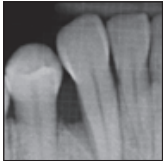


## Klinische Untersuchung von Putty aus demineralisierter Knochenmatrix zur Behandlung von parodontalen Knochendefekten beim Menschen



Arwa Ahmed Banjar, BDS, MS<sup>1</sup>  
Brian L. Mealey, DDS, MS<sup>2</sup>

*In dieser Studie wurde die Effektivität eines Putty für die Behandlung von parodontalen Defekten beim Menschen untersucht. Das Putty besteht aus humaner allogener demineralisierter Knochenmatrix (DBM) in einem Trägermaterial aus bovinem Kollagen und Alginat. Die Untersuchung erfolgte an 20 Patienten, bei denen mindestens ein Defekt mit einer Sondierungstiefe  $\geq 6$  mm vorlag und radiologisch eine Defekttiefe im Knochen von  $> 3$  mm zu erkennen war. Die Knochendefekte wurden mit dem DBM-Putty-Transplantat aufgefüllt. Folgende klinischen Parameter wurden bei Studienbeginn sowie sechs Monate nach der Behandlung ermittelt: Sondierungstiefe (PD), Gingivarezession (GR) und Höhe des klinischen Attachments (CAL). Die Knochenfüllung wurde durch transgingivales Sondieren und die Anfertigung standardisierter Röntgenaufnahmen bei Studienbeginn und sechs Monate nach der Behandlung überprüft. Die Kontrolle nach sechs Monaten ergab eine signifikante PD-Reduktion um  $3,27 \pm 1,67$  mm und einen CAL-Gewinn von  $2,27 \pm 1,74$  mm. Die Knochen Sondierung ergab eine mittlere klinische Knochenfüllung des Defekts von  $2,93 \pm 1,87$  mm und eine mittlere radiologische Knochenfüllung von  $2,55 \pm 2,31$  mm. Die Verwendung von DBM-Putty erlaubte eine effektive Behandlung parodontaler Knochendefekte beim Menschen mit signifikanter Besserung von CAL, PD und Knochenfüllung nach sechs Monaten im Vergleich zum Ausgangswert. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:521–527.)*

<sup>1</sup> Assistenzarzt, Department of Periodontics, University of Texas Health Science Center at San Antonio, San Antonio, Texas, USA.

<sup>2</sup> Professor und Direktor des Graduateprogramms, Department of Periodontics, University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA.

Korrespondenz an: Dr. Brian L. Mealey, Department of Periodontics, UTHSCSA Mail Code 7894, 7703 Floyd Curl Dr, San Antonio, TX 78229-3900, USA. Fax: +1 210 567 3567. E-Mail: mealey@uthscsa.edu

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Objektive Zielsetzung der parodontalen Behandlung ist die Regeneration des Parodonts, das aufgrund einer Parodontalerkrankung verloren gegangen ist. Für die regenerative parodontale Therapie werden Verfahren genutzt, mit denen der Zement, der Alveolarknochen und das Parodontalligament auf zuvor erkrankten Wurzeloberflächen wiederhergestellt werden können<sup>1</sup>. Eine derartige Regeneration kann durch schwierige orale Bedingungen recht komplex sein. Klinische Studien, in denen verschiedene Knochenersatzmaterialien alleine oder in Kombination mit anderen Behandlungsansätzen verwendet wurden, ergaben eine deutliche Besserung der Weich- und Hartgewebsparameter in den behandelten intraalveolären Knochendefekten<sup>2–5</sup>.

Die verfügbaren Knochenersatzmaterialien lassen sich grob in drei Kategorien unterteilen, die alle spezielle Vor- und Nachteile haben: Autografts, Allografts und Xenografts<sup>6–12</sup>. Die Knochentransplantate unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, eine Knochenneubildung zu stimulieren. Für autologe und demineralisierte allogene Knochentransplantate wurde in Studien am Menschen eine histologische Regeneration belegt<sup>6–9</sup>. Die osseoinduktiven Eigenschaften von demineralisierten allogenen Knochentransplantaten entstehen vermutlich durch den Demineralisierungsprozess, bei dem Bone Mor-

phogenetic Protein freigesetzt wird, das ein ausgesprochen hohes osteoinduktives Potential besitzt<sup>10-12</sup>.

Knochenersatzmaterialien werden traditionell in partikulierter Form eingesetzt und sind dadurch klinisch oft schwer zu manipulieren. Um dies zu verbessern, wurden Puttys und Pasten aus demineralisierter Knochenmatrix (DBM) entwickelt<sup>13</sup>. Ihre Formbarkeit wird durch die Kombination mit biokompatiblen und biodegradierbaren Trägermaterialien erreicht. Beispiele für Trägermaterialien, die mit DBM kombiniert wurden, sind Glycerol, Polymere, Kollagen, Natriumhyaluronat und porcine Gelatine<sup>13</sup>. Es gibt zwar nur wenige Studien zum Einsatz der verschiedenen DBM-Puttys und -Pasten für die Behandlung von parodontalen Defekten, aber es konnte in allen eine Verbesserung der untersuchten klinischen parodontalen Parameter ermittelt werden<sup>14,15</sup>. Aufgrund ihrer Viskosität können Puttys und Pasten gut verarbeitet und stabiler und präziser an die Defektwände angepasst werden als partikulierte Transplantate.

Ein im Handel erhältliches DBM-Putty (Progenix, Medtronic), das von der FDA für die Reparatur knöcherner Defekte zugelassen wurde, enthält humane DBM in einem biokompatiblen Trägermaterial aus bovinem Typ-I-Kollagen und Natriumalginat. Es besitzt osteokonduktive und -induktive Eigenschaften. Um die Osteokonduktivität sicherzustellen, wird DBM vor der Kombination mit dem Trägermaterial zunächst an athymischen Nacktratten getestet. Die Partikelgröße des demineralisierten Knochentransplantats beträgt 125 bis 710  $\mu\text{m}$ . Die Komponenten werden mit einer phosphatgepufferten Kochsalzlösung vermischt, um ein fließfähiges Material zu erhalten. Intraoral wurde dieses Material erfolgreich bei der lateralen Alveolarkammaugmentation und bei der Ridge Preservation nach der Zahnextraktion ein-

gesetzt<sup>16</sup>. Allerdings gibt es bislang keine Veröffentlichung über seinen Einsatz bei der Behandlung parodontaler intraalveolärer Knochendefekte. Daher wurde in der vorliegenden Studie die Effektivität von DBM-Putty bei der Behandlung parodontaler intraalveolärer Knochendefekte beim Menschen untersucht.

## Material und Methode

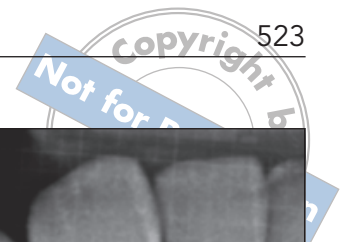
In dieser einarmigen prospektiven Studie wird das klinische Ergebnis sechs Monate nach der Transplantation intraalveolärer parodontaler Defekte mit humanem DBM-Putty (Progenix) untersucht. Primäre Ergebnisvariablen waren die Zunahme des klinischen Attachments (Weichgewebsparameter) und die Knochenfüllung (Hartgewebsparameter). Als sekundäre Ergebnisvariablen wurden die Veränderungen der Sondierungstiefe und der Gingivarezession erfasst. Das Studienprotokoll wurde vom Institutional Review Board des University of Texas Health Science Center at San Antonio (UTHSCSA) überprüft und genehmigt; die Studie wurde zwischen November 2010 und Oktober 2012 durchgeführt.

Die Studienteilnehmer waren zahnärztliche Patienten, die zur parodontalen Evaluation und Behandlung an die Graduate Periodontics Clinic des UTHSCSA überwiesen wurden. Nach einer Screening-Untersuchung wurden die Patienten in die Studie aufgenommen, sofern sie folgende Einschlusskriterien erfüllten: Diagnose einer chronischen Parodontitis, mindestens ein parodontaler Defekt mit einer Sondierungstiefe von  $\geq 6$  mm, radiologische Belege für einen interproximalen Knochendefekt  $> 3$  mm Tiefe, radiologische Lage der Defektbasis  $\geq 2$  mm koronal der Wurzelspitze des Zahns und das Vorhandensein von 2 bis 3 mm fazi-alem und lingualem keratinisiertem

