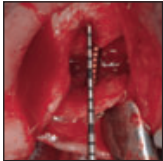




Ergebnisse der vertikalen Knochenaugmentation mit autogenen Knochenblocktransplantaten und Tunneltechnik: Eine prospektive klinische Studie an 10 konsekutiv behandelten Patienten



Luca De Stavola, DMD, MSc¹
Jochen Tunkel, DMD, MSc²

In der vorliegenden Studie wird über das Ergebnis der Behandlung vertikaler Alveolarkammdefekte mit autogenen Knochenblocktransplantaten als Vorbereitung für eine Implantation berichtet. Bei 10 konsekutiv behandelten, teilbezahnten Patienten wurde hierzu eine Tunneltechnik angewendet. Insgesamt wurden vier lineare klinische Parameter erfasst: am Zeitpunkt 0 (Augmentation) die maximale Höhe des vertikalen Defekts (VD) und des vertikalen Knochenblocktransplantats (VBG); am Zeitpunkt 1 (Implantation) die Knochenresorption und am Zeitpunkt 2 (Einsetzen des Abutments) die Knochenresorption während der Implantatheilung. Die Einheilung verlief bei allen Patienten komplikationslos. Zum Zeitpunkt 0 betragen die mittlere VD und die mittlere VBG jeweils $6,50 \pm 1,43$ mm. Die Knochenresorption betrug am Zeitpunkt 1 im Mittel $0,30 \pm 0,48$ mm, am Zeitpunkt 2 waren es $0,25 \pm 0,26$ mm, sodass nach acht Monaten ein vertikaler Knochengewinn von $0,55 \pm 0,49$ mm (8,4 %) erzielt wurde. Diese Studie bestätigt die Möglichkeit eines minimalinvasiven Vorgehens zur Regeneration von Knochen in vertikalen Defekten vor einer geplanten Implantation. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:605–613.)

Weil die Implantologie eine wichtige Therapie für die Rehabilitation von unbezahnten Patienten ist, wurden die Verfahren der Knochenrekonstruktion immer weiter entwickelt, um das ästhetische und funktionelle Ergebnis zu verbessern. Autogener Knochen gilt gemeinhin als der Goldstandard für eine Rekonstruktion^{1–4}, obwohl die Knochenmenge, die bei der intraoralen Entnahme gewonnen werden kann, oft nicht für die Defektfüllung ausreicht. Extraorale Entnahmestellen liefern zwar ausreichende Mengen an autogenem Knochen, sind aber mit einer höheren Morbidität, stationären Krankenhausaufenthalten und einer längeren Therapie verbunden⁵. In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Knochenersatzmaterialien vorgeschlagen, mit denen sich die Unannehmlichkeiten für den Patienten und die Operationszeit reduzieren lassen und die eine Knochenentnahme überflüssig machen. Allerdings führten diese Materialien nicht immer zu zufriedenstellenden und vorhersagbaren Ergebnissen⁶. Insgesamt verbesserten sich die Ergebnisse, wenn die Biomaterialien mit autogenem Knochen kombiniert wurden^{7,8}.

Zur Verbesserung der vertikalen Knochenaugmentation wurden zahlreiche Verfahren vorgestellt. In einem systematischen Review fanden Esposito et al.⁹ jedoch nur wenige randomisierte kontrollierte Studi-

¹ Privatpraxis, Rubano, Padua, Italien; Gastprofessor, Department of Periodontology, University of Padova, Padua, Italien.

² Privatpraxis, Bad Oeynhausen, Deutschland; Gastdozent an der Poliklinik für Parodontologie, Universitätsklinikum Münster, Münster, Deutschland.

Korrespondenz an: Dr. Luca De Stavola, Piazza A Moro 7, 35030 Rubano, PD, Italien.
Fax: +39 049 632578. E-Mail: drlucadestavola@tiscali.it

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.



Tabelle 1 Demografische Daten der Patienten, Eigenschaften des Defekts und der Entnahmestelle

Patient	Alter (Jahre)	Geschlecht	Defektlokalisierung*	Linea obliqua externa (Entnahmestelle)	Sinuslift
1	51	M	16, 17	R	Ja
2	47	M	16, 17	R	Ja
3	50	W	26, 27	L	Ja
4	63	M	26, 27	L	Ja
5	60	W	46	R	Nein
6	48	M	34, 35, 36	L	Nein
7	55	W	36, 37	L	Nein
8	56	W	22, 23, 24	L	Nein
9	42	W	22, 23	L	Nein
10	68	W	25, 26	L	Nein

M = männlich, W = weiblich, R = rechts, L = links.
* FDI-Zahnschema.

en in der Literatur und es gibt keine ausreichende Evidenz dafür, dass ein Verfahren klar gegenüber den anderen vorgezogen werden sollte. In einem weiteren, aktuellen Review untersuchten Chiapasco et al.¹⁰ diese Verfahren an allen Arbeiten mit Daten zu Knochentransplantationen, mindestens fünf Patienten und einem Beobachtungszeitraum von mindestens sechs Monaten nach funktioneller Belastung. Sie kamen zu einem ähnlichen Ergebnis wie Esposito et al.⁹ und ermittelten zudem für die vertikale gesteuerte Knochenregeneration (GBR) eine Komplikationsrate von 20 % im Vergleich zu nur 4 % bei der Verwendung von autogenen Knochenblocktransplantaten ohne Barrieremembran. Diese Daten bestätigen die Ergebnisse eines vor Kurzem veröffentlichten Review von Rocchietta et al.¹¹, in dem die Kom-

plikationsrate der vertikalen GBR bei 45,5 % lag. Diese Daten legen nahe, dass die Verwendung eines autogenen Knochenblocktransplantats bei der Behandlung der Alveolarkamm-atrophie der sicherere Weg ist. Allerdings scheint die Instabilität des regenerierten Knochens nach der Blocktransplantation das Endergebnis zu beeinträchtigen. Widmark et al.¹² ermittelten beim Einsetzen des Abutments auf das Implantat nach lateraler Knochenblocktransplantation eine Resorption von bis zu 60 % des ursprünglichen Transplantatvolumens und Cordaro et al.⁴ nach vertikaler Knochenblocktransplantation eine Abnahme der vertikalen Augmentation um 42 %, wobei die geplanten Implantate aber trotzdem noch gesetzt werden konnten. Bei der vertikalen Knochenaugmentation wird der atrophizierte Alveolarkamm mit einer

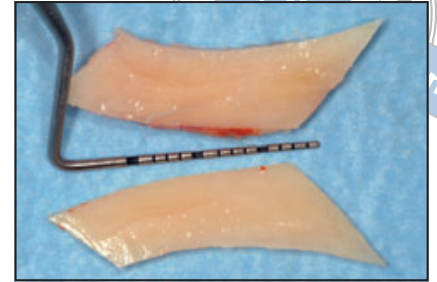
krestalen Inzision eröffnet, die in der initialen Einheilungsphase das Risiko für Dehizensdefekte erhöht und damit das Ergebnis der Knochenregeneration gefährdet. Daher schlugen Khoury et al. eine Tunneltechnik zur Knochenblockaugmentation vor, die durch den Erhalt der Weichgewebsintegrität über dem Transplantat sicherer sein soll¹³⁻¹⁵.

Die vorliegende Studie untersucht an 10 teilbezahnten Patienten das Ergebnis der vertikalen Augmentation von Alveolarkammdefekten in einer Tunneltechnik mit autogenen Knochenblocktransplantaten. Die autogenen Knochenblöcke wurden vor der Implantation intraoral entnommen. Die Auswertung konzentrierte sich auf die Operationsschritte, den vertikalen Knochengewinn und die Stabilität des regenerierten Knochens zum Zeitpunkt 2 (Einsetzen des Abutments).



Abb. 1 (links) Der entnommene Knochenblock wird mit einer Diamantscheibe gespalten.

Abb. 2 (rechts) Der Knochenblock wird in zwei dünne Kortikalisblätter gespalten.



Material und Methode

An der Studie nahmen 10 konsekutiv behandelte, teilbezahnte Patienten (vier Männer, sechs Frauen) im Alter von 42 bis 68 Jahren (Mittelwert: 54 Jahre) teil. Sie alle zeigten einen vertikalen Knochendefekt im Unterkiefer und/oder Oberkiefer (Klasse V nach Cawood und Hawell¹⁶), der vor der Implantation behandelt werden musste. Ausschlusskriterien waren Knochendefekte nach einer Tumoresektion, Rauchen (> 10 Zigaretten täglich), eine schwere Nieren- oder Lebererkrankung, ein Zustand nach Strahlentherapie von Kopf und Hals, eine Chemotherapie zur Behandlung maligner Tumoren zum Zeitpunkt der Operationen, ein nicht eingestellter Diabetes, eine aktive Parodontalerkrankung der Restzähne, eine Mukosaerkrankung im Operationsbereich, eine schlechte Mundhygiene und mangelnde Compliance seitens des Patienten. Allen Patienten erhielten präoperativ eine Parodontalbehandlung. Als intraorale Entnahmestelle diente bei allen Patienten die linke oder rechte Linea obliqua externa mandibulae.

