

# Augmentationsmaterialien und deren Verträglichkeit

Zur langfristigen Rehabilitation mit enossalen Implantaten, bedarf es häufig der Augmentation von Hartgewebe. Das ideale Transplantatmaterial für den Knochenersatz ist durch vier Charakteristika gekennzeichnet: Osteointegration, -konduktion, -induktion und -genese. Die Osteointegration bezeichnet die Fähigkeit zur direkten chemischen Bindung des Transplantats zum umgebenden Knochen ohne Bildung einer bindegewebigen Trennschicht. Unter Osteogenese wird die Fähigkeit der Knochenbildung der im Transplantat überlebenden Osteoblasten verstanden. Bei der Osteokonduktion dient das eingebrachte Transplantat als Leitstruktur zum Einsprossen von Gefäßen aus dem angrenzenden Knochenlager. Erreicht das Transplantat einen osteoinduktiven Effekt, wird dieser durch den Einfluss von Knochenmatrixproteinen, die mit den einsprossenden Gefäßen in das Knochenransplantat gelangen, hervorgerufen. Der patienteneigene, autogene Knochen ist aufgrund seiner osteointegrativen, -genetischen, -induktiven und -konduktiven Eigenschaften das ideale Transplantatmaterial. Knochenersatzmaterialien (KEM) können diese Eigenschaften bislang nicht vollständig nachbilden, haben sich jedoch insbesondere beim Sinuslift und lokal augmentativen Maßnahmen bewährt. Sie werden in 3 Gruppen, die natürlichen, die synthetischen und die Kompositmaterialien unterteilt. Wir unterscheiden zwischen allo genen, xenogenen und alloplastischen KEM. Entsprechend ihrer Wirkungsweise werden sie weiter in osteoinduktive und osteokonduktive Materialien differenziert. Folgende Zusammenfassung ergibt einen Überblick über die heute angewendeten Materialien.

Bild: aus Cell-to-Cell Communication: Guided Bone Regeneration, 2016 Quintessenz Verlag



## Allogener Knochenersatz

Beim allogenen Transplantat sind Spender und Empfänger genetisch nicht identisch, gehören aber der gleichen Spezies (Mensch) an. Das Infektionsrisiko am Ort der Einpflanzung wird auf bis zu 20 % geschätzt. Wegen des nicht auszuschließenden Infektionsrisikos spielen allogene Knochenransplantate im Rahmen der Behandlung der Alveolarfortsatzatrophie eine eher untergeordnete Rolle.

## Xenogener Knochenersatz

Xenogene KEM stammen von anderen Spezies und sind genetisch different. Die Nutzbarkeit xenogener KEM, z. B. von bovinem Knochen, wird durch die Reduzierung immunologischer Risiken mitbestimmt. Für die Eignung dieser Materialien spielen die natürlich vorgegebenen interkonnektierenden Hohlräume eine wichtige Rolle, damit vom Lagerknochen ausgehend Osteoblasten auf der Spur einsprossender Gefäße in das Material eindringen und dieses durchwachsen können. Nach hoher thermischer Vorbehandlung des

xenogenen Knochens bleibt Hydroxylapatitkeramik als mineralisches Grundgerüst zurück. Danach sind die Materialien osteointegrativ und osteokonduktiv wirksam. Vorteil dieses Herstellungsverfahrens ist das fehlende Infektionsrisiko.

## Alloplastik

Der Ersatz körpereigenen Gewebes durch künstlich hergestellte Materialien wird als Alloplastik bezeichnet. Synthetische KEM rufen keine Abstoßungsreaktionen hervor. In Analogie zu den Hydroxylapatitkeramiken xenogenen Ursprungs sind sie osteokonduktiv wirksam. Langfristig formstabile, nicht resorbierbare KEM, wie z. B. Hydroxylapatit, werden von degradierbaren KEM, die als temporäre Platzhalter dienen und durch neu gebildeten Knochen substituiert werden, unterschieden.

