

M. Gerressen<sup>1</sup>, A. Ghassemi<sup>1</sup>, N. Noroozi<sup>1</sup>, D. Riediger<sup>1</sup>, V. Mayer<sup>2</sup>

# Das Volumenverhalten autogener Beckenkammtransplantate nach Sinusbodenelevation

*The volume behaviour of autogenous iliac grafts after sinus lifting procedure*

**Einleitung:** Implantatgetragene prothetische Versorgungen stellen im zahnlosen Oberkiefer oftmals eine Herausforderung dar. Die durch den Zahnverlust bedingte Alveolarkammresorption und die daraus resultierende Veränderung des Knochens machen in vielen Fällen eine konventionelle Implantation unmöglich. Eine Anhebung des Kieferhöhlenbodens, ein so genannter Sinuslift, ist deshalb oft die Therapie der Wahl, um eine für die Implantation ausreichende vertikale Knochenhöhe zu erhalten. Beim Sinuslift gelten autogene Knochentransplantate insbesondere aus der Crista iliaca nach wie vor als Goldstandard. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Quantifizierung des Volumenverlustes von autogenen Beckenkammtransplantaten nach Sinuslift, um u. a. den besten Implantationszeitpunkt zu ermitteln.

**Material und Methoden:** Zu diesem Zweck führten wir bei 14 Patienten (8 weibliche, 6 männliche) mit einem Durchschnittsalter von 54,9 Jahren dreidimensionale Volumenmessungen der auf den Sinusboden aufbrachten Knochentransplantate durch. Zur Bestimmung der Knochenvolumina wurden unmittelbar nach dem Eingriff (T0) sowie drei (T1) und sechs Monate (T2) postoperativ DVT-Untersuchungen des Mittelgesichts angefertigt und die dabei akquirierten DICOM-Datensätze mit einer geeigneten Analysesoftware ausgewertet.

**Ergebnisse:** Nach Sinusbodenelevation mit autogenem Beckenknochen ist ein halbes Jahr postoperativ mit einer Transplantatresorption von durchschnittlich 52,4 % zu rechnen. Das mittlere Volumen zum Zeitpunkt T0 betrug 4,2 cm<sup>3</sup>. Bis zum Zeitpunkt T1 kam es zu einer signifikanten Resorption von durchschnittlich 33,3 % auf 2,8 cm<sup>3</sup>. Bis zum Zeitpunkt T2 verkleinerte sich das mittlere Transplantatvolumen erneut signifikant auf nunmehr 2,0 cm<sup>3</sup>. Es besteht weder eine Al-

**Introduction:** In the edentulous posterior maxilla, implant-supported prosthetic supplies very frequently pose a true challenge to the treating surgeon. The resorption of the alveolar ridge and the resulting change of the bone often make a conventional implantation impossible. An elevation of the maxillary sinus floor, a so called sinus lift, is therefore often the therapy of choice to obtain a sufficient vertical bone height for implantation. For sinus lifting procedure, autogenous bone grafts especially from the iliac crest are still considered to be the gold standard. The aim of this study was to quantify the volume loss of autogenous iliac crest grafts after sinus floor elevation to determine the best time for implantation.

**Material and Methods:** For this purpose, we performed three-dimensional measurements of the bone graft volume in 14 patients (8 female, 6 male) with a mean age of 54,9 years. To determine the grafts' volume, cone-beam-CT studies of the maxillary sinuses were carried out directly after the operation (T0), as well as three (T1) and six months (T2) postoperatively and the acquired DICOM-datasets were evaluated with an appropriate analysis software.

**Results:** After sinus floor elevation with autogenous iliac transplants a graft resorption of on average 52,4 % has to be expected six months postoperatively. The average volume at the time of T0 amounted to 4,2 cm<sup>3</sup>. Until the time of T1 it came to a significant resorption of meanly 33,3 % to 2,8 cm<sup>3</sup> on average. By the time of T2, the mean graft volume again significantly reduced to a total of 2,0 cm<sup>3</sup>. The results show no age dependency and apply to both sexes equally.

**Conclusion:** Based on the obtained data, implantation should preferably be performed no later than three months after sinus lifting procedure in order to take advantage of a

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH), Pauwelsstr.30, 52074 Aachen

<sup>2</sup> Praxisklinik Apollonia, Rostocker Str. 18, 40595 Düsseldorf

ters- noch eine Geschlechtsabhängigkeit bei den beobachteten Resorptionsphänomenen.

**Schlussfolgerung:** Auf der Grundlage der gewonnenen Daten sollte die Implantatinsertion spätestens drei Monate nach Durchführung des Sinuslifts erfolgen, um ein Maximum des transplantierten Knochens nutzen zu können. Der zu erwartende Volumenverlust sollte bei der Planung Berücksichtigung finden.

*Schlüsselwörter:* Sinuslift; Beckenkammtransplantat; Volumenverlauf; Implantationszeitpunkt

## Einführung

Der Verlust der bleibenden Zähne und die daraus resultierende Alveolarkammresorption gestalten die prothetische Versorgung oftmals extrem schwierig. Um die betroffenen Patienten dennoch mit einem suffizienten Zahnersatz versorgen zu können, werden enossale Implantate immer häufiger als Alternative zur konventionellen prothetischen Versorgung eingesetzt [5, 38, 46]. Die implantatchirurgische Versorgung des zahnlosen Oberkiefers stellt jedoch eine ausgesprochene Herausforderung dar. Neben der Resorption des Alveolarkamms kommt es zusätzlich zu einer Ausdehnung der Kieferhöhlen nach kaudal. Daraus resultieren eine geringe Knochenhöhe und -qualität [1, 10, 30].

