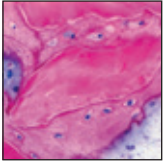


Horizontale Alveolarkammaugmentation mit einer Kollagenmembran und einer Kombination aus autogenen Knochenpartikeln und anorganischem bovinem Knochenmineral: Eine prospektive Fallserie an 25 Patienten



Istvan A. Urban, DMD, MD¹/Heiner Nagursky, PhD²
 Jaime L. Lozada, DMD³/Katalin Nagy, DDS, PhD⁴

In dieser prospektiven Fallserie wurde die laterale Kammaugmentation von messerscharfen (knife-edge) Alveolarkämmen mit anschließender Implantation untersucht. Verwendet wurden eine resorbierbare zweilagige Membran aus natürlichem Kollagen und eine Mischung aus autogenem Knochen und anorganischem bovinem Knochenmineral (ABBM). Der Alveolarkamm wurde prä- und postoperativ vermessen, Komplikationen erfasst und histologische Präparate untersucht. Insgesamt wurden bei 25 Patienten mit 31 messerscharfen Alveolarkämmen 76 Implantate gesetzt. Bei einem Defekt trat eine Komplikation aufgrund des Knochentransplantats auf (3,2 %; Exakt-Test 95 % Konfidenzintervall: 0,1 %, 16,7 %). Nach einer durchschnittlichen Einheilungszeit des Transplantats von 8,9 Monaten (Standardabweichung [SA] = 2,1 Monate) ergab sich eine Alveolarkammbreite von durchschnittlich 5,68 mm (SA = 1,42 mm). Klinisch waren alle behandelten Regionen breit genug für die Aufnahme eines Implantats. Während der durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 20,88 Monaten (SA = 9,49 Monate) überlebten alle Implantate. Die histologische Untersuchung von neun Operationsbereichen ergab, dass ABBM von einem dichten Netz aus neugebildetem Knochen in unterschiedlichen Reifegraden verbunden war. Histomorphometrisch lag der Anteil an autogenem Knochen in den Proben bei durchschnittlich 31,0 %, der Anteil von ABBM bei 25,8 % und der Anteil des Markraums bei 43,2 %. Die Behandlung horizontaler Alveolarkammdefekte mit der gesteuerten Knochenregeneration unter Verwendung einer Mischung aus autogenem Knochen und ABBM sowie einer resorbierbaren Barrieremembran aus natürlichem Kollagen kann als erfolgreich bezeichnet werden. Erfolg und Überleben der Implantate müssen zusätzlich in Langzeitbeobachtungen bestätigt werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:275–283.)

¹ Assistenzprofessor, Graduate Implant Dentistry, Loma Linda University, Loma Linda, California, USA; Privatpraxis, Budapest, Ungarn.

² Leiter, Histologisches Labor: CTA Cell Tissue Analysis, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Freiburg, Freiburg, Deutschland.

³ Professor, Department of Restorative Dentistry; Direktor, Graduate Implant Dentistry, Loma Linda University, Loma Linda, Kalifornien, USA.

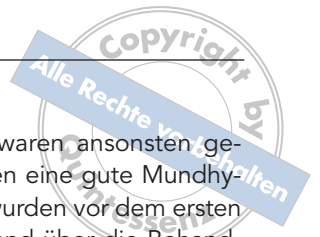
⁴ Professor und Leiter Oralchirurgie; Dekan, Faculty of Dentistry, University of Szeged, Segedin, Ungarn.

Korrespondenz an: Dr. Istvan A. Urban, Sodras utca 9, Budapest, Ungarn 1026. Fax: +36 12004447. E-Mail: Istvan@implant.hu

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Die Augmentation mit dem Verfahren zur gesteuerten Knochenregeneration (GBR) ist eine wichtige Behandlungsoption, um eine optimalen Knochenabstützung für osseointegrierte dentale Implantate zu schaffen. Initial wurden einfache Defekte, wie Dehiszenzen und Fenstrationen, mit dem GBR-Verfahren behandelt^{1–9}. Außerdem wurde es für horizontale und vertikale Alveolarkammaugmentationen eingesetzt^{4–14} und führte dabei zu reproduzierbaren Ergebnissen mit hohen Implantatüberlebens- und geringen Komplikationsraten¹⁵.

Bei den sogenannten messerscharfen Alveolarkammdefekten (unbezahnte Klasse-IV-Kiefer nach Cawood und Howell¹⁶) ist die horizontale Augmentation besonders schwierig. Dabei reicht zwar die linguale/palatinale Höhe des Alveolarkamms für eine Implantation aus, nicht aber seine Breite, sodass oft eine Vorbehandlung notwendig ist¹⁷. Allerdings hat diese eine gute Prognose, da der vorhandene Alveolarkamm das Knochentransplantat stabilisiert, sodass es weniger zur Mobilität neigt. Damit wird einer der Faktoren für einen Implantatmisserfolg ausgeschaltet. Um Bewegungen des Knochentransplantats zu verhindern, werden oft autogene Knochenblöcke auf den Kamm geschraubt, um die Stabilität und anschließende Knochenneubildung zu gewährleisten^{18–21}. Knochenblocktransplantate sind jedoch abhängig



von ihrer Entnahmestelle mit einer unterschiedlich starken Morbidität assoziiert²²⁻²⁴ und werden rascher resorbiert, was sich negativ auf das Behandlungsergebnis auswirken kann^{18,25}. Daher wird bei teilbezahnten Patienten mit fortgeschrittener Alveolarkammatrophy das GBR-Verfahren alternativ für die Augmentation eingesetzt²⁶.

In klinischen Studien wurde die GBR für die Behandlung von messerscharfen Alveolarkammdefekten untersucht, wobei nicht resorbierbare und resorbierbare Membranen verwendet wurden^{11,12,27}. Die resorbierbaren Membranen besitzen eine bessere Weichgewebstkompatibilität^{8,28,29}. Hämmerle et al. führten mit einer Kombination aus anorganischem bovinem Knochenmineral (ABBM) und einer rasch resorbierbaren Membran aus natürlichem Kollagen erfolgreich horizontale Alveolarkammaugmentationen durch²⁷. Auch Zitzmann et al. kamen bei einer histologischen Untersuchung von Defekten, die mit ABBM gefüllt und mit der gleichen Kollagenmembran bedeckt wurden, zu dem Ergebnis, dass ABBM für eine mehrzeitige lokalisierte Alveolarkammaugmentation gut geeignet ist³⁰.

Vor Kurzem wurde in einer prospektiven Fallserie mit einer langsamer resorbierbaren, synthetischen Membran in Kombination mit einem Mischtransplantat aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM ein stärkerer horizontaler Knochenzuwachs erzielt¹², als in einer zuvor veröffentlichten Fallserie²⁷. Allerdings ist unklar, ob die abweichenden Ergebnisse auf die schnellere Resorption der Membran zurückzuführen sind oder auf den fehlenden autogenen Knochen im Transplantat. Es gibt nicht klinische Studien zum Vergleich nicht resorbierbarer und resorbierbarer Membranen^{31,32} und eine Fallserie mit Verwendung der Membran aus natürlichem Kollagen²⁷. Die Ergeb-

nisse dieser Untersuchungen lassen vermuten, dass bei der horizontalen Augmentation keine langsam resorbierbare Membran erforderlich ist.

Bislang gibt es noch keine prospektiven Untersuchungen zur Verwendung einer Membran aus natürlichem Kollagen, die rascher resorbiert wird, und einer 1:1-Mischung aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM als Transplantatmaterial bei der horizontalen Augmentation. Daher wird in dieser Fallserie klinisch und histologisch die Verwendung dieser Materialien bei der horizontalen Augmentation von messerscharfen Alveolarkämmen untersucht, um die Eignung des osteokonduktiven Materials zu bestätigen und die Menge an autogenem Knochen einschränken zu können, der entnommen werden muss.

Material und Methode

Diese Fallserie wurde an Patienten durchgeführt, die sich in einer klinischen Praxis zur horizontalen Knochenaugmentation als Vorbereitung für eine Implantation vorstellten. Die Indikation für die horizontale Alveolarkammaugmentation wurde allgemein wegen eines unzureichenden horizontalen Knochenangebots im oberen oder unteren Seitenzahnbereich gestellt. Bei den Patienten wurde konsekutiv zwischen März 2007 und Februar 2010 eine horizontale Augmentation im unteren oder oberen Seitenzahnbereich mit GBR und partikulierten autogenen Transplantaten durchgeführt. Grund der Augmentation eines messerscharfen Alveolarkamms (Cawood-Howell-Klasse IV) war in allen Fällen eine geplante Implantation; bei einigen Patienten war zudem eine Sinusbodenelevation erforderlich. Die Alveolarkammbreite war jeweils ≤ 4 mm, sodass vor der Implantation eine horizontale Augmentation indiziert war (Tabelle 1).

Die Patienten waren ansonsten gesund und wiesen eine gute Mundhygiene auf. Sie wurden vor dem ersten Eingriff umfassend über die Behandlung aufgeklärt und stimmten ihr schriftlich zu. Kontraindikationen der Behandlung waren aktiver Raucherstatus, exzessiver Alkoholkonsum und nicht kontrollierte systemische oder parodontale Erkrankungen. Bei allen Patienten wurde die horizontale Kammaugmentation mit einer zweilagigen, resorbierbaren Membran aus natürlichem Kollagen (Bio-Gide Resorbable Bilayer Membrane, Geistlich Pharma) und einem Mischtransplantat aus autogenem Knochen und ABBM (Bio-Oss, Geistlich Pharma) durchgeführt (Abb. 1 und 2). Die im Rahmen dieser Studie verwendeten Medikamente, Lappendesigns und Nahtverfahren sowie Techniken zur Knochenentnahme wurden bereits andernorts beschrieben¹². Im Oberkiefer wurde bei entsprechender Indikation gegebenenfalls gleichzeitig eine Sinusbodenaugmentation vorgenommen, um ein ausreichendes Knochenniveau für eine Implantation zu schaffen. Alle Patienten in dieser Fallserie erhielten ein Komposittransplantat (aus entnommenem Knochen und ABBM im Verhältnis 1:1). Die Messung des Alveolarkamms wurde bei der Transplantation und bei der Implantation mit derselben Messlehre 2 mm apikal der Kammspitze durchgeführt. Beim Einsetzen der Abutments sowie anschließend in Abständen von einem Jahr wurden periapikale Röntgenaufnahmen in Paralleltechnik angefertigt.

