

Abb. 1: Der Sinusbodendefekt (Klasse I) kann mit Knochenersatzmaterial behandelt werden. Der unvollständige laterale Dehiszenzdefekt (Klasse III) der distalen Implantate kann mit Gemisch aus Knochenersatzmaterial und Knochenespänen behandelt werden. Der vollständige laterale Dehiszenzdefekt der vorderen Implantate (Klasse IV) erfordert ein autologes Knochenransplantat.

Knochenersatzmaterialien – Tissue engineering in der Praxis

► Hendrik Terheyden

Matrix, Scaffolds (Gerüstsubstanzen), Carrier materials sind zentrale Begriffe im Tissue engineering und in der aktuellen Forschung der regenerativen Medizin. Die moderne Forschung entdeckt gerade erst, dass klassische Materialien wie Hydroxylapatite gute Trägersubstanzen für gezüchtete Zellen, Bone morphogenetic proteins und andere aktuelle regenerative Technologien sind. Diese Materialien werden bereits seit Jahrzehnten erfolgreich in der Zahnheilkunde eingesetzt und man ist sich nicht immer bewusst, dass dieser Einsatz ein klassisches Beispiel für „in vivo Tissue engineering“ ist.

Es ist aber auch bekannt, dass ein erfolgreiches Tissue engineering nicht nur aus den passiven Matrixsubstanzen besteht, sondern neben den Zellen und molekularen Signalfaktoren eine adäquate Gewebeumgebung und ausreichend Zeit benötigt (Grafik 1). Nur ein Teil, der in der Zahnheilkunde vorkommenden Knochendefekte, kann mit passiven Knochenersatzmaterialien alleine behandelt werden (Grafik 2 und Abb. 1 bis 5). Dieser einleitende Artikel und die darauf folgende Produktübersicht kann nicht beantworten, mit

welchen zusätzlichen Substanzen (autologe Knochenespäne, PRP, Eigenblut, Wachstumsfaktoren, Schmelzmatrixproteine, BMP etc.) der Kliniker die Materialien aktivieren kann.

Osteokonduktion versus Osteoinduktion

Für die klinische Beurteilung eines Knochenersatzmaterials ist es sinnvoll, Knochenersatzmaterialien in osteokonduktive Substanzen und osteoinduktive Substanzen zu klassifizieren.

Osteokonduktive Knochenersatzmaterialien sind passive Materialien. Bei diesen Materialien wächst das Knochengewebe appositionell von den angrenzenden Knochenoberflächen in den Defekt. Das Knochenersatzmaterial hat hier die Funktion eines Platzhalters und einer Leitschiene – also eine passive Gerüstfunktion. Die klinischen Heilungsergebnisse hängen sehr viel mehr von den Eigenschaften der defektangrenzenden Gewebe und der Geometrie des Defektes (und vom Patienten und Chirurgen) ab, als vom Material selbst. Osteokonduktive, passive Knochenersatzmaterialien können beispielsweise durch Zugabe von partikulären autologen Knochen- transplantaten aktiviert werden.

Osteoinduktive Knochenersatzmaterialien enthalten Differenzierungsfaktoren (Bone Morphogenetic Proteins BMPs), die in der Wunde die Einwanderung von mesenchymalen Stammzellen und deren Differenzierung zu Knochenzellen bewirken. Andere osteoinduktive Knochenersatzmaterialien enthalten bereits kultivierte Knochenvorläuferzellen. Damit üben osteoinduktive Knochenersatzmaterialien eine aktive Funktion aus, sie sind nicht mehr abhängig von differenzierten Knochenzellen aus den Defekträndern. Ein osteoinduktives Knochenersatzmaterial muß definitionsgemäß zur ektopen Knochenbildung, z. B. im Subkutangewebe oder in der Muskulatur fähig sein.

Wichtige Ziele der Anwendung von Knochenersatzmaterialien

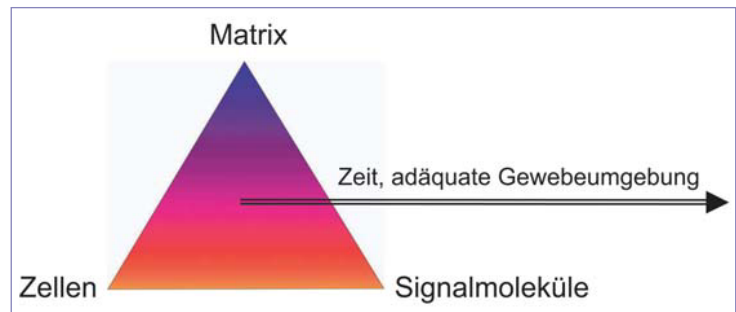
Wichtige klinische Ziele der Anwendung von Knochenersatzmaterialien in der Zahnheilkunde sind:

- Volumenerstreckung bei partikulären autologen Knochen- transplantaten
- Reduktion der Oberflächenresorption bei autologen Knochen- transplantaten
- Gerüst für die gesteuerte Knochenregeneration (Membrantechnik, PA, Sinus)
- Verbesserung der Weichgewebkonturen am Alveolarfortsatz.

