

Die Wirksamkeit von demineralisierter Knochenmatrix und Spongiosa-Knochenchips für den Sinuslift



David M. Kim, DDS, DMSc¹/Marc L. Nevins, DMD, MMSc²
Marcelo Camelo, DDS³/Joao Marcelo Borges Camelo, DDS³
Peter Schupbach, PhD⁴/James J. Hanratty, DDS⁵
N. Guzin Utzel, DMD, DMSc⁶/Myron Nevins, DDS⁷

Demineralisierte Knochenmatrix und Spongiosachips in einem Umkehrphasen-Trägermedium (DynaBlast, Keystone Dental) wurden verwendet, um bei acht Patienten für insgesamt 10 Sinuslifts den Knochen der Kieferhöhle aufzubauen. Bei dem CT-Scan nach fünf Monaten und der klinischen Wiedereröffnung nach sechs bis sieben Monaten (durchschnittlich 6,2 Monate) zeigten sich eine Knochenneubildung und ein ausreichendes röntgendichtes Volumen, sodass in allen Bereichen Implantate gesetzt werden konnten. Die Mikro-CT-Untersuchung und die histomorphometrische Analyse der Kernbiopsate bestätigten die Bildung von neuem Knochen. Sie zeigten drei markante Mineralisierungsmuster, die bereits früher beschrieben wurden. DynaBlast kann als sinnvolle Alternative zur Verwendung von autogenem Knochen oder anderen Arten von Transplantatmaterialien betrachtet werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:391-399.)

¹ Assistenzprofessor, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

² Klinischer Privatdozent, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

³ Privatpraxis, Institute for Advanced Dental Studies, Belo Horizonte, Brasilien.

⁴ Nebenamtlicher Professor, Department of Periodontics, School of Dental Medicine, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

⁵ Privatpraxis, Swampscott, Massachusetts, USA.

⁶ Dozent, Department of Periodontology, School of Dental Medicine, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

⁷ Klinischer Privatdozent, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

Korrespondenz an: David M. Kim, Harvard School of Dental Medicine, 188 Longwood Avenue, Boston, MA 02115, USA; Fax: +1-617-432-1897; E-Mail: dkim@hsdm.harvard.edu

Die Kieferhöhle wird als Bereich für die Untersuchung des osteogenen Verhaltens von Knochenersatzmaterialien genutzt, weil sie kein natürlicher knochenbildender Bereich ist^{1,2}. Anhand aktuellerer Publikationen ist festzustellen, dass von den früheren Verfahren mit autogenen Blöcken zu autogenen Knochenpartikeln und Knochenersatzprodukten übergegangen wird. Die Wirksamkeit dieser Produkte bei der Entwicklung eines ausreichenden Knochenlagers, das der okklusalen Belastung von Dentalimplantaten standhält, wird durch mehrere kritische Untersuchungen bestätigt³⁻⁶.

Für den Sinuslift werden häufig Knochenallotransplantate verwendet, da sie osteogene Eigenschaften aufweisen. Demineralisierte Knochenmatrix (DBM) gilt als Material mit osteokonduktiven und potenziell osteoinduktiven Möglichkeiten. Dies wurde durch die Knochenbildung nach submuskulärer Implantation bei Tieren gezeigt^{7,8}. DBM ist in unterschiedlicher Form erhältlich (gefriergetrocknetes Pulver, zerstoßene Körner, Chips, Gel, Paste und Kitt), womit seine Eigenschaften noch verbessert werden⁹.

Die prozentualen Anteile von neuem Knochen oder Weichgewebe, die durch mineralisiertes (FDBA) oder demineralisiertes gefrierge-



Abb. 1 Durch die Kortikalis der lateralen Wand der Kieferhöhle wurde eine orale Osteotomie vorgenommen. Die Kortikalis wurde vorsichtig entfernt, bis die transluzente Sinusmembran zu sehen war. Sie wurde dann behutsam von der inneren Seite der Kieferhöhlenwand gelöst.



Abb. 2 Durch die Abhebung der Sinusmembran aus ihrer unteren und seitlichen Position entstand ausreichend Platz für das Transplantatmaterial (DynaBlast). Kleine Mengen DynaBlast wurden schrittweise in den Empfängerbereich injiziert und dicht gestopft. Dabei wurde mit der medialsten und hintersten Seite der Kieferhöhle begonnen und in der lateralsten, vordersten Position abgeschlossen.



Abb. 3 Das DynaBlast wurde den äußeren Grenzen der lateralen Seite des Oberkiefers angepasst.

trocknetes Allotransplantat (DFDBA) in intraoralen lokalisierten unbezahnten Bereichen induziert werden, unterscheiden sich anscheinend nicht signifikant¹⁰. DFDBA wird häufig mit anderen Transplantatmaterialien kombiniert, um die Knochendichte zu verbessern¹⁰⁻¹⁸.

In dieser Studie wurde die Verwendung von DynaBlast (Keystone Dental) für die Augmentation der Kieferhöhle ausgewertet. Es sollten später Dentalimplantate inseriert werden, um die Okklusion im Seitenzahnbereich wiederherzustellen. Das Produkt besteht aus DBM und Spongiosachips in einem Umkehrphasen-Medium (Poloxamer 407). Diese Kombination gilt als vorteilhaft, da DBM die Knochenneubildung stimuliert und die Spongiosachips ein osteokonduktives Gerüst für Knochenanlagerung und -umbau bieten. Poloxamer 407 ist ein inerter Bestandteil, der auch in rezeptfreien Pharmazeutika enthalten ist. Die außergewöhnlich gute Handhabbarkeit von DynaBlast

hängt von diesem einzigartigen Trägermaterial ab. Dank diesem Umkehrphasen-Medium, das auf Temperaturschwankungen reagiert, löst sich das Transplantat besser handhaben und lokal fixieren. In der vorliegenden Studie wurden mithilfe der histomorphometrischen Analyse zusammen mit der Lichtmikroskopie, der Computertomografie (CT) und dem Mikro-CT die Knochenneubildung und der Abbau der Matrix nachgewiesen.

Material und Methode

Die Studie wurde in zwei Bereichen bei insgesamt acht Patienten durchgeführt (Alter zwischen 31 und 62 Jahren). Keiner der Patienten hatte signifikante systemische Erkrankungen. Alle brauchten einen Sinuslift mit einem lateralen Fenster von bukkal. Der Eingriff wurde mit jedem Patienten besprochen, anschließend wurde die Einwilligung nach Information unterzeichnet. Bei der

präoperativen Untersuchung wurden periapikale Röntgenbilder und CT-Scans gemacht. Dabei zeigte sich eine unzureichende Höhe des natürlichen Alveolarknochens (weniger als 6 mm), sodass ohne Sinuslift keine Implantate inseriert werden konnten. Das Verfahren wurde bei zwei Patienten bilateral und bei sechs Patienten unilateral durchgeführt.

Der Eingriff erfolgte unter örtlicher Betäubung (2 % Lidocain mit 1:100000 Epinephrin). Zunächst wurde ein Mukoperiostlappen gelöst, um den bukkalen Knochen der Kieferhöhle freizulegen. Mit einem piezoelektrischen chirurgischen Gerät (Piezosurgery, Mectron) wurde eine ovale Osteotomie angelegt. Die Sinusmembran blieb dabei intakt. Sie wurde zur medialen Wand der Kieferhöhle hin angehoben (Abb. 1). Dann wurde die Kavität in mehreren Schritten mit DynaBlast gefüllt und der Bereich wurde mit einer resorbierbaren Kollagenmembran (Bio-Gide, Osteo-

health) (Abb. 2 und 3) abgedeckt. Der primäre Lappenverschluss erfolgte mit 3-0 Seide (Ethicon Inc). Die Patienten erhielten Antibiotika (Amoxicillin, 500 mg dreimal täglich für fünf Tage, oder Clindamycin, 300 mg dreimal täglich für fünf Tage) und Analgetika (Ibuprofen, 800 mg dreimal täglich für fünf Tage). Sie wurden außerdem angewiesen, eine Woche lang zweimal täglich den Mund mit 0,12 % Chlorhexidindigluconat zu spülen. Die Patienten erhielten nach dem Eingriff schriftliche Anweisungen. Außerdem wurden sie gebeten, sieben bis 10 Tage nach dem Eingriff wiederzukommen, damit die Fäden entfernt und der Eingriffsbereich untersucht werden konnte. In den darauffolgenden sechs bis sieben Monaten wurden sie monatlich untersucht.

