer Kombination aus Knochenpartikeln autologer Herkunft und anorganischem Knochenersatzmaterial bovinen Ursprungs: Eine prospektive Fallserie bei 25 Patienten.«)

In dieser prospektiven Fallserie wurde die Verwendung einer resorbierbaren Kollagenmembran mit einer Mischung aus autologem Knochen und anorganischem bovinem Knochenersatz (anorganic bovine bone-derived mineral, ABBM) zur lateralen Alveolarkammaugmentation bei 25 Patienten mit spitzkammförmigen Alveolarfortsätzen untersucht. Die anschließende Implantatversorgung erfolgte mit insgesamt 76 Implantaten nach Einheilung der Transplantate. Nach einer mittleren Einheilzeit der Augmentate von 8,9 Monaten betrug die mittlere Alveolarkammbreite 5,68 mm. Bei allen behandelten Alveolarfortsätzen konnte eine ausreichende Breite für eine Implantattherapie erzielt werden. Nach einer mittleren Beobachtungsdauer von 20,88 Monaten waren alle Implantate noch in situ. Die histologische Analyse von Proben aus neun Augmentaten ließ eine dichte Vernetzung von ABBM und neugebildetem Knochen in unterschiedlichen Reifungsstadien erkennen. Die histomorphometrische Analyse ergab, dass die Augmentate im Durchschnitt aus 31,0% autologem Knochen, aus 25,8% ABBM und aus 43,2% Markräumen bestanden. Während die hier vorgestellte Technik zur lateralen Kieferkammverbreiterung ein erfolgversprechendes Verfahren zu sein scheint, sollten der Implantaterfolg und die Implantatüberlebensrate anhand eines Langzeit-Follow up noch evaluiert werden.

Scheyer ET, Schupbach P, McGuire MK.

A histologic and clinical evaluation of ridge preservation following grafting with demineralized bone matrix, cancellous bone chips, and resorbable extracellular matrix membrane.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2012 Oct;32(5):543-52.

(»Eine histologische und klinische Untersuchung zum Alveolarkammerhalt mittels Augmentation mit demineralisierter Knochenmatrix, Spongiosa-Knochenchips und resorbierbarer Membranen aus extrazellulärer Matrix.«)

In dieser prospektiven Fallserie sollten die histologischen und klinischen Ergebnisse nach Erhalt der Alveole mittels einem injizierbaren Knochenersatzmaterial in Pastenform und einer Membran, bestehend aus extrazellulärer Matrix nach sechs, 12 und 24 Wochen untersucht werden. An jedem der Untersuchungszeitpunkte wurden histologische Proben entnommen und gleichzeitig Implantate gesetzt. An allen Messzeitpunkten war histologisch eine aktive Knochenneubildung erkennbar. Nach sechs Wochen war vorwiegend noch nichtmineralisiertes Osteoid vorhanden, das stellenweise von Geflechtknochen durchsetzt war. Nach 12 und 24 Monaten dominierte jedoch Geflechtknochen. Es bestand keine Abhängigkeit zwischen dem Zeitpunkt der Implantatinsertion und der Implantat-Überlebensdauer unter Belastung.

Canullo L, Dellavia C, Heinemann F.

Maxillary sinus floor augmentation using a nano-crystalline hydroxyapatite silica gel: case series and 3-month preliminary histological results.

Ann Anat. 2012 Mar 20;194(2):174-8.

(»Sinusbodenaugmentation mittels eines nanokristallinen Hydroxylapatit-Silikat-Gels: Eine Fallserie und vorläufige histologische Ergebnisse nach drei Monaten.«)

Das Ziel dieser Fallserie war die histologische Untersuchung eines neuartigen Hydroxylapatit-Präparats zur Sinusbodenaugmentation nach drei Monaten Liegedauer. Dazu wurden bei 10 gesunden Patienten mit einer initialen knöchernen Alveolarkammhöhe von 1-2 mm und einer Breite von 5 mm eine Sinusbodenaugmentation mit dem Hydroxyl-Silikat-Gel NanoBone® und eine anschließende Implantatinsertion im zweizeitigen Verfahren durchgeführt. Der Knochendeckel, mit welchem der Verschluss des lateralen Zugangs zur Kieferhöhle erfolgte, wurde mit einem Mini-Implantat mit rauer Oberfläche fixiert. Drei Monate nach dem Eingriff wurde das Mini-Implantat mit einem Trepanbohrer entnommen und histomorphometrisch untersucht. Die Analyse ergab mittlere Anteile von 38,26% ± 8,07% für NanoBone®, 29,23% ± 5,18% für Knochenmarkräume und 32,51% ± 4,96% für Knochen (neuer Knochen: 20,64% ± 2,96%, ortsständiger Knochen: 11,87% ± 3,27%). Der mittlere Anteil des Knochen-Implantat-Kontakts lag bei 26,02% ± 5,46%. Bindegewebe war im Bereich der Implantatoberfläche nicht zu beobachten. Diese guten vorläufigen Ergebnisse ermutigen zu weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen zum Biomaterial NanoBone®.

Dasmah A, Hallman M, Sennerby L, Rasmusson L.

A clinical and histological case series study on calcium sulfate for maxillary sinus floor augmentation and delayed placement of dental implants.

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Apr;14(2):259-65.

(»Eine klinische und histologische Fallserie zu Sinusbodenaugmentationen mit Kalziumsulfat und verzögerter Implantatinsertion.«)

Zehn Patienten mit zahnlosem Oberkiefer und moderater bis ausgeprägter Alveolarfortsatzatrophie wurden in die Studie einbezogen. Als Augmentat wurde ein alloplastisches Material aus Kalziumsulfat (Surgiplaster) verwendet, das nach seiner Applikation mit BioGide-Membranen abgedeckt wurde. Nach vier Monaten Einheilzeit erfolgte die Versorgung mit Implantaten und zeitgleich die Entnahme von Biopsien aus dem augmentierten Bereich. Eines von insgesamt 40 Implantaten ging bis zum Zeitpunkt der Versorgung mit der prothetischen Suprakonstruktion verloren, was einer Überlebensrate von 97,5% entspricht. Anhand von Röntgenaufnahmen

konnte eine Schrumpfung des Augmentats im Vergleich zum postoperativen Zustand von 26,5% gemessen werden. Histologisch konnte nach vier Monaten Einheilzeit eine signifikante Resorption des alloplastischen Materials auf 8,8% vom Ausgangszustand zu Gunsten einer Knochenneubildung ermittelt werden, die anteilmäßig 21,2% an der Gesamtbioptie ausmachte.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse zeigen, dass die Sinusbodenaugmentation mittels Kalziumsulfat zu einer Knochenneubildung und zu hohen Implantatüberlebensraten führt.

Scarano A, Degidi M, Perrotti V, Piattelli A, Iezzi G. Sinus augmentation with phycogene hydroxyapatite: histological and histomorphometrical results after 6 months in humans. A case series. Oral Maxillofac Surg. 2012 Mar;16(1):41-5. (»Sinusbodenaugmentation mit phycogenem Hydroxylapatit: Histologische und histomorphometrische Ergebnisse nach sechs Monaten: Eine Fallserie.«)

Phycogenes Hydroxylapatit ist ein biologisch gewonnenes Hydroxylapatit aus verkalkten Meeresalgen und wird auf hydrothermischem Weg in Fluorapatit umgewandelt. Das Ziel der vorliegenden Studie war die histologische und histomorphometrische Untersuchung des Einsatzes dieses Materials am Menschen. Dazu wurden bei zehn gesunden Patienten (vier Frauen und sechs Männer, alle Nichtraucher) Sinusbodenaugmentationen mit phycogenem Hydroxylapatit (Algipore®) versorgt. Nach einer Einheilzeit von sechs Monaten wurden insgesamt 23 Xive®-Implantate eingesetzt und gleichzeitig Biopsien aus dem augmentierten Bereich für die histologische und histomorphometrische Untersuchung entnommen. Die Algipore®-Partikel dienten als osteokonduktives Gerüst und waren von neugebildetem Knochengewebe miteinander verbunden. Die Partikel schienen teilweise resorbiert und von neuem Knochen ersetzt worden zu sein. Entzündungszeichen oder Fremdkörperreaktionen waren nicht erkennbar. Die Histomorphometrie ergab eine Knochenneubildungsrate von 35,2% ± 3,6%, einen Anteil an Knochenmarkräumen von 35,6% ± 2,3% und einen Anteil nicht-resorbierten Aufbaumaterials von 37,1% ± 3,8%.

Schlussfolgerung: Die aktuellen Ergebnisse unterstützen die bisher publizierten Untersuchungsergebnisse, dass phycogenes Hydroxylapatit erfolgreich zur Sinusbodenaugmentation eingesetzt werden kann.