Unter allen Methoden, die ein ausreichendes Knochenangebot für die chirurgische Implantatinsertion wiederherstellen, ist der 1976 erstmals auf dem Alabama Implantat Kongress von *Tatum* vorgestellte und 1980 von *Boyne* und *James* publizierte Sinuslift das meist gebrauchte und am besten untersuchte Verfahren, das sich mittlerweile zu einem von vielen Behandlern beherrschten und angewendeten Standardverfahren etabliert hat [7, 41]. Uneinigkeit besteht allerdings beim eingesetzten Transplantatmaterial. Obwohl unzählige Materialien, darunter allogene, xenogene, autogene, alloplastische und gemischte Transplantate sowie durch Tissue Engineering hergestellte knöchernen Konstrukte experimentell und klinisch angewendet wurden, gelten autogene Knochentransplantate nach wie vor als Goldstandard [2, 6, 13, 15, 36, 37, 40, 48]. Dies begründet sich besonders durch ihre osseoinduktiven, osseokonduktiven und immunologischen Merkmale [9, 37, 45]. Besonders spongiosen

maximum of the transplanted graft material. The expected volume loss should be considered in the planning of the surgical procedure.

*Keywords:* sinus lift; iliac crest graft; volume course; implantation time

Knochen werden günstige biologische Eigenschaften zugeschrieben [14, 15, 22]. Für einen beidseitigen vollständigen Sinuslift, für den ein Transplantatvolumen von 10–15 ml zu veranschlagen ist, bieten jedoch lokal aus dem Unterkiefer oder dem Tuber maxillae gewonnene Transplantate in der Regel zu wenig Knochenmaterial [23, 44]. Bei ausgedehnten Augmentationen bedient man sich darum in den meisten Fällen Knochen aus der Crista iliaca oder der proximalen Tibia [12, 22]. Die proximale Tibia hat allerdings den Nachteil, dass sich der kortikale Anteil des Transplantats auf das Zugangsfenster beschränkt [12], so dass bei einer zusätzlichen Onlayosteoplastik der Beckenkamm als Spenderareal unverzichtbar ist [47].

Das dreidimensionale Resorptionsverhalten solcher bei der Sinusbodenelevation eingesetzten Beckenkammtransplantate ist bislang jedoch nur unzureichend untersucht [18, 30, 35, 43]. Exakte Informationen über den Resorptionsverlauf könnten wichtige Konsequenzen im Hinblick auf den günstigsten Implantationszeitpunkt sowie die prinzipielle Therapieplanung nach sich ziehen, um bei der Implantation ein suffizientes Knochenangebot vorzufinden.

## Material und Methoden

### Patienten

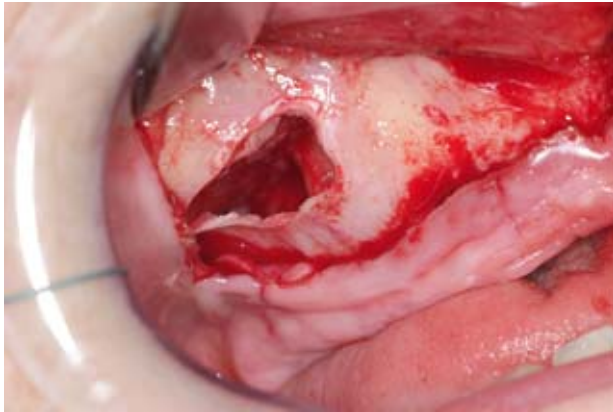
Das Ziel dieser klinischen Untersuchung war es, den Transplantatvolumenverlust nach Sinuslift mit autogenem Beckenknochen zu quantifizieren und die zeitliche Entwicklung der Transplantatresorption zu spezifizieren. Zu diesem Zweck wurden die Knochentransplanta-

te während ihrer Einheilphase zu drei Zeitpunkten mittels DVT-Untersuchung dokumentiert und die entsprechenden DICOM-Datensätze mit einer geeigneten Analysesoftware (iPlan CMF 3.0, Brainlab, Feldkirchen, Deutschland) ausgewertet.

Insgesamt 14 Patienten, davon acht Frauen und sechs Männer, zwischen 34 und 67 Jahren (Durchschnittsalter 54,9 Jahre) wurden in die Studie eingeschlossen. Alle Patienten litten unter einem stark atrophierten Oberkiefer mit einer Restkammhöhe von weniger als 5 mm (durchschnittlich 2,6 mm), welcher eine konventionelle Implantation nicht zuließ. Bei allen Studienteilnehmern wurde aus diesem Grund ein Sinuslift und in elf Fällen zusätzlich eine Onlayosteoplastik durchgeführt. Die Augmentation erfolgte bei allen Studienteilnehmern ausschließlich mit autogenem Beckenknochen. Alle Patienten waren Nichtraucher, zum Zeitpunkt der Operation allgemeinanamnestisch unauffällig und zeigten präoperativ weder klinisch noch röntgenologisch Zeichen einer Sinusitis. Auch intraoperativ präsentierte sich die Kieferhöhlenschleimhaut in allen Fällen entzündungsfrei. Entsprechend dem routinemäßigen Follow-up unserer Klinik wurde bei allen Patienten unmittelbar postoperativ (T0) sowie drei (T1) und sechs (T2) Monate nach dem Eingriff ein DVT der Maxilla angefertigt.