Fünf Monate nach dem Sinuslift wurde ein CT-Scan angefertigt, um die Zunahme der Knochenhöhe zu ermitteln. Dazu wurde die Höhe des natürlichen Knochens von der Gesamthöhe des neuen Knochens abgezogen. Die Kernbiopsate aus dem Kieferhöhlenknochen (lateral und krestal) wurden nach sechs bis sieben Monaten mit einem 3-mm-Trepanbohrer (Biomet 3i) entnommen. Sie wurden sofort in Formalin eingebettet und für das Mikro-CT und die histologischen und histomorphometrischen Untersuchungen an einen Histologen gesandt. In die Osteotomiebereiche, die durch die Biopsatentnahme entstanden waren, wurden 16 Dentalimplantate (Certain Prevail, Biomet 3i) inseriert.

Mikro-CT

Die fixierten Biopsate wurden mit einem hochauflösenden Mikro-CT-System (μ CT 40, Scanco Medical) im Mehrschicht-Modus gescannt. Jedes Bilddaten-Set bestand aus etwa

600 Mikro-CT-Schichtaufnahmen. Die Biopsate wurden in einem hochauflösenden Modus mit einer x-, y- und z-Achsenauflösung von 12 μ m gescannt. Mit einer speziellen Software (Scanco Medical) wurden die Bilddaten-Sets dazu verwendet, dreidimensionale Ansichten der Biopsate zu erstellen.

Lichtmikroskop

Acht Biopsate wurden histologisch bearbeitet. Sie wurden in einer aufsteigenden Ethanolreihe dehydriert und dann in lighthärtendes Einkomponenten-Acrylharz (Technovit 7200 VLC, Heraeus Kulzer) eingebettet. Die polymerisierten Blöcke wurden zunächst beschliffen, um die Gewebekomponenten näher an die Schnittoberfläche zu bringen. Ein 100 μ m dicker Schnitt, der an dem zweiten Träger befestigt wurde, wurde mit einer Diamantklinge und einem Druck von 50 bis 100 g durchgesägt. Die endgültige Dicke von ca. 40 μ m wurde erzielt, indem mit Schleifpapier der Körnung 1200, 2400 und 4000 geschliffen und poliert wurde. Einzelne Schnitte aus jedem Block wurden plastiniert mit Toluidinblau/Pyronin G eingefärbt.

Histomorphometrie

Mit spezieller Software (Scanco Medical) wurde ein Schwellenwert festgelegt, um die Graustufen des neugebildeten Knochens von den Spongiosachips abzugrenzen. Auf der Grundlage dieser Werte wurde der prozentuale Anteil an neuem Knochen und Spongiosachips errechnet.

Bei der Mikro-CT-Untersuchung wurde zwischen zwei Haupt-Graustufen unterschieden. Die helleren Bereiche, die eine etwas höhere

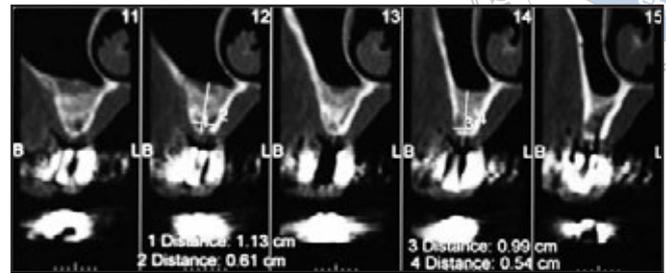
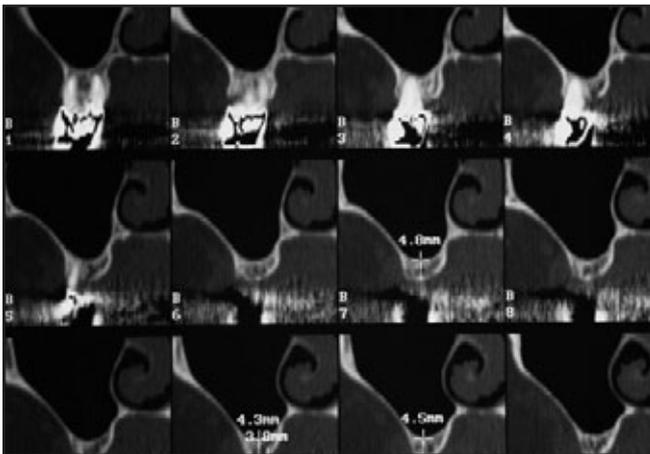


Abb. 4a und 4b Die CT-Scans, die (links) vor dem Sinuslift und (oben) fünf Monate danach angefertigt wurden, zeigen eine Zunahme des röntgendichten Volumens in der Kieferhöhle.



Abb. 5 Bei der klinischen Wiedereröffnung nach sechs Monaten zeigte sich neuer Knochen, der sich im Bereich der chirurgischen Osteotomie gebildet hatte und vom benachbarten natürlichen Knochen nicht zu unterscheiden war.