In Tabelle 1 sind die demografischen Daten der Patienten, Lage und Größe der Defekte sowie die Entnahmestellen zusammengefasst. Bei vier Patienten war zusätzlich zur vertikalen Augmentation ein Sinuslift erforder-

lich. Es wurden vier lineare klinische Parameter erfasst: (1) die maximale Höhe des vertikalen Defekts (VD), gemessen vom oberen Rand des Alveolarkammdefekts bis zu einer Verbindungslinie des mesialen und distalen Knochenpeaks zum Zeitpunkt der Augmentation (Zeitpunkt 0), (2) das vertikale Knochentransplantat (VBG), gemessen vom oberen Rand des Alveolarkammdefekts zum am weitesten koronal gelegenen Anteil des Transplantats am Zeitpunkt 0, (3) die bei der Implantation (Zeitpunkt 1) beobachtete Knochenresorption, gemessen als der Abstand zwischen dem regenerierten Alveolarkamm und dem Kopf der vertikalen Titanschraube zur Befestigung des Knochenblocks während der Einheilung sowie (4) die Knochenresorption während der Implantateinheilung bis zum Einsetzen des Abutments (Zeitpunkt 2), gemessen als der Abstand zwischen der Implantatschulter und dem Knochenniveau durch Vergleich der periapikalen Röntgenaufnahmen unmittelbar nach der Implantation und beim Freilegungseingriff. Berechnet wurden die insgesamt nach acht Monaten regenerierte Knochenmenge sowie die Knochenresorption. Alle linearen Messungen wurden klinisch mit einer Parodontalsonde (UNC-15, Hu Friedy) durchgeführt und auf die nächsten 0,5 mm auf- oder abgerundet. Alle Patienten erhielten ab

dem Tag vor der Augmentation bzw. Implantation Antibiotika (Augmentin, SmithKline Beecham; 2 g/d für sechs Tage).

Behandlung und chirurgisches Vorgehen

Alle Patienten erhielten eine Lokalanästhesie und wurden intravenös sediert (Midazolam). Zu Beginn wurde das Knochentransplantat aus der Linea obliqua externa des Unterkiefers auf der Defektseite mit einer Mikrosäge (nach Anleitung des Herstellers; FRIOS MicroSaw, Dentsply Friadent) nach dem Verfahren von Khoury und Happe¹⁷ entnommen. Der Knochenblock wurde mit derselben Diamantscheibe wie zuvor längs in zwei schmalere Blöcke gespalten (Abb. 1 und 2). Diese wurden mit einem Knochenschaber auf eine Dicke von 1 mm reduziert, dabei wurden die Knochenpartikel gesammelt. Nach lokaler bukkaler und lingualer Infiltrationsanästhesie am Defekt wurde am distalen Rand des mesial zum Defekt liegenden Zahns eine vertikale Inzision geführt¹⁸, die über die Mukogingivalgrenze hinaus reichte. Über den vertikalen Schnitt wurde bukkal und lingual ein Vollschichtlappen mobilisiert und dabei die Mukosa und die befestigte Gingiva über dem Defekt



Abb. 3 (links) Präoperativer klinischer Befund. Im Bereich des oberen linken ersten und zweiten Molaren fehlte viel Knochen (Patient 4).



Abb. 4 (rechts) Präoperative Röntgenaufnahme

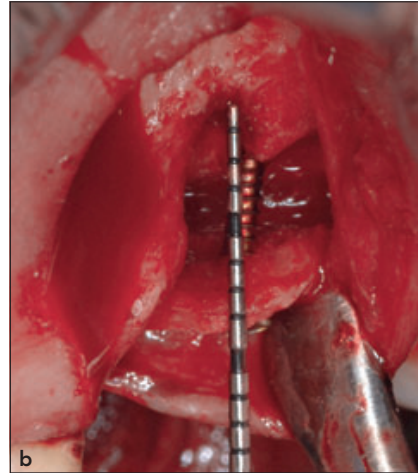


Abb. 5a und 5b Intraoperativer Befund. Einer der beiden dünnen Kortikalisblöcke wurde mit einer Schraube fixiert. Zwischen der Defektbasis und dem Knochenblock (neues Niveau des Alveolarkamms) befand sich ein Spalt.

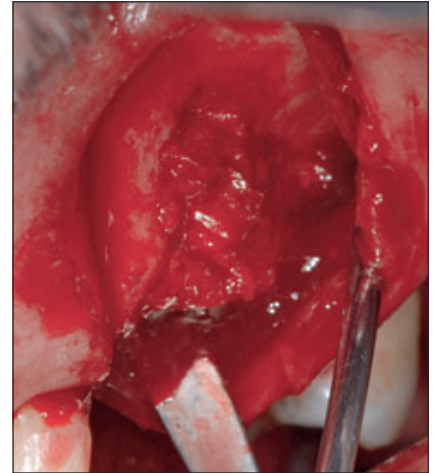


Abb. 6 Mit autogenen Knochenpartikeln gefüllter Spalt.

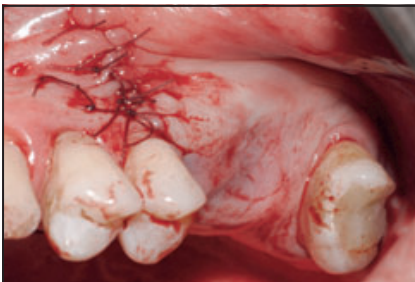


Abb. 7 (links) Postoperativer klinischer Befund. Der Lappen wurde geschlossen und eine nicht krestale Inzision durchgeführt. Alle Operationsbereiche wurden mit einem Tunnel erreicht.

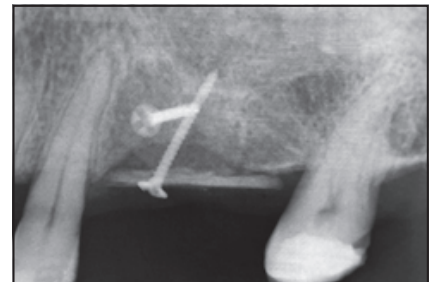


Abb. 8 (rechts) Postoperative Röntgenaufnahme. Gleichzeitig mit der vertikalen Knochentransplantation erfolgte ein Sinuslift.

bis zur distalen Grenze (distaler Knochenpeak) getunnelt. Eventuell wurde über ein laterales Fenster ein Sinuslift durchgeführt, ohne die ursprüngliche vertikale Inzision nach krestal zu verlängern. Einer der beiden dünnen Knochenblöcke wurde an den Defekt angepasst und so fixiert, dass er

eine knöcherne Brücke zwischen dem mesialen und distalen Knochenpeak bildete (Abb. 3 bis 5). Dieser Block wurde mit einer oder zwei vertikalen Titanschrauben befestigt. Die Kortikalis des Transplantatbetts wurde nicht perforiert. Der zwischen dem Defektboden und dem Knochenblock

entstandene Spalt wurde vollständig mit Knochenpartikeln ausgefüllt (Abb. 6). Der andere dünne Knochenblock wurde lateral mit einer Titanschraube befestigt, um diesen Spalt zu verschließen. Verbliebene Lücken wurden mit Knochenpartikeln ausgefüllt. Es wurden keine Barrieremembranen

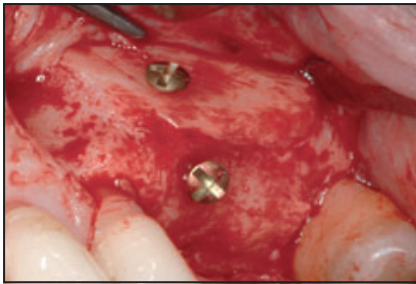


Abb. 9 Intraoperativer Befund nach viermonatiger Heilung.



Abb. 10 Platzierung von 2 Implantaten in den vertikal regenerierten Knochen im Bereich der oberen linken Molaren.

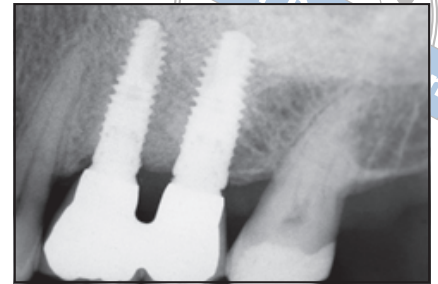


Abb. 11 Röntgenbefund nach einjähriger funktioneller Belastung.

Tabelle 2

Ergebnisse der vertikalen Knochenaugmentation und des Knochenremodeling

Patient	VD (mm)	VBG (mm)	BR1 (mm)	BR2 (mm)	VBG gesamt (mm)	BR gesamt (mm)	Anz. der Implantate	Implantattyp (Wurzelform)
1	8,0	8,0	0,0	0,5	7,5	0,5	2	XiVE, Dentsply Friadent
2	7,0	7,0	0,0	0,0	7,0	0,0	2	XiVE, Dentsply Friadent
3	6,0	6,0	0,0	0,0	6,0	0,0	2	XiVE, Dentsply Friadent
4	9,0	9,0	1,0	0,0	8,0	1,0	2	XiVE, Dentsply Friadent
5	5,0	5,0	0,0	0,0	5,0	0,0	1	XiVE, Dentsply Friadent
6	6,0	6,0	0,0	0,5	5,5	0,5	2	EZ Plus, Megagen
7	5,0	5,0	0,0	0,5	4,5	0,5	2	NanoTite, Biomet 3i
8	6,0	6,0	1,0	0,5	4,5	1,5	2	XiVE, Dentsply Friadent
9	8,0	8,0	1,0	0,0	7,0	1,0	1	OsseoTite, Biomet 3i
10	5,0	5,0	0,0	0,0	5,0	0,0	2	XiVE, Dentsply Friadent
Mittelwert ± SA	6,50 ± 1,43	6,50 ± 1,43	0,30 ± 0,48	0,25 ± 0,26	6,00 ± 1,29	0,55 ± 0,49		