Volumenstreckung

Um den Umfang der autologen Knochen- spende zu reduzieren, kann es sinnvoll sein partikulären Knochen- transplantaten bestimmte Volumenanteile von Knochen- ersatzmaterial beizufügen. Das Verhältnis der Mischung autologes Transplantat / Knochen- ersatzmaterial hängt von diversen Faktoren ab. Darunter sind die biologischen Faktoren, wie die Aktivität des Transplantats, die gewünschte Ausheilungszeit und der Defekttyp (weniger anspruchsvoll/anspruchsvoll). Andere Faktoren wie reduzierter allgemeiner Gesundheitszustand des Patienten,

Rauchen, Diabetes, minderwertige Qualität des Empfängergewebes können ebenfalls ein aktiveres Transplantat und damit höhere Anteile von hochwertigem autologem Knochen (z. B. Beckenkamm- spongiosa) erfordern.



Grafik 1: Geweberegeneration benötigt neben Matrix (Gerüst), Zellen (Gewebetyp) und Signalmolekülen (Steuerung der Zellen) eine adäquate Gewebeumgebung (-durchblutung) und Zeit. Matrixsubstanzen alleine können nur wirken, wenn die anderen Faktoren von den Defekträndern beigesteuert werden.

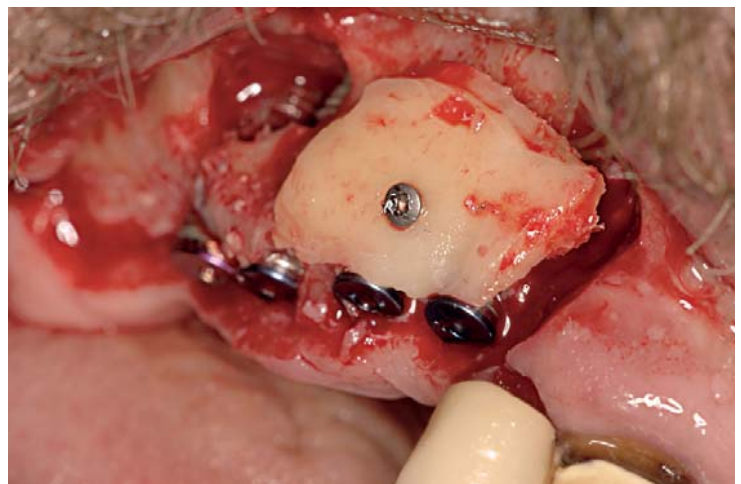


Abb. 2: Ein autologer Knochenblock von der Linea obliqua wurde nach Vorbereitung der knöchernen Unterlage befestigt.



Abb. 3: Füllung des Sinusbodens mit Knochenersatzmaterial, laterale Augmentation dorsal mit einem 50/50 Gemisch mit autologen Knochen- spänen aus dem Filter, Überschichtung und Konturglättung mit Knochen- ersatzmaterial anterior.

Reduktion der Resorption

Die Resorption eines freien Knochentransplantats durch Osteoklasten ist eine Voraussetzung für die funktionelle Einheilung. Dieser Einheilungsvorgang wird schleichender Ersatz oder „creeping substitu-

tion“ genannt. Die Resorption von Knochen-
transplantaten sollte möglichst von innen innerhalb des
transplantierten Volumens stattfinden und dabei die
äußere Form des regenerierten Volumens intakt las-
sen. Es wurde beobachtet, dass eine Mischung von
autologem Partikelknochentransplantat und Geistlich
BioOss® eine reduzierte Resorption verglichen
mit Knochen allein aufweist. Auch eine Überschich-
tung eines autologen Knochentransplantats mit Kno-
chenersatzmaterial kann die Resorption reduzieren.