### Chirurgisches Vorgehen

Alle Operationen wurden in Allgemeinnarkose durchgeführt. Die Operationstechnik für die Sinusbodenelevationen entsprach jeweils *Tatums* klassischer Beschreibung mit lateralem Knochenfenster (Abb. 1) [41]. Parallel zur Präparation am Oberkiefer, die in allen Fällen piezochirurgisch durchgeführt wurde, ent-



**Abbildung 1** Sinus mit nach kranial rotiertem lateralem Knochenfenster.

**Figure 1** Maxillary sinus with the lateral bone window rotated in a cranial direction.



**Abbildung 2** Transplantatmaterial nach Augmentation und Kondensation.

**Figure 2** Bone graft after augmentation and condensation.

nahm ein zweites Team aus der vorderen Beckenschaufel jeweils ein monokortikospöngiöses Knochentransplantat unter Erhalt der äußeren Kortikalis in typischer Weise. Aus den eröffneten Markräumen wurde anschließend mit Volkmann-Löffeln geeigneter Größe die maximal mögliche Menge an Spongiosa gewonnen. In den Fällen ( $n = 11$ ), in denen eine zusätzliche Onlayosteoplastik nötig war, wurden aus dem entnommenen Blocktransplantat zunächst der bukkalen bzw. krestalen Alveolarkammkontur entsprechende Knochenblöcke modelliert, welche dann im Anschluss an den Sinuslift mit Mikroschrauben und falls nötig auch mit Mikroplatten an der Maxilla fixiert wurden. Die restlichen Anteile des Blocktransplantats bzw. der gesamte mono-kortikospöngiöse Knochenblock in den Fällen ohne Onlayosteoplastik wurden dann in einer Tessier Knochenmühle (Stryker-Leibinger, Freiburg, Germany) partikuliert und zusammen mit der unzerkleinerten Spongiosa in den neu geschaffenen Raum zwischen Sinusboden und Schneiderscher Membran eingebracht. Dabei wurde auf eine suffiziente Kondensation und gleichmäßige Verteilung des Transplantatmaterials peinlichst geachtet (Abb. 2).

Alle Patienten wurden unter stationären Bedingungen behandelt und erhielten dreimal täglich für fünf bis sieben Tage eine i.v.-Antibiose mit 600 mg Clindamycin, die intraoperativ begonnen wurde. Die Ernährung erfolgte während des stationären Aufenthalts über

eine dünne Ernährungssonde und anschließend bis zur Nahtentfernung am 10. postoperativen Tag durch flüssige Kost. Die sukzessive schmerzadaptierte Mobilisierung begann jeweils am 3. postoperativen Tag, und vom Abend vor der Operation bis zur Entlassung wurde eine gewichtsadaptierte Thromboseprophylaxe mit einem niedermolekularen Heparin subcutan verabreicht. Für insgesamt zwei Wochen duften die Patienten nicht schnäuzen und sollten abschwellende Nasentropfen (Xylometazolin 0,1 %) fünf bis sechs Mal täglich in beide Nasenhöhlen applizieren. Schließlich wurden alle Studienteilnehmer instruiert, ihre Oberkieferprothese über einen Zeitraum von 14 Tagen nicht einzugliedern. Die Einheilphase des Transplantats bis zur Implantatinsertion betrug, dem routinemäßigen Vorgehen in unserer Klinik entsprechend, mindestens sechs Monate, im Mittel 7,2 Monate.

#### Auswertung der DVT-Datensätze

Die beim DVT-Scan akquirierten DICOM-Datensätze wurden in die kommerziell erhältliche Planungs- und Navigationssoftware iPlan CMF 3.0 (Brainlab, Feldkirchen, Deutschland) importiert. Anschließend segmentierten wir die bei der Sinusaugmentation eingebrachten Knochentransplantate anhand aller verfügbaren Standardschnittebenen (axial, koronar, sagittal).

Die Segmentierung erfolgte mit einer in iPlan verfügbaren Zeichenfunktio-

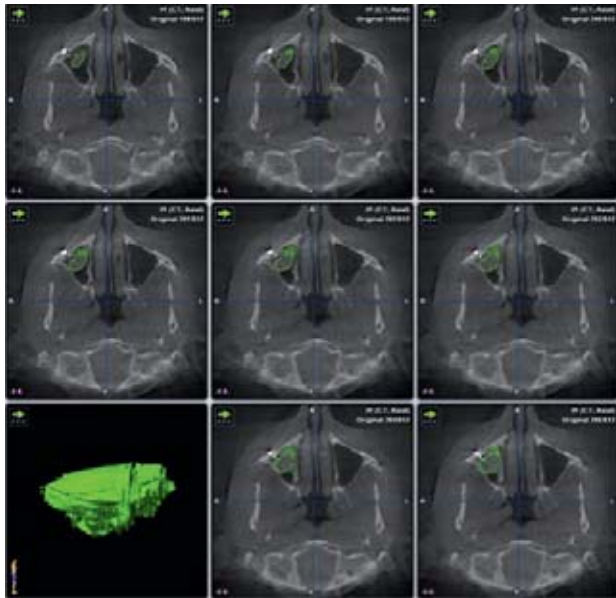
on, mit der das Zielobjekt in jeder Schnittebene exakt umfahren werden muss. Zusätzlich lässt das Programm grauwertbasiert auch eine Interpolation von bis zu acht Schichten zu (Abb. 3). Die Software berechnet dann automatisch aus den Daten ein dreidimensionales Bild des segmentierten Objekts, das ebenso wie das Objektvolumen direkt in der Planausgabe von iPlan betrachtet werden kann (Abb. 4).