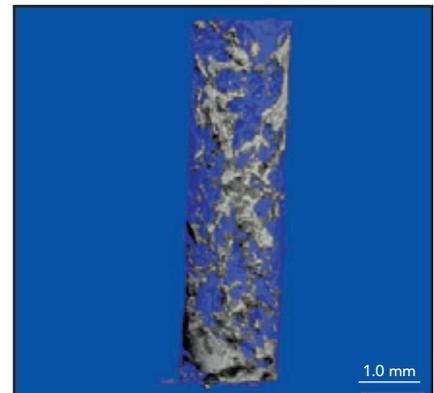
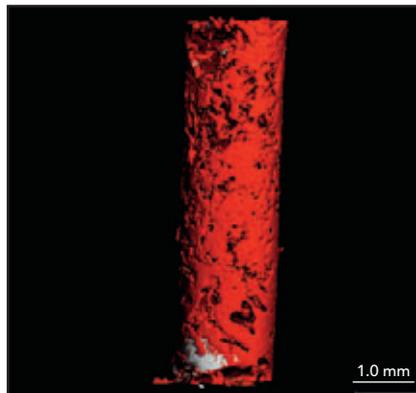


Abb. 6a und 6b Die Mikro-CT-Auswertung eines Kernbiopsats, das 7 Monate nach dem Sinuslift entnommen worden war, ergab, dass es dicht mineralisiert war und aus neugebildetem Knochen (links, rot) und Spongiosachips (rechts, weiß) bestand. In allen Biopsaten war die Knochenbildung in unterschiedlichem Maß zu erkennen.

Mineralisierung andeuteten, wurden als Bereiche mit Spongiosachips definiert. Die dunkleren Graubereiche stellten den neugebildeten Knochen dar. Anhand dieser Graustufen wurden 3D-Rekonstruktionen erzeugt, die einen Längsschnitt durch das Kernbiopsat zeigten. Um die Betrachtung der beiden gewählten Graustufen zu erleichtern, wurden willkürlich Farben ge-

wählt (weiß für die Spongiosachips, rot für den Knochen).

Ergebnisse

Klinische und CT-Auswertungen

Es wurden bei acht Patienten insgesamt zehn Sinuslifts durchgeführt. Die CT-Scan-Auswertung zeigte fünf

Monate nach dem Sinuslift eine Zunahme des röntgendichten Volumens in der Kieferhöhle (Abb. 4a und 4b). Bei der klinischen Wiedereröffnung nach sechs bis sieben Monaten (durchschnittlich 6,2 Monate) zeigte sich neuer Knochen, der sich im Bereich der chirurgischen Osteotomie gebildet hatte und vom benachbarten natürlichen Knochen nicht zu unterschei-

den war (Abb. 5). Die Biopsate zeigten in manchen (fünf) Bereichen bei der Wiedereröffnung weichen Knochen. In die augmentierten Bereiche wurden insgesamt 16 Dentalimplantate inseriert. Derzeit werden sie prothetisch versorgt.

Mikro-CT- und histomorphometrische Analysen

Es wurde ein Schwellenwert festgelegt, um den neugebildeten Knochen von den Spongiosachips zu unterscheiden. Auf der Grundlage dieser Werte wurde der prozentuale Anteil an neuem Knochen und Spongiosachips errechnet. Die Mikro-CT-Auswertung zeigte, dass die Biopsate dicht mineralisiert waren und aus neugebildetem Knochen und Spongiosachips bestanden (Abb. 6a und 6b). In allen Biopsaten war die Knochenbildung in unterschiedlichem Maß zu erkennen. Allerdings konnte bei der Mikro-CT-Auswertung nicht zwischen DBM aus Knochenmark oder Bindegewebe unterschieden werden.

Für acht Biopsate fand eine quantitative Untersuchung des neuen Knochens, der restlichen Transplantatpartikel und des Knochenmarks/Bindegewebes statt. Der durchschnittliche prozentuale Anteil an neugebildetem Knochen betrug nach 6,2 Monaten $23,8 \% \pm 4,2 \%$ (Tabelle 1). Der durchschnittliche prozentuale Anteil an Spongiosachips betrug $9,1 \% \pm 8,1 \%$. Der durchschnittliche prozentuale Anteil an DBM/Knochenmark/Bindegewebe betrug $67,2 \% \pm 9,4 \%$.