Testori T, Iezzi G, Manzon L, Fratto G, Piattelli A, Weinstein RL. High temperature-treated bovine porous hydroxyapatite in sinus augmentation procedures: a case report. Int J Periodontics Restorative Dent. 2012 Jun;32(3):295-301. (»Sinusbodenaugmentationen mittels Hitze vorbehandeltem, porösem Hydroxylapatit boviner Herkunft: Ein Fallbericht.«)

Xenogene Materialien werden am häufigsten als Aufbaumaterial klinisch eingesetzt. Sie sind bovinen, equinen oder porcinen Ursprungs und müssen mit Hitze vorbehandelt werden, damit die potentielle Übertragung von Prionen oder Viren auf den Menschen verhindert wird. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung

war, die Knochenneubildung nach beidseitiger Sinusbodenaugmentation mit einem Hitze vorbehandelten bovinen Knochenersatzmaterial (Endobon) bei einer 58-jährigen Frau zu ermitteln. Neun Monate nach der Augmentation wurden zwei Biopsien aus den augmentierten Bereichen entnommen und histologisch untersucht. Im Kontaktbereich der meisten Knochenersatzpartikel konnte eine Knochenneubildung beobachtet werden. Es waren kein Bindegewebe oder Spalten zwischen Knochenersatzmaterial und neugeformtem Knochen sichtbar. Auf der Oberfläche des xenogenen Knochenersatzes waren keine Resorptionserscheinungen zu erkennen. Histomorphometrisch konnten Anteile neugebildeten Knochens von 25,1% ± 2,3%, nicht-resorbierten Knochenersatzes von 37,3% ± 1,1% und Knochenmarkräumen von 38,5% ± 3,1% ermittelt werden. Die hervorragenden Eigenschaften von Endobon sind wahrscheinlich ein Ergebnis der porösen Mikrostruktur und dem hohen Anteil von miteinander vernetzten Mikroporen, die das Einwachsen osteogener Zellen und Blutgefäße ermöglichen und die Integration des Transplantats im ortständigen Gewebe erleichtern und beschleunigen.

Talreja PS, Gayathri GV, Mehta DS. Treatment of an early failing implant by guided bone regeneration using resorbable collagen membrane and bioactive glass. J Indian Soc Periodontol. 2013 Jan;17(1):131-6. (»Behandlung eines frühen Implantatverlusts mittels gesteuerter Knochenregeneration unter Verwendung einer resorbierbaren Kollagenmembran und einem bioaktiven Glas.«)

Im vorliegenden Patientenfall war bereits sechs Wochen nach Insertion eines einteiligen Mini-Implantats mit offener Einheilung röntgenologisch ein progressiver periimplantärer Knochenverlust erkennbar. Klinische Anzeichen der Komplikation waren eine Taschenbildung, Blutung bei Sondierung und eine Lockerung ersten Grades. Das Behandlungsprotokoll umfasste eine mechanische Taschenreinigung mittels Kunststoff-Küretten, eine chemische Desinfektion mittels einer übersättigten Zitronensäure-Lösung, Antibiotikagabe und einer gesteuerten Knochenregeneration mittels einer resorbierbaren Kollagenmembran und einem bioaktiven Glas. Sechs Monate nach dem Eingriff war eine komplette Regeneration des knöchernen Defekts erkennbar.

In vitro-Studien

Yan XZ, Rathe F, Gilissen C, van der Zande M, Veltman J, Junker R, Yang F, Jansen JA, Walboomers XF. The effect of enamel matrix derivative (Emdogain®) on gene expression profiles of human primary alveolar bone cells. J Tissue Eng Regen Med. 2012 Jun 11. [Epub ahead of print] (»Der Effekt von Schmelz-Matrix-Protein (Emdogain®) auf die Genexpressionsprofile menschlicher Knochenvorläuferzellen.«)

Emdogain® wird häufig in der regenerativen Parodontaltherapie eingesetzt. Das Verständnis seiner Wirkungsweise auf die Genexpressionsprofile von Knochenzellen könnte die Entwicklung neuer



Die bisher veröffentlichten Abstracts und Exzerpte der wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind für pip-Leser jederzeit in den ePapers der pip auf www.pipverlag.de nachzulesen und zum Preis von nur € 4,49/Ausgabe als App erhältlich in iTunes / App Store unter **pip**Verlag.

Bisher erschienen: Kurze Implantate (01/10), Extraktionsalveole und Kammerhalt (02/10), Sofortbelastung und Sofortversorgung (03/10), Periimplantitis (04/10), Mini-Implantate (01/11), Weichgewebsmanagement (02/11), Bisphosphonate u. orale Implantologie (03/11), Sinusboden-Elevationen (04/11), PRP und PRGF (01/12), Biologische Breite (02/12), Systemische Erkrankungen (3/12), All on Four (4/12), Keramik in der Implantologie (1/13), Knochenaugmentationen, Teil 1: Techniken (2/13)

Produkte ermöglichen. Das Ziel der Studie war daher die Analyse der Zelleffekte von Emdogain® mittels der Microarray-Technik. Menschliche Knochenzellen wurden von Patienten (Nichtraucher) im Rahmen von Implantatinsertionen entnommen und kultiviert. Anschließend wurden sie entweder mit Emdogain (100 µg/ml) oder mit einem Kontrollmedium behandelt. Nach Isolation der RNA aus den Knochenzellen erfolgte die Untersuchung mittels der Microarray-Methode. Emdogain® bewirkte eine Genexpression in Richtung eines anabolen Effekts und eine Inhibition der Interleukin-Produktion (IL-7). Die Ergebnisse zeigten, dass Emdogain® mögliche Effekte auf die Knochenmatrixbildung, auf die Zellproliferation und die Zelldifferenzierung hat.

Seebach C, Schultheiss J, Wilhelm K, Frank J, Henrich D. Comparison of six bone-graft substitutes regarding to cell seeding efficiency, metabolism and growth behaviour of human mesenchymal stem cells (MSC) in vitro. Injury. 2010 Jul;41(7):731-8.

(»Vergleichende Untersuchung von sechs Knochenersatzmaterialien hinsichtlich der Adhärenz, des Metabolismus und des Wachstumsverhaltens mesenchymaler Stammzellen (MSC) In vitro.«)

Sechs verschiedene, im Handel erhältliche Knochenersatzmaterialien wurden hinsichtlich der Parameter Adhärenz, Metabolismus und Wachstumsverhalten mesenchymaler Stammzellen hin untersucht. Verwendet wurde synthetisches, mit Silikat angereichertes Hydroxylapatit (Actifuse ABX), synthetisches Alpha-TCP (Biobase), zwei synthetische Beta-TCP (Vitoss und Chronos), aufbereitete allogene humane Spongiosa (Tutoplast) und aufbereitete bovine Hydroxylapatit-Keramik. 250.000 MSC wurden auf den Knochenersatzmaterialien kultiviert und nach zwei, sechs und 10 Tagen wurden die Adhärenz und die zelluläre Aktivität analysiert. Zusätzlich erfolgten ein Genexpressionstest und eine elektronenmikroskopische Untersuchung. Die höchste Zelladhärenz wurde bei dem Präparat Tutoplast beobachtet, gefolgt von Chronos, Actifuse BX, Biobase, Vitoss und Cerabone. Die höchste metabolische Aktivität der MSC wurde ebenfalls auf Tutoplast gefunden. Alle drei synthetischen Materialien und Chronos zeigten die besten Wachstumsergebnisse.

Schlussfolgerung: Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Knochenersatzmaterialien unterschiedliche Einflüsse auf die Adhärenz, die metabolische Aktivität und das Wachstumsverhalten haben.

Amerio P, Vianale G, Reale M, Muraro R, Tulli A, Piattelli A. The effect of deproteinized bovine bone on osteoblast growth factors and proinflammatory cytokine production. Clin Oral Implants Res. 2010 Jun;21(6):650-5.

(»Effekte deproteinisierten bovinen Knochens auf Wachstumsfaktoren von Osteoblasten und die proinflammatorische Zytokin-Produktion.«)

Ziel der Studie war, den Einfluss von Bio-Oss auf Wachstumsfaktoren und proinflammatorisch wirksame Zytokine, die eine mögliche Rolle bei Entzündungsgeschehen und der Knochenresorption, Knochenremodelling und die Homöostase von Osteoblasten nach Augmentation spielen, zu untersuchen. Menschliche Osteoblasten wurden dazu auf Bio-Oss-Granulat kultiviert. Reverse Polymerase-Transkriptase-Reaktionen wurden mit Osteonektin, knöchernem Sialoprotein (bone sialoprotein, BSP), Bone morphogenetic protein (BMP)-2 und BMP-7, Thrombozytärem Wachstumsfaktor (platelet-derived growth factor, PDGF), Interleukin 6 (IL-6), Tumornekrosefaktor alpha (TNF-alpha) und Integrin beta1 durchgeführt. Osteoblasten, die nicht auf Bio-Oss kultiviert wurden, dienten als Kontrollen. Die auf Bio-Oss kultivierten Osteoblasten zeigten eine normale RNA-Expression bei Osteonektin, Integrin beta 1 und PDGF. Im Vergleich zu den Kontroll-Osteoblasten zeigten sie eine verrin-

gerte Expression auf BSP, BMP-2 und BMP-7, IL-6 und TNF-alpha.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse zeigen, dass Bio-Oss ein exzellentes Biomaterial ist, welches die Produktion proinflammatorischer Zytokine nicht erhöht.

Tierexperimentelle Studien

Möller B, Acil Y, Birkenfeld F, Behrens E, Terheyden H, Wiltfang J. Highly porous hydroxyapatite with and without local harvested bone in sinus floor augmentation: a histometric study in pigs. Clin Oral Implants Res. 2013 Apr 9. [Epub ahead of print]

(»Sinusbodenaugmentation mit hochporösem Hydroxylapatit mit und ohne lokal gewonnenem autologem Knochen: Eine histometrische Studie im Schweinemodell.«)

Bei acht Hausschweinen wurde eine beidseitige externe Sinusbodenaugmentation durchgeführt. Rechtsseitig wurden 2,7 ml nanostrukturiertes Knochenersatzmaterial auf Hydroxyl-Apatit-Basis (nano-structured, hydroxyapatite-based bone substitute material, SBSM, NanoBone®) eingesetzt (Kontrollgruppe) und auf der linken Seite (Testgruppe) erfolgte die Augmentation mit 2,6 ml SBSM und 15% (390 µl) zusätzlichem autologem Knochen. Gleichzeitig erfolgte die Insertion eines ITI-Titanimplantats. Drei Monate nach dem Eingriff wurden die augmentierten Bereiche entnommen und es erfolgte die histometrische Untersuchung der Proben. Auf beiden Seiten konnte eine hohe Knochenneubildungsrate ermittelt werden. Die Knochen-Implantat-Kontaktrate war in der Kontrollgruppe statistisch signifikant niedriger (Median 28,9%) als in der Testgruppe (Median 40,6%) (p=0,01). Der Höhenunterschied des Augmentats war in der Kontrollgruppe mit 8,6 mm gegenüber der Testgruppe mit 11,5 mm ebenfalls statistisch signifikant reduziert.

De Santis E, Lang NP, Cesaretti G, Mainetti T, Beolchini M, Botticelli D. Healing outcomes at implants installed in sites augmented with particulate autologous bone and xenografts. An experimental study in dogs. Clin Oral Implants Res. 2013 Jan;24(1):77-86.

(»Heilungsergebnisse bei Implantatinsertion nach Augmentation mit autologen Knochenpartikeln und xenogenem Knochenersatz: Eine experimentelle Studie im Hundemodell.«)

In der vorliegenden Studie sollte die Implantatintegration im Kontaktbereich von ortsfestem Knochen und Transplantaten aus autologen Knochenpartikeln oder deproteinisiertem bovinen Knochen (deproteinized bovine bone mineral, DBBM) an sechs Labradorhunden untersucht werden. Dazu wurde auf beiden Seiten im Unterkiefer die distale Wurzel des dritten und vierten Prämolaren endodontisch versorgt. Die Zähne wurden hemiseziert und die mesiale Wurzel entfernt. Der zweite Prämolare wurde ebenfalls beidseits entfernt. Anschließend wurden die bukkalen Wände der Alveolen entfernt und zwei ungleich große kastenförmige Defekte präpariert. Nach drei Monaten wurden die Defekte linksseitig mit autolog gewonnenen Knochenpartikeln und rechtsseitig mit DBBM gefüllt und beide mit Kollagenmembranen abgedeckt. Nach weiteren drei Monaten wurde in jeden versorgten Defekt je ein Implantat gesetzt. Drei Monate nach der Implantatinsertion wurden Biopsien entnommen und histologisch untersucht. Alle Implantate waren sowohl bukkal wie lingual von reifem Knochen umgeben. Der Abstand zwischen dem am weitesten koronal liegenden Knochen-Implantat-Kontakt und dem krestalen Knochenrand waren in Test- und Kontrollgruppe ähnlich. Die Abstände waren in den großen Defekten größer im Vergleich zu den kleineren Defekten. In den größeren Defekten waren Reste von DBBM aufzufinden, die bindegewebig umschlossen waren.

Schlussfolgerung: Sowohl autologe Knochenpartikel als auch DBBM eignen sich zur horizontalen Augmentation des knöchernen Alveolarfortsatzes und für die Osseointegration von Implantaten nach einer Einheilungsphase von drei Monaten.

Jensen T, Schou S, Svendsen PA, Forman JL, Gundersen HJ, Terheyden H, Holmstrup P.

Volumetric changes of the graft after maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss and autogenous bone in different ratios: a radiographic study in minipigs.

Clin Oral Implants Res. 2012 Aug;23(8):902-10.

(»Volumenveränderungen im Transplantat nach Sinusbodenaugmentation mit Bio-Oss und autologem Knochen in unterschiedlichen Zusammensetzungen: Eine radiografische Studie an Minischweinen.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war, mehr über Volumenveränderungen im Bereich des Transplantates bei Sinusbodenaugmentationen mit Bio-Oss und autologem Beckenkammknochen in verschiedenen Zusammensetzungen in Erfahrung zu bringen. Dazu wurde bei 40 Minischweinen eine beidseitige Sinusbodenaugmentation durchgeführt. Diese erfolgte mit A) 100% autologem Knochen, B) 75% autologem Knochen und 25% Bio-Oss, C) 50% autologem Knochen und 50% Bio-Oss, D) 25% autologem Knochen und 75% Bio-Oss und E) 100% Bio-Oss. Es wurden Computertomografien unmittelbar vor, direkt nach und 12 Wochen nach dem Eingriff durchgeführt. Der mittlere Volumenverlust des Transplantats wurde signifikant vom Bio-Oss-Gehalt beeinflusst und betrug in Gruppe A 65%, in Gruppe B 38%, in Gruppe C 23%, in Gruppe D 16% und in Gruppe E 6%.

Maté-Sánchez de Val JE, Calvo-Guirado JL, Delgado-Ruiz RA, Ramírez-Fernández MP, Negri B, Abboud M, Martínez IM, de Aza PN.
Physical properties, mechanical behavior, and electron microscopy study of a new beta-TCP block graft with silicon in an animal model.
J Biomed Mater Res A. 2012 Dec;100(12):3446-54.

(»Ergebnisse zu physikalischen Eigenschaften, mechanischem Verhalten sowie eine elektronenmikroskopische Untersuchung eines neuen beta-TCP Blockaugments mit Silikon im Tiermodell.«)

In dieser Studie wurde der Einfluss des Silikonzusatzes zu Blockaugmentate aus beta-TCP anhand drei verschiedener Silikongehalte bei Neuseelandkaninchen untersucht. Es zeigte sich, dass ein Gehalt von 3% Silikon zu verbesserten mechanischen Eigenschaften von beta-TCP-Keramik führt und dass solche Blockaugmentate als gute Alternative in der rekonstruktiven Chirurgie eingesetzt werden können.

Calvo Guirado JL, Ramírez Fernández MP, Negri B, Delgado Ruiz RA, Maté Sánchez de-Val JE, Gómez-Moreno G.

Experimental model of bone response to collagenized xenografts of porcine origin (OsteoBio[®] mp3): a radiological and histomorphometric study.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Feb;15(1):143-51.

(»Experimentelles Modell einer knöchernen Reaktion auf kollagenisierte xenogene Transplantatmaterialien porcinen Ursprungs: Eine radiologische und histomorphometrische Studie.«)

Das Ziel der Studie war die radiologische und histomorphometrische Untersuchung der Knochenreaktion auf kollagenisierte Augmentate aus Knochenersatzmaterial, das vom Schwein gewonnen wurde (OsteoBio[®] mp3). Dazu wurden in die Tibia von 20 Neuseelandkaninchen 20 Transplantate aus porcinem Knochenersatz in Granulatform eingesetzt. Die Versuchstiere wurden in vier Gruppen eingeteilt und es fanden röntgenologische und histomorphometrische Untersuchungen nach einem, zwei, drei und vier Monaten statt. Nach vier Monaten waren ein Volumenverlust im Transplantatbereich und eine vollständige Wiederherstellung des knöchernen

Defekts röntgenologisch zu beobachten. Anhand der histomorphometrischen Analyse waren nach vier Monaten mittlere Anteile von 25,4% ± 1,8% neugebildeter Knochen, 36,37% ± 3,0% nicht resorbierte Reste des Augmentats und 38,22% ± 2,5% nichtmineralisiertes Bindegewebe erkennbar. Statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Länge kortikalen Knochens waren zwischen dem Transplantatmaterial und der Kontrollen ohne Transplantatmaterial nicht messbar.

Schlussfolgerung: Das hier verwendete Biomaterial ist biokompatibel, resorbierbar und osteokonduktiv und stellt einen Knochenersatz dar, der keinen negativen Einfluss auf den physiologischen Knochenheilungsprozess hat.

Choi JY, Jung UW, Lee IS, Kim CS, Lee YK, Choi SH.

Resolution of surgically created three-wall intrabony defects in implants using three different biomaterials: an in vivo study.

Clin Oral Implants Res. 2011 Mar;22(3):343-8.

(»Versorgung chirurgisch hergestellter dreiwandiger Knochendefekte bei Implantaten mittels drei verschiedener Biomaterialien: Eine In vivo-Studie.«)

Ziel der Studie war, die Knochenneubildung mit amorphem Kalziumphosphat (amorphous calcium phosphate, ACP), mikro-, makroporösem zweiphasigem Kalziumphosphat (micro-macroporous biphasic calcium phosphate, MBCP) und gefriergetrocknetem allogenen Knochen (freeze-dried bone allograft, FDBA) bei dreiwandigen Knochendefekten im Bereich von kalziumphosphatbeschichteten Implantaten zu beobachten. Dazu wurden bei fünf männlichen Mischlingshunden die Prämolaren und die Molaren im Unterkiefer beidseits extrahiert. Acht Wochen nach der Extraktion wurden auf jeder Seite des Unterkiefers je vier Implantate inseriert, die geschlossen einheilten. Vor der endgültigen Implantatinserion wurden dreiwandige Knochendefekte im Bereich des präparierten Implantatbetts präpariert. Jeweils ein Defekt wurde mit ACP, MBCP oder FDBA versorgt (Test). Ein Defekt wurde nicht versorgt und diente als Kontrolle. Die histologischen und histomorphometrischen Untersuchungen wurden 12 Wochen nach dem Eingriff durchgeführt. Es konnte ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Defekttiefe und des Knochen-Implantat-Kontakts bei allen drei Implantaten der Testgruppe im Vergleich zur Kontrolle ermittelt werden. Zwischen den drei Implantaten der Testgruppe waren keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellbar.

Rothamel D, Schwarz F, Fienitz T, Smeets R, Dreiseidler T, Ritter L, Happe A, Zöller J.

Biocompatibility and biodegradation of a native porcine pericardium membrane: results of in vitro and in vivo examinations.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2012 Jan-Feb;27(1):146-54.

(»Biokompatibilität und biologische Abbaubarkeit einer Membran aus porcinem Perikard: Ergebnisse einer In vitro- und In vivo-Untersuchung.«)

Das Prinzip der gesteuerten Gewebe- und Knochenregeneration hat sich zur Therapie von Parodontal- und Knochendefekten bewährt. Neben nicht-resorbierbaren Membranen werden verschiedene resorbierbare Membranen aus Kollagen als Barrieren zum umliegenden Gewebe verwendet. Die Kollagenmembranen unterscheiden sich signifikant hinsichtlich ihrer Barrierefunktion und ihrer Biokompatibilität. Das Ziel dieser Pilotstudie war die In vitro- und In vivo-Untersuchung einer neuartigen Kollagenmembran, die aus porcinem Perikard (Remotis) gewonnen wurde. Dazu wurde zunächst die Oberflächenstruktur zweier unterschiedlicher Kollagenmembranen (Remotis und Bio-Gide) elektronenmikroskopisch untersucht. Zur Überprüfung der Biokompatibilität wurden die Membranen mit osteoblastenähnlichen SaOs-2-Zellen inkubiert. Die Zellproliferation

auf den Membranen wurde nach zwei Stunden sowie nach drei und nach sieben Tagen bestimmt. Die biologische Abbaubarkeit wurde tierexperimentell mit den Knochenersatzmaterialien Bio-Oss und Cerabone im lateralen anterioren Bereich des Oberkiefers von acht Hunden nach vier, acht, 12 und 24 Wochen histologisch untersucht. Die Oberfläche von Remotis bestand aus einem vernetzten Porensystem, während die Bio-Gide-Oberfläche eine faserige Struktur aufwies. Auf Remotis konnte eine im Vergleich zu Bio-Gide signifikant erhöhte Zellproliferation beobachtet werden. In vivo war bei beiden Membranen eine gute Integration im umliegenden Gewebe ohne Entzündungsreaktionen zu beobachten und beide Membranen ließen eine frühe Vaskularisation des Augmentats zu. Die Remotis-Membran baute sich erst später ab (8-12 Wochen), während Bio-Gide sich bereits zwischen der vierten und achten Woche abbaute.

Einfache klinische Studien am Menschen

Umanjec-Korac S, Wu G, Hassan B, Liu Y, Wismeijer D.
A retrospective analysis of the resorption rate of deproteinized bovine bone as maxillary sinus graft material on cone beam computed tomography.

Clin Oral Implants Res. 2013 Apr 17. [Epub ahead of print]

(»Eine retrospektive Analyse mittels Kegelstrahl-Computertomografie zur Resorptionsrate deproteinisierten Knochenersatzmaterials boviner Ursprungs als Material zur Sinusbodenaugmentation.«)

Die Resorption des Transplantats stellt den wesentlichen Nachteil im Zusammenhang mit einer Sinusbodenaugmentation dar. Daher war das Ziel der vorliegenden Untersuchung, den prozentualen Anteil des Volumenverlusts von deproteinisiertem Knochenersatzmaterial boviner Herkunft (deproteinized bovine bone, DBB) mittels Kegelstrahl-Computertomografie (cone beam computed tomography, CBCT) zu messen. Dazu wurde eine retrospektive Analyse von 29 augmentierten Kieferhöhlen von 19 Patienten durchgeführt. Bei dem Augmentationsmaterial handelte es sich entweder um DBB als alleinigem Material oder um eine Mischung von 80% DBB mit 20% autolog gewonnenen Knochenchips. Anschließend wurden insgesamt 55 Implantate im Oberkiefer-Seitenzahnbereich inseriert. CBCT wurden prä- und postoperativ sowie nach einem Follow up von zwei Jahren durchgeführt. Die mittlere krestale Knochenhöhe betrug präoperativ $2,7 \pm 1,2$ mm. Postoperativ konnte eine mittlere Knochenhöhe von $14,13 \pm 4,6$ mm gemessen werden. Der mittlere prozentuale krestale Höhenverlust und der Volumenverlust betragen für DBB nach einem zweijährigen Follow up 18,58% und 19,30% und für DBB mit autologen Knochenchips 27,62% und 19,85%.

Luo ZB, Zhang QB, Zhang ZQ, Chen D, Yan WX, Li KF, Chen Y.
Performance of coralline hydroxyapatite in sinus floor augmentation: a retrospective study.

Clin Oral Investig. 2013 Jan 29. [Epub ahead of print].

(»Ergebnisse von Sinusbodenaugmentationen mittels Hydroxylapatit korallinen Ursprungs: Eine retrospektive Studie.«)

Bei 78 Patienten wurden insgesamt 118 Sinusbodenaugmentationen mittels Hydroxylapatit korallinen Ursprungs (coralline hydroxyapatite, CHA) und 174 einzeitige Implantatinsertionen durchgeführt. Bei 40 Patienten erfolgte eine verzögerte Implantatversorgung (82 Implantate) sechs Monate nach Augmentation. Im Zusammenhang mit der Implantation wurden aus dieser Gruppe gleichzeitig Knochenbiopsien für histologische und histomorphometrische Untersuchungen entnommen. In beiden Gruppen erfolgte die prothetische Versorgung sechs Monate nach Implantatinsertion.

Alle einzeitig gesetzten Implantate waren nach ein bis fünf Jahren Nachbeobachtungszeit noch in situ. Drei der 82 verzögert eingesetzten Implantate waren gelockert. Histologisch waren große Mengen Osteozyten und ein aktives Knochenremodelling sechs Monate nach Augmentation erkennbar. Radiologisch war eine Abnahme der CHA-Dichte bereits ab dem dritten Monat nach Augmentation zu erkennen und es ist davon auszugehen, dass CHA nach fünf Jahren komplett resorbiert wird.

Schlussfolgerung: CHA scheint ein ideales Material zur Augmentation bei Sinusbodenatrophie oder in anderen Fällen mit insuffizientem Residualknochen im Oberkiefer zu sein.

Riachi F, Naaman N, Tabarani C, Aboelsaad N, Aboushelib MN, Berberi A, Salameh Z.