#### Statistische Analyse

Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS (statistical package for social sciences), Version 14, unter Windows XP. Effekte wurden als signifikant angesehen, sobald der p-Wert das 5%-Niveau unterschritt.

Von den ermittelten Knochenvolumina der beiden Kieferhöhlen der elf bilateral operierten Patienten errechneten wir den Mittelwert, bei den unilateral operierten Patienten ging der jeweils gemessene Wert einzeln in unsere Berechnungen ein.

Die auf diese Weise gewonnenen Daten wurden bei symmetrischer Verteilung um den Mittelwert mittels T-Tests für gepaarte Stichproben paarweise miteinander verglichen. Den Einfluss des Geschlechts auf die Knochenresorption untersuchten wir unter Anwendung eines unverbundenen T-Tests, die Abhängigkeit der Knochenresorption vom Alter wurde mit einer Pearson-Korrelationsanalyse überprüft.



**Abbildung 3** Grauwertbasierte Interpolation des Transplantats.  
**Figure 3** Gray scale based interpolation of the bone graft.

Abbildungen 1–4: PD Dr. Dr. M. Gerressen, V.Mayer; Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

## Ergebnisse

### Klinische Beobachtungen

Bei keinem der untersuchten Patienten traten im postoperativen Verlauf Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, Transplantatinfektionen oder persistierende Schwellungen auf. In allen Fällen heilten sowohl die intraorale als auch die Wunde am Becken komplikationslos ab. Obwohl in einem Fall (ein Sinus) eine bei der Präparation aufgetretene Perforation der Schneiderschen Membran mit resorbierbarem Nahtmaterial verschlossen werden musste, beobachteten wir im gesamten Kollektiv weder klinisch noch radiologisch sinusitische Befunde. Keiner der Patienten litt postoperativ unter Sensibilitätsstörungen im Ausbreitungsgebiet des Nervus cutaneus femoris lateralis oder anhaltenden Störungen der Mobilität. Zum Zeitpunkt der Implantation nach

durchschnittlich 7,2 Monaten waren alle Patienten vollständig regeneriert.

### Auswertungen der Datensätze und statistische Analyse

Zum Zeitpunkt  $T_0$  betrug das mittlere Transplantatvolumen der 25 untersuchten Kieferhöhlen  $4,2 \text{ cm}^3$ . Bis zum Zeitpunkt  $T_1$  kam es zu einer signifikanten Resorption ( $p = 0,001$ ) von 33,3 % auf durchschnittlich  $2,8 \text{ cm}^3$  Knochenvolumen. Im Zeitintervall von  $T_1$  bis  $T_2$  reduzierte sich das Transplantatvolumen erneut signifikant ( $p = 0,000$ ) um 19,1 % (bezogen auf das Ausgangsvolumen) auf nunmehr  $2,0 \text{ cm}^3$  (Tab. 1 bzw. 1/1), sodass zum Zeitpunkt  $T_2$  im Mittel 52,4 % des ursprünglich transplantierten Knochens resorbiert waren. (Abb. 5)

Im betrachteten Altersintervall besteht keine signifikante Korrelation zwischen dem Patientenalter und der Volumenabnahme des Transplantats ( $p = 0,180$ ) (Abb. 6). Auch das Geschlecht

übt keinen entscheidenden Einfluss auf den Resorptionsverlauf aus ( $p = 0,542$ ) (Abb. 7). Bereits zum Zeitpunkt  $T_1$  waren alle Transplantate radiologisch vollständig knöchern integriert. (Abb. 8)

## Diskussion

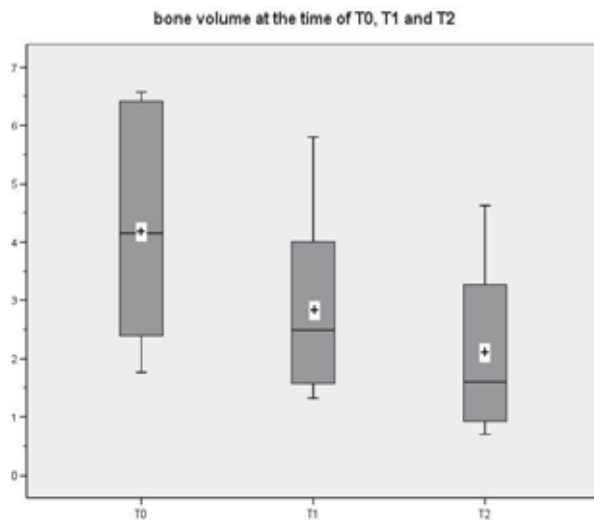
Beim Sinuslift gelten autogene Knochen- transplantate nach wie vor als Goldstandard [3, 12, 20, 23, 48]. Wenn, so wie beim stark atrophierten zahnlosen Oberkiefer, ein massives knöchernes Defizit besteht, ist es in den meisten Fällen unumgänglich, auf extraorale Knochenentnahmestellen zurückzugreifen [15, 19]. Für einen vollständigen bilateralen Sinuslift wird beispielsweise eine Knochenmenge von 10–15 ml benötigt [23, 44]. Das am besten untersuchte und meist gebrauchte extraorale Spenderareal für autogene Knochen- transplantate ist zweifelsohne der Beckenkamm [7, 12, 15, 16]. Hier können Knochenmengen von



**Abbildung 4** Form und Volumen des segmentierten Transplantats in der Planausgabe von iPlan CMF 3.0 (BrainLab, Feldkirchen, Deutschland).

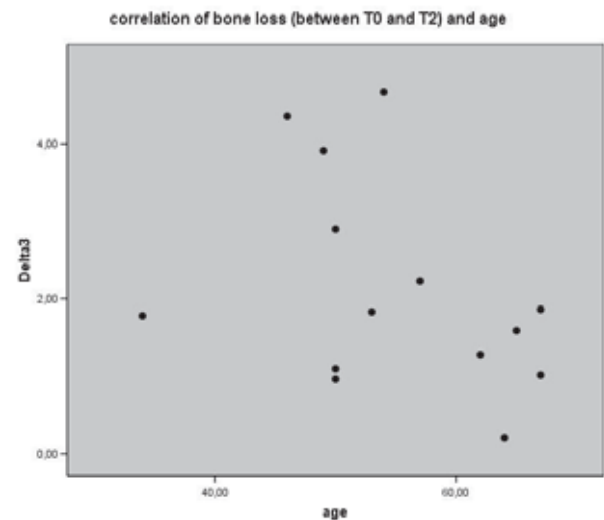
**Figure 4** Shape and volume of the segmented bone graft in the plan content of iPlan CMF 3.0 (BrainLAB, Feldkirchen, Germany).





**Abbildung 5** Boxplot Diagramm mit einer signifikanten Resorption von 52,4% zwischen  $T_0$  und  $T_2$ .

**Figure 5** Boxplot presentation showing a significant resorption of 52,4% between  $T_0$  and  $T_2$ .



**Abbildung 6** Die Beziehung zwischen dem Transplantatverlust und dem Alter zeigt im Zeitraum  $T_0$  bis  $T_2$  keine signifikante Korrelation.

**Figure 6** The relationship between the bone loss and age within the interval  $T_0$  to  $T_2$  reveals no significant correlation.

7–40 ml gewonnen werden [21, 44], wobei man hierbei einen zweiten chirurgischen Zugang mit einer gewissen Komorbidität und eine Intubationsnarkose in Kauf nehmen muss. So sind lokale Hämatome, Sensibilitätsstörungen des Nervus cutaneus femoris lateralis, Hernien oder Frakturen des Beckens als mögliche Komplikationen der Transplantatentnahme aus der Crista iliaca beschrieben [27]. Younger&Chapman [49] geben eine Rate von 8,6 % an schwerwiegenden Komplikationen bei der konventionellen offenen Entnahme an, die wir allerdings aus unserer eigenen klinischen Erfahrung als zu hoch gegriffen erachten. Um die Komplikationsmöglichkeiten zu reduzieren, empfehlen Caminiti et al. [8] die offene Entnahme von Knochenzylindern mit geeigneten Trepanbohrern, wobei mit dieser Methode nur kleinere Knochenmengen zwischen 2,3–3,2 ml gewonnen werden können. Auch intraorale Entnahmestellen wie der aufsteigende Unterkieferast und die Kinnregion liefern ein Maximalvolumen an kortikalem und spongiösem Knochen von lediglich 2–5 ml [23, 44]. Diese Knochenmenge ist zwar ausreichend, um kleine Defekte wie Extraktionswunden oder parodontale Läsionen aufzufüllen, jedoch zu gering für ausgedehnte augmentative Maßnahmen. In der vorliegenden Studie wurde eine Knochenmenge von durchschnittlich 4,2 ml pro Sinus transplantiert, wo-

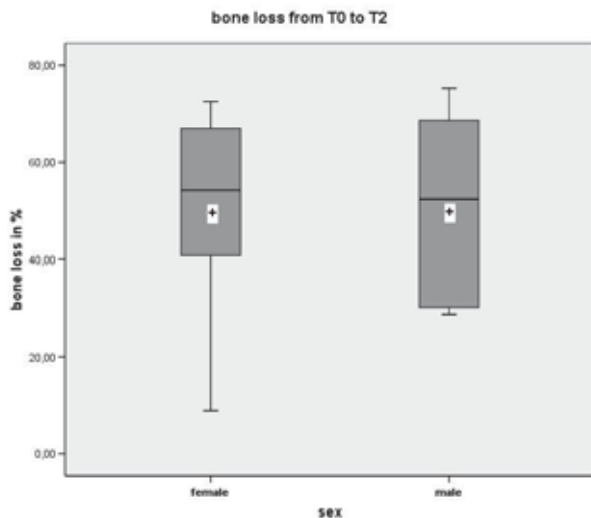
bei hier anzumerken ist, dass es sich um eine Art Nettovolumen des eingebrachten Knochen nach Kondensation handelt. Bei elf Patienten wurde darüber hinaus eine Onlayosteoplastik durchgeführt, was in allen Fällen eine offene Entnahme von Beckenknochen unumgänglich machte.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es nun, den Volumenverlauf der transplantierten Knochenmenge zu beobachten und die Resorptionsrate dreidimensional quantitativ zu erfassen.

Während unserer Untersuchung wurde der enorme Volumenverlust des transplantierten Knochens sehr deutlich. So wurden innerhalb von sechs Monaten 52,4 % des Transplantats abgebaut. Dieser recht hohe Knochenverlust übersteigt die in der Literatur angegebenen Werte von 21–51 %, wobei keine der verfügbaren Arbeiten auf dreidimensionale Messungen zurückgreift [16, 17, 26, 34]. Grundsätzlich könnten wesentliche Fehlerquellen in der Entnahmetechnik bzw. dem Umgang mit dem gewonnenen Knochen und in der Augmentationsmethode liegen. Bei allen im Rahmen der Studie operierten Patienten wurde jedoch peinlichst genau darauf geachtet, den Transplantatknochen so schonend wie möglich zu behandeln und bestmöglich aufzubereiten. So wurde die entnommene Spongiosa zum Erhalt der Osteoblasten und Vorläuferzellen

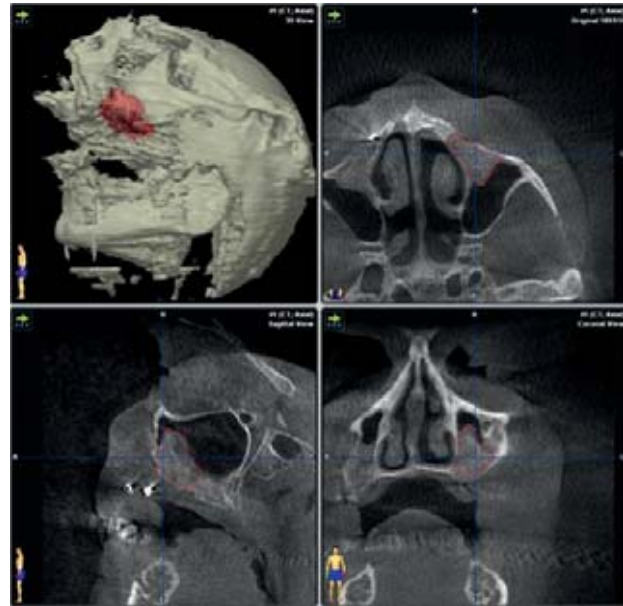
nicht weiter partikuliert, der kortikale Knochenblock jedoch zur Erhöhung der Oberfläche osteoinduktiven und –konduktiven Materials in einer Knochenmühle zerkleinert [39]. Bei der Präparation des Empfängerbetts am Kieferhöhlenboden kam es in nur einem Fall zu einer Schleimhautperforation, die primär verschlossen werden konnte. Zudem wurde großer Wert auf eine gleichmäßige Verteilung des Transplantatmaterials und dessen suffiziente Verdichtung gelegt, um das nachfolgende Zusammensintern auf ein Minimum zu beschränken. Die Implantation erfolgte jeweils zweizeitig, um die hohe Verlustrate von Implantaten bei einzeitiger Operationsmethode in Verbindung mit Knochenaugmentationen zu umgehen [17, 45].

Im Gegensatz dazu steht die Volumenstabilität von Knochenersatzmaterialien, welche laut Gaßmann & Dawirs [11] erfolgreich zur Substitution von autologen Knochentransplantaten eingesetzt werden können. Trotz der hohen Erfolgsrate von Knochenersatzmaterialien können solche Defektmorphologien, die Blocktransplantate erfordern, bislang jedoch am besten durch den Einsatz von autologem Knochen beherrscht werden. Dies liegt darin begründet, dass dieser alle Komponenten, die für den erfolgreichen Ersatz auch größerer Kieferabschnitte notwendig sind, wie Osteoblasten, Osteoprogenitorzellen sowie



**Abbildung 7** Einfluss des Geschlechts auf die Resorption des Transplantats: es kann kein signifikanter Einfluss auf den Resorptionsprozess festgestellt werden.

**Figure 7** Effect of gender on bone graft's resorption: no significant effect on the resorption process can be observed.



**Abbildung 8** Vollständig knöchern integriertes Transplantat zum Zeitpunkt  $T_1$ .

**Figure 8** Fully osseously integrated bone transplant at  $T_1$ .

Abbildung 8: Dr. Dr. M. Gerressen, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Wachstumsfaktoren und Zytokine enthält [20]. Darüber hinaus verzögert das Fehlen der biologisch wichtigen Osteoblasten die Einheilzeit von alloplastischem Knochenersatz, wobei neben einer deutlich protrahierten Resorption zeitweise auch Entzündungsreaktionen zu beobachten sind [11, 12, 40]. Demnach wäre es ideal, einen Weg zu finden, die günstigen Eigenschaften autogener Transplantate nutzen zu können, deren enorme Resorption jedoch zu umgehen. Dazu sind prinzipiell verschiedene Möglichkeiten denkbar:

Zum einen können Knochenersatzmaterialien zum autogenen Transplantat im Sinne eines Resorptionsschutzes zugegeben werden, da säureresistente Knochenersatzmaterialien wie zum Beispiel BioOss (Geistlich, Schweiz) eine Barriere für den durch Säure stattfindenden Abbau von Osteoblasten darstellen [24, 33, 42]. Dazu müsste das Knochenersatzmaterial idealerweise in der Peripherie des Knochenersatzmaterials angesiedelt sein. Zum anderen kann das laterale Zugangsfenster durch eine Mem-

bran abgedeckt werden, wodurch eine Resorptionsbarriere durch eine Blockierung des Zutritts von Osteoklasten geschaffen wird [4, 11, 33, 42]. Viel einfacher und ebenso effektiv ist es allerdings – und das legen unsere Ergebnisse zweifelsfrei nahe –, bereits drei Monate nach mit autogenem Knochen durchgeführter Sinusbodenelevation zu implantieren, da die Transplantate zu diesem Zeitpunkt bereits vollständig knöchern integriert sind. Dadurch wird der transplantierte Knochen durch die früher einsetzende funktionelle Belastung vor weiterer Resorption geschützt [26, 32, 42]. Andere Untersuchungen bestätigen, dass bei autogenen Knochenersatzmaterialien eine Revaskularisierung innerhalb von 30 Tagen erfolgt und die Umbauvorgänge des Transplantats bereits innerhalb von 90 Tagen vollzogen sind [25, 28], weswegen die Einheilzeit wesentlich kürzer ist als bei alloplastischen Materialien. Für den Patienten beinhaltet die frühere Implantation den gar nicht hoch genug einzuschätzenden Vorteil, schon früher einen belastbaren

Zahnersatz tragen zu können [31]. Dennoch sollte vor jedem Eingriff gemeinsam mit dem Patienten eine detaillierte Abwägung der möglichen Behandlungswege vorgenommen werden und die Indikation zu Gunsten des autogenen Transplantats oder aber alloplastischer bzw. xenogener Materialien individuell gestellt werden [29, 33].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nach Sinusbodenelevation mit autogenem Beckenknochen die Insertion enossaler Implantate – anders als in der Literatur beschrieben [22] – spätestens nach drei Monaten Einheilzeit erfolgen sollte, um auf eine möglichst große Menge des initial transplantierten Knochens zurückgreifen zu können.

#### Korrespondenzadresse

Viktoria Mayer  
Praxisklinik Apollonia  
Rostocker Str. 18  
40595 Düsseldorf  
Tel.: 0211 705858  
Viktoria.mayer@rwth-aachen

**Literatur**

1. Aimetti M, Romagnoli R, Ricci G, Massei G: Maxillary sinus elevation: the effect of macrolacerations and microlacerations of the sinus membrane as determined by endoscopy. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:527–535
2. Adreana S, Cornelini R, Edsberg LE, Natiella JR: Maxillary sinus elevation for implant placement using calcium sulphate with and without DFDBA: six cases. *J Implant Dent* 2004;13:270–277
3. Allegrini S Jr, Yoshimoto M, Salles MB, König B Jr: The effects of bovine BMP associated to HA in maxillary sinus lifting in rabbits. *Annals of Anatomy* 2003;185:343–349
4. Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P: A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:632–639
5. Atwood D: Bone loss of edentulous alveolar ridges. *J Periodontol* 1979;50:11–21
6. Borsay P: Gewebersatz in der Implantologie: Knochenaugmentation des Sinusbodens mit autologen osteogenen Transplantaten. *Implantol J* 2004;4:36–38
7. Boyne PJ, James RA: Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613–616
8. Caminiti MF, Sandor GK, Carmichael RP: Quantification of bone harvested from the iliac crest using a power-driven trephine. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:801–805
9. Gapski R, Neiva R, Oh TJ, Wang HL: Histologic analyses of human mineralized bone grafting material in sinus elevation procedures: a case series. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:59–69
10. Garg AK: Augmentation grafting of the maxillary sinus for placement of dental implants: anatomy, physiology, and procedures. *J Implant Dent* 1999;8:36–46
11. Gaßmann G, Dawirs K: Der maxilläre Sinuslift – ein Update. *Der MKG-Chirurg* 2010;3:268–273
12. Gerressen M, Prescher A, Riediger D, van der Ven D, Ghassemi A: Tibial versus iliac bone grafts: a comparative examination in 15 freshly preserved adult cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:1270–1275
13. Gerressen M, Hermanns-Sachweh B, Riediger D, Hilgers RD, Spiekermann H, Ghassemi A: Purely cancellous vs. corticocancellous bone in sinus floor augmentation with autogenous iliac crest: a prospective clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:109–115
14. Horch HH, Sader R, Kolk A: Synthetische, phasenreiche Beta-Trikalziumphosphat-Keramik (Cerasorb) zur Knochenregeneration bei der rekonstruktiven Chirurgie der Kiefer – Eine klinische Langzeitstudie mit Literaturübersicht. *Dtsch Zahnärztl Z* 2004;59:680–686
15. Jakse N, Seibert FJ, Lorenzoni M, Eskici A, Perl C: A modified technique of harvesting tibial cancellous bone and its use for sinus grafting. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:488–494
16. Jensen J, Simonsen EK, Sindet-Pedersen S: Reconstruction of the severely resorbed maxilla with bone grafting and osseointegrated implants: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48:27–32
17. Kahnberg KE, Ekestubbe A, Grohndahl K, Nilsson P, Hirsch JM: Sinus lifting procedure. One-stage surgery with bone transplant and implants. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:478–487
18. Kahnberg KE, Wallström M, Rasmussen L: Local sinus lift for single-tooth implant. Clinical and radiographic follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2011;13:231–237
19. Karabuda C, Ozdemir O, Tosun T, Anil A, Olgac V: Histological and clinical evaluation of 3 different grafting materials for sinus lifting procedure based on 8 cases. *J Periodontol* 2001;72:1436–1442
20. Klein MO, Götz H, Duschner H, Wagner W: Anforderungen an moderne Knochenmaterialien. *Der MKG-Chirurg* 2010;3:274–281
21. Kraut RA, Judy KW: Composite bone graft augmentation for maxillary implant reconstruction: clinical report. *J Implant Dent* 1993;2:257–262
22. Lazzara RJ: The sinus elevation procedure in endosseous implant therapy. *Curr Opin Periodontol* 1996;3:178–183
23. Lee CY: An in-office technique for harvesting tibial bone: outcomes in 8 patients. *J Oral Implantol* 2003;29:181–184
24. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F: Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: a prospective study International. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:9–25
25. Malchiodi L, Quaranta A, D'Addona A, Scarano A, Quaranta M: Jaw reconstruction with grafted autologous bone: early insertion of osseointegrated implants and early prosthetic loading. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:1190–1198
26. Mardinger O, Chaushu G, Sigalov S, Herzberg R, Shlomi B, Schwartz-Arad D: Factors affecting changes in sinus graft height between and above the placed implants. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol* 2011;111:e6-e11
27. Meier J, Reither J, Michel C, Bill J, Kübler N: Auswahlkriterien verschiedener Spenderareale für den mikrovaskulären Gewebettransfer bei der Rekonstruktion von Knochendefekten. *Schwenzer, N., Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie* 1994;39:118–122, Stuttgart: Georg Thieme.
28. Nelson K, Özyuvaci H, Bilgic B, Klein M, Hildebrand D: Histomorphometric evaluation and clinical assessment of endosseous implants in iliac bone grafts with shortened healing periods. *J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:855–861
29. Nkeke E, Stelzle F: Clinical outcomes of sinus floor augmentation for implant placement using autogenous bone or bone substitutes: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20 (Suppl. 4):124–133
30. Özyuvaci H, Bilgic B, Firatli E: Radiologic and histomorphometric evaluation of maxillary sinus grafting with alloplastic graft materials. *J Periodontol* 2003;74:909–915
31. Raghoobar GM, Schoen P, Meijer H, Stellingsma K, Vissink A: Early loading of endosseous implants in the augmented maxilla: a 1-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:697–702
32. Roux W: Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. *Arch Anat Physiol Anatom Dep* 1885; 120–158
33. Ruoff H, Terheyden H: Retrospective radiographic investigation of the long-term stability of xenografts Geistlich Bio-Oss) in the sinus. *Z Zahnärztl Implantologie* 2009;25:160
34. Sbordone L, Toti P, Menchini-Fabris GB, Sbordone C, Piombino P, Guidetti F: Volume changes of autogenous bone grafts after alveolar ridge augmentation of atrophic maxillae and mandibles. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:1633–1641
35. Schultze-Mosgau S, Keweloh M, Wiltfang J, Kessler P, Neukam FW: Histomorphometric and densitometric changes in bone volume and structure after avascular bone grafting in the extremely atrophic maxilla. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:439–447
36. Schimming R, Schmelzeisen R: Tissue-engineered bone for maxillary sinus augmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:724–729
37. Serra e Silva FM, de Albergaria-Barbosa JR, Mazzonetto R: Clinical evaluation of association of bovine organic osseous matrix and bovine bone morphogenetic protein versus bone graft in sinus floor augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:931–935
38. Smiler D, Johnson P, Lozada J et al.: Sinus lift grafts and endosseous implants. Treatment of the atrophic posterior maxilla. *Dental Clin North Am* 1992;36:151–186

39. Springer IN, Terheyden H, Geiss S, Härle F, Acil Y: Particulated bone grafts –effectiveness of bone cell supply. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:205–212
40. Szabo G, Huys L, Coulthard P 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
41. Tatum H Jr: Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am* 1986;30:207–229
42. Terheyden H: Alveolarkammaugmentation – Block oder Span? *Der MKG-Chirurg* 2010;3:259–267
43. Timmenga NM, Raghoobar GM, Liem RS, van Weissenbruch R, Manson WL, Vissink A: Effects of maxillary sinus floor elevation surgery on maxillary sinus physiology. *Eur J Oral Sci* 2003;111:189–197
44. Tiwana PS, Kushner GM, Haug RH: Maxillary sinus augmentation. *Dent Clin North Am* 2006;50:409–424
45. Triplett RG, Schow SR: Autologous bone grafts and endosseous implants: complementary techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:486–494
46. van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Disch FJ, Tuinzing DB: Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:256–265
47. Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Thorwarth M, Neukam FW, Schlegel KA: Onlay augmentation versus sinus-lift procedure in the treatment of the severely resorbed maxilla: a 5-year comparative longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:885–889
48. Yildirim M, Spiekermann H, Biesterfeld S, Edelhoff D: Maxillary sinus augmentation using xenogenic bone substitute material Bio-Oss in combination with venous blood. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:217–219
49. Younger EM, Chapman MW: Morbidity at bone graft donor sites. *J Orthop Trauma* 1989;3:192–195