Lichtmikroskopie

Die beschliffenen Schnitte zeigten unterschiedliche Mengen an neugebildetem Knochengewebe, restli-

Tabelle 1 Prozentsatz an neuem Knochen, restlichen Transplantatpartikeln und Knochenmark/Bindegewebe

	Neuer Knochen (%)	CBC (%)	DBM/Knochenmark CT (%)
Patient 1	27,7	5,7	66,6
Patient 2	24,1	5,6	70,3
Patient 3	23,8	27,4	49,3
Patient 4	17,7	3,1	79,2
Patient 5	21,8	6,1	72,1
Patient 6	26,1	14,4	59,5
Patient 7	29,9	4,7	65,4
Patient 8	18,9	6,2	74,9
Durchschnitt \pm SA	$23,8 \pm 4,2$	$9,1 \pm 8,1$	$67,2 \pm 9,4$

CBC = Spongiosachips; DBM = demineralisierte Knochenmatrix; CT = Bindegewebe.

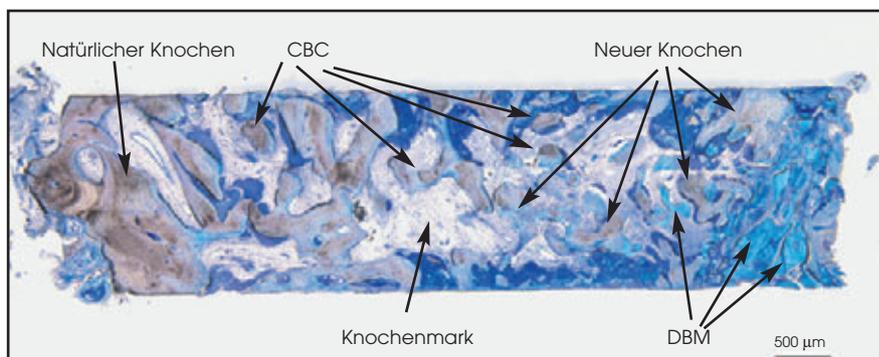


Abb. 7 Der beschliffene Schnitt eines Biopsats, das 7 Monate nach dem Sinuslift entnommen worden war, zeigt den natürlichen Oberkieferknochen, die Spongiosachips (CBC), die demineralisierte Knochenmatrix (DBM), das Knochenmark und den neuen Knochen.

chen DBM-Partikeln und Spongiosachips sowie lockerem Bindegewebe (Abb. 7). Bei den meisten Biopsaten war für das mineralisierte Gewebe ein deutliches Verteilungsmuster zu erkennen. Nahe dem natürlichen Oberkieferknochen war ein hoher Prozentsatz an mineralisiertem Gewebe zu erkennen. Abseits des natürlichen Knochens lagen noch restliche DBM-Partikel vor. Interes-

santerweise waren in allen Biopsaten noch restliche Spongiosachips vorhanden.

Nahe dem natürlichen Oberkieferknochen wurden restliche DBM-Partikel und Spongiosachips festgestellt, zusammen mit neugebildetem Knochen, der die dazwischenliegenden Bereiche ausfüllte. Neuer Knochen war in diesem Bereich anscheinend direkt an die Ober-

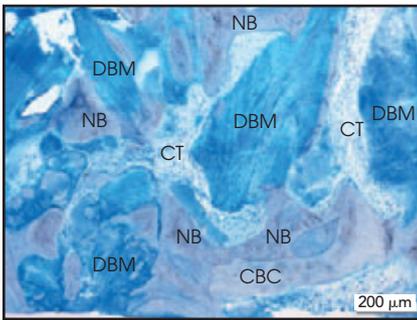


Abb. 8 (links) Neuer Knochen (NB) ist ebenso zu sehen wie DBM und Spongiosachips. Er überbrückt den Bereich zwischen diesen beiden Biomaterialien.

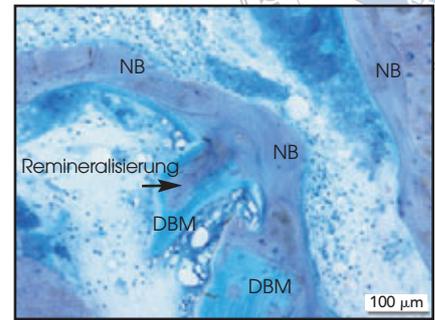


Abb. 9 (rechts) Die Remineralisierung der DBM folgt den Lamellen der demineralisierten Chips.

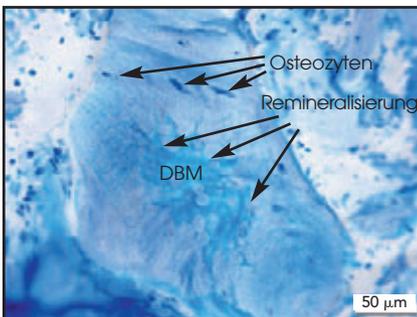


Abb. 10 (links) DBM während der azellulären Remineralisierung. Auch die Zunahme neuer Osteozyten in den Knochenlakunen ist zu erkennen.

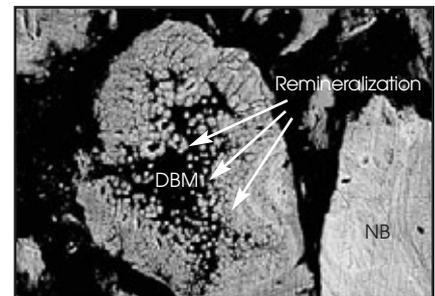


Abb. 11 (rechts) Backscatter-REM-Aufnahme eines DBM-Partikels (Bereich aus Abb. 10), in dem die azelluläre Remineralisierung stattfindet.

flächen der Transplantatpartikel angelagert. Die DBM-Partikel und Spongiosachips dienten dabei als Gerüst für die Knochenneubildung.

An den cranialen Seiten der Biopsate war um die Spongiosachips eine Knochenbildung zu erkennen, insbesondere durch die Remineralisierung der DBM. Die detaillierten histologischen Auswertungen der gesamten Biopsatkerne zeigten drei verschiedene Mineralisierungsmuster, die bereits früher von Groeneveld et al.¹⁹ beschrieben wurden. Das erste Mineralisierungsmuster bestand aus osteoidem Gewebe und Osteoblasten, die im Zusammenhang mit der Knochenneubildung im Biopsatbereich nahe dem natürlichen Oberkieferknochen und dem angrenzenden transplantierten Bereich standen (Abb. 8). Es wurden Faserknochen und Lamellenknochen beobachtet.

Das zweite Mineralisierungsmuster wurde als Remineralisierungsphänomen in den DBM-Partikeln angesehen. In diesem Fall begann die Remineralisierung anscheinend im Zentrum der Partikel. Die Mineralisierungsfront folgte dabei der Lamellenorganisation der DBM-Partikel (Abb. 9). Der Bereich zwischen den DBM-Partikeln wurde durch neugebildeten Knochen überbrückt, der nach dem ersten Mineralisierungsmuster gebildet war. So zeigte sich ein kontinuierliches Mineralisierungsmuster. Frühe Phasen dieses Modells wurden in Bereichen beobachtet, die unabhängig waren vom Vorhandensein lebendigen Knochengewebes. Das dritte Mineralisierungsmuster wurde in Bereichen beobachtet, wo neben DBM-Partikeln vitaler Knochen gebildet wurde. Ausgehend von Kontaktpunkten zu vitalem Knochen

fand die Remineralisierung der DBM-Partikel in kleinen isolierten mineralisierten Bereichen statt (Abb. 10). Die Remineralisierung begann meist an der Peripherie der DBM-Partikel und setzte sich von da aus zum inneren Bereich hin fort. Außerdem zeigten die DBM-Partikel, bei denen eine azelluläre Remineralisierung stattfand, eine Zunahme neuer Osteozyten in den Knochenlakunen. Die REM-Untersuchung der Partikel, die eine Remineralisierung durchliefen, bestätigte, dass eine Mineralisierung vorlag (Abb. 11).

Diskussion

Der Sinuslift hat sich als effektive Möglichkeit bewährt, Knochen von ausreichendem Volumen und guter Qualität zu regenerieren, sodass osseointegrierte Implantate inseriert

und belastet werden können. In jüngeren Studien wird die Verwendung von autogenen Knochenersatzmaterialien wie Allo- und Xenotransplantaten unterstützt. So stehen dem Behandler eine Reihe von sicheren und effektiven Biomaterialien für regenerative Therapien zur Verfügung³⁻⁶.

In der vorliegenden Studie wurde bestätigt, dass mit DynaBlast in der Kieferhöhle ein ausreichendes Volumen an neuem Knochen regeneriert wurde. Das Material besteht aus DBM und Spongiosachips in einem Umkehrphasen-Medium. Die Einheilungszeit von sechs bis sieben Monaten ermöglichte die Inkorporation der Transplantate und die damit einhergehende Stabilisierung des neugebildeten Knochengewebes mit einer signifikanten Vaskularisierung.

Die klinischen, CT- und Mikro-CT-Untersuchungen zeigten Anzeichen einer Knochenneubildung. Die deskriptive histologische Analyse bestätigte, dass sich der neue Knochen nach drei deutlich erkennbaren Mustern bildete, wie sie bereits von Groeneveld et al.¹⁹ beschrieben wurden. Neuer Knochen bildete sich entlang dem Rand von Spongiosachips und DBM und füllte die Zwischenbereiche aus. Außerdem fand eine azelluläre Remineralisierung der DBM-Partikel statt, entweder nach dem Lamellenmuster der DBM oder punktuell am Rand der DBM und von da aus in die inneren Bereiche.

Der Prozentsatz an neuem Knochen, der in dieser Studie gebildet wurde, entsprach dem Ergebnis ähnlicher Studien²⁰⁻²². Die histomorphometrischen Studien beim Menschen haben gezeigt, dass die Knochenneubildung im Kieferhöhlenbereich, je nach Knochen- und Einheilungszeit, sehr unterschiedlich ausfällt²³. Lee et al.²³

berichteten z. B., dass in Kieferhöhlen, die mit bovinem Hydroxylapatit augmentiert worden waren, nach 12 Monaten ein höherer Prozentsatz an vitalem Knochen gebildet worden war als nach sechs Monaten. Hanisch et al. untersuchten zu verschiedenen Zeitpunkten die Knochenneubildung nach dem Sinuslift mit einem Kombinationstransplantat aus DFDBA und bovinem Hydroxylapatit (Volumenverhältnis 1:1). Sie zeigten, dass die Knochenneubildung nach 12 Monaten (20,7 % ± 8,3 %) signifikant umfangreicher war als nach sechs (8,1 % ± 3,0 %) und acht Monaten (9,0 % ± 3,8 %)¹². Vermutlich hätten die Autoren des vorliegenden Artikels einen höheren Prozentsatz an Knochenneubildung erzielen können, wenn die Einheilungszeit länger als sieben Monate gedauert hätte.

Üblicherweise wird DFDBA mit anderen Biomaterialien kombiniert, um die Knochenneubildung in der Kieferhöhle zu unterstützen. Allerdings wird durch die Beimengung anderer Ersatzstoffe der Anteil der DBM am Gesamtvolumen reduziert. Das könnte sich auf die Osteoinduktivität negativ auswirken²⁴. Die Kombinationen der Biomaterialien führen zu unterschiedlichen prozentualen Anteilen an neuem vitalem Knochen, nicht vitalem restlichem Transplantatmaterial und Bindegewebe. Die Effektivität verschiedener Transplantatmaterialien für den Sinuslift wurde anhand der Menge an neugebildetem Knochen und dem Drehmoment bei der Implantatinsertion beurteilt¹⁸. Dabei stellte sich die Kombination aus Kittmasse, die humane DFDBA in Hyaluronsäure (DBX, MTF) mit Beta-Tricalciumphosphat enthält, als weniger effektiv heraus als eine Kombination aus DFDBA mit anorganischem bovinem Knochen- und Einheilungszeit, sehr unterschiedlich ausfällt²³. Lee et al.²³

Es wird berichtet, dass der Erhalt der Wachstumsfaktoren während der Demineralisierung beeinträchtigt ist und dass die Osteoinduktivität verschiedener Chargen von kommerziell erhältlichem DFDBA sehr unterschiedlich ausfällt^{25, 26}. Die nähere Beschäftigung mit DBM wird deren osteogenes Potenzial in der Kombination als Paste, Kitt oder Gel erhellen.

Schlussfolgerungen

Die Verwendung von DynaBlast für den Sinuslift führte in allen behandelten Bereichen zu einer Knochenneubildung, die für die Insertion von Implantaten ausreichend war. DBM kann also als sinnvolle Alternative zur Verwendung von autogenem Knochen oder anderen Transplantatmaterialien betrachtet werden. Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, dass ein Umkehrphasen-Trägermedium mit demineralisierter Knochenmatrix und Spongiosa-chips verwendet werden kann, ohne dass die klinische Wirkung des Allotransplantats gemindert wird.

Danksagung

Diese Studie wurde zum Teil von Keystone Dental unterstützt.