Influence of material properties on rate of resorption of two bone graft materials after sinus lift using radiographic assessment.
Int J Dent. 2012;2012:737262.

(»Röntgenologische Untersuchung zum Einfluss der Materialeigenschaften zweier Knochentransplantatmaterialien auf ihre Resorptionsrate nach Sinusbodenaugmentation.«)

Bei 22 Patienten wurden Sinusbodenaugmentationen entweder mit Bio-Oss oder mit Cerabone durchgeführt. Die anschließende Implantatversorgung erfolgte nach acht Monaten. Die mittlere Partikelgröße von Bio-Oss maß 1 mm und war somit kleiner als die von Cerabone, die 2,7 mm betrug. Die röntgenologische Analyse ergab, dass bei Bio-Oss mit $33,4\% \pm 3,1\%$ ein höherer mittlerer Volumenverlust eintrat, als bei Cerabone mit $23,4\% \pm 3,6\%$. Der größte horizontale Abbau der Transplantate konnte innerhalb des ersten Jahres nach Sinusbodenaugmentation beobachtet werden.

Bassil J, Naaman N, Lattouf R, Kassis C, Changotade S, Baroukh B, Senni K, Godeau G.

Clinical, histological, and histomorphometrical analysis of maxillary sinus augmentation using inorganic bovine in humans: preliminary results.

J Oral Implantol. 2013 Feb;39(1):73-80.

(»Klinische, histologische und histomorphometrische Analyse von Sinusbodenaugmentationen mittels anorganischen Knochens boviner Ursprungs: Vorläufige Ergebnisse.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war, die Knochenneubildung nach Sinusbodenaugmentation mittels Knochenersatzes boviner Ursprungs (deproteinized bovine bone, DPBB, Bio-Oss) auf klinische, histologische und histomorphometrische Weise zu ermitteln. Dazu wurden bei 20 Patienten im zahnlosen Oberkiefer-Seitenzahnbereich mit einer Höhe an Residualknochen von weniger als 3 mm eine Sinusbodenaugmentation und eine verzögerte Implantatversorgung mit insgesamt 49 Straumann-Implantaten durchgeführt. Acht Monate nach Augmentation wurden im Zusammenhang mit der Implantatinsertion zylinderförmige Biopsien aus dem augmentierten Bereich entnommen und histologisch untersucht. Diese ergaben eine mittlere Knochenneubildungsrate von 17,6%. Knochenersatzmaterial war noch zu 29,9% erhalten. Bei 28,2% der DBPP-Knochenersatzpartikel bestand enger Kontakt zum umgebenden Knochen. Kein Implantat ging während der Nachbeobachtungszeit verloren. DBPP scheint über eine hohe Biokompatibilität und Osteokonduktivität zu verfügen und eignet sich als erfolgversprechender Knochenersatz für Sinusbodenaugmentationen.

Spin-Neto R, Stavropoulos A, Coletti FL, Faeda RS, Pereira LA, Marcantonio E Jr.

Graft incorporation and implant osseointegration following the use of autologous and fresh-frozen allogeneic block bone grafts for lateral ridge augmentation.

Clin Oral Implants Res. 2013 Jan 25. [Epub ahead of print].

(»Implantat-Osseointegration bei lateraler Alveolarkammaugmentation mittels autologem Knochen und frischen, gefriergetrockneten, allogenen Knochentransplantaten.«)

Das Ziel der Studie war, die Inkorporierung von autologem (AT) oder allogenen Knochen (AL) und die Osseointegration von Implantaten histomorphometrisch zu untersuchen. Dazu wurde bei 20 Patienten eine laterale Auflagerungsosteoplastik mit AL und bei 14 Patienten mit AT durchgeführt. Zusätzlich wurden im Augmentationsbereich Mini-Implantate aus Titan inseriert, die im Zusammenhang mit der Implantatversorgung sechs Monate nach Augmentation wieder entfernt und histologisch analysiert wurden. Im Rahmen der histologischen Untersuchung konnte ein mittlerer Anteil nekrotischer Knochenareale in Kontakt mit vitalem, neugebildetem Knochen (vital bone, VB) in den Augmentaten aus AT (55,9%) und AL (43,1%) gleichermaßen beobachtet werden. Während sich der Anteil nekrotischen Knochens zwischen AL und AT statistisch nicht signifikant unterschied ($p=0,19$), war in der AT-Gruppe ein statistisch signifikant höherer Anteil von VB ($27,6 \pm 17,5$ vs. $8,4 \pm 4,9$; $p=0,0002$) und von Bindegewebe ($16,4 \pm 15,6$ vs. $48,4 \pm 18,1$; $p<0,0001$) erkennbar. Bezüglich des Knochen-Implantat-Kontakts waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu beobachten.

Schlussfolgerung: Allogene Knochenblöcke scheinen bei eng umschriebenen Augmentationen eine denkbare Therapiemöglichkeit darzustellen. Die klinische Bedeutung der relativ schlechten Inkorporation der AL-Transplantate auf die Langzeitfunktion der Implantate ist derzeit noch unklar.

Stavropoulos A, Chiantella G, Costa D, Steigmann M, Windisch P, Sculean A.

Clinical and histologic evaluation of a granular bovine bone biomaterial used as an adjunct to GTR with a bioresorbable bovine pericardium collagen membrane in the treatment of intrabony defects. J Periodontol. 2011 Mar;82(3):462-70.

(»Klinische und histologische Untersuchung einer gesteuerten Geweberegeneration (GTR) mit einer Kollagenmembran aus bovinem Perikard und eines bovinen Granulats zur Behandlung intraossärer Defekte.«)

30 Patienten mit kombinierten ein- und zweiwandigen Knochendefekten mit einer Tiefe von ≥ 3 mm und einer Sondierungstiefe von ≥ 6 mm erhielten eine GTR-Therapie mit einer Kollagenmembran aus bovinem Perikard einem bovinen Biomaterials. Die klinische Nachuntersuchung erfolgte ein Jahr und drei Jahre nach dem Eingriff. Zusätzlich wurden fünf Zähne, die die obigen Einschlusskriterien erfüllten, jedoch aufgrund einer fortgeschrittenen Parodontitis oder aus restaurativen Erwägungen nicht mehr erhaltungswürdig waren, ebenfalls behandelt, nach einem halben Jahr extrahiert und histologisch untersucht. Die Heilung verlief bei allen Patienten komplikationslos und es trat eine signifikante Verbesserung der klinischen Parameter Sondierungstiefe ($4,4 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$; $4,7 \text{ mm} \pm 1,4 \text{ mm}$) und Attachmentgewinn ($3,9 \text{ mm} \pm 1,4 \text{ mm}$; $3,5 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$) nach einem und nach drei Jahren postoperativ ein. Histologisch war die Neubildung zellulären Zements und Parodontalfasern bei vier von fünf Zähnen erkennbar. Das xenogene Knochenmaterial schien größtenteils bindegewebig umschlossen zu sein und es konnte keine Knochenneubildung beobachtet werden.

Schlussfolgerung: Bei einer GTR führt die Kombination aus bovinem Knochen und einer Kollagenmembran aus bovinem Perikard zu signifikanten Verbesserungen klinischer Parameter, jedoch nicht zu einer Neubildung von Knochen.

Traini T, Degidi M, Sammons R, Stanley P, Piattelli A.

Histologic and elemental microanalytical study of anorganic bovine bone substitution following sinus floor augmentation in humans. J Periodontol. 2008 Jul;79(7):1232-40.

(»Histologische und elementare Mikroanalyse der Sinusbodenaugmentation mittels Knochenersatzmaterial boviner Herkunft.«)

Bei fünf Patienten wurden 20 Monate nach Sinusbodenaugmentation mit anorganischem bovinem Knochen (anorganic bovine bone, ABB) Biopsien durchgeführt und sowohl lichtmikroskopisch, als auch elektronenmikroskopisch untersucht. Das Gewebe bestand im augmentierten Bereich zu $38,0\% \pm 2,1\%$ aus neugebildetem Knochen, zu $36,0\% \pm 1,3\%$ aus Knochenmarkräumen und zu $29,0\%$ aus ABB-Partikeln. Die ABB-Partikel hatten engen Kontakt zum umgebenden Knochen und waren teilweise von neugebildetem Knochen durchsetzt. Die elementare Analyse ergab Kalzium/Phosphat-Anteile von $1,9\%$ bei ABB und $1,4\%$ für Knochen. Die Konzentration von Kalzium und Phosphat nahm in den ABB-Partikeln in Richtung des Kontaktbereichs mit dem umliegenden Knochen kontinuierlich ab.

Schlussfolgerung: Nach Ablauf von 20 Monaten kann die Persistenz von ABB-Partikeln auf den relativ hohen Kalziumgehalt und die Abwesenheit von Proteinen in den Partikeln zurückgeführt werden.

Mordenfeld A, Hallman M, Johansson CB, Albrektsson T.

Histological and histomorphometrical analyses of biopsies harvested 11 years after maxillary sinus floor augmentation with deproteinized bovine and autogenous bone.

Clin Oral Implants Res. 2010 Sep;21(9):961-70.

(»Histologische und histomorphometrische Analyse von Biopsien 11 Jahre nach Sinusbodenaugmentation mit autologem und deproteinisiertem bovinem Knochen.«)

Ziel der Studie war die histologische und histomorphometrische Untersuchung der Gewebsantwort und der Partikelgröße des Augmentats sechs Monate und 11 Jahre nach Sinusbodenaugmentation mit einer Mischung aus 20% autologem und 80% deproteinisiertem bovinem Knochen (deproteinized bovine bone, DPBB). In die Studie wurden 20 konsekutive Patienten (14 Frauen, sechs Männer) mit einem mittleren Alter von 62 Jahren (Minimum 48 Jahre, Maximum 69 Jahre) mit hochgradiger Resorption des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes einbezogen. Die Ergebnisse der Biopsien ergaben Anteile von $44,7\% \pm 16,9\%$ lamellären Knochens, $38,0 \pm 16,9\%$ Markareale, und $17,3\% \pm 13,2\%$ DPBB nach 11 Jahren. Die DPBB-Partikel waren gut im umliegenden Gewebe integriert. Die Größe der DPBB-Partikel hatte sich weder nach sechs Monaten noch nach 11 Jahren signifikant verändert.

Abolfazli N, Saleh Saber F, Lafzi A, Eskandari A, Mehrasbi S. A Clinical Comparison of Cenobone (A Decalcified Freeze-dried Bone Allograft) with Autogenous Bone Graft in the Treatment of Two- and Three-wall Intrabony Periodontal Defects: A Human Study with Six-month Reentry.

J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2008 Winter;2(1):1-8.

(»Eine klinische Vergleichsstudie zur Therapie von zwei- und dreiwandigen intraossären parodontalen Knochendefekten mit Cenobone oder autologem Knochen.«)

Die vorliegende Untersuchung wurde im Split-mouth Design durchgeführt. Jeweils 10 zwei- oder dreiwandige parodontale Knochendefekte mit einer Sondierungstiefe von ≥ 5 mm und einer knöchernen Defekttiefe von ≥ 3 mm wurden nach einer parodontalen Initialtherapie entweder mit Cenobone, einem dekalzifizierten, gefriergetrockneten allogenen Knochen, oder mit autologem Knochen versorgt. Sechs Monate nach dem chirurgischen Eingriff konnte in beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung der klinischen Parameter festgestellt werden. Zwischen beiden Gruppen waren keine signifikanten Unterschiede bezüglich der klinischen Parameter erkennbar.

Hernández-Alfaro F, Sancho-Puchades M, Guijarro-Martínez R. Total reconstruction of the atrophic maxilla with intraoral bone grafts and biomaterials: a prospective clinical study with cone beam computed tomography validation.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Jan-Feb;28(1):241-51.

(»Totalrekonstruktion des atrophierten Oberkiefers mittels intraoral gewonnener autologer Knochentransplantate und Biomaterialien: Eine prospektive klinische Studie mittels validierter Kegelstrahl-Computertomografie.«)

Bei 14 konsekutiven Patienten mit zahnlosem Oberkiefer (Klassen IV oder V nach Cawood und Howell) wurde eine beidseitige Sinusbodenaugmentation mit autologen Knochenblöcken aus dem Unterkiefer und mit Knochenersatzmaterial (Bio-Oss) durchgeführt. Bei jedem Patienten erfolgten Kegelstrahl-Computertomografien (cone beam computed tomography, CBCT) präoperativ, postoperativ und 14-16 Wochen nach dem Eingriff zum Zeitpunkt der anschließenden Implantatinsertion. Die mittlere Volumenzunahme betrug zum Zeitpunkt des dritten CBCT im Vergleich zum Zustand vor der Augmentation 71,99%.

Schlussfolgerung: Die Sinusbodenaugmentation mit einer Kombination aus autologen Knochenböcken aus dem Unterkiefer und Knochenersatzmaterial scheint eine wirksame und verlässliche Methode zur Rehabilitation des zahnlosen Oberkiefers zu sein. Die hier vorgestellte Technik erlaubte eine Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik in einem Zeitraum von vier Monaten.

Kurkcü M, Benlidayi ME, Cam B, Sertdemir Y.

Anorganic bovine-derived hydroxyapatite vs beta-tricalcium phosphate in sinus augmentation: a comparative histomorphometric study.

J Oral Implantol. 2012 Sep;38 Spec No:519-26.

(»Sinusbodenaugmentation mittels anorganischem Knochenersatz aus Hydroxylapatit bovinen Ursprungs oder mittels beta-Trikalziumphosphat: Eine Vergleichsstudie.«)

Das Ziel der vorliegenden klinischen Studie war die vergleichende Untersuchung des biologischen Verhaltens anorganischen Knochenersatzes aus Hydroxylapatit bovinen Ursprungs (bovine-derived hydroxyapatite, BHA) und beta-Trikalziumphosphat (beta-TCP) bei Verwendung als Material zur zweizeitigen Sinusbodenaugmentation. Dazu wurden 23 Patienten (12 Männer, 11 Frauen) mit zahnlosem oder teilbezahntem Oberkiefer-Seitenzahnbereich ausgewählt. BHA wurde bei 13 Patienten eingesetzt, während 10 Patienten Augmentate aus beta-TCP erhielten. Nach einer ca. 6,5-monatigen Einheilzeit wurden Biopsien aus den augmentierten Bereichen entnommen und histomorphometrisch analysiert. Die mittlere Knochenneubildungsrate war in der BHA-Gruppe mit $30,13\% \pm 3,45\%$ gegenüber der beta-TCP-Gruppe mit $21,09 \pm 2,86\%$ signifikant erhöht ($p=0,01$). Der mittlere Anteil nicht-resorbierten Knochenersatzmaterials unterschied sich ebenfalls signifikant ($p=0,047$) und betrug in der BHA-Gruppe $31,88 \pm 6,05\%$ und in der beta-TCP-Gruppe $34,05\% \pm 3,01\%$.

Schlussfolgerung: Beide Knochenersatzmaterialien verhielten sich biokompatibel und osteokonduktiv. BHA scheint dabei über eine höhere osteokonduktive Potenz zu verfügen als beta-TCP.

RCT's

Ronda M, Rebaudi A, Torelli L, Stacchi C.

Expanded vs. dense polytetrafluoroethylene membranes in vertical ridge augmentation around dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial.

Clin Oral Implants Res. 2013 Apr 8. [Epub ahead of print].

(»Membranen aus expandiertem oder dichtem Polytetrafluoroethylen zur vertikalen Alveolarkammerhöhung bei Implantatversorgung: Eine prospektive randomisiert kontrollierte klinische Studie.«)

In der vorliegenden Untersuchung wurde bei 23 Patienten im Zusammenhang mit einer einzeitigen Implantatversorgung im Unterkiefer-Seitenzahnbereich eine gesteuerte Knochenregeneration (guided bone regeneration, GBR) mit einer Mischung aus 50% autologem und 50% allogem Knochenersatz durchgeführt. Anschließend wurden die Bereiche entweder mit einer titanverstärkten Membran aus expandiertem (Kontrollgruppe) oder dichtem (Testgruppe) Polytetrafluoroethylen (ePTFE oder dPTFE) abgedeckt. Nach einer Einheilzeit von sechs Monaten wurden die Membranen wieder entfernt. Ziel der Studie war, Unterschiede beider Membranen bei der GBR zu ermitteln. Mit einem mittleren krestalen Höhengewinn von 5,49 mm in der Testgruppe und 4,91 mm in der Kontrollgruppe war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen ePTFE und dPTFE erkennbar. Allerdings war bei der dPTFE-Membran im Vergleich zur ePTFE-Membran das Handling einfacher, da sich erstgenannte besser entfernen ließ.

Silvestri M, Martegani P, D'Avenia F, Farneti M, Capri D, Paolantonio G, Landi L.

Simultaneous sinus augmentation with implant placement: histomorphometric comparison of two different grafting materials. A multicenter double-blind prospective randomized controlled clinical trial.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Mar-Apr;28(2):543-9.

(»Sinusbodenaugmentation und simultane Implantatinsertion: ein histomorphometrischer Vergleich zweier unterschiedlicher Augmentationsmaterialien: Eine multizentrische, doppelblinde randomisiert kontrollierte klinische Studie im prospektiven Design.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war der histomorphometrische Vergleich zweier unterschiedlicher xenogener Knochenersatzmaterialien bei externer Sinusbodenelevation und gleichzeitiger Implantatversorgung. 37 Patienten aus sieben Zahnarztpraxen wurden in die Studie eingeschlossen. Einschlusskriterium war, dass der knöchernen Kieferhöhlenbodens eine Residualhöhe von 2-4 mm haben sollte. In der Testgruppe erfolgte eine Augmentation mit deproteinisiertem, bovinem Knochenersatz in Granulatform (deproteinized particulated bovine bone, DPBB), während in der Kontrollgruppe die Augmentation mit vorbenetztem kortikospongiosen porcinen Knochen (prehydrated corticocancellous porcine bone, PCPB) durchgeführt wurde. In beiden Gruppen erfolgte eine gleichzeitige Implantatinsertion. Nach sechs Monaten gingen drei von insgesamt 88 Implantaten verloren, was einer Überlebensrate von 96,34% entspricht. Die histomorphometrische Analyse ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden xenogenen Knochenersatzmaterialien hinsichtlich der Parameter „erzieltes Knochenvolumen“ (PCPB 37,43%, DPBB 37,52%) oder „nicht-resorbierte Augmentatanteile“ (PCPB 13,55%, DPBB 16,44%).

Schmitt CM, Doering H, Schmidt T, Lutz R, Neukam FW, Schlegel KA. Histological results after maxillary sinus augmentation with Straumann® BoneCeramic, Bio-Oss®, Puros®, and autologous bone. A randomized controlled clinical trial.

Clin Oral Implants Res. 2013 May;24(5):576-85.

(»Histologische Ergebnisse nach Sinusbodenaugmentation mit Straumann® BoneCeramic, Bio-Oss®, Puros® und autologem Knochen. Eine randomisiert kontrollierte klinische Studie.«)

In die Studie wurden 30 konsekutive Patienten mit zahnlosem Oberkiefer-Seitenzahnbereich und einer Residualhöhe des knöchernen Alveolarkamms von weniger als 4 mm einbezogen. Die Augmentation erfolgte entweder mit zweiphasigem Kalziumphosphat (biphasic calcium phosphate, BCP, Straumann® BoneCeramic), anorganischem bovinen Knochenersatz (anorganic bovine

bone, ABB, Bio-Oss®), mineralisierter Spongiosa (mineralized cancellous bone allograft, MCBA, Puros®) oder autologem Knochen (autologous bone, AB). Die Implantatinsertion erfolgte simultan. Die histologischen Ergebnisse, die fünf Monate nach dem Eingriff anhand von Biopsien durchgeführt wurden, ergaben eine mittlere Knochenneubildung von $30,28 \pm 2,16\%$ bei BCP, $24,9 \pm 5,67\%$ bei ABB, $41,74 \pm 2,1\%$ bei AB, und $35,41 \pm 2,78\%$ bei MCBA. Statistisch signifikante Unterschiede bestanden bei AB gegenüber BCP und ABB sowie MCBA gegenüber ABB. Bezüglich des Parameters „nicht-resorbierte Augmentatanteile“ war ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der BCP-Gruppe mit $15,8\% \pm 2,1\%$ und der ABB-Gruppe mit $21,36\% \pm 4,83\%$ vorhanden.

Schlussfolgerung: Alle hier vorgestellten xenogenen Materialien zeigten ähnliche Ergebnisse und eignen sich zur Sinusbodenaugmentation. Was die Knochenneubildung anbetrifft, bleibt AB als Material zur Sinusbodenaugmentation jedoch weiterhin der Goldstandard.

Amorfini L, Migliorati M, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Benedicenti S.

Block Allograft Technique versus Standard Guided Bone Regeneration: a randomized clinical trial.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Jan 25. [Epub ahead of print].

(»Allogene Knochenblöcke im Vergleich zur standardmäßigen gesteuerten Knochenregeneration: Eine randomisiert kontrollierte klinische Studie.«)

Das Ziel der vorliegenden randomisiert kontrollierten klinischen Studie im Split-mouth Design war der Vergleich deproteinisierten bovinen Knochens (deproteinized bovine bone, DPBB) als Zusatz zu autologem Knochen oder allogener Spongiosablöcke mit/ohne rekombinanten menschlichen thrombozytären Wachstumsfaktor (recombinant human platelet-derived growth factor-BB, rhPDGF-BB) zum Aufbau atrophiertes Unterkiefer-Alveolarfortsätze. 16 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien (Erwachsene ohne systemische Erkrankungen und beidseitiger Alveolarkammatrophy im Unterkiefer). Die Augmentation erfolgte in der Kontrollgruppe mittels einer Mischung autologer Knochenchips mit DPBB. In der Testgruppe erfolgte die Augmentation mittels allogener Spongiosablöcke. Zusätzlich wurde in beiden Gruppen entweder rhPDGF-BB oder Kochsalzlösung hinzugegeben. Nach einem Jahr waren keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des Knochenangebots festzustellen. In der Gruppe mit Beigabe von Kochsalzlösung waren keine signifikanten Effekte auf die Änderung des Knochenangebots erkennbar, während bei rhPDGF-BB-Beigabe eine grenzwertige Signifikanz ($p=0,52$) zwischen den Gruppen ermittelt werden konnte.

Schlussfolgerung: Die Augmentation mit allogenen Spongiosablöcken und die standardmäßige GBR führten zu einer vergleichbaren knöchernen Regeneration ein Jahr nach funktioneller Belastung. Die Beigabe von rhPDGF-BB hatte einen positiven Einfluss auf die Weichgewebsheilung.

Merli M, Moscatelli M, Mariotti G, Rotundo R, Nieri M.

Autogenous bone versus deproteinised bovine bone matrix in 1-stage lateral sinus floor elevation in the severely atrophied maxilla: a randomised controlled trial.

Eur J Oral Implantol. 2013 Spring;6(1):27-37.

(»Einzeitige externe Sinusbodenaugmentation im hochgradig atrophierten Oberkiefer mittels autologem Knochen oder deproteinisierter boviner Knochenmatrix: eine randomisiert kontrollierte Studie.«)

Bei je 20 Patienten wurden eine externe Sinusbodenaugmentation, entweder mit deproteinisierter boviner Knochenmatrix (deproteinised bovine bone matrix, DBBM, Testgruppe) oder mit autologem Knochen (autogenous bone, AB, Kontrollgruppe) und eine gleichzeitige Implantatversorgung durchgeführt. Die Outcome-

Variablen waren Implantatverluste, prothetische Misserfolge, Behandlungszeit, postoperative Beschwerden und röntgenologische Bestimmung des krestalen Knochenlevels sechs Monate nach Belastung. In der DBBM-Gruppe traten zwei Implantatverluste auf. In der AB-Gruppe ging kein Implantat verloren. Die Behandlungszeit war in der DBBM-Gruppe mit einer Differenz von -27,3 Minuten gegenüber der AB-Gruppe signifikant reduziert ($p=0,043$). Bei den Parametern „postoperative Beschwerden, vertikale Knochenhöhe und krestales Knochenlevel“ waren keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellbar.

Felice P, Marchetti C, Iezzi G, Piattelli A, Worthington H, Pellegrino G, Esposito M.

Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional bloc grafts: bone from the iliac crest vs. bovine anorganic bone. Clinical and histological results up to one year after loading from a randomized-controlled clinical trial.

Clin Oral Implants Res. 2009 Dec;20(12):1386-93.

(»Vertikale Alveolarkammaugmentation im atrophierten Unterkiefer-Seitenzahnbereich mittels Interpositionosteoplastik mit blockförmigen Transplantaten aus Beckenkammknochen oder anorganischem Knochen boviner Herkunft: Klinische und histologische Ergebnisse einer randomisiert kontrollierten klinischen Studie ein Jahr nach Belastung.«)

Zehn teilbezahnte Patienten mit einer Alveolarkammresthöhe von 5-7 mm wurden in die Studie eingeschlossen. Vier Monate nach der Augmentation erfolgte eine Implantatversorgung und weitere vier Monate später wurden die Patienten mit provisorischen Suprakonstruktionen versorgt. Vier Monate nach der Augmentation war in der Gruppe mit dem anorganischen Knochenersatz boviner Herkunft (Bio-Oss) ein statistisch signifikant höherer Anteil nicht resorbierten Knochenersatzmaterials im Vergleich zur Gruppe, in welcher die Augmentation mittels autologen Beckenkammtransplantaten (AB) erfolgte, zu beobachten. Nach einem Jahr unter Belastung trat in beiden Gruppen ein statistisch signifikanter periimplantärer Knochenverlust im Vergleich zum Zustand direkt nach Augmentation auf (Bio-Oss: -0,59 mm; AB: -0,82 mm), der sich zwischen den Gruppen jedoch nicht signifikant unterschied.

Froum SJ, Wallace SS, Cho SC, Elian N, Tarnow DP.

Histomorphometric comparison of a biphasic bone ceramic to anorganic bovine bone for sinus augmentation: 6- to 8-month postsurgical assessment of vital bone formation. A pilot study.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2008 Jun;28(3):273-81.

(»Vergleichende histomorphometrische Untersuchung einer Sinusbodenaugmentation mit biphasischem Kalziumphosphat oder anorganischem bovinem Knochenersatz: Eine Pilotstudie zur Neubildung vitalen Knochens sechs bis acht Monate nach dem operativen Eingriff.«)

In der vorliegenden verblindeten, randomisiert kontrollierten Pilotstudie wurden bei 12 Patienten beidseitige Sinusbodenaugmentationen je mit einem zweiphasigen Kalziumphosphat (biphasic calcium phosphate, BCP, Straumann BoneCeramic) und einer anorganischen bovinen Knochenmatrix (anorganic bovine bone matrix, ABBM) durchgeführt. Die Bestimmung, welches Material für welche Seite verwendet werden sollte, erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Nach sechs bis acht Monaten wurden mittels Trepanbohrern Biopsien entnommen und histomorphometrisch untersucht. Die Untersuchung ergab einen mittleren Anteil vitalen Knochens von 28,35% in der BCP-Gruppe und 22,27% in der ABBM-Gruppe. Der mittlere Anteil nicht resorbierten Aufbaumaterials betrug in der BCP-Gruppe 28,4% und in der ABBM-Gruppe 26,0%. Es waren bei beiden Parametern keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Beide Materialien scheinen über osteokonduktive Eigenschaften zu verfügen und die Knochenneubildung anzuregen.

Lumetti S, Consolo U, Galli C, Multinu A, Piersanti L, Bellini P, Manfredi E, Corinaldesi G, Zaffe D, Macaluso GM, Marchetti C. Fresh-frozen bone blocks for horizontal ridge augmentation in the upper maxilla: 6-month outcomes of a randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012 Apr 24. [Epub ahead of print] (»Frische tiefgekühlte Knochenblöcke zur horizontalen Alveolarkammaugmentation im Oberkiefer: Ergebnisse einer randomisiert kontrollierten Studie.«)

In dieser randomisiert kontrollierten Studie wurden horizontale Alveolarkammaugmentationen bei je 12 Patienten mit Klasse IV-Defekten im Oberkiefer nach der Klassifikation von Cawood und Howell mit frischen tiefgekühlten oder autolog gewonnenen Knochenblöcken durchgeführt. Eine Woche und sechs Monate nach dem Eingriff wurden Computertomografien und Knochendichtemessungen durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Implantatinsertion ein halbes Jahr nach Augmentation, wurden Biopsien entnommen und histologisch sowie histomorphometrisch analysiert. Frische gefriergetrocknete Knochenblöcke zeigten eine geringere Knochendichte als autologe Knochenblöcke. 25% autologen Knochens und 52% frischen gefriergetrockneten Knochens gingen sechs Monate nach der Augmentation verloren ($p=0,0041$). Bei beiden Materialien war eine Knochenneubildung zu erkennen. Anzeichen einer Entzündung waren in den Augmentaten aus frischem gefriergetrocknetem Knochen erkennbar.

Schlussfolgerung: Auf Grundlage der ersten Studienergebnisse nach sechs Monaten ist autologer Knochen gegenüber frischem gefriergetrocknetem Knochen vorzuziehen.

Systematische Reviews, Metaanalysen

Klein MO, Al-Nawas B.

For which clinical indications in dental implantology is the use of bone substitute materials scientifically substantiated? *Eur J Oral Implantol.* 2011;4(5):11-29.

(»Für welche klinische Indikation ist der Einsatz von Knochenersatzmaterialien in der dentalen Implantologie wissenschaftlich abgesichert?«)

Das Ziel des systematischen Reviews war, den Einfluss verschiedener partikelförmiger Knochenersatzmaterialien bei umschriebenen Augmentationen im Zusammenhang mit Implantatversorgungen auf die Implantatüberlebensdauer zu ermitteln, um die wissenschaftliche Basis für eine Experten-Konsensuskonferenz zu schaffen. Von über 3.800 Abstracts erfüllten 72 die Einschlusskriterien und wurden in die Analyse einbezogen. Es besteht ein hoher Grad an Evidenz, dass die Überlebensraten von Implantaten, die in augmentierten Bereichen eingesetzt wurden, vergleichbar mit Implantaten sind, die in ortsständigem Knochen eingesetzt wurden. Bei Sinusbodenaugmentationen waren alle verwendeten Materialien hinsichtlich der klinischen Ergebnisse miteinander vergleichbar und es konnten hohe Implantat-Überlebensraten und gute histomorphometrische Ergebnisse ermittelt werden. Im Zusammenhang mit Alveolarkammerhöhungen ließ die Heterogenität der verfügbaren Daten keine Identifikation einer überlegenen Augmentationstechnik zu.

Jensen T, Schou S, Stavropoulos A, Terheyden H, Holmstrup P. Maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss or Bio-Oss mixed with autogenous bone as graft: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Mar;23(3):263-73. (»Sinusbodenaugmentation mit Bio-Oss oder einer Mischung aus Bio-Oss und autologem Knochen: Ein systematischer Review.«)

Die Nullhypothese dieses systematischen Reviews war, dass es bei externen Sinusbodenaugmentationen keine Unterschiede im Behandlungsergebnis nach Augmentation mit Bio-Oss oder einer Mischung aus Bio-Oss und autologem Knochen gibt. Dazu wurden eine PubMed-Recherche und eine Handsuche in relevanten Fachjournalen für den Zeitraum von Januar 1990 bis Juni 2010 durchgeführt. 35 von 879 Studien erfüllten die Einschlusskriterien. In nur einer Studie wurde die Einjahres-Überlebensdauer von Implantaten mit den beiden Materialien zur Sinusbodenaugmentation untersucht. In dieser konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Materialien ermittelt werden. Die Beimengung von autologem Knochen schien das Ausmaß neugebildeten Knochens und den Knochen-Implantat-Kontakt im Vergleich zur alleinigen Verwendung von Bio-Oss nicht zu beeinflussen.

Schlussfolgerung: Die Nullhypothese, dass keine Unterschiede bezüglich der klinischen Ergebnisse bei Verwendung von Bio-Oss oder Bio-Oss mit autologem Knochen für eine Sinusbodenaugmentation konnte weder bestätigt, noch verworfen werden.

Rickert D, Slater JJ, Meijer HJ, Vissink A, Raghoobar GM. Maxillary sinus lift with solely autogenous bone compared to a combination of autogenous bone and growth factors or (solely) bone substitutes. A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012 Feb;41(2):160-7. (»Sinusbodenaugmentation mit autologem Knochen im Vergleich zu einer Kombination aus autologem Knochen und Wachstumsfaktoren oder autologem Knochen und Knochenersatzmaterialien. Ein systematischer Review.«)

12 von insgesamt 1.124 Studien erfüllten die Einschlusskriterien dieses systematischen Reviews. Die Metaanalyse ergab zwischen autologem Knochen, autologem Knochen mit Wachstumsfaktoren (Plättchenreiches Blutplasma) sowie autologem Knochen in Kombination mit Knochenersatzmaterialien (bovines Hydroxylapatit, bioaktives Glas, kortikospongiöser Knochen porcinen Ursprungs) keine signifikanten Unterschiede bei der Knochenneubildung nach fünf Monaten. Eine signifikant höhere Knochenbildung konnte beim Vergleich des Einsatzes autologen Knochens im Vergleich zur alleinigen Verwendung von beta-Trikalziumphosphat ermittelt werden ($p=0,036$). Signifikante Unterschiede in der Implantat-Überlebensrate waren nicht erkennbar. Die Kombination von Knochenersatzmaterial mit autologem Knochen eignet sich als gute Alternative zur alleinigen Augmentation mit autologem Knochen, um Knochendefekte im Oberkiefer mittels Sinusbodenaugmentationen auszugleichen. Die Beigabe von Wachstumsfaktoren konnte das Knochenwachstum nicht beeinflussen. ■

In der nächsten Ausgabe **pip** 4/2013: Tissue Engineering

Wollen Sie mehr zu einer bestimmten Arbeit wissen?

Nutzen Sie unseren Volltext-Service auf www.pipverlag.de, senden Sie ein Fax an **08025-5583** oder eine E-mail an leser@pipverlag.de.

Wir recherchieren die Gesamtkosten bei den einzelnen Verlagen bzw. Textservices, Sie erhalten eine Gesamtkosten-Übersicht und können über uns bestellen.

Für **pip**-Abonnenten sind Recherche, Handling und Versand der Texte kostenlos!