

Zusammenhang zwischen der Dicke der bukkalen Knochenwand und der Heilung von Extraktionsalveolen mit/ohne Ridge Preservation



Daniele Cardaropoli, DDS¹
Lorenzo Tamagnone, DDS²
Alessandro Roffredo, DDS²
Lorena Gaveglio, DDS²

Insgesamt 48 Extraktionsalveolen wurden mit bovinem Knochenmineral und einer Kollagenmembran (Test) transplantiert oder heilten spontan (Kontrolle). Nach vier Monaten war die Breite des Alveolarkamms in der Testgruppe um 0,71 mm und in der Kontrollgruppe um 4,04 mm zurückgegangen, während seine Höhe in der Testgruppe um 0,58 mm und in der Kontrollgruppe um 1,67 mm abgenommen hatte. In der Testgruppe bestand kein Zusammenhang zwischen der Dicke der bukkalen Knochenwand und dem alveolären Knochenverlust. In der Kontrollgruppe verhielten sich beide umgekehrt proportional. Die Ridge Preservation verhinderte unabhängig von der Dicke der bukkalen Knochenwand die Alveolarkammresorption nach Zahnextraktion, während es bei der spontanen Heilung von Extraktionsalveolen zum alveolären Knochenverlust kommt. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 203–209)

Nach einer Zahnextraktion kommt es zu einem unterschiedlich starken Knochenumbau, da der unbezahnte Bereich des Alveolarkamms dreidimensionale Veränderungen durchläuft^{1–5}. Intraalveolär heilt der Bereich schrittweise durch die Bildung eines Blutkoagulums, von Granulationsgewebe, einer provisorischen Matrix, von mineralisiertem Gewebe und Knochenmark^{6,7}. Bei der extraalveolären Heilung wird zunächst die bukkale und linguale Wand der Extraktionsalveole umgebaut und Bündelknochen resorbiert, der nicht mehr über das Parodontalligament mit Nährstoffen versorgt und letztlich durch Geflechtknochen ersetzt wird⁸. Daher entsteht nach der Extraktion ein horizontaler Knochenverlust.

In einer von Schropp und Mitarbeitern 2003 veröffentlichten Studie am Menschen⁹ wurde 12 Monate nach der Extraktion eine Reduktion der Alveolarkammbreite um etwa 50 % ermittelt, d. h. von 12,0 mm auf 5,9 mm (Mittelwert: 6,1 mm, Bereich 2,7 bis 12,2 mm). Zwei Drittel dieses Volumens gingen in den ersten drei Heilungsmonaten verloren. Die anteilige Reduktion war im Bereich der Molaren etwas stärker ausgeprägt als im Bereich der Prämolaren und im Unterkiefer stärker als im Oberkiefer. In einem systematischen Review über die Dimensionsveränderungen des Knochens an Extraktionsalveolen beim Menschen wurde eine Brei-

¹ Wissenschaftlicher Direktor, PROED Institute for Professional Education in Dentistry, Turin, Italien.

² Privatpraxis und Berater, PROED Institute for Professional Education in Dentistry, Turin, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Daniele Cardaropoli, Corso Galileo Ferraris 148, 10129 Turin, Italien.
Fax: +39-011-323683, E-Mail: dacardar@tin.it

tenreduktion des Alveolarkamms um durchschnittlich 3,87 mm aufgezeigt¹⁰. In einem weiteren systematischen Review von 2011 betrachteten Ten Heggeler et al.¹¹ die Ergebnisse von neun Veröffentlichungen, die die Einschlusskriterien erfüllten. Bei der natürlichen Heilung nach einer Extraktion nahm die Breite des Alveolarkamms um 2,6 bis 4,6 mm ab. Eine neuere Arbeit von Tan und Mitarbeitern¹² umfasste die gesamte englischsprachige zahnmedizinische Literatur über die Dimensionsveränderungen der Hart- und Weichgewebe des Alveolarkamms für bis zu 12 Monate nach der Zahnextraktion beim Menschen. Eingeschlossen wurden nur Studien, die die Dimensionsveränderungen von unbehandelten Extraktionsalveolen über einen genau definierten Zeitraum bezogen auf einen relativen Bezugspunkt angaben. Die Suche ergab 3954 Titel und 238 Abstracts. Bei der Volltextanalyse von 104 Artikeln wurden 20 Studien ermittelt, die die Einschlusskriterien erfüllten. Die Breite des Hartgewebes hatte nach sechs Monaten um $3,79 \pm 0,23$ mm abgenommen. Nach drei Monaten betrug die mittlere horizontale Veränderung 32 % und nach sechs bis sieben Monaten wurde eine große Variationsbreite von 29 bis 63 % ermittelt. Die Abnahme war in den ersten drei bis sechs Monaten rasch und danach langsamer. Diese Reduktion verhindert die korrekte Positionierung von Implantaten und vorhersagbare ästhetische Ergebnisse. Allerdings konnte in keiner dieser Studien erklärt werden, warum sich die Knochenbreite bei der Heilung so unterschiedlich verändert, und in keiner dieser Studien wurde berücksichtigt, welchen Einfluss die Dicke der bukkalen Knochenwand hat. Für die Transplantation von Extraktionsalveolen wurden verschiedene Materialien eingesetzt. Ein systematisches Review untersuchte die wissenschaftlichen Belege für die

Effizienz von Operationsprotokollen zum Erhalt des Alveolarkamms nach Zahnextraktion¹³. Für die verschiedenen Verfahren zur Ridge Preservation wurde eine mittlere Veränderung der Knochenbreite um 3,25 mm bis 2,50 mm beschrieben. Der Nutzen der Socket Preservation ist belegt, da mit diesem Verfahren die horizontale Kontraktion des Alveolarkamms signifikant verringert wird. Für die Transplantation von Extraktionsalveolen wurden verschiedene Materialien, wie autogenes Knochenmark¹⁴ und mineralisiertes humanes Knochenallograft, verwendet¹⁵. Die meisten Berichte in der Literatur gibt es jedoch über bovines Knochenmineral¹⁶⁻¹⁸, obwohl die wissenschaftliche Evidenz keine klaren Leitlinien hinsichtlich der Wahl des Biomaterials oder des Operationsverfahrens liefert. Die hier vorgestellte randomisierte, kontrollierte klinische Studie hatte zwei Ziele: (1) Vergleich der Alveolarkammveränderungen nach Zahnextraktion entweder nach spontaner Heilung oder nach Ridge Preservation mit bovinem Knochenmineral und einer Kollagenmembran sowie (2) Untersuchung, welchen Einfluss nach dem Alveolarkammumbau die Dicke der bukkalen Knochenwand hat.

Material und Methode

Studiendesign

In dieser Studie wurden 41 Patienten in einer Privatpraxis in Turin, Italien, behandelt. Alle Patienten (17 Frauen und 24 Männer; mittleres Alter $47,2 \pm 12,9$ Jahre) wurden zur Extraktion eines oder mehrerer oberer oder unterer Prämolaren oder Molaren überwiesen. Dabei verblieben Alveolen mit drei intakten Wänden und einer zu mindestens 80 % intakten vierten Wand, wie sie für das Ridge-Preservation-Verfahren zum

Zeitpunkt der Extraktion erforderlich sind¹⁹. Gründe für die Extraktion waren prothetisches Versagen, ein Misserfolg einer endodontischen Behandlung und fortgeschrittene Kariesläsionen. Patienten mit akuter periapikaler Infektion wurden ausgeschlossen. Ausschlusskriterien seitens der systemischen Gesundheit waren metabolische Knochenkrankheiten, aktuelle Schwangerschaft, bekanntes Malignom, eine Strahlen- oder Chemotherapie wegen einer Krebserkrankung in den letzten fünf Jahren, eine bekannte Autoimmunerkrankung und eine Langzeittherapie mit Glukokortikoiden oder Antibiotika. Auch Patienten, die täglich > 10 Zigaretten rauchten, wurden aus der Studie ausgeschlossen. Zur Extraktion vorgesehen waren 16 Prämolaren und 32 Molaren (insgesamt 48 Zähne). Mithilfe einer computergenerierten Randomisierungsliste (SPSS v.16 für Mac OS X, IBM) wurden die Alveolen der Kontrollgruppe (Extraktion und Spontanheilung) oder der Testgruppe (Extraktion und Ridge Preservation) zugewiesen. Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki von 1975 in der revidierten Fassung von 2000 durchgeführt. Alle Teilnehmer gaben schriftlich ihre Einwilligung nach Information. Außerdem mussten die Patienten bereit sein, die Studienbehandlungen und Anweisungen zu befolgen. Keiner der Patienten brach die Teilnahme vor dem Ende der viermonatigen Beobachtungszeit ab.

Alle klinischen Messungen wurden von einem geblindeten Untersucher (LT), der nicht mit dem Operateur (DC) identisch war, durchgeführt. Außerdem erfolgte eine umfassende parodontale Untersuchung mit Ermittlung des Plaque- und des Blutungsscores im gesamten Mund²⁰. Präoperativ erhielten die Patienten Anweisungen zur Mundhygiene und eine ätiologisch ausgerichtete Therapie.

Chirurgisches Vorgehen

Nach der Lokalanästhesie mit Articain 4 % mit Adrenalinzusatz 1:100000 wurden die Zähne atraumatisch und lappenlos extrahiert. Anschließend wurden die Alveolen der Testgruppe mit einer Mischung aus bovinem Knochenmineral und Kollagen (Bio-Oss Collagen, Geistlich) aufgefüllt und mit einer porcinen Kollagenmembran (Bio-Gide, Geistlich) bedeckt. Die Membran, die bis dahin absichtlich nicht abgedeckt worden war, wurde mit einer versetzten Matratzennaht mit nicht resorbierbarem Fadenmaterial (Supramid, Resorba) fixiert. Die Fäden wurden nach 14 Tagen entfernt (Abb. 1). In der Kontrollgruppe wurde keine weitere Behandlung durchgeführt und die Alveole nach der Exzision nicht mit einer Naht verschlossen (Abb. 2). Die Patienten wurden angewiesen, die Wunde dreimal täglich mit einem Gel mit Hyaluronsäure und Aminosäuren (Aminogam, Errekappa) zu bedecken, bis sich die Gingiva vollständig geschlossen hatte. Außerdem erhielten sie als orale Antibiotika Amoxicillin/Clavulansäure (2 x 1 g/d für sechs Tage) sowie das nicht steroidale Antiphlogistikum Ibuprofen (2 x 600 mg/d für fünf Tage). Darüber hinaus spülten sie den Mund bis zum Entfernen der Fäden dreimal täglich vorsichtig mit 0,2 % Chlorhexidin. Zwei Wochen postoperativ wurden die Fäden entfernt und die Patienten begannen wieder mit der Mundhygiene mit Zahnbürste und Zahnseide. Alle Patienten wurden zwei und vier Wochen sowie zwei und vier Monate postoperativ untersucht. Nach vier Monaten wurden in den Extraktionsbereichen Implantate gesetzt.

Mit einem Messschieber (Ridge Mapping Instrument, G. Hartzell & Son) wurde die Alveolarkambbreite präoperativ und nach vier Monaten senkrecht zur Tangente des Kiefers in der Mitte der Extraktionsalveole als Abstand zwischen den am weitesten

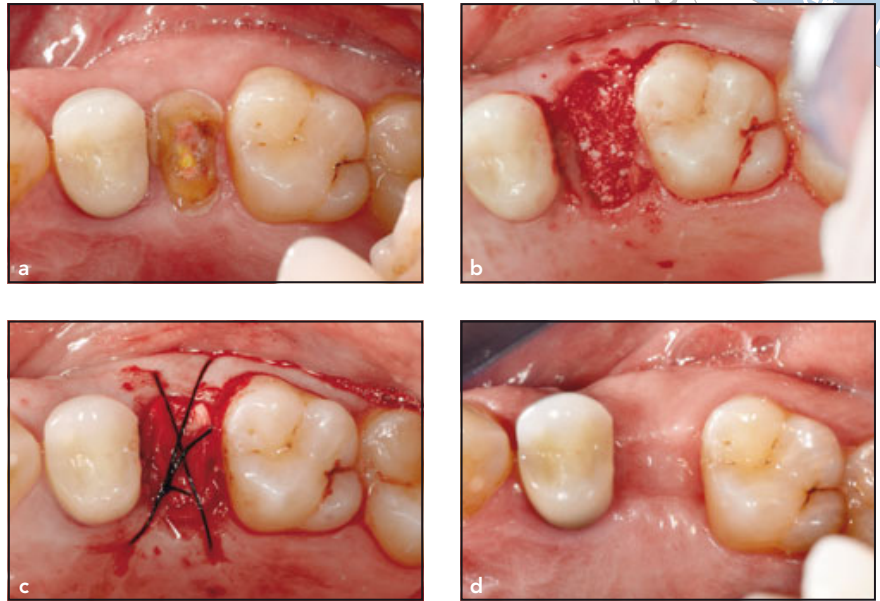


Abb. 1 Testgruppe. (a) Ausgangsbefund. (b) Ridge Preservation mit bovinem Knochenmineral. (c) Kollagenmembran über dem Transplantat. (d) Heilung nach 4 Monaten.

ten bukkal und oral gelegenen Punkten gemessen. Als Referenz diente eine Schablone aus Polyvinylchlorid (PVC). Mithilfe derselben Schablone mit einem Referenzpunkt wurde präoperativ und nach vier Monaten in der Mitte der bukkalen Seite auch die Kammhöhe mit einer kalibrierten Parodontalsonde (PCP UNC-15, HuFriedy) gemessen. Nach der Exzision wurde auch die Dicke der bukkalen Knochenwand 3 mm apikal des Knochenkamms mit einem Knochenmessschieber gemessen (Abb. 3)

Statistische Auswertung

Die Berechnung der Power ergab, dass für den Nachweis eines Unterschieds der Knochenbreite von 1 mm nach vier Monaten eine Probengröße von 24 erforderlich war. Damit betrug die Standardabweichung (SA) beim

t-Test für gepaarte Stichproben mit einer Power von 80 % und einem Signifikanzniveau 0,05 maximal 0,6 mm. Alle klinischen Parameter wurden wie kontinuierliche Daten behandelt. Jeder Parameter wurde in jeder Gruppe zweimal – bei Studienbeginn und nach vier Monaten – bestimmt. Die Daten der Test- und der Kontrollgruppe bei Studienbeginn und nach vier Monaten wurden mit dem t-Test für gepaarte Stichproben untersucht. Der Vergleich zwischen den Gruppen erfolgte mit dem t-Test für unabhängige Stichproben. Der mögliche statistische Zusammenhang zwischen dem anteiligen horizontalen Knochenverlust nach vier Monaten und der initialen Dicke der bukkalen Knochenwand bei Studienbeginn wurde für beide Gruppen mithilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten ermittelt.

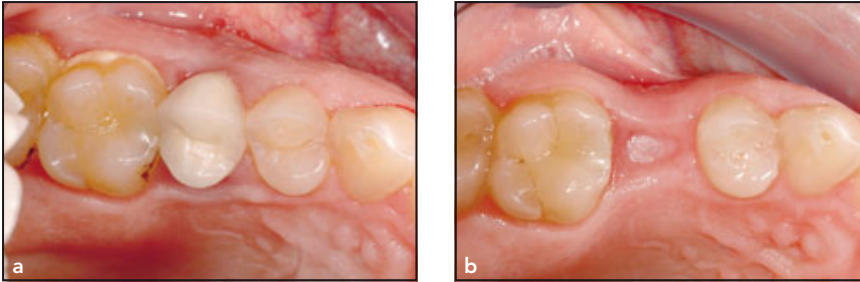


Abb. 2 Kontrollgruppe. (a) Ausgangsbefund. (b) 4 Monate nach Extraktion.

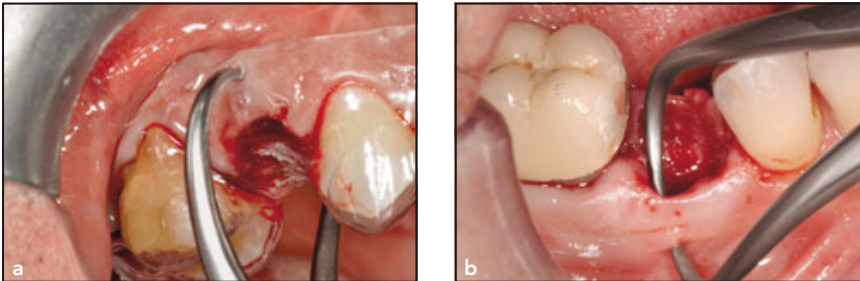


Abb. 3 Intraorale Messung (a) der Alveolarkammbreite und (b) der Dicke der bukkalen Knochenwand.

Ergebnisse

Alle Patienten beendeten die Studie. Alle Operationen wurden erfolgreich wie geplant und ohne Komplikationen durchgeführt. Die postoperative Heilungsphase verlief ereignislos, gelegentlich wurden Beschwerden und Schwellungen beschrieben. Die Ergebnisse der Messungen zeigt Tabelle 1. Zu Beginn betrug die mittlere Alveolarkammbreite in der Testgruppe $10,42 \pm 1,82$ mm (Bereich 8 bis 15 mm) und in der Kontrollgruppe $10,25 \pm 1,57$ mm (Bereich 8 bis 13 mm). Nach vier Monaten lag die mittlere Alveolarkammbreite in der Testgruppe bei $9,71 \pm 2,12$ mm (Bereich 6 bis 14 mm) und in der Kontrollgruppe bei $6,21 \pm 1,56$ mm (Bereich 4 bis 8 mm). In der Testgruppe betrug der Unterschied zwischen dem Ausgangswert und dem Wert nach vier Monaten $0,71 \pm 0,91$ mm (entsprechend $7,23 \pm 9,24$ %; Bereich 0 bis 2 mm, $p < 0,05$) und in der Kontrollgruppe $4,04 \pm 0,69$ mm (entspre-

chend $40,15 \pm 8,29$ %, Bereich 3 bis 5 mm, $p < 0,001$). Bei Studienbeginn unterschied sich die Alveolarkammbreite nicht signifikant zwischen den Gruppen, nach vier Monaten war der Unterschied statistisch signifikant ($3,50 \pm 2,83$ mm, $p < 0,001$). Die Veränderungen innerhalb der Gruppen unterschieden sich um $3,33 \pm 0,72$ mm ($p < 0,001$). Die Alveolarkammhöhe an der Mitte der Bukkalseite hatte sich in der Testgruppe nach vier Monaten gegenüber dem Ausgangswert um $0,56 \pm 0,45$ mm verändert (Bereich 0 bis 1,5 mm, $p < 0,05$), in der Kontrollgruppe um $1,67 \pm 0,43$ mm (Bereich 1 bis 3 mm; $p < 0,001$). Die Alveolarkammhöhe unterschied sich zwischen den Gruppen bei Studienbeginn nicht signifikant und war nach vier Monaten statistisch signifikant ($1,13 \pm 0,09$ mm, $p < 0,001$). Die Veränderungen innerhalb der Gruppen unterschieden sich um $1,11 \pm 0,38$ mm ($p < 0,001$). Bei Studienbeginn betrug die Dicke der bukkalen Knochenwand in der Test-

gruppe $1,23 \pm 0,57$ mm, in der Kontrollgruppe $1,19 \pm 0,59$ mm; dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. In der Testgruppe bestand kein Zusammenhang zwischen der initialen Dicke des bukkalen Knochens und dem Alveolarkammverlust nach vier Monaten ($r = -0,055$; Abb. 4), während in der Kontrollgruppe nach vier Monaten ein starker negativer Zusammenhang bestand ($r = -0,752$; Abb. 5).

Diskussion

Implantate können nur bei ausreichender Knochenmenge und -qualität gesetzt werden. Ist zum Zeitpunkt der Implantation nur ein schlechtes Knochenangebot vorhanden, sollte ein Verfahren zur Knochenaugmentation angewandt werden. Mithilfe von Ridge-Preservation-Verfahren kann der vertikale und horizontale Alveolarkammverlust nach einer Extraktion reduziert oder verhindert werden¹¹⁻¹³.

In der vorliegenden Studie wurden über eine Phase von vier Monaten die Änderung der Knochenhöhe und -breite nach einer Ridge Preservation mit Änderungen nach einer spontanen Heilung verglichen. In der Testgruppe wurden die Alveolen nach der Extraktion mit einem Transplantat aus deproteinisiertem bovinem Knochengranulat mit porkiner Typ-1-Kollagenfaser (Bio-Oss) gefüllt und dann mit einer zweilagigen porkinen Kollagenmembran (Bio-Gide) abgedeckt. Das Xenograft hat sich als Knochenersatzmaterial zur Augmentation von experimentellen Defekten und Extraktionsalveolen bewährt²¹⁻²⁴.

In einer kürzlich veröffentlichten Studie²⁵ wurden in derselben Patientenpopulation wie in der vorliegenden Studie die Konturveränderungen der Weichgewebe an Extraktionsalveolen untersucht. Messungen am Modell ergaben, dass mithilfe der

Tabelle 1 Klinische Parameter, Veränderung und Knochenverlust (Mittelwert ± SA)

| Gruppe | Ausgangssituation (mm) | | Nach 4 Mon. (mm) | | Veränderung (mm) | | Knochenverlust (%) |
|-------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
| | Breite | Höhe | Breite | Höhe | Breite | Höhe | |
| Test | 10,42 ± 1,82 | 4,21 ± 0,39 | 9,71 ± 2,12 | 4,77 ± 0,42 | 0,71 ± 0,91 [‡] | -0,56 ± 0,45 [‡] | 7,23 ± 9,24 |
| Kontrolle | 10,25 ± 1,57 | 4,23 ± 0,68 | 6,21 ± 1,56 | 5,90 ± 0,68 | 4,04 ± 0,69 [†] | -1,67 ± 0,43 [†] | 40,15 ± 8,29 |
| Unterschied | 0,17 ± 2,30* | -0,02 ± 0,19* | 3,50 ± 2,83 [†] | -1,13 ± 0,09 [†] | -3,33 ± 0,72 [†] | -1,11 ± 0,38 [†] | 32,92 ± 8,64 |

*Statistisch nicht signifikant, SA = Standardabweichung,
[†]p < 0,001,
[‡]p < 0,05,

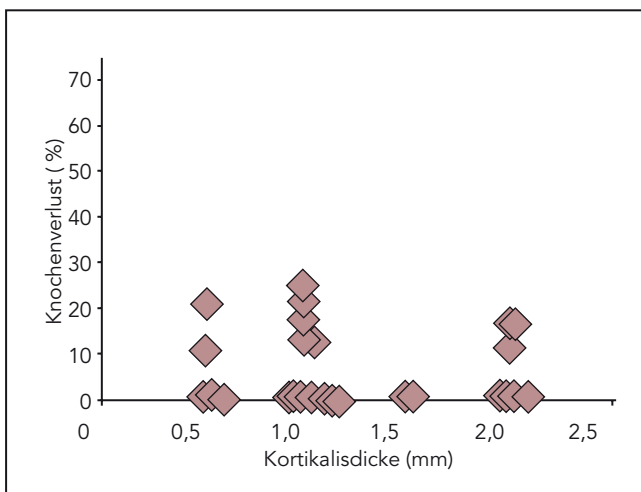


Abb. 4 Testgruppe. Darstellung des Knochenverlusts als Funktion der initialen bukkalen Knochendicke.

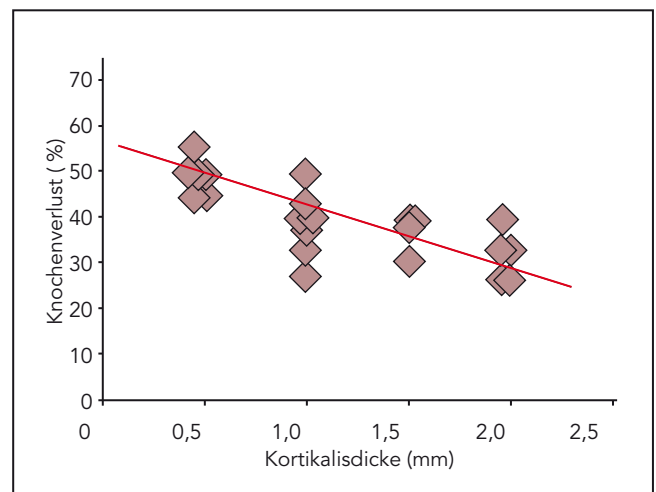


Abb. 5 Kontrollgruppe. Darstellung des Knochenverlusts als Funktion der initialen bukkalen Knochendicke.

Ridge Preservation die ursprünglichen Abmessungen der Alveole überwiegend erhalten werden konnten (Erhalt von 92,74 % der Alveolarkambbreite, Verlust der Höhe von nur 0,46 mm). Nach vier Monaten wurden aus den Test- und den Kontrollbereichen Gewebeproben entnommen. Die histologischen Befunde ergaben keine Hinweise auf eine Entzündung in der Umgebung der Transplantatpartikel, die Kontakt mit neu abgelagertem Geflechtknochen und Osteoid hatten. Die trans-

plantierten Alveolen wiesen die für Extraktionsalveolen übliche Dynamik der Knochenneubildung auf⁶⁻⁸. Wenn die Xenograft-Partikel in mineralisierten Knochen eingebettet sind, fungieren sie als Wirtsknochen und stützen die Implantate anatomisch. Die histomorphometrischen Daten zeigten eine ähnliche mineralisierte Fraktion in der Test- und in der Kontrollgruppe (44,80 % bzw. 43,82 %). Der Anteil der residuellen Transplantatpartikel (18,46 %) lag deutlich unter dem etablierten Grenzwert

für eine erfolgreiche Implantation (40 %)²⁶. In der vorliegenden Studie werden intraoperative Messwerte der Extraktionsalveolen angegeben. Die leeren Alveolen der Testgruppe wurden mit Komposit-Knochenmineral aufgefüllt und das Transplantat mit einer porzinen Kollagenmembran abgedeckt. Vier Monate nach der Extraktion war die Abnahme der Knochenbreite in der Testgruppe weitaus geringer (7,23 %) als in der Kontrollgruppe (40,15 %). Der Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch

signifikant. Die Höhenveränderung war in der Testgruppe mit 0,56 mm geringer als in der Kontrollgruppe (1,58 mm); der Unterschied war statistisch signifikant. Diese Ergebnisse bestätigen Messungen am Modell und legen nahe, dass die Veränderungen der Weichgewebekontur mit dem Umbau des Alveolarkamms zusammenhängen.

In den veröffentlichten Studien beeinflusste die Dicke der bukkalen Knochenwand die horizontale und vertikale Resorption von humanen Alveolen signifikant²⁷⁻²⁹. Vor Kurzem wurden in einer Arbeit Socket-Preservation-Verfahren mit mineralisiertem humanem Knochenallograft mit der alleinigen Extraktion verglichen²⁹. In der Gruppe, bei der nach der Extraktion eine Spontanheilung stattfand, nahmen Höhe und Breite des Alveolarkamms stärker ab als in der Gruppe, deren Extraktionsbereich transplantiert worden war. Außerdem wiesen die Alveolen mit dünner bukkaler Knochenwand (< 1 mm) einen stärkeren Knochenverlust auf als Alveolen mit dicker bukkaler Knochenwand (> 1 mm). Dies betrifft sowohl die Knochenhöhe (1,17 mm bzw. 0,50 mm) als auch die -breite (2,67 mm bzw. 1,17 mm). In der vorliegenden Studie bestand für die Kontrollgruppe ein Zusammenhang zwischen der initialen Dicke der bukkalen Knochenwand und dem Alveolarkammverlust nach der Heilung. In der Testgruppe fand sich keine statistische Korrelation, da die Kontraktion des Alveolarknochens bei einer dünnen oder dicken bukkalen Knochenwand durch die Ridge Preservation ausgeglichen wurde. In der Kontrollgruppe bestand ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang: Je dünner die bukkale Knochenwand bei Studienbeginn war, umso ausgeprägter war der alveoläre Knochenverlust nach vier Monaten, während eine dicke bukkale Knochenwand bei Studienbeginn nach vier Monaten zu

einem geringeren alveolären Knochenverlust führte. Dies bestätigt, dass die Dicke der bukkalen Knochenwand von Extraktionsalveolen während der Heilung einen Einfluss auf die Veränderungen der Hartgewebe hat.

Schlussfolgerungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie lässt sich schlussfolgern, dass die Ridge Preservation mit bovinem Knochenmineral und porkiner Kollagenmembran die horizontale Knochenresorption gegenüber der alleinigen Zahnextraktion deutlich einschränkt. In den Alveolen, die mit dem Ridge-Preservation-Verfahren behandelt worden waren, bestand kein Zusammenhang zwischen der initialen Dicke der bukkalen Knochenwand und dem alveolären Knochenverlust. Offenbar begrenzt das Ridge-Preservation-Verfahren die Kontraktion des Alveolenknochens unabhängig von der Dicke der bukkalen Knochenwand. In der Kontrollgruppe zeigte sich bei einer dünneren bukkalen Knochenwand ein stärkerer alveolärer Knochenverlust.

Danksagungen

Die Biomaterialien für diese Studie (Bio-Oss Collagen und Bio-Gide) wurden von Geistlich Pharma, Wolhusen, Schweiz, zur Verfügung gestellt.

Literatur

1. Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc* 1960;61:46-48.
2. Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17:21-27

3. Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;27:309-318.
4. Atwood DA. Reduction of residual ridges: A major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 1971;26:266-279.
5. Atwood DA, Coy WA. Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *J Prosthet Dent* 1971;26:280-295.
6. Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2003;30:809-818.
7. Trombelli L, Farina R, Marzola A, Bozzi L, Liljenberg B, Lindhe J. Modeling and remodeling of human extraction sockets. *J Clin Periodontol* 2008;35:630-639.
8. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218.
9. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: A clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313-323.
10. Van der Weijden F, Dell'acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: A systematic review. *J Clin Periodontol* 2009;36:1048-1058.
11. Ten Heggeler JM, Slot DE, Van derWeijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:779-788.
12. Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl 5):1-21.
13. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, Figuero E, Martin C, Sanz M. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl 5):22-38.



14. Pelegrine A, da Costa CE, Correa M, Marques JJ. Clinical and histomorphometric evaluation of extraction sockets treated with an autologous bone marrow graft. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21:535–542.
15. Wang HL, Tsao YP. Histologic evaluation of socket augmentation with mineralized human allograft. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:231–237.
16. Nevins M, Camelo M, De Paoli S, et al. A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:19–29.
17. Cardaropoli D, Cardaropoli G. Preservation of the postextraction alveolar ridge: A clinical and histologic study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28: 469–477.
18. Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: A clinical and histomorphometric study. *J Periodontol* 2008;79:1370–1377.
19. Hammerle CH, Araujo MG, Simion M. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(suppl 5): 80–82.
20. O’Leary TJ, Drake RB, Naylor JE. The plaque control record. *J Periodontol* 1972; 43:38.
21. Cardaropoli G, Araújo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J. Healing of extraction sockets and surgically produced—augmented and non-augmented—defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:435–440.
22. Araújo M, Linder E, Wennström J, Lindhe J. The influence of Bio-Oss collagen on healing of an extraction socket: An experimental study in the dog. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28: 123–135.
23. Araújo MG, Lindhe J. Ridge preservation with the use of Bio-Oss collagen: A 6-month study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:433–440.
24. Araújo MG, Liljenberg B, Lindhe J. Dynamics of Bio-Oss collagen incorporation in fresh extraction wounds: An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:55–64.
25. Cardaropoli D, Tamagnone L, Roffredo A, Gaveoglio L, Cardaropoli G. Socket preservation using bovine bone mineral and collagen membrane: A randomized controlled clinical trial with histologic analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012;32:421–430.
26. 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.
27. Ferrus J, Cecchinato D, Pietursson E, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction socket. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:22–29.
28. Tomasi C, Sanz M, Cecchinato D, et al. Bone dimensional variations at implants placed in fresh extraction sockets: A multilevel multivariate analysis. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:30–36.
29. Spinato S, Galindo-Moreno P, Zaffe D, Bernardello F, Soardi CM. Is socket healing conditioned by buccal plate thickness? A clinical and histologic study 4 months after mineralized human bone allografting [epub ahead of print]. *Clin Oral Implants Res* 2012 Nov 21.