Dokumentiert wurden Komplikationen der Transplantateinheilung, wie Membranexpositionen, Infektionen und/oder die Morbidität der Entnahmestelle. Bei der Überwachung der funktionell belasteten Implantate wurde vor allem Folgendes beachtet: fehlende Schmerzen, Fremdkörpergefühl, Dysästhesie sowie der radiologische Kontakt zwischen dem

Tabelle 1 Bereiche, die mit der horizontalen Kammaugmentation zur Vorbereitung einer Implantation behandelt wurden

Patient (Operationsbereich Nr.)	Geschlecht	Alter (Jahre) (n = 25)	Kiefer	Heilungszeit (Monate)		Histologie
				Transplantate (n = 31)	Implantate (n = 30)	
1 (1)	M	62	Oberkiefer	8,00	6,00	Ja
2 (1)	M	58	Oberkiefer	8,00	7,75	Ja
2 (2)			Unterkiefer	9,25	6,00	Ja
3 (1)	W	72	Oberkiefer	13,00	6,00	
4 (1)	W	37	Unterkiefer	13,25	5,25	
5 (1)	M	57	Oberkiefer	8,00	6,25	
5 (2)			Oberkiefer	8,00	6,25	
6 (1)	W	49	Unterkiefer	7,5	4,25	
7 (1)	M	50	Oberkiefer	7,00	6,25	
8 (1)	M	62	Unterkiefer	8,00	5,75	
9 (1)	W	61	Oberkiefer	8,25	5,75	Ja
9 (2)			Oberkiefer	10,25	5,75	
10 (1)	M	34	Oberkiefer	7,00	20,25	Ja
11 (1)	W	57	Unterkiefer	6,50	3,50	
12 (1)	W	53	Unterkiefer	6,00	7,75	Ja
13 (1)	W	62	Unterkiefer	8,00	4,75	
14 (1)	M	59	Oberkiefer	10,00	6,00	Ja
15 (1)	W	30	Oberkiefer	7,75	5,50	
16 (1)	W	47	Unterkiefer	7,50	9,00	
16 (2)			Unterkiefer	7,50	9,00	
17 (1)	W	39	Oberkiefer	8,25	14,75	Ja
17 (2)			Unterkiefer	13,00	14,00	
18 (1)	W	71	Oberkiefer	10,00	6,00	
19 (1)	W	55	Unterkiefer	9,25	10,00	
20 (1)	W	54	Oberkiefer	11,25	6,00	Ja
21 (1)	W	61	Oberkiefer	8,50	6,00	
21 (2)			Oberkiefer	8,50	6,00	
22 (1)	M	38	Oberkiefer	9,25	5,25	
23 (1)	M	61	Unterkiefer	8,00	6,00	
24 (1)	M	51	Oberkiefer	7,00	4,50	
25 (1)*	W	37	Unterkiefer	14,00	NA*	
Mittelwert (SA)		52,7 (11,4)		8,90 (2,06)	7,18 (3,51)	
Median		55,0		8,00	6,00	
Interquartilenbereich		(47,0, 61,0)		(7,5, 10,0)	(5,75, 7,75)	
Bereich		(30, 72)		(6,0, 14,0)	(3,50, 20,25)	

SA = Standardabweichung; NA = nicht angegeben.

* Bei Patientin 25 trat aufgrund des Knochentransplantats eine Komplikation auf. Da die Knochenbreite dadurch nur geringfügig zunahm, wurde der Eingriff anschließend erfolgreich wiederholt, sodass zwei Implantate gesetzt und belastet werden konnten. Da das Verfahren wiederholt wurde, wird für die Implantation im Rahmen des Ersteingriffs keine Einheilungszeit angegeben und die Daten dieser Patientin fließen nicht in die Gruppe mit den Implantateinheilungszeiten ein.

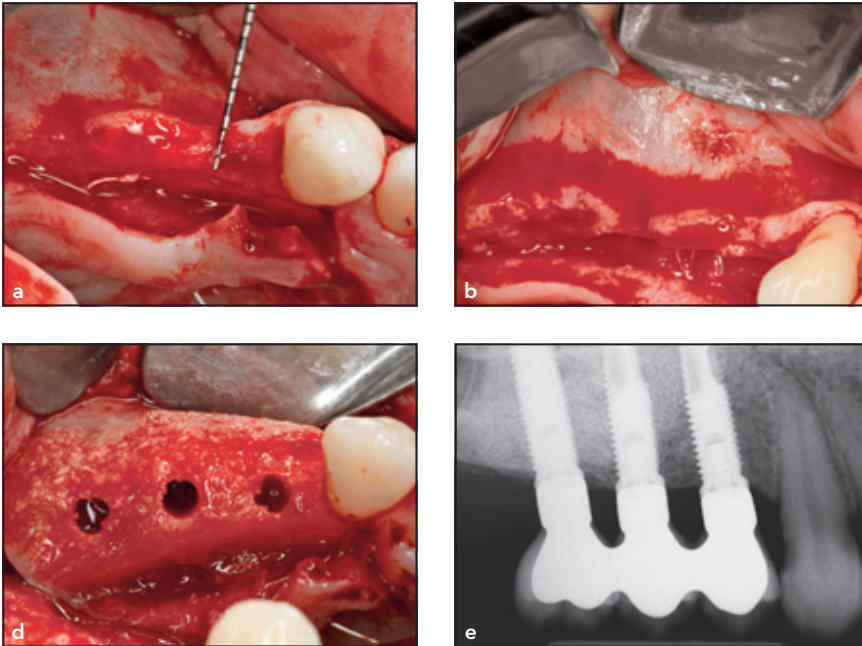


Abb. 1 Behandlungsschema der horizontalen Augmentation im oberen Seitenzahnbereich bei einem repräsentativen Patienten. Die (a) okklusale und (b) bukkale Ansicht des oberen Seitenzahnbereichs zeigen einen dünnen Alveolarkamm. (c) Die Kollagenmembran wird auf den palatinalen Bereich gelegt; das Mischtransplantat aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM ist in situ. (d) Okklusale Ansicht des regenerierten Alveolarkamms. (e) Die periapikale Röntgenaufnahme zeigt das stabile krestale Knochniveau nach der Belastung.

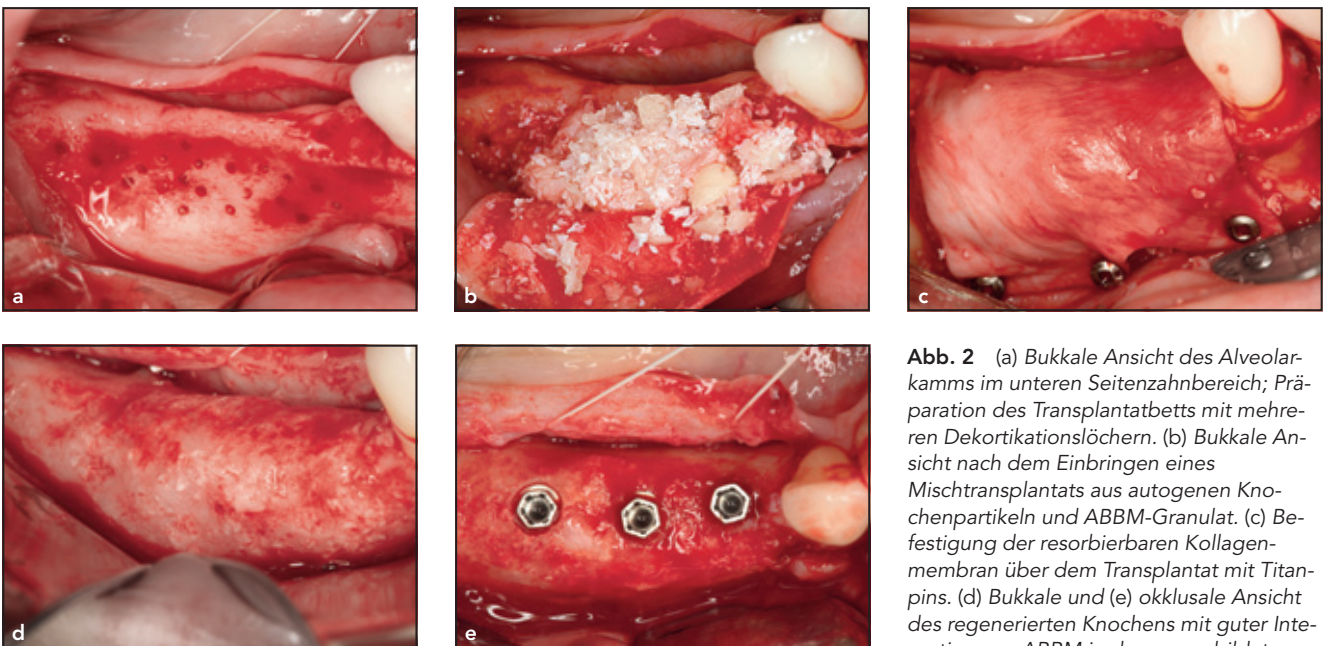


Abb. 2 (a) Bukkale Ansicht des Alveolarkamms im unteren Seitenzahnbereich; Präparation des Transplantatbetts mit mehreren Dekortikationslöchern. (b) Bukkale Ansicht nach dem Einbringen eines Mischtransplantats aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM-Granulat. (c) Befestigung der resorbierbaren Kollagenmembran über dem Transplantat mit Titanpins. (d) Bukkale und (e) okklusale Ansicht des regenerierten Knochens mit guter Integration von ABBM in den neugebildeten Alveolarkamm.

Wirtsknochen und der Implantatoberfläche.

Bei der Implantation wurden aus ausgewählten geheilten und augmentierten Operationsbereichen mit einem Trepanbohrer mit einem Innendurchmesser von 2,0 mm neun

Biopsiezylinder aus den Osteotomiebereichen entnommen. Die Proben wurden fixiert, mit Azur II (Sigma-Aldrich Chemie) angefärbt und wie bereits beschrieben präpariert¹².

Alle Daten wurden mit statistischer SAS-Software (Version 9.2, SAS) de-

skriptiv ausgewertet und Mittelwerte, Standardabweichungen (SA), Mediane, Bereiche sowie Interquartilenbereiche berechnet. Das Implantatüberleben wurde anhand von Überlebensstabellen berechnet.

Ergebnisse

Insgesamt wurden bei 25 Patienten (15 Frauen und 10 Männer, mittleres Alter 52,7 Jahre) mit 31 messerscharfen Alveolarkämmen 76 Implantate gesetzt (Tabelle 1). Im Oberkiefer wurde gegebenenfalls eine Sinusbodenaugmentation durchgeführt (16 von 18). Die intraoperativen Messungen ergaben eine durchschnittliche Knochenbreite von 2,19 mm (SA = 0,64 mm; Bereich: 1 bis 4 mm; Tabelle 2), die somit nicht für eine Implantation ausreichte (allgemeine Mindestvoraussetzung: 6 mm)². Der Vergleich der Ausgangswerte von Oberkiefer (58,1 %) und Unterkiefer (41,9 %) ergab eine mittlere Kammbreite von 2,42 mm bzw. 1,88 mm. Nach horizontaler Augmentation und einer mittleren Transplantateinheilungszeit von 8,9 Monaten (SA = 2,1 Monate; Bereich: 6,0 bis 14,0 Monate) betrug die mittlere Alveolarkammbreite 7,87 mm (SA = 1,61 mm), was einer Zunahme von 5,68 mm (SA = 1,42 mm) entspricht. Die Zunahme der Knochenbreite unterschied sich zwischen Ober- und Unterkiefer statistisch nicht signifikant (P = 0,1399).

Nach der Einheilung der Transplantate wurden insgesamt 76 Implantate mit anodisierter TiUnite-Oberfläche (Brånemark System, Nobel Biocare) gesetzt. Die Implantate hatten einen Durchmesser von 3,5 mm, 3,75 mm, 4,0 mm oder 4,3 mm und eine Länge von 7 bis 13 mm, wobei die meisten Implantate 13 mm lang waren. Abgesehen von einem Fall, verlief die Heilung der Transplantate und Implantate komplikationslos. Bei einer Patientin entwickelte sich ein Abszess am Transplantat (3,2 %; 95 % Konfidenzintervall [CI]: 0,1 %, 16,7 %). Daraufhin wurde der Bereich eröffnet und gespült und die Patientin erhielt Antibiotika. Die Infektion wurde zwar effektiv behandelt, trotzdem ging aber ein Großteil des Knochentrans-

plantats verloren, sodass nur ein minimaler Knochengewinn von 2 mm erreicht wurde. Später wurde bei der Patientin erfolgreich eine erneute Transplantation mit nachfolgender Implantation durchgeführt. Die gesetzten Implantate wurden für bis zu zwei Jahre belastet. Am stärksten war die postoperative Schwellung an den Spenderstellen 48 Stunden postoperativ. Nach einer Woche war sie schon deutlich zurückgegangen, aber noch sichtbar, und nach 10 Tagen vollständig verschwunden. Die postoperativen Komplikationen hingen überwiegend mit der Spannung durch die Schwellung zusammen und es kam nur zu geringfügigen Schmerzen. Bei den Zweiteingriffen fanden sich keine Überreste der Membran. Im Rahmen der hier durchgeführten Augmentationen traten keine unerwünschten Wirkungen seitens der Membran aus natürlichem Kollagen auf.

Die Heilung verlief vergleichbar im Ober- und Unterkiefer. Bei dem Zweiteingriff zur Implantation war das darunterliegende Gewebe gesund mit einem gesunden Periost zwischen dem Weichgewebe und dem Knochen, ähnlich wie es schon von anderen für nicht resorbierbare und Kollagenmembranen beschrieben wurde^{20,25}. Nach einer mittleren Einheilungszeit von 7,18 Monaten (SA = 3,51 Monate; Bereich: 3,50 bis 20,25 Monate) wurden in den 30 Operationsbereichen Einheilkappen auf die Implantate gesetzt. In sieben Fällen konnten die Einheilkappen aufgrund der guten Primärstabilität bereits bei der Implantation gesetzt werden. Alle Implantate waren bei der Wiedereröffnung klinisch stabil und wurden zunächst mit einer provisorischen und dann mit einer definitiven Restauration versorgt. Alle 76 Implantate sind bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 20,88 Monaten (SA = 9,49 Monate) bis heute in Funktion (100,0 % an allen Zeitpunkten; Lebensstafel-

analyse). In Bezug auf das Überleben unterschieden sich die Implantate im Ober- und Unterkiefer nicht.

Histologischer Befund

Neun Proben wurden histologisch untersucht. Die Biopsiezylinder wurden durchschnittlich 8,4 Monate nach der Transplantation im Rahmen der Implantation mit einem 2-mm-Trepanbohrer aus dem Osteotomiebereich entnommen. Die histomorphometrische Analyse ergab, dass durchschnittlich 31,0 % der Probe aus autogenem oder regeneriertem Knochen, 25,8 % aus ABBM und 43,2 % aus Markräumen bestand. Die entsprechenden histologischen Befunde zeigt Abbildung 3. In allen untersuchten Biopsien war ABBM mit einem dichten Netz aus neugebildetem Knochen unterschiedlichen Reifegrades verbunden. In zwei histologischen Proben war die ursprüngliche Kortikalisplatte des messerscharfen Alveolarkamms zu erkennen und der augmentierte Bereich über ein dichtes Netz aus neugebildetem Knochen mit dem nativen Knochen verbunden. Die GBR-Membran konnte histologisch nicht nachgewiesen werden.

Diskussion

Die hier vorgestellte Fallserie zeigt, dass ein Mischtransplantat aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM in Kombination mit einer rasch resorbierbaren Kollagenmembran sicher und effektiv zur horizontalen Augmentation von messerscharfen Alveolarkämmen im oberen und unteren Seitenzahnbereich verwendet werden kann. Abgesehen von einem infizierten Knochentransplantat (3,2 %), heilten alle Transplantate komplikationslos ein. Da die Kollagenmembran

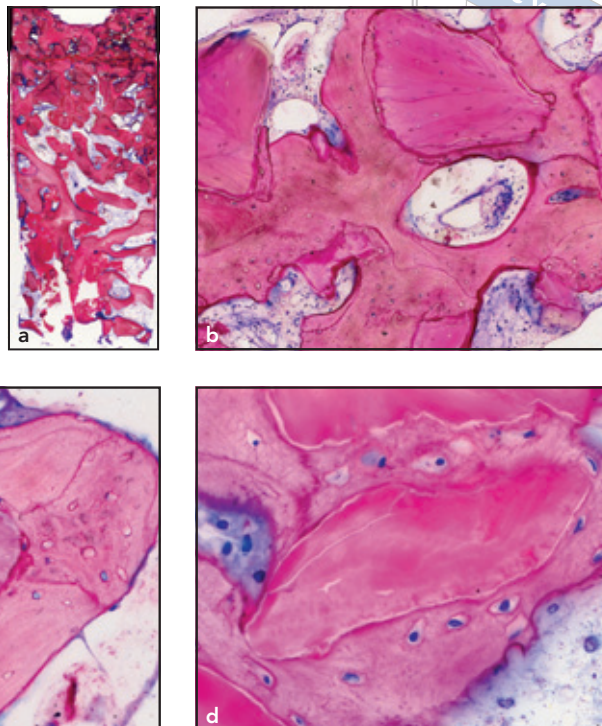
Tabelle 2 Abmessungen des Alveolarkamms vor und nach der Augmentation

Patient (Operationsbereich Nr.)	Alveolarkammbreite (mm) (n = 31)			Anzahl der gesetzten Implantate (n = 30)	Beobachtungszeit (Monate)
	Studienbeginn	Wiedereröffnung	Zunahme		
1 (1)	3,5	11,0	7,5	2	28,25
2 (1)	2,0	8,0	6,0	3	23,50
2 (2)	2,0	7,5	5,5	2	27,25
3 (1)	1,5	7,0	5,5	3	23,75
4 (1)	2,0	7,0	5,0	1	14,25
5 (1)	2,0	7,0	5,0	3	29,50
5 (2)	2,0	8,0	6,0	3	29,50
6 (1)	2,0	10,5	8,5	3	22,00
7 (1)	2,0	6,0	4,0	3	14,25
8 (1)	1,0	5,0	4,0	3	3,00
9 (1)	2,0	12,0	10,0	4	24,00
9 (2)	2,0	10,0	8,0	3	24,00
10 (1)	3,5	8,0	4,5	2	7,00
11 (1)	2,0	7,5	5,5	3	9,25
12 (1)	2,0	8,0	6,0	2	31,00
13 (1)	1,5	7,0	5,5	2	16,00
14 (1)	2,0	7,0	5,0	3	34,00
15 (1)	3,0	8,0	5,0	1	11,75
16 (1)	2,0	7,0	5,0	2	29,25
16 (2)	2,5	8,0	5,5	2	29,25
17 (1)	3,0	9,0	6,0	3	16,25
17 (2)	1,5	6,5	5,0	3	2,25
18 (1)	2,0	8,0	6,0	2	13,25
19 (1)	1,5	7,5	6,0	1	30,75
20 (1)	4,0	10,0	6,0	2	27,75
21 (1)	2,5	8,0	5,5	4	12,75
21 (2)	2,5	8,0	5,5	4	12,75
22 (1)	2,0	8,0	6,0	1	16,50
23 (1)	2,5	7,5	5,0	2	23,75
24 (1)	2,0	8,0	6,0	4	39,50
25 (1)	2,0	4,0	2,0	0*	NA*
Mittelwert (SA)	2,19 (0,64)	7,87 (1,61)	5,68 (1,42)	2,53 (0,90)	20,88 (9,49)
Median	2,00	8,00	5,50	3,00	23,63
Interquartilenbereich	(2,00, 2,50)	(7,00, 8,00)	(5,00, 6,00)	(2,00, 3,00)	(13,25, 29,25)
Bereich	(1,0, 4,0)	(4,0, 12,0)	(2,0, 10,0)	(1,0, 4,0)	(2,25, 39,50)

SA = Standardabweichung; NA = nicht angegeben.

* Bei Patientin 25 trat eine Komplikation aufgrund des Transplantats auf, sodass die Knochenbreite nur um 2 mm zunahm und eine weitere Transplantation erforderlich war. Sie verlief erfolgreich, ist hier aber nicht aufgenommen. Da nach dem Ersteingriff keine Implantate gesetzt wurden, ist ihre Anzahl in dieser Tabelle mit Null angegeben. Die Daten dieser Patientin fließen nicht in die Gruppe der Patienten mit Implantaten ein.

Abb. 3 (a) Histologischer Schnitt einer Probe, die 8 Monate nach der Transplantation entnommen wurde (Patient 1, Tabelle 1). Zu erkennen ist der ursprüngliche Oberkieferknochen. Der augmentierte Bereich ist über neugebildeten Knochen mit dem nativen Oberkieferknochen verbunden (Vergrößerung $\times 50$). (b) Dichte Trabekel aus neugebildetem Knochen mit integrierten ABBM-Partikeln (Vergrößerung $\times 100$). (c und d) Anlagerung von Lamellen- und Geflechtknochen auf ABBM durch aktive Osteoblasten (Vergrößerung $\times 200$, $\times 400$). Das Bindegewebe zeigt keine Hinweise auf eine entzündliche Reaktion.



eine gute Weichgewebsverträglichkeit besitzt, kam es in keinem Fall zur Membranexposition. Ähnliche Ergebnisse für die Weichgewebsheilung wurden auch für nicht resorbierbares expandiertes Polytetrafluorethylen (e-PTFE) sowie für resorbierbare synthetische und Kollagenmembranen beschrieben^{12-14,27,34}. Trotz Berichten über häufigere spontane Expositionen von Kollagen- und e-PTFE-Membranen^{9,35} sind nicht resorbierbare e-PTFE-Membranen weiterhin der Goldstandard für das GBR-Verfahren. Die oft beschriebenen Weichgewebskomplikationen sowie die erforderliche Operation zur Entfernung der Membran haben jedoch dazu geführt, dass resorbierbare Membranen entwickelt und verwendet wurden^{9,35}. Die Stabilität der resorbierbaren Membran lässt sich durch eine sichere Befestigung auf der linguale/palatinalen und vestibulären Seite verbessern. Dadurch wird das Transplantatmaterial immobilisiert, sodass

sich die gewünschte Knochenmenge bilden kann. In der vorliegenden Fallserie nahm die Knochenbreite um durchschnittlich 5,68 mm zu (SA = 1,42 mm), an manchen Stellen sogar um bis zu 10,0 mm. In allen Fällen entstand eine Alveolarkammbreite von mindestens 5 mm, sodass eine Implantation möglich war. Alle Implantate haben bis heute überlebt und sind funktionell belastet (zwei bis 40 Monate).

In einer Studie wurden autogene Knochenblocktransplantate, die mit ABBM-Partikeln und resorbierbaren Kollagenmembranen abgedeckt wurden, verwendet, und so eine Zunahme der Knochenbreite um 4,6 mm¹⁸ erreicht. Im Vergleich dazu wurde mit der alleinigen Verwendung von ABBM-Partikeln als Transplantatmaterial und einer rasch resorbierbaren Kollagenmembran eine Zunahme der Knochenbreite um 3,6 mm erzielt, was ein etwas ungünstigeres Ergebnis war²⁷. Dieser Unterschied könnte

darauf beruhen, dass durch die Kombination von autogenen Knochenpartikeln und ABBM ein Transplantat mit besseren osteogenen Eigenschaften entstanden ist.

In dieser Fallserie wurden die ABBM-Partikel des Mischtransplantats aus autogenem Knochen und ABBM gut in den neugebildeten Alveolarknochen inkorporiert. Histologisch wurde dies mit dem dichten Netz aus neugebildetem Knochen nachgewiesen, der die ABBM-Partikel in den Augmentationsbereichen verband. Zu ähnlichen histologischen Befunden kam auch eine andere Studie, in der zur parodontalen Regeneration ein Mischtransplantat aus ABBM und autogenem Knochen verwendet wurde³⁶. In einer weiteren Studie wurden die autogenen Knochenblöcke mit ABBM-Partikeln und Kollagenmembranen bedeckt. Bei der Wiedereröffnung waren die ABBM-Partikel nur fibrös umkapselt, nicht aber in den Knochen integriert¹⁸. Dieser Befund

spricht für die Verwendung einer Mischung aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM statt einer Schicht aus ABBM auf autogenen Knochenblöcken. Da bislang alle Implantate überlebt haben, belegt diese Fallserie den Nutzen einer rascher resorbierbaren Membran bei der GBR zur horizontalen Alveolarkammaugmentation. Trotzdem muss die hohe Überlebensrate der Implantate in dieser Fallserie unter Vorbehalt betrachtet werden, da der Erfolg der Implantation noch nicht mit etablierten Methoden überprüft wurde und die Implantate nur über einen kurzen Zeitraum beobachtet wurden.

Aktuelle Berichte in der Literatur zeigen, dass sich die Standardbehandlung messerscharfer Alveolarkämme in den letzten Jahren verändert hat^{12,27}. Knochenersatzmaterialien und resorbierbare Membranen sind bei der horizontalen Augmentation mit einer geringeren Morbidität assoziiert. Außerdem muss durch den Einsatz von ABBM weniger autogener Knochen entnommen werden, was allgemein die Morbidität senkt und für die Patienten angenehmer ist. Der Nutzen von ABBM bei diesem Verfahren ist auch daran zu erkennen, dass es in dieser Fallserie keine schwerwiegenden Komplikationen an der Entnahmestelle gab. Allerdings sollten die positiven Ergebnisse dieser Fallserie noch durch größer angelegte randomisierte und kontrollierte klinische Studien belegt werden.

Schlussfolgerung

Bezogen auf diese Fallserie lässt sich festhalten, dass die Behandlung horizontaler Alveolarkammdefekte mit dem GBR-Verfahren erfolgreich war und alle Implantate überlebten. Verwendet wurden ein Mischtransplantat aus autogenen Knochenpartikeln und ABBM sowie eine resorbierbare Bar-

rieremembran aus natürlichem Kollagen.

Im zeitlichen Rahmen dieser Studie zeigte sich, dass der regenerierte Knochen eine Osseointegration der dentalen Implantate ermöglichte. Histologisch war das ABBM über ein dichtes Netz aus neugebildetem unterschiedlich stabilem Knochen verbunden. Trotzdem sind noch randomisierte kontrollierte klinische Studien erforderlich, die belegen, dass andere resorbierbare Membranen sowie andere Knochenersatzmaterialien die Heilung auf die gleiche Weise fördern, wie es in dieser Fallserie gezeigt wurde.

Danksagungen und Interessenerklärung

Diese Studie wurde teilweise von Geistlich Pharma finanziert. Die Autoren haben keine finanziellen Interessen an den Herstellerfirmen der verwendeten Produkte. Die Autoren danken Dominik Lysek für die Unterstützung bei der Vorbereitung dieser prospektiven Fallserie und Annette Lindner für ihre ausgezeichnete technische Assistenz bei der histologischen Präparation und den histomorphometrischen Messungen.

Literatur

1. 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;22:49–70.
2. 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.
3. 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.
4. Dahlin C, Andersson L, Linde A. Bone augmentation at fenestrated implants by an osteopromotive membrane technique. A controlled clinical study. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:159–165.
5. Hämmerle CH, Chiantella GC, Karring T, Lang NP. The effect of a deproteinized bovine bone mineral on bone regeneration around titanium dental implants. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:151–162.
6. Jovanovic SA, Spiekermann H, Richter EJ. Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscence sites: A clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:233–245.
7. Lorenzoni M, Pertl C, Keil C, Wegscheider WA. Treatment of peri-implant defects with guided bone regeneration: A comparative clinical study with various membranes and bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:639–646.
8. Zitzmann NU, Schärer 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.
9. Moses O, Pitaru S, Artzi Z, Nemcovsky CE. Healing of dehiscence-type defects in implants placed together with different barrier membranes: A comparative clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:210–219.
10. 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.
11. Buser D, Ingimarsson S, Dula K, Lussi A, Hirt HP, Belser UC. Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: A 5-year prospective study in partially edentulous patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:109–117.
12. Urban IA, Nagursky H, Lozada JL. Horizontal ridge augmentation with a resorbable membrane and particulated autogenous bone with or without anorganic bovine bone-derived mineral: A prospective case series in 22 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:404–414.

13. Urban IA, Jovanovic S, Lozada JL. Vertical ridge augmentation using guided bone regeneration (GBR) in three clinical scenarios prior to implant placement: A retrospective study of 35 patients 12 to 72 months after loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:502–510.
14. Urban IA, Caplanis N, Lozada JL. Simultaneous vertical guided bone regeneration (GBR) and guided tissue regeneration (GTR) in the posterior maxilla using recombinant human platelet-derived growth factor (rhPDGF). A case report. *J Oral Implantol* 2009;35:251–256.
15. Esposito M, Grusovin M, Kwan S, Worthington H, Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: Bone augmentation techniques for dental implant treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2008 Jul 16;(3):CD003607.
16. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;17:232–236.
17. Proussaefs P, Lozada J. The use of resorbable collagen membrane in conjunction with autogenous bone graft and inorganic bovine mineral for buccal/labial alveolar ridge augmentation: A pilot study. *J Prosthetic Dent* 2003;90:530–538.
18. von Arx T, Buser D. Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: A clinical study with 42 patients. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:359–366.
19. Cordaro L, Amade 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.
20. Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, Dahlin C. Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: A histologic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:13–29.
21. Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK. Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: A clinical study with 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:420–432.
22. Nkenke E, Schultze-Mosgau S, Radespiel-Troger M, Kloss F, Neukam FW. Morbidity of harvesting of chin grafts: A prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:495–502.
23. Nkenke E, Weisbach V, Winckler E, et al. Morbidity of harvesting of bone grafts from the iliac crest for preprosthetic augmentation procedures: A prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;33:157–163.
24. Raghoobar GM, Louwse C, Kalk WW, Vissink A. Morbidity of chin bone harvesting. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:503–507.
25. 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.
26. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:136–159.
27. Hämmerle CHF, Jung RE, Yaman D, Lang NP. Ridge augmentation by applying bioresorbable membranes and deproteinized bovine bone mineral: A report of twelve consecutive cases. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:19–25.
28. Zitzmann NU, Naef R, Schärer P. Resorbable versus nonresorbable membranes in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:844–852.
29. Friedmann A, Strietzel FP, Maretzki 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. Zitzmann NU, Schärer P, Marinello CP, Schüpbach P, Berglundh T. Alveolar ridge augmentation with Bio-Oss: A histologic study in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:288–295.
31. Rothamel D, Schwarz F, Sculean A, Herten M, Scherbaum W, Becker J. Biocompatibility of various collagen membranes in cultures of human PDL fibroblasts and human osteoblast-like cells. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:443–449.
32. Schwarz F, Rothamel D, Herten M, et al. Immunohistochemical characterization of guided bone regeneration at a dehiscence-type defect using different barrier membranes: An experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:402–415.
33. Urban IA. Simultaneous sinus and horizontal augmentation utilizing a resorbable membrane and particulated bone graft: A technical note and 7-year follow-up of a case. *Eur J Oral Surg* 2011;2;19–24.
34. Simion M, Misitano U, Gionso L, Salvato A. Treatment of dehiscences and fenestrations around dental implants using resorbable and nonresorbable membranes associated with bone autografts: A comparative clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:159–167.
35. Lindhe J, Karring T, Lang NP. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Oxford, UK: Blackwell, 2003.
36. Camelo M, Nevins ML, Lynch SE, Schenk RK, Simion M, Nevins M. Periodontal regeneration with an autogenous bone Bio-Oss composite graft and a Bio-Gide membrane. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:109–119.