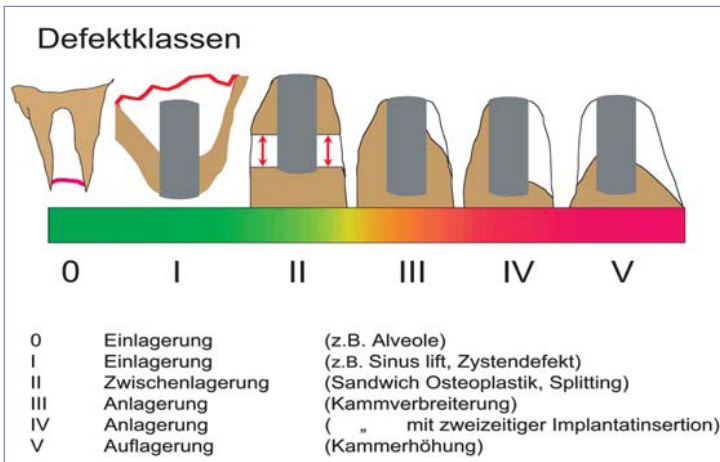
Gerüst für die gesteuerte Knochenregeneration

Normalerweise können kleine und gut geschützte
Defekte durch gesteuerte Knochenregeneration
(Guided Bone Regeneration – GBR) zur Ausheilung
gebracht werden. Dabei handelt es sich um be-
schützte kleinere Knochendefekte, die durch chir-
urgische Maßnahmen, z. B. eine Barrieremembran,
gegen das Weichgewebe abgeschottet werden, so
daß die Heilung ausschließlich von den angrenzen-
den Knochenoberflächen aus- geht. Typische der-
artige Situationen sind der laterale Dehizenszdefekt
über Implantaten, der Fenestrationsdefekt
über Implantaten, die gedeckte Zahnextraktionsal-
veole und der Interpositionsdefekt. Auch bestimm-
te Parodontaldefekte mit hohem Wandanteil spre-
chen auf Knochenersatzmaterialien an. Das Kno-
chenersatzmaterial hat dann Platzhalterfunktion
und wirkt wie ein passives Gerüst, das den Kno-
chenzellen Verankerungsmöglichkeiten bietet und
die Membran gegen den Weichgewebedruck ab-
stützt. Auch der Sinusbodenaugmentationsdefekt
kommt für die alleinige Anwendung von Knochen-
ersatzmaterialien in Frage.

Konturierung des Alveolarfortsatzes

Ein langsam oder gar nicht resorbierbares Knochener-
satzmaterial kann als dauerhafte Konturstütze für das
Weichgewebe und die Kontur des Alveolarkammes
dienen. Dieser Effekt wurde in den frühen Tagen der
präprothetischen Chirurgie genutzt, als Hydroxylapatit
auf zahnlose Kieferkämme gebracht wurde, um die
Kontur des zahnlosen Kammes zu verbessern und da-
mit die Basis für eine Vollprothese zu verbessern. Das
Hydroxylapatit nahe am Empfängerknochen wird nor-
malerweise in Knochen integriert. Die weiter entfernten
Partikel sind von Narbengewebe umhüllt und bil-
den eine hartgummiartig tastbare und fixierte Kamm-
kontur. Dieselben Effekte können in der Implantolo-
gie erzielt werden, wenn es nur darum geht eine sta-
bile Weichgewebkontur über dem Alveolarkamm zu
erzeugen. Dies ist auch unter Pontics erforderlich.

Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden, Kassel
E-Mail: Terheyden@rkh-kassel.de



Grafik 2: Defektarten in der Zahnheilkunde, die grün unterlegten Defektarten können mit Knochenersatzmaterialien alleine behandelt werden, die rot unterlegten Defektarten benötigen meistens aktivere Transplantate wie autologen Knochen.

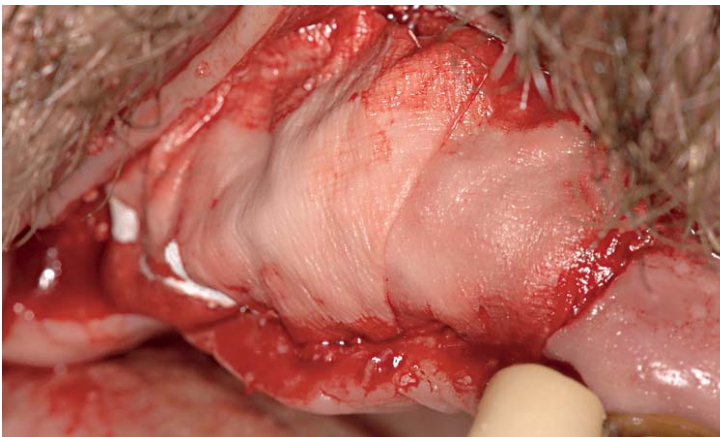


Abb. 4: Bedeckung mit einer BioGide Membran.



Abb. 5: Implantatfreilegung 4 Monate später. Zu diesem Zeitpunkt ist der autologe Knochenblock anterior bereits eingeeilt. Bezirke weiter dorsal, die nur mit Knochenersatzmaterial augmentiert wurden benötigen weitere Heilungszeit zur weiteren Stabilisierung der Implantate. Durch das Knochenersatzmaterial wurde zusätzlich eine gleichmäßige Kontur erzielt.