## Permanente alloplastische KEM

Synthetische Hydroxylapatitkeramiken  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  sind druckstabil und

werden kaum resorbiert, die Materialien sind auch osteointegrativ und osteokonduktiv wirksam. Nach Verwendung von Hydroxylapatitkeramik als KEM bilden die von ossären Osteoblasten synthetisierten Kollagenfasern zunächst eine Kontaktzone zwischen der kalziumhaltigen Hydroxylapatitoberfläche und den knochenbildenden Zellen. Diese Grenzschicht zwischen Kalziumphosphatmaterial und der Matrix des sich neu bildenden Knochens weist Glukosaminglykane auf, die im natürlichen Knochen vorkommen. Vorteil dieses Herstellungsverfahrens ist das fehlende Infektionsrisiko.

## Degradierbare alloplastische KEM

Degradierbare osteokonduktive KEM bestehen aus der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phase des Trikalziumphosphats, nanopartikulären Hydroxylapatitkeramiken, bioaktiven Gläsern sowie aus Kunststoffen auf Basis der  $\alpha$ -Hydroxysäure. Die Trikalziumphosphatkeramiken werden synthetisch hergestellt, sie weisen eine Mikro- und Makroporosität auf, sind osteokonduktiv wirksam und resorbierbar. Die  $\alpha$ -Phase stellt die sogenannte Hochtemperaturphase dar, die Niedrigtemperaturphase wird als  $\beta$ -Trikalziumphosphat bezeichnet. Nanopartikuläre Hydroxylapatitkeramiken weisen eine sehr kleine Partikelgröße von 18 nm auf, sie werden synthetisch hergestellt und sind als Paste verfügbar. Weitere alloplastische Materialien (Komposite) sind auch partikulär bzw. als Blöcke erhältlich.

Auf der Basis der  $\alpha$ -Hydroxysäure werden verschiedene Kunststoffe als Knochenersatzmaterial bzw. als Träger für die Gewebezüchtung verwendet. Sie werden synthetisch hergestellt und innerhalb von 30 bis 40 Wochen degradiert. Auch die Invertgläser werden synthetisch hergestellt und weisen Granulatgrößen zwischen 300 und 350  $\mu\text{m}$  auf. Sie bestehen aus teilweise löslichem Silikatglas, das Kalzium und Phosphat enthält, und werden auch innerhalb von 30 bis 40 Wochen degradiert.

Da Glaskeramiken begrenzt mechanisch belastbar sind und nur bei bestimmten Zusammensetzungen zur direkten Knochenbindung fähig sind, haben Invertgläser heute klinisch nur eine untergeordnete Bedeutung.

## Wachstumsfaktoren

Klinische und experimentelle Studien geben Hinweise darauf, dass durch den Einsatz von Wachstumsfaktoren eine höhere Knochendurchbauung in Kombination mit Knochentransplantaten bzw. eine echte Osteoneogenese erreicht werden kann. Die Anwendung von rekombinant hergestellten Wachstumsfaktoren (z. B. BMP) konnte sich bislang aber nicht klinisch durchsetzen, da bis heute keine klinisch erprobten Lösungen einer Biofunktionalisierung existieren.

## Zusammenfassung

KEM werden heute bei Hartgewebeaugmentationen wie Socket-Preservation,

Einlagerungsteoplastiken nach Sinuslift, kleinen Anlagerungsteoplastiken, Übersichtungen und Konturierungen bei An- und Auflagerungsteoplastiken sowie der Sandwichosteotomie routinemäßig eingesetzt. Sie weisen gut vorher-sagbare osteokonduktive Eigenschaften auf, beim Sinuslift erreichen sie sogar ein dem autologen Knochen überlegenes Ergebnis. Sie sind unbegrenzt verfügbar, zeigen ein geringes Infektionsrisiko und kaum vorhandene Abstoßungsreaktionen sowie eine verminderte postoperative Morbidität. Durch die verschiedenen individuellen Herstellungsverfahren der einzelnen Materialien ist eine gute Ver-träglichkeit gewährleistet.

## Literatur

Die Literatur zu diesem Beitrag kann bei der Autorin angefragt werden.



**Dr. Eleonore Behrens**

ELAN „Conference and Science Medical Consulting“

Klinik für MKG-Chirurgie

UK SH Campus Kiel

E-Mail: e-w.behrens@t-online.de