VD = Tiefe des vertikalen Knochendefekts (Zeitpunkt 0), VBG = Höhe des vertikalen Knochentransplantats (Zeitpunkt 0), BR1 = Knochenresorption bei der Implantation (Zeitpunkt 1), BR2 = Knochenresorption beim Einsetzen des Abutments (Zeitpunkt 2), SA = Standardabweichung.

zum Schutz der Transplantate verwendet. Die Wunde wurde durch die Naht der vertikalen Inzision geschlossen (Abb. 7 und 8) und die Fäden nach zwei Wochen entfernt. Während der Behandlung durften über dem behandelten Bereich weder festsitzende noch herausnehmbare Prothesen ge-

tragen werden. Die Implantation erfolgte gemäß den Herstellerangaben (Abb. 9 und 10). Alle Implantate heilten gedeckt ein. Die Abutments wurden vier Monate nach der Implantation eingesetzt. Zwei Wochen später begann die prothetische Versorgung (Abb. 11).

Ergebnisse

Alle Operationsbereiche heilten komplikationslos ohne eine Exposition des transplantierten Knochens und ohne Komplikationen seitens der Entnahmestelle. Die Daten der behandelten Bereiche sind in Tabelle 2 zusammen-



Tabelle 3 Morphologie der vertikalen Knochendefekte anhand der linearen Messungen auf den präoperativen Röntgenaufnahmen

Patient	Defektbereich*	A-P (mm)	Maximale VD (mm)	Minimale VD (mm)
1	16, 17	23	8	4
2	16, 17	21	7	3
3	26, 27	22	6	5
4	26, 27	22	9	3
5	46	12	5	5
6	34, 35, 36	29	6	5
7	36, 37	22	5	4
8	22, 23, 24	22	6	5
9	22, 23	16	8	6
10	25, 26	23	5	4
Mittelwert ± SA		21,2 ± 4,49	6,50 ± 1,43	4,50 ± 0,80

A-P = anteroposteriorer Defektdurchmesser, VD = vertikaler Knochendefekt, SA = Standardabweichung.
* FDI-Zahnschema.

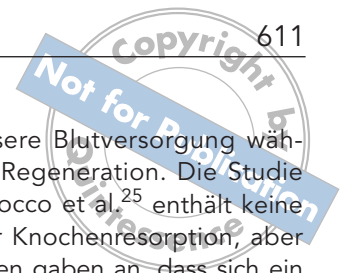
gefasst. Zum Zeitpunkt 0 betrug die mittlere VD und die mittlere VGB $6,50 \pm 1,43$ mm (Bereich: 5 bis 9 mm; Median: 6,5 mm). Tabelle 3 zeigt die Daten der einzelnen Defekte. Die linearen Messungen auf den präoperativen Röntgenbildern ergeben eine mittlere anteroposteriore Defektgröße von $21,2 \pm 4,49$ mm (Bereich: 12 bis 29 mm; Median: 22 mm). Bei der Implantation (Zeitpunkt 1) wurden alle Implantate wie vorgesehen gesetzt und es traten keine intraoperativen Komplikationen, wie eine Transplantatmobilität, auf. Die mittlere BR1 betrug $0,30 \pm 0,48$ mm (Bereich: 0 bis 1 mm; Median: 0 mm), die mittlere BR2 $0,25 \pm 0,26$ mm (Bereich: 0 bis 0,5 mm; Median: 0,25 mm) und die Gesamt-BR $0,55 \pm 0,49$ mm (Bereich: 0 bis 1,5 mm; Median: 0,5 mm). Ins-

gesamt wurden nach acht Monaten $6,00 \pm 1,29$ mm Knochen regeneriert (Bereich: 4,5 bis 8,0 mm; Median: 5,75 mm); die Resorptionsrate betrug 8,46 %. Alle 18 gesetzten Implantate waren osseointegriert und es gab im ersten Jahr nach der Belastung keinen Implantatmisserfolg (Überlebensrate: 100 %).

Diskussion

Zur Verbesserung der vertikalen Knochenaugmentation wurden zahlreiche Verfahren vorgeschlagen. In den meisten der systematischen Reviews^{9-11,19} der letzten Jahre konnte keine Überlegenheit einer bestimmten Transplantationstechnik belegt werden. Die vertikale GBR geht mit

einer hohen Komplikationsrate von bis zu 45,5 % einher²⁰. Die Augmentation mit Knochenblöcken hingegen führt seltener zu Komplikationen (0 bis 4 %)^{10,11}, wobei das erzielte Knochenvolumen aber nicht vorhersagbar stabil ist⁴. Vor Kurzem wurden in der Literatur neue Materialien vorgestellt²¹. Autogene Knochentransplantate bleiben jedoch bei kritischen Defekten, wie der vertikalen Alveolarkammatrophy, auch weiterhin der Goldstandard. In der vorliegenden Studie wurde an 10 teilbezahnten Patienten das Ergebnis der vertikalen Augmentation von Alveolarkammdefekten untersucht. Dazu wurden autogene Knochenblocktransplantate mit einer Tunneltechnik eingebracht. Die Knochenblöcke wurden vor der Implantation intraoral entnommen.



An den Entnahmestellen traten keine Komplikationen auf, was bestätigt, dass die Linea obliqua externa eine sichere Option für die intraorale Knochenentnahme ist. Dies wurde bereits von anderen Autoren festgestellt^{17,22-24}. Die vertikale Knochenaugmentation verheilte bei allen Patienten komplikationslos und ohne Exposition des Transplantats. Diese Daten stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen, die Jensen und Terheyden auf der 4. ITI-Konsensuskonferenz vorstellten¹⁹. Sie ermittelten in einem Literaturreview eine Komplikationsrate der vertikalen Knochenaugmentation von fast 18 %. Noch höher war die Komplikationsrate (28,9 %) bei der Entnahme eines Knochenblocks zur Alveolarkammaugmentation¹⁹. Aus Sicht der Autoren ist dieser Unterschied auf den operativen Zugang ohne krestale Inzision zurückzuführen.

Die Operationen wurden mit einer Tunneltechnik durchgeführt, um das Gewebe über dem Defektbereich zu erhalten. In dieser Studie wurde bei 10 Patienten eine vertikale Knochenaugmentation mit autogenen Knochenblöcken vorgenommen, ohne dass es zu einer Exposition des Transplantats kam. Diese Daten stimmen mit denen von Mazzocco et al.²⁵ überein, die bei 20 Patienten eine Knochenaugmentation mit der Tunneltechnik durchführten und nur bei einem kleinen Prozentsatz der Behandelten Komplikationen beobachteten. Bei einem Patienten kam es nach zweimonatiger Heilung zur vorzeitigen Exposition der Fixationsschraube mit minimalem Knochenverlust. Ponte und Khoury¹⁵ beobachteten bei 521 behandelten Patienten in fünf Fällen eine Transplantatexposition, was einer Komplikationsrate von < 1 % entspricht. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass einige Autoren auch beim traditionellen Ansatz mit krestaler Inzision niedrige Komplikationsraten

ermittelt haben^{4,26}. Die Tunneltechnik ist anspruchsvoller, da hierbei nicht der gesamte Operationsbereich kontrolliert werden kann, wie es bei der traditionellen krestalen Inzision möglich ist. Allerdings ist die Tunneltechnik nicht für alle Defektarten geeignet. Bei einer komplexen Anatomie kann eine korrekte Mobilisierung des Mukoperiostlappens unmöglich oder nur unvollständig möglich sein, was das gesamte Augmentationsverfahren gefährdet.

In der vorliegenden Studie betrug die mittlere vertikale Knochenaugmentation $6,50 \pm 1,43$ mm. Es wurde keine Membran zum Schutz des Transplantats verwendet. Nach einer Einheilungszeit von vier Monaten hatte das Knochenvolumen um durchschnittlich $0,30 \pm 0,48$ mm abgenommen. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Implantate gesetzt, deren Einheilung wiederum vier Monate dauerte. Das mittlere Remodelling beim Einsetzen der Abutments betrug $0,25 \pm 0,26$ mm. Insgesamt betrug der Knochengewinn acht Monate nach der Augmentationsoperation $6,00 \pm 1,29$ mm und die Resorptionsrate 8,4 %. Diese Daten sind im Vergleich zu den Ergebnissen von Cordaro et al.⁴ ermutigend. Sie ermittelten eine mittlere vertikale Knochenzunahme von 3,4 mm zum Zeitpunkt der Knochenaugmentation und von 2,2 mm nach sechsmonatiger Heilung. Dies entspricht einer Reduktion der ursprünglichen Transplantathöhe um 42 %⁴. Viele Autoren haben über einen Zeitraum von vier bis sechs Monaten eine Knochenresorption von 11 bis 34 % ermittelt²⁶⁻²⁸. Für die in der vorliegenden Studie begrenzte Resorption des Knochentransplantats können zahlreiche Faktoren verantwortlich sein, wie das Weichgewebsmanagement zum Zeitpunkt der Knochenaugmentation, da der Mukoperiostlappen über dem Defekt als Tunnel dient. Die Gewebsintegrität gewährleistet

eine bessere Blutversorgung während der Regeneration. Die Studie von Mazzocco et al.²⁵ enthält keine Daten zur Knochenresorption, aber die Autoren gaben an, dass sich ein Erhalt der Periostintegrität positiv auf den Volumenerhalt auswirken dürfte. Ein weiterer Aspekt ist die Verarbeitung der Knochenblöcke. Viele Autoren passen die Knochenblöcke einfach nur dem Transplantatbereich an^{4,26-30}. Wird der Knochen jedoch aus dem Kinn oder dem Retromolarbereich entnommen, handelt es sich dabei überwiegend um Kortikalis. Bei dieser Art von Knochenblöcken wachsen nur langsam, oberflächlich und unvollständig Gefäße in das Transplantat ein³¹. Schmid et al.³² haben belegt, dass das Einsprossen von Blutgefäßen in den zu regenerierenden Bereich entscheidend für die Knochenneubildung ist; das unzureichende Einsprossen von Blutgefäßen in das Knochentransplantat führt zu einer schlechteren Gewebsregeneration³¹.

In der vorliegenden Studie wurde der entnommene Knochenblock in zwei schmalere Blöcke gespalten, die mit einem Knochenschaber auf eine Dicke von 1 mm reduziert wurden. Anschließend wurden die beiden Kortikalisblätter so in den Defekt eingepasst, dass sie eine okklusale Knochenplatte (die neue vertikale Knochenhöhe) und eine vestibuläre Platte bildeten. Der dazwischen entstandene Raum wurde mit autogenen Knochenpartikeln aufgefüllt. Auf diese Weise bestand das Transplantat überwiegend aus spongiosaartigem Knochen und nur wenig kortikalem Knochen. Vermutlich heilte dieses Knochentransplantat ähnlich ein wie ein Spongiosatransplantat, mit schnellerem Einsprossen von Gefäßen in das gesamte Transplantat und mit vollständiger Gewebsregeneration³¹.

Der in der vorliegenden Studie beobachtete minimale Knochenum-

bau lässt sich darauf zurückführen, dass das Transplantat leichter vaskularisiert wurde als ein herkömmlicher kortikaler Knochenblock. Diese Verarbeitung des entnommenen Knochens verringert die Korrelation zwischen Dicke und Größe des Knochenblocks und der möglichen vertikalen Augmentation. Die Fixierung des ausgedünnten Knochenblatts in einer möglichst koronalen Position zu den Knochenpeaks erzeugt einen Spalt zwischen dem Block und dem nativen Knochen, dessen Höhe nur mit der Defektmorphologie zusammenhängt. Dieser Spalt wird mit den gesammelten Knochenpartikeln gefüllt. Bei dem am weitesten verbreiteten Verfahren, bei dem der Knochenblock entnommen, an die Empfängerstelle angepasst und eingesetzt wird^{29,30}, hängt die Höhe der Knochenaugmentation natürlich direkt mit der Dicke des Knochenblocks zusammen, die bei der Entnahme aus der Linea obliqua externa für gewöhnlich etwa 4 mm beträgt³⁰. Dadurch wird die vertikale Augmentation des Defekts von vornherein eingeschränkt. Bei keiner der Operationen wurde die Kortikalis des Transplantatbetts perforiert. Manche Autoren befürworten Perforationen oder eine Dekortikation der Empfängerstelle für eine bessere Integration des Knochentransplantats und zum Erhalt des Transplantatvolumens³³. Experimentelle Tierstudien haben jedoch gezeigt, dass die Knochenregeneration nicht von der Präparation des Transplantatbetts abhängig ist^{34,35}. Auch in einem aktuellen Review waren Vorteile durch eine Knochenaktivierung mithilfe einer Perforation oder Dekortikation nicht klar belegbar³⁶. Aufgrund der Tunneltechnik ist eine Perforation des nativen Knochens bei dem vorgestellten Vorgehen jedoch ohnehin nicht möglich.

Schlussfolgerungen

In dieser Studie wird die Möglichkeit einer präimplantativen Knochenregeneration in vertikalen Defekten bestätigt. Dazu wurde autogener Knochen aus der Linea obliqua externa entnommen. Es traten keine Komplikationen auf, was vermutlich eine Folge des sicheren operativen Zugangs mit einer Tunnelung des Lappens über dem Defekt ist, die eine krestale Inzision überflüssig machte. Vertikal wurde eine große Menge an Knochen eingebracht (6,5 mm). Der regenerierte Knochen erschien während des Umbaus stabil; nach einer Einheilungszeit von acht Monaten betrug die Resorptionsrate 8,4 % mit einem mittleren Knochengewinn von 6 mm. Diese Daten sollten in weiteren Studien bestätigt werden. Auch die langfristige Stabilität des regenerierten Knochens sollte betrachtet werden.

Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

1. Cushing M. Autogenous red marrow grafts: Their potential for induction of osteogenesis. *J Periodontol* 1969;40:492–497.
2. Sottosanti JS, Bierly JA. The storage of bone marrow and its relation to periodontal grafting procedures. *J Periodontol* 1975;46:162–170.
3. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:8–23.
4. Cordaro L, Amadé DS, Cordaro M. Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement *Clin Oral Implants Res* 2002;13:103–111.

5. Keller EE, Van Roekel NB, Desjardins RP, Tolman DE. Prosthetic-surgical reconstruction of the severely resorbed maxilla with iliac bone grafting and tissue-integrated prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:155–165.
6. Simion M, Jovanovic SA, Tinti C, Parma-Benfenati S. 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.
7. Tinti C, Parma-Benfenati S, Polizzi G. Vertical ridge augmentation: What is the limit? *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:221–229.
8. Simion M, Fontana F, Raperini G, Maiorana C. Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinized anorganic bovine bone (Bio Oss). *Clin Oral Implants Res* 2007;18:620–629.
9. Esposito M, Grusovin MG, Coulthard P, Worthington HV. The efficacy of various bone augmentation procedures for dental implants: A Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:696–710.
10. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl 2):136–159.
11. 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(suppl):203–215.
12. Widmark G, Andersson B, Ivanoff CJ. Mandibular bone graft in the anterior maxilla for single-tooth implants. Presentation of surgical method. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;26:106–109.
13. Khoury F, Happe A. Soft tissue management in oral implantology: A review of surgical techniques for shaping an esthetic and functional peri-implant soft tissue structure. *Quintessence Int* 2000;31:483–499.
14. Khoury F. Augmentation osseuse et chirurgie implantaire: Une revue des facteurs importants pour le succès [in French]. *Implant* 1999;5:221–237.

15. Ponte A, Khoury F. The tunnel technique in bone grafting procedures: A clinical study [abstract]. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:766.
16. Cawood JL, Hawell RA. Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991;20:75–82.
17. Khoury F, Happe A. Zur diagnostik und methodik von intraoralen knochenentnahmen [in German]. *Z Zahnärztl Implantol* 1999;15: 167–176.
18. Khoury F, Tunkel J. Bone augmentation and soft tissue management. Soft tissue management during augmentation, implantation and second stage surgery. In : Khoury F, Antoun H, Missika P (eds). *Bone Augmentation in Oral Implantology*. Berlin: Quintessence, 2007:75–114.
19. 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.
20. Merli M, Migani M, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts: Resorbable barriers supported by osthesynthesis plates versus titanium-reinforced barriers. A preliminary report of a blinded, randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:373–382.
21. Simion M, Rocchietta I, Kim D, Nevins M, Fiorellini J. Vertical ridge augmentation by means of deproteinized bovine bone block and recombinant human platelet-derived growth factor-BB: A histologic study in a dog model. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:415–423.
22. Nkenke E, Radespiel-Tröger M, Wiltfang J, Schultze-Mosgau S, Winkler G, Neukam FW. Morbidity of harvesting of retromolar bone grafts: A prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:514–521.
23. Clavero J, Lunndgren S. Ramus or chin grafts for maxillary sinus inlay and local onlay augmentation: Comparison of donor site morbidity and complications. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:154–160.
24. Misch CM. Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:767–776.
25. Mazzocco C, Buda S, De Paoli S. The tunnel technique: A different approach to block grafting procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:45–53.
26. Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L. Autogenous onlay bone grafts vs alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: A 2–4-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res* 2007;18: 432–440.
27. Proussaefs P, Lozada J. The use of intraorally harvested autogenous block grafts for vertical alveolar ridge augmentation: A human study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:351–363.
28. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: A controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:286–294.
29. Pikos MA. Block autografts for localized ridge augmentation: Part I. The posterior maxilla. *Implant Dent* 1999;8:279–285.
30. Pikos MA. Block autografts for localized ridge augmentation: Part II. The posterior mandible. *Implant Dent* 2000;9:67–75.
31. Burchardt H. The biology of bone graft repair. *Clin Orthop Relat Res* 1983;(174): 28–42.
32. Schmid J, Walkkamm B, Hämmerle CH, Gogolewski S, Lang NP. The significance of angiogenesis in guided bone regeneration. A case report of a rabbit experiment. *Clin Oral Implants Res* 1997; 8:244–248.
33. de Carvalho PSP, Vasconcellos LW, Pi J. Influence of bed preparation on the incorporation of autogenous bone grafts: A study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:565–570.
34. Lundgren D, Lundgren AK, Sennerby L, Nyman S. Augmentation of intramembraneous bone beyond the skeletal envelope using an occlusive titanium barrier. An experimental study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:67–72.
35. Lundgren AK, Lundgren D, Hämmerle CH, Nyman S, Sennerby L. Influence of decortication of the donor bone on guided bone augmentation. An experimental study in the rabbit skull bone. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:99–106.
36. Greenstein G, Greenstein B, Cavallaro J, Tarnaw D. The role of bone decortication in enhancing the results of guided bone regeneration: A literature review. *J Periodontol* 2009;80:175–189.