Literatur

1. Nevins M, Kirker-Head C, Nevins M, Wozney JA, Palmer R, Graham D. Bone formation in the goat maxillary sinus induced by absorbable collagen sponge implants impregnated with recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:8-19.
2. Boyne PJ, Marx RE, Nevins M, et al. A feasibility study evaluating rhBMP-2/absorbable collagen sponge for maxillary sinus floor augmentation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:11-25.
3. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13(suppl):11-45.
4. Wallace SS, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:328-343.
5. Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:565-577.
6. Pjetursson BE, Tan WC, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *J Clin Periodontol* 2008;35 (8 suppl):216-240.
7. Urist MR. Bone: Formation by autoinduction. *Science* 1965;150:893-899.
8. Zhang M, Powers RM Jr, Wolfenbarger L Jr. A quantitative assessment of osteoinductivity of human demineralized bone matrix. *J Periodontol* 1997;68:1076-1084.
9. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84:454-464.
10. Cammack GV 2nd, Nevins M, Clem DS 3rd, Hatch JP, Mellonig JT. Histologic evaluation of mineralized and demineralized freeze-dried bone allograft for ridge and sinus augmentations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:231-237.

11. Valentini P, Abensur D. Maxillary sinus floor elevation for implant placement with demineralized freeze-dried bone and bovine bone (Bio-Oss): A clinical study of 20 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:232–241.
12. Hanisch O, Lozada JL, Holmes RE, Calhoun CJ, Kan JY, Spiekermann H. Maxillary sinus augmentation prior to placement of endosseous implants: A histomorphometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:329–336.
13. Mazor Z, Peleg M, Gross M. Sinus augmentation for single-tooth replacement in the posterior maxilla: A 3-year follow-up clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:55–60.
14. Landi L, Pretel RW Jr, Hakimi NM, Setayesh R. Maxillary sinus floor elevation using a combination of DFDBA and bovine-derived porous hydroxyapatite: A preliminary histologic and histomorphometric report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:574–583.
15. Boëck-Neto RJ, Gabrielli M, Lia R, Marcantonio E, Shibli JA, Marcantonio E Jr. Histomorphometrical analysis of bone formed after maxillary sinus floor augmentation by grafting with a combination of autogenous bone and demineralized freeze-dried bone allograft or hydroxyapatite. *J Periodontol* 2002;73:266–270.
16. Andreana S, Cornolini R, Edsberg LE, Natiella JR. Maxillary sinus elevation for implant placement using calcium sulfate with and without DFDBA: Six cases. *Implant Dent* 2004;13:270–277.
17. Gelbart M, Friedman R, Burlui V, Rohrer M, Atkinson B. Maxillary sinus augmentation using a peptide-modified graft material in three mixtures: A prospective human case series of histologic and histomorphometric results. *Implant Dent* 2005;14:185–193.
18. Schwartz Z, Goldstein M, Raviv E, Hirsch A, Ranly DM, Boyan BD. Clinical evaluation of demineralized bone allograft in a hyaluronic acid carrier for sinus lift augmentation in humans: A computed tomography and histomorphometric study. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:204–211.
19. Groeneveld EH, van den Bergh JP, Holzmann P, ten Bruggenkate CM, Tuinzing DB, Burger EH. Mineralization processes in demineralized bone matrix grafts in human maxillary sinus floor elevations. *J Biomed Mater Res* 1999;48:393–402.
20. Valentini P, Abensur D, Wenz B, Peetz M, Schenk R. Sinus grafting with porous bone mineral (Bio-Oss) for implant placement: A 5-year study on 15 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:245–253.
21. Yildirim M, Spiekermann H, Handt S, Edelhoff D. Maxillary sinus augmentation with the xenograft Bio-Oss and autogenous intraoral bone for qualitative improvement of the implant site: A histologic and histomorphometric clinical study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:23–33.
22. 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;28:273–281.
23. Lee YM, Shin SY, Kim JY, Kye SB, Ku Y, Rhyu IC. Bone reaction to bovine hydroxyapatite for maxillary sinus floor augmentation: Histologic results in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:471–481.
24. Boyan BD, Ranly DM, McMillan J, Sunwoo M, Roche K, Schwartz Z. Osteoinductive ability of human allograft formulations. *J Periodontol* 2006;77:1555–1563.
25. Schwartz Z, Mellonig JT, Carnes DL Jr, et al. Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation. *J Periodontol* 1996;67:918–926.
26. Schwartz Z, Somers A, Mellonig JT, et al. Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation is dependent on donor age but not gender. *J Periodontol* 1998;69:470–478.