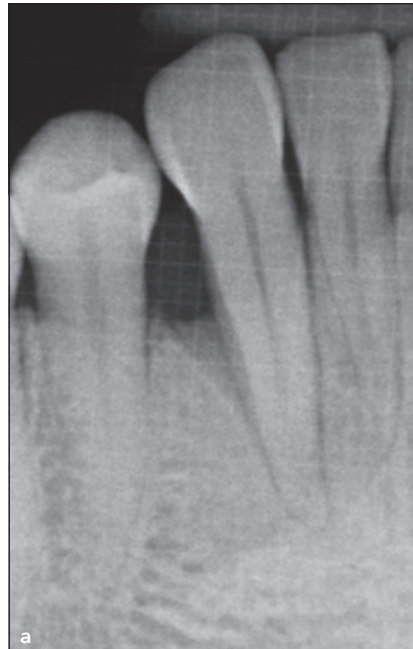
Gewebe. Ausschlusskriterien waren eine präoperativ unzureichende Mundhygiene, unbehandelte akute oder chronische Infektionen im Defektbereich, eine Zahnmobilität Grad 2 oder höher, radiologische Hinweise auf apikale pathologische Veränderungen, das Rauchen von mehr als 10 Zigaretten täglich sowie ein bekanntes orales Malignom oder ein Zustand nach Strahlentherapie von Kopf und Hals. Präoperativ wurde eine Ausgangsuntersuchung durchgeführt, in deren Rahmen für das Weichgewebe die Sondierungstiefe (PD), Gingivarezession (GR) und Höhe des klinischen Attachments (CAL) erfasst wurden. Außerdem wurde eine periapikale Röntgenaufnahme des Defekts angefertigt. Dazu wurde ein XCP-Halter (Rinn) mit Bissregistrierungsmaterial für jeden Patienten individualisiert und über die digitale Sensorplatte ein 1-mm-Gitterraster (Fixott-Everett grid, Mil-tex) gelegt (Abb. 1a). Nach Gabe der Lokalanästhesie wurde eine transgingivale Knochen Sondierung durchgeführt, um das Ergebnis später mit der direkten intraoperativen Messung zu vergleichen (Abb. 2a).

Alle Patienten erhielten initial eine parodontale Therapie mit Scaling und Wurzelglättung, einer Mundhygiene-Unterweisung und gegebenenfalls okklusalen Anpassungen. Die Patienten mussten präoperativ einen modifizierten O'Leary-Plaque-Index mit mindestens 80 % plaquefreier Zahnfläche erreichen.

Die Eröffnung des Defekts erfolgte nach Lokalanästhesie durch die Mobilisierung von Mukoperiostlappen. Nach gründlicher Reinigung des Defekts und der Wurzeloberflächen mit Ultraschall- und Handinstrumenten wurden mit einer UNC-15-Sonde (G. Hartzell & Son) die folgenden direkten Messungen der Knochendefekte durchgeführt, wobei die Messwerte auf die nächsten 0,5 mm auf- oder abgerundet wurden (Abb. 2b):



**Abb. 1** (a) Periapikale Röntgenaufnahme eines vertikalen Defekts distal des oberen linken zweiten Molaren. (b) Die periapikale Röntgenaufnahme 6 Monate postoperativ zeigt die Knochenfüllung distal des oberen linken zweiten Molaren.



- Abstand zwischen der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) und der Basis des Knochendefekts (BD)
- Mesiodistaler Durchmesser des Knochendefekts an seiner breitesten Stelle
- Tiefe des Knochendefekts vom Alveolarkamm (AC) bis zur Defektbasis
- Anzahl der knöchernen Wände des Defekts (ein-, zwei- und/oder dreiwandig)

Das DBM-Putty wurde gemäß der Herstellerangaben mit einer Spritze von unten nach oben bis zum koronalen Bereich der Defektwände in den Defekt eingebracht und mit einem Handinstrument verdichtet (Abb. 2c). Anschließend wurden die Lappen primär mit einer Naht über der Wunde verschlossen. Bei entsprechender Indikation wurde ein Parodontalverband angelegt. Postoperativ erhielten die Patienten Anweisungen sowie Antibiotika (Amoxicillin 3 x 500 mg/d für eine Woche; keiner der Patienten war allergisch

gegenüber Penicillin). Bei multiplen Defekten im Operationsgebiet wurden alle Zähne gleichzeitig und auf dieselbe Weise behandelt. Die Operationen wurden von verschiedenen Ärzten durchgeführt, alle klinischen Messungen jedoch von demselben Untersucher (AB).

Postoperativ stellten sich die Patienten nach 10 bis 14 Tagen zur Befundkontrolle und zum Entfernen der Fäden vor. Bei der ersten Kontrolle nach einem Monