

**S2-k-LEITLINIE**

# **Implantologische Indikationen für die Anwendung von Knochenersatzmaterialien**

**AWMF-Registernummer: 083-009**

**Federführende Fachgesellschaft**

Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI)

**Beteiligte Fachgesellschaften**

Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie (AGKi)

Berufsverband Deutscher Oralchirurgen (BDO)

Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa e. V. (BDIZ – EDI)

Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnheilkunde e.V. (DGÄZ)

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)

Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie (DGZI)

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

## 1 Einleitung und Definition

Bei folgenden speziellen implantologischen Indikationen ist der Einsatz von KEM zu diskutieren:

- Gewinnung von vertikaler Dimension im Bereich des Ober- und Unterkiefers,
- Gewinnung von horizontaler Dimension im Bereich des Ober- und Unterkiefers,
- Versorgung periimplantärer Defekte im Sinne einer Periimplantitis,
- alveolar socket preservation oder ridge preservation nach Zahnextraktion.

Gemessen an der Referenz des körpereigenen Knochens werden an Knochenersatzmaterialien folgende Anforderungen gestellt: Neben (temporärer) Platzhalterfunktion und Stabilisierung des Blutkoagulums sind Biokompatibilität und eine, vom Material abhängige, Biodegradabilität wichtige Aspekte für vaskuläre und knöcherne Erschließung und somit funktioneller Einheilung. Entscheidend für den klinischen Erfolg sind die Interaktionen des Knochenersatzmaterials mit direkt benachbarten Gewebestrukturen (Knochen) bzw. Zellpopulationen. Hierbei wird das Einwachsen von Knochengewebe entlang den Leitstrukturen des Knochenersatzmaterials als Osseokonduktion bezeichnet, diese Eigenschaft wird den gängigen Knochenersatzmaterialien zugesprochen.

Den relativ einheitlich formulierten Anforderungen an die Substitute steht eine enorme Vielfalt kommerzieller Produkte mit höchst unterschiedlichen chemischen und strukturellen Eigenschaften gegenüber. Tabelle 1 definiert mögliche Ursprünge von Knochenersatz.

autogen	vom Patienten selbst
syngen, isogen	von genetisch identischen Individuen
allogen	von einem Individuum der gleichen Spezies (Mensch)
xenogen	von einer anderen Spezies (z.B. Rind)
phykogen	pflanzlichen Ursprungs
alloplastisch	synthetische Fremdmaterialien

**Tabelle 1: Ursprünge von Knochenersatz**

Die chemische Zusammensetzung der KEM reicht von derzeit biologischen Apatiten über synthetische monophasige Kalziumphosphatverbindungen ( $\alpha$ -,  $\beta$ -Trikalziumphosphate, Hydroxylapatite) und Silikate bis hin zu mehrphasigen Mischkeramiken. Sie beeinflusst, als ein Faktor, die Resorption des Augmentates.

Unter strukturellen Eigenschaften der Knochenersatzmaterialien versteht man Block- bzw. Partikelgröße und -geometrie sowie intra- und interpartikuläre Porendimensionen. Porenstrukturen innerhalb der Ersatzmaterialien dienen als Leitbahnen für Zellmigration mit konsekutiver Gewebseinsprossung. Hierbei erfolgt zunächst die Integration des Scaffolds in das umgebende (Knochen-) Gewebe und später die (Teil-) Degradation des Knochenersatzmaterials. Weitere wichtige Aspekte von Porenstrukturen sind der Transfer von Nährstoffen und Zytokinen durch das Scaffold. Eine erfolgreiche, reizlose knöcherne Integration des KEM ist obligate Voraussetzung für eine regelrechte Defektregeneration und für ein (z.B. durch dentale Implantate) ausreichend belastbares neues Lager. Die biologische Wertigkeit einer teilweisen oder vollständigen Resorbierbarkeit eines KEM ist nicht geklärt.

Vergleichende prospektive klinische Studien, insbesondere randomisierte, sind nicht durchgängig vorhanden. Wie häufig

bei chirurgischen Verfahren muss die klinische Entscheidung, daher auf der besten verfügbaren Evidenz beruhen. Die Erfolgsbewertung der Tauglichkeit eines Knochenersatzmaterials in der jeweiligen Indikation sollte in einer Studie nicht ausschließlich radiologisch erfolgen. Ebenso gehören histologische Ergebnisse und die klinische Darstellung des Behandlungserfolgs (z.B. Re-Entry) zur Bewertung.

Bei der Vielzahl der verfügbaren Materialien sind Analogschlüsse auf der Basis verfügbarer Daten und bekannter Eigenschaften denkbar. Grundsätzlich ist eine klinische Dokumentation eines Knochenersatzmaterials zu fordern und dem Anwender zur Verfügung zu stellen.

Es ist wichtig darzustellen, dass viele der zitierten Methoden sehr sensitiv bezüglich der technischen Durchführung sind. Der Leser sollte beachten, dass die Studien meist von erfahrenen Spezialisten durchgeführt werden. Die Übertragbarkeit auf die breite praktische Anwendung (externe Validität) ist daher schwer zu bewerten.

## 2 Indikationen

### 2.1 Indikationen für knöcherne Augmentationen

Als Indikationen für knöcherne Augmentationen sind folgende morphologische Defektsituationen beschrieben. Hierbei werden, wegen der unterschiedlichen Prognose, konturgebende und nicht-konturgebende Defekte unterschieden, die eine unterschiedliche Prognoserelevanz haben:

1. Mehrwandiger, horizontaler (Dehiszenz-)Defekt („intra-bony defect“)
2. einwandiger horizontaler Defekt („contained defect“)
3. vertikaler Alveolarkamm-Defekt
4. Alveolarkamm Defekte im Bereich der Kieferhöhle

### 2.2 Therapieverfahren zum Einsatz von KEM

Bei folgenden Therapieverfahren wird der Einsatz von KEM diskutiert:

1. Laterale Kieferkammaugmentation
2. Vertikale Kieferkammaugmentation
3. Externer / interner Sinuslift

### 3 Risikofaktoren und Komplikationen

#### 3.1 Lokale Komplikationen

Lokale Infekte und Pathologien stellen eine Kontraindikation für eine knöcherne Augmentation dar.

Intaktes und ausreichendes Weichgewebe ist eine Voraussetzung für knöcherne Augmentationen. So können kritische Durchblutungsverhältnisse, Z.n. Trauma oder Vor-Operationen (LKG Spalte) die Prognose von Augmentationen deutlich verschlechtern [54].

#### 3.2 Systemische Komplikationen

Die Komplikationsrate scheint bei Rauchern höher als bei Nichtrauchern zu sein [89; 88].

Allgemeinerkrankungen mit Beeinträchtigungen des Knochenstoffwechsels (z.B. schlecht eingestellter Diabetes mellitus) stellen, ebenso wie Kopf-Hals Strahlentherapie, Bisphosphonattherapie oder andere antiresorptive Therapie, relative Kontraindikationen für Knochenaugmentationen dar [36; 37].

### 4 Ergebnisse der Literaturrecherche

#### 4.1 Horizontale / vertikale Defekte

Insgesamt wurden 13 Studien mit insgesamt 429 Patienten eingeschlossen, welche Alveolarfortsatzaugmentationen durch partikuläre oder Block-KEM erhielten. Dabei wurden 526 Augmentationen nachuntersucht.

Die in der Literatur beschriebenen Indikationen teilten sich auf in horizontale [29; 51; 35] und vertikale Defekte [11; 82; 23-25], sowie deren Kombinationen [6; 67; 64; 65]. Eine Sonderform wird als periimplantärer Defekt beschrieben (bei der Insertion, keine Periimplantitis, kein Alve-

olenerhalt) [48]. Hierbei gibt es Übergänge zwischen den Defektformen; die Frage der Konturbildung („envelope“) ist nicht einheitlich beschrieben.

In allen 13 Studien wurden Membranen (resorbierbar, nicht resorbierbar) zur Abdeckung des Augmentates eingesetzt.

Es kamen alloplastische (HA), allogene und xenogene KEM, sowohl partikulär als auch in Blockform, zur Anwendung.

#### Gewinn an Dimensionen

4 Studien über laterale Augmentationen berichteten über einen Gewinn an horizontaler Dimension nach Einsatz von KEM. Die Werte lagen zwischen durchschnittlich 3,6mm und 5,6mm nach 6 Monaten. Bei 16 von 364 (4,4%) lateralen Augmentationen kam es zum Komplettverlust des Augmentats. 8 Studien über vertikale Augmentationen berichteten über einen Gewinn an vertikaler Dimension nach Einsatz von KEM. Die Werte lagen zwischen durchschnittlich 2,0mm und 5,6mm nach 6 Monaten. 10 von 334 (3,0%) vertikalen Augmentationen gingen komplett verloren.

#### Implantatverlust

Insgesamt wurden 16 Studien mit insgesamt 698 Patienten eingeschlossen. Inseriert wurden insgesamt 1669 Implantate, sowohl simultan zur Augmentation, als auch verzögert nach einer Einheilphase.

Das mittlere follow-up lag zwischen 5 Monaten und 63,5 Monaten. Die Erfolgsraten von Implantaten im mit KEM augmentierten Bereich lagen zwischen 66,7% und 100%; mit einer kumulativen Überlebensrate (n=1270) bei 95,91%.

#### *Kontrollen:*

Impl. im ortständigen Knochen [7] [14] [90]: n= 168:94,1 -97,3%

Koagel und Membran [75]: n=17: 94,1%

autogener Knochen und Membran [75]: n= 82.: 100%

Interponat vom Beckenkamm [23; 25]:  
n=10.: 100%  
autogener Knochen mit/ohne Membran  
[62]: n=62.: 100%  
kurze Implantate (7mm) [24]: 60: 95%

#### Marginaler Knochenverlauf:

Es zeigt sich ein durchschnittlicher radiologischer, periimplantärer Knochenverlust zwischen 0,3 - 1,87mm nach 6 - 12 Monaten. Methodenbedingt ergibt sich aus einer zweidimensionalen Röntgen-diagnostik, insbesondere für, die vom Implantat überlagerten Knochenregionen, eine eingeschränkte Aussagekraft.

#### Histomorphometrie

Einen Hinweis auf die Wertigkeit des Augmentates, ohne direkten Rückschluss auf die klinische Relevanz, bietet die Histomorphometrie. Die Flächenanteile neugebildeten Knochens lagen für xenogenes KEM bei 27,3% nach 4 Monaten [25] bzw. bei 39-42% nach 7 Monaten [29], für allo-genes KEM bei 20,6% [35] nach 6 Monaten.

## **4.2 Externer Sinuslift / Implantat-überleben**

Insgesamt wurden 31 Studien mit insgesamt 2266 Patienten eingeschlossen, welche einen Sinuslift (lateralen Zugang) unter Verwendung von partikulären KEM erhielten. Insetiert wurden insgesamt 6319 Implantate, sowohl simultan zum SL als auch verzögert nach einer Einheilphase.

Folgende KEM wurden untersucht:

- allogen [85; 9; 63]
- phykogen [76]
- xenogen:
  - bovines HA [16; 80; 44; 79; 38; 49; 50; 85; 39; 40; 42; 56; 87; 60; 61; 8; 33; 10; 26; 27; 52; 71]
  - porcines HA [72]

- alloplastisch:
  - makroporöses biphasisches CaP [55]
  - beta-TCP [80; 84; 3; 8]
  - synthetisches HA [34; 59; 60; 63]
  - Bioglas [33]

Die KEM wurden entweder alleinig oder in Kombination mit autogenem Knochen oder auch allogenen KEM [52] (bis Verhältnis 1:1) eingesetzt.

Als Kontrollen dienten

- SL mit autogenem Knochen
- dentale Implantate ohne Sinuslift (kurze Implantate, Impl. im ausreichend dimensionierten Oberkieferknochen)

Das mittlere follow-up lag zwischen 5 Monaten und 176 Monaten. Die Erfolgsraten von im SL mit KEM inserierten Implantaten lagen zwischen 78,1% und 100%. Die kumulative Überlebensrate aller 6007 in SL mit KEM inserierter Implantate lag bei 96,55%.

*Kontrollen:*

Impl. im ortständigen Knochen [40] [84]:  
n= 165 Impl.: 79,3% -99,3%  
SL mit 100% autogenem Knochen [38]: n= 33 Impl.:82,4%  
SL mit Platzhalte-membran ohne KEM [26]:  
n= 24 Impl.:100%

#### Histomorphometrie

Alle Studien zeigten eine Neubildung vitalen Knochengewebes nach lateraler SL-Augmentation mit KEM.

Nach 6-8 Monaten lagen die Anteile neugebildeten Knochens bei alleiniger Verwendung der folgenden Materialien (Literatur siehe Tabelle im Anhang):

- Xenogen: 20% und 36%
- alloplastisch:
  - Biphasisch (HA,β TCP) bei 21,6 und 28,4%,
  - poröses synthet. HA zwischen 34,7% und 38,5%,

- BioGlass bei 36%,  
βTCP bei 36,5%.
- Autogen: 25% bis 41%,

### 4.3 Interner Sinuslift

#### Implantatüberleben

Insgesamt wurden 7 Studien mit insgesamt 401 Patienten eingeschlossen, welche einen Sinuslift (transcrestaler / subantroskopischer Zugang) unter Verwendung von partikulären KEM erhielten. Insetiert wurden insgesamt 642 Implantate, alle simultan zum SL.

Folgende KEM wurden untersucht:

- xenogen [17; 18; 45; 68; 69]
- phykogen [20]
- alloplastisch (Beta-TCP) [21]

Die KEM wurden entweder alleinig oder in Kombination mit autogenem Knochen (bis Verhältnis 1:1) eingesetzt. Die Implantaterfolgsraten lagen zwischen 94,8% und 100%.

## 5 Empfehlungen

Die Anwendung von Knochenersatzmaterialien ist für die vorgenannten Indikationen unterschiedlich gut belegt. In Anlehnung an die CONSORT Kriterien weisen die bisher vorliegenden Studien häufig methodische Mängel auf (Poweranalyse, Randomisierungsmuster, Beschreibung der Ein- und Ausschlusskriterien, Beschreibung der Defekt-konfiguration, primäre Outcomevariable). Trotz des heterogenen Charakters der vorliegenden Studien lässt sich schließen, dass Implantate in lokal augmentierten Defekten vergleichbare Überlebensraten, wie Implantate im originären Knochengerüst erreichen können [41; 2; 22; 46]. Für die folgenden Empfehlungen bestand ein starker Konsens (95 % der Teilnehmer).

### 5.1 Horizontaler Dehiszenz-Defekt („intra-bony defect“)

Die Augmentation von horizontalen Dehiszenz-Defekten mit unterschiedlichen Materialien bei simultaner oder zweizeitiger Implantatinsetion ist ein gut beschriebenes Verfahren [22]. Die in der Literatur hinterlegte Angabe einer vollständigen Defektregeneration von 54 – 97% dokumentiert die multifaktoriellen Einflüsse auf den Augmentationserfolg [46]. Zur Stabilisierung des Augmentationsvolumens kann der Einsatz einer Membran sinnvoll sein [66]. Bei einzeitigem Vorgehen sollte einer subgingivalen Einheilung des Implantates der Vorzug gegeben werden [74].

### 5.2 Kontur-gebender horizontaler Defekt

Für die alleinige Rekonstruktion einwandiger Defekte mit KEM liegen keine aussagekräftigen Studien vor. Als verlässlichste Prozedur sollte ein autogener Knochenblock angewendet werden [46]; die zusätzliche Anlagerung von Knochenersatzmaterial kann als Resorptionsschutz dienen [58; 1]. Sowohl simultanes, als auch zeitlich versetztes Vorgehen mit einem Zeitfenster zwischen Augmentation und Implantatinsetion sind dokumentiert [46]. Mit zunehmender Defektgröße sollte ein zweizeitiges Vorgehen favorisiert werden. Konturgebende horizontale Defekte weisen bei der Augmentation höhere Komplikationsraten als Dehiszenz-Defekte auf [46]. Die Lokalisation im Oberkiefer weist eine günstigere Prognose bzgl. der Implantatüberlebensrate auf [89; 19].

### 5.3 Vertikaler Alveolarkamm-Defekt

Die Wertigkeit von Knochenersatzmaterialien zur Regeneration vertikaler Alveolarkammdefekte ist durch Studien, unabhängig von der angewandten Technik (Onlay- und Inlaytechniken), nur unzureichend dokumentiert [70]. Im Vergleich zu horizontalen Defekten können vertikale Alveolarkamm-Defekte eine deutlich höhere Komplikationsrate aufweisen [70]. Verlässliche Empfehlungen zum Einsatz von Knochenersatzmaterial für die ausschließliche Kieferkammerhöhung lassen sich, auf der bisherigen Datenlage, nicht erstellen.

Autogene Blocktransplantate sind partikulären Transplantaten unterlegen [86].

#### 5.4.2 Interner Sinuslift

Die Frage, ob beim internen Sinuslift ein Knochenersatzmaterial eingebracht werden sollte ist bisher ungeklärt [46; 69].

Die transalveoläre Prozedur des Sinuslifts ist gut beschrieben und stellt eine gute Alternative zur externen Prozedur dar, ohne dass sich eine grenzwertige Knochenhöhe für die Durchführbarkeit darstellen lässt [46].

### 5.4 Sinuslift

Die Verwendung von autogenem Knochen oder Knochenersatzmaterial scheint beim internen und externen Sinuslift keinen Unterschied bezüglich der Komplikationsrate und des Langzeitüberlebens aufzuweisen [22; 46]. Es können sowohl autogener Knochen, als auch Knochenersatzmaterial eingesetzt werden. Die individuelle Entscheidung für die Augmentationstechnik sollte von der klinischen Situation, insbesondere der Wertigkeit, des vorhandenen crestalen Knochens abhängig gemacht werden.

#### 5.4.1 Externer Sinuslift

Der Einsatz von KEM zum externen Sinuslift ist ein gut beschriebenes Verfahren mit einer geringen Komplikationsrate von ca. 5% [22; 46].

## 6 Literaturverzeichnis

1. Adeyemo WL, Reuther T, Bloch W, Korkmaz Y, Fischer JH, Zoller JE, et al.: Healing of onlay mandibular bone grafts covered with collagen membrane or bovine bone substitutes: a microscopical and immunohistochemical study in the sheep. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:651-659
2. Aghaloo TL, Moy PK: Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2007;22 Suppl:49-70
3. Aguirre Zorzano LA, Rodriguez Tojo MJ, Aguirre Urizar JM: Maxillary sinus lift with intraoral autologous bone and B-tricalcium phosphate: histological and histomorphometric clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12:E532-536
4. Artzi Z, Nemcovsky CE, Tal H, Dayan D: Histopathological morphometric evaluation of 2 different hydroxyapatite-bone derivatives in sinus augmentation procedures: a comparative study in humans. *J Periodontol* 2001;72:911-920
5. Artzi Z, Weinreb M, Carmeli G, Lev-Dor R, Dard M, Nemcovsky CE: Histomorphometric assessment of bone formation in sinus augmentation utilizing a combination of autogenous and hydroxyapatite/biphasic tricalcium phosphate graft materials: at 6 and 9 months in humans. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:686-692
6. Beitlitum I, Artzi Z, Nemcovsky CE: Clinical evaluation of particulate allogeneic with and without autogenous bone grafts and resorbable collagen membranes for bone augmentation of atrophic alveolar ridges. *Clin Oral Implants Res*
7. Benic GI, Jung RE, Siegenthaler DW, Hammerle CH: Clinical and radiographic comparison of implants in regenerated or native bone: 5-year results. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:507-513
8. Bornstein MM, Chappuis V, von Arx T, Buser D: Performance of dental implants after staged sinus floor elevation procedures: 5-year results of a prospective study in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1034-1043
9. Butz SJ, Huys LW: Long-term success of sinus augmentation using a synthetic alloplast: a 20 patients, 7 years clinical report. *Implant Dent* 2005;14:36-42
10. Cannizzaro G, Felice P, Leone M, Viola P, Esposito M: Early loading of implants in the atrophic posterior maxilla: lateral sinus lift with autogenous bone and Bio-Oss versus crestal mini sinus lift and 8-mm hydroxyapatite-coated implants. A randomised controlled clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2009;2:25-38
11. Canullo L, Sisti A: Early implant loading after vertical ridge augmentation (VRA) using e-PTFE titanium-reinforced membrane and nano-structured hydroxyapatite: 2-year prospective study. *Eur J Oral Implantol* 3:59-69
12. Carinci F, Guidi R, Franco M, Viscioni A, Rigo L, De Santis B, et al.: Implants inserted in fresh-frozen bone: a retrospective analysis of 88 implants loaded 4 months after insertion. *Quintessence Int* 2009;40:413-419
13. Cordaro L, Bosshardt DD, Palattella P, Rao W, Serino G, Chiapasco M: Maxillary sinus grafting with Bio-Oss or Straumann Bone Ceramic:



- histomorphometric results from a randomized controlled multicenter clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:796-803
14. Corrente G, Abundo R, Cardaropoli D, Cardaropoli G, Martuscelli G: Long-term evaluation of osseointegrated implants in regenerated and nonregenerated bone. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:390-397
15. Crespi R, Mariani E, Benasciutti E, Cappare P, Cenci S, Gherlone E: Magnesium-enriched hydroxyapatite versus autologous bone in maxillary sinus grafting: combining histomorphometry with osteoblast gene expression profiles ex vivo. *J Periodontol* 2009;80:586-593
16. de Vicente JC, Hernandez-Vallejo G, Brana-Abascal P, Pena I: Maxillary sinus augmentation with autologous bone harvested from the lateral maxillary wall combined with bovine-derived hydroxyapatite: clinical and histologic observations. *Clin Oral Implants Res* 21:430-438
17. Diserens V, Mericske E, Mericske-Stern R: Radiographic analysis of the transcresal sinus floor elevation: short-term observations. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7:70-78
18. Diserens V, Mericske E, Schappi P, Mericske-Stern R: Transcresal sinus floor elevation: report of a case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:151-159
19. Donos N, Mardas N, Chadha V: Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy). *J Clin Periodontol* 2008;35:173-202
20. Engelke W: Subantroskopisch laterobasale Sinusbodenaugmentation mit Aligpore. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 2001;17:154-158
21. Engelke W, Schwarzwaller W, Behnsen A, Jacobs HG: Subantrosopic laterobasal sinus floor augmentation (SALSA): an up-to-5-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:135-143
22. Esposito M, Grusovin MG, Felice P, Karatzopoulos G, Worthington HV, Coulthard P: Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2009;CD003607
23. Felice P, Marchetti C, Piattelli A, Pellegrino G, Checchi V, Worthington H, et al.: Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block grafts: bone from the iliac crest versus bovine anorganic bone. *Eur J Oral Implantol* 2008;1:183-198
24. Felice P, Cannizzaro G, Checchi V, Marchetti C, Pellegrino G, Censi P, et al.: Vertical bone augmentation versus 7-mm-long implants in posterior atrophic mandibles. Results of a randomised controlled clinical trial of up to 4 months after loading. *Eur J Oral Implantol* 2009;2:7-20
25. Felice P, Marchetti C, Iezzi G, Piattelli A, Worthington H, Pellegrino G, et al.: 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;20:1386-1393

26. Felice P, Scarano A, Pistilli R, Checchi L, Piattelli M, Pellegrino G, et al.: A comparison of two techniques to augment maxillary sinuses using the lateral window approach: rigid synthetic resorbable barriers versus anorganic bovine bone. Five-month post-loading clinical and histological results of a pilot randomised controlled clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2009;2:293-306
27. Ferreira CE, Novaes AB, Haraszthy VI, Bittencourt M, Martinelli CB, Luczyszyn SM: A clinical study of 406 sinus augmentations with 100% anorganic bovine bone. *J Periodontol* 2009;80:1920-1927
28. Franco M, Tropina E, De Santis B, Viscioni A, Rigo L, Guidi R, et al.: A 2-year follow-up study on standard length implants inserted into alveolar bone sites augmented with homografts. *Stomatologija* 2008;10:127-132
29. Friedmann A, Strietzel FP, Marezki B, Pitaru S, Bernimoulin JP: Histological assessment of augmented jaw bone utilizing a new collagen barrier membrane compared to a standard barrier membrane to protect a granular bone substitute material. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:587-594
30. 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
31. Fugazzotto PA: GBR using bovine bone matrix and resorbable and nonresorbable membranes. Part 1: histologic results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:361-369
32. Galindo-Moreno P, Moreno-Riestra I, Avila G, Fernandez-Barbero JE, Mesa F, Aguilar M, et al.: Histomorphometric comparison of maxillary pristine bone and composite bone graft biopsies obtained after sinus augmentation. *Clin Oral Implants Res* 21:122-128
33. Galindo-Moreno P, Avila G, Fernandez-Barbero JE, Mesa F, O'Valle-Ravassa F, Wang HL: Clinical and histologic comparison of two different composite grafts for sinus augmentation: a pilot clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:755-759
34. Garlini G, Redemagni M, Donini M, Maiorana C: Maxillary sinus elevation with an alloplastic material and implants: 11 years of clinical and radiologic follow-up. *J Oral Maxillofac Surg* 68:1152-1157
35. Geurs NC, Korostoff JM, Vassilopoulos PJ, Kang TH, Jeffcoat M, Kellar R, et al.: Clinical and histologic assessment of lateral alveolar ridge augmentation using a synthetic long-term bioabsorbable membrane and an allograft. *J Periodontol* 2008;79:1133-1140
36. Grötz KA: Zahnärztliche Betreuung von Patienten mit tumortherapeutischer Kopf-Hals-Bestrahlung (Stellungnahme der DGZMK und DEGRO). *Dtsch Zahnärztl Z* 2002;57:509 - 511
37. Grötz KA, Kreusch T: Zahnärztliche Betreuung von Patienten unter/nach Bisphosphonat-Medikation, Stellungnahme der DGZMK, Stand 9/2006. DGZMK 2006;
38. Hallman M, Sennerby L, Lundgren S: A clinical and histologic evaluation of

implant integration in the posterior maxilla after sinus floor augmentation with autogenous bone, bovine hydroxyapatite, or a 20:80 mixture. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:635-643

39. Hallman M, Nordin T: Sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite mixed with fibrin glue and later placement of nonsubmerged implants: a retrospective study in 50 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:222-227

40. Hallman M, Zetterqvist L: A 5-year prospective follow-up study of implant-supported fixed prostheses in patients subjected to maxillary sinus floor augmentation with an 80:20 mixture of bovine hydroxyapatite and autogenous bone. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:82-89

41. Hämmerle CH, Jung RE, Feloutzis A: A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. *J Clin Periodontol* 2002;29 Suppl 3:226-231; discussion 232-223

42. Hatano N, Shimizu Y, Ooya K: A clinical long-term radiographic evaluation of graft height changes after maxillary sinus floor augmentation with a 2:1 autogenous bone/xenograft mixture and simultaneous placement of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:339-345

43. Hellem S, Astrand P, Stenstrom B, Engquist B, Bengtsson M, Dahlgren S: Implant treatment in combination with lateral augmentation of the alveolar process: a 3-year prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:233-240

44. Hising P, Bolin A, Branting C: Reconstruction of severely resorbed

alveolar ridge crests with dental implants using a bovine bone mineral for augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:90-97

45. Hu X, Lin Y, Metzmacher AR, Zhang Y: Sinus membrane lift using a water balloon followed by bone grafting and implant placement: a 28-case report. *Int J Prosthodont* 2009;22:243-247

46. Jensen SS, Terheyden H: Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2009;24 Suppl:218-236

47. John HD, Wenz B: Histomorphometric analysis of natural bone mineral for maxillary sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:199-207

48. Jung RE, Halg GA, Thoma DS, Hammerle CH: A randomized, controlled clinical trial to evaluate a new membrane for guided bone regeneration around dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:162-168

49. Kasabah S, Simunek A, Krug J, Cevallos Lecaro M: Maxillary sinus augmentation using deproteinized bovine bone (Bio-Oss) and Impladent Dental Implant System. Part I. Comparison between one-stage and two-stage procedure. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 2002;45:115-118

50. Kasabah S, Simunek A, Krug J, Lecaro MC: Maxillary sinus augmentation with deproteinized bovine bone (Bio-Oss) and Impladent dental implant system. Part II. Evaluation of deproteinized bovine bone (Bio-Oss) and implant surface. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 2002;45:167-171

51. Keith JD, Jr., Petrungaro P, Leonetti JA, Elwell CW, Zeren KJ, Caputo C, et al.: Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft: results from the developmental period (2001-2004). *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:321-327
52. Kim YK, Yun PY, Kim SG, Kim BS, Ong JL: Evaluation of sinus bone resorption and marginal bone loss after sinus bone grafting and implant placement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e21-28
53. Kotsovilis S, Fourmousis I, Karoussis IK, Bamia C: A systematic review and meta-analysis on the effect of implant length on the survival of rough-surface dental implants. *J Periodontol* 2009;80:1700-1718
54. Landes CA: Implant-borne prosthetic rehabilitation of bone-grafted cleft versus traumatic anterior maxillary defects. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:297-307
55. Lee JH, Jung UW, Kim CS, Choi SH, Cho KS: Histologic and clinical evaluation for maxillary sinus augmentation using macroporous biphasic calcium phosphate in human. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:767-771
56. Leick AG, Gulewicz N, Saplacan DI, Broseta ML, Nentwig GH: Einzeitiger Sinuslift mit Knochenersatzmaterial (ESKEM). *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 2005;21:244-251
57. Lindgren C, Sennerby L, Mordenfeld A, Hallman M: Clinical histology of microimplants placed in two different biomaterials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:1093-1100
58. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F: Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: a prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:19-25
59. Mangano C, Scarano A, Iezzi G, Orsini G, Perrotti V, Mangano F, et al.: Maxillary sinus augmentation using an engineered porous hydroxyapatite: a clinical, histological, and transmission electron microscopy study in man. *J Oral Implantol* 2006;32:122-131
60. Mangano C, Scarano A, Perrotti V, Iezzi G, Piattelli A: Maxillary sinus augmentation with a porous synthetic hydroxyapatite and bovine-derived hydroxyapatite: a comparative clinical and histologic study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:980-986
61. Marchetti C, Pieri F, Trasarti S, Corinaldesi G, Degidi M: Impact of implant surface and grafting protocol on clinical outcomes of endosseous implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:399-407
62. Meijndert L, Raghoobar GM, Meijer HJ, Vissink A: Clinical and radiographic characteristics of single-tooth replacements preceded by local ridge augmentation: a prospective randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1295-1303
63. Minichetti JC, D'Amore JC, Hong AY: Three-year analysis of tapered screw vent implants placed into maxillary sinuses grafted with mineralized bone allograft. *J Oral Implantol* 2008;34:135-141
64. Nissan J, Ghelfan O, Mardinger O, Calderon S, Chaushu G: Efficacy of Cancellous Block Allograft Augmentation Prior to Implant Placement in the

Posterior Atrophic Mandible. Clin Implant Dent Relat Res 2009;

65. Nissan J, Mardinger O, Calderon S, Romanos GE, Chaushu G: Cancellous Bone Block Allografts for the Augmentation of the Anterior Atrophic Maxilla. Clin Implant Dent Relat Res 2009;

66. Park SH, Lee KW, Oh TJ, Misch CE, Shotwell J, Wang HL: Effect of absorbable membranes on sandwich bone augmentation. Clin. Oral Implants Res. 2008;19:32-41

67. Peleg M, Sawatari Y, Marx RN, Santoro J, Cohen J, Bejarano P, et al.: Use of corticocancellous allogeneic bone blocks for augmentation of alveolar bone defects. Int J Oral Maxillofac Implants 25:153-162

68. Pjetursson BE, Ignjatovic D, Matuliene G, Bragger U, Schmidlin K, Lang NP: Transalveolar maxillary sinus floor elevation using osteotomes with or without grafting material. Part II: Radiographic tissue remodeling. Clin Oral Implants Res 2009;20:677-683

69. Pjetursson BE, Rast C, Bragger U, Schmidlin K, Zwahlen M, Lang NP: Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotome technique with or without grafting material. Part I: Implant survival and patients' perception. Clin Oral Implants Res 2009;20:667-676

70. Rocchietta I, Fontana F, Simion M: Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. J Clin Periodontol 2008;35:203-215

71. Ruoff H, Terheyden H: Retrospektive radiographische Untersuchung zur Langzeitstabilität des Sinusaugmentates nach Augmentation mit

xenogenem Knochenersatzmaterial (Geistlich Bio-Oss). Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie 2009;25:160-169

72. Scarano A, Piattelli A, Assenza B, Quaranta A, Perrotti V, Piattelli M, et al.: Porcine bone used in sinus augmentation procedures: a 5-year retrospective clinical evaluation. J Oral Maxillofac Surg 68:1869-1873

73. Scarano A, Degidi M, Iezzi G, Pecora G, Piattelli M, Orsini G, et al.: Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: a comparative histologic and histomorphometric study in man. Implant Dent 2006;15:197-207

74. Siciliano VI, Salvi GE, Matarasso S, Cafiero C, Blasi A, Lang NP: Soft tissues healing at immediate transmucosal implants placed into molar extraction sites with buccal self-contained dehiscences. A 12-month controlled clinical trial. Clin. Oral Implants Res. 2009;20:482-488

75. Simion M, Jovanovic SA, Tinti C, Benfenati SP: Long-term evaluation of osseointegrated implants inserted at the time or after vertical ridge augmentation. A retrospective study on 123 implants with 1-5 year follow-up. Clin Oral Implants Res 2001;12:35-45

76. Simunek A, Cierny M, Kopecka D, Kohout A, Bukac J, Vahalova D: The sinus lift with phycogenic bone substitute. A histomorphometric study. Clin Oral Implants Res 2005;16:342-348

77. Szabo G, Huys L, Coulthard P, Maiorana C, Garagiola U, Barabas J, et al.: A prospective multicenter randomized clinical trial of autogenous bone versus beta-tricalcium phosphate graft alone for bilateral sinus elevation: histologic and

histomorphometric evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:371-381

78. Tadjodin ES, de Lange GL, Lyaruu DM, Kuiper L, Burger EH: High concentrations of bioactive glass material (BioGran) vs. autogenous bone for sinus floor elevation. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:428-436

79. Tawil G, Mawla M: Sinus floor elevation using a bovine bone mineral (Bio-Oss) with or without the concomitant use of a bilayered collagen barrier (Bio-Gide): a clinical report of immediate and delayed implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:713-721

80. Tetsch J, Tetsch P, Lysek DA: Long-term results after lateral and osteotome technique sinus floor elevation: a retrospective analysis of 2190 implants over a time period of 15 years. *Clin Oral Implants Res* 21:497-503

81. Teughels W, Merheb J, Quirynen M: Critical horizontal dimensions of interproximal and buccal bone around implants for optimal aesthetic outcomes: a systematic review. *Clin. Oral Implants Res.* 2009;20 Suppl 4:134-145

82. Todisco M: Early loading of implants in vertically augmented bone with non-resorbable membranes and deproteinised anorganic bovine bone. An uncontrolled prospective cohort study. *Eur J Oral Implantol* 3:47-58

83. Turunen T, Peltola J, Yli-Urpo A, Happonen RP: Bioactive glass granules as a bone adjunctive material in maxillary sinus floor augmentation. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:135-141

84. Uckan S, Deniz K, Dayangac E, Araz K, Ozdemir BH: Early implant survival in posterior maxilla with or without beta-

tricalcium phosphate sinus floor graft. *J Oral Maxillofac Surg* 68:1642-1645

85. Valentini P, Abensur DJ: Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone: a clinical report of long-term results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:556-560

86. 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

87. Wallace SS, Froum SJ, Cho SC, Elian N, Monteiro D, Kim BS, et al.: Sinus augmentation utilizing anorganic bovine bone (Bio-Oss) with absorbable and nonabsorbable membranes placed over the lateral window: histomorphometric and clinical analyses. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:551-559

88. Widmark G, Andersson B, Carlsson GE, Lindvall AM, Ivanoff CJ: Rehabilitation of patients with severely resorbed maxillae by means of implants with or without bone grafts: a 3- to 5-year follow-up clinical report. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 2001;16:73-79

89. Zitzmann NU, Scharer P, Marinello CP: Factors influencing the success of GBR. Smoking, timing of implant placement, implant location, bone quality and provisional restoration. *J Clin Periodontol* 1999;26:673-682

90. Zitzmann NU, Scharer P, Marinello CP: Long-term results of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:355-366

## 7 Links

- [www.awmf.org](http://www.awmf.org)
- [www.dgi-ev.de](http://www.dgi-ev.de)
- [www.ag-kiefer.de](http://www.ag-kiefer.de)
- [www.oralchirurgie.org](http://www.oralchirurgie.org)
- [www.dgpro.de](http://www.dgpro.de)
- [www.mkg-chirurgie.de](http://www.mkg-chirurgie.de)
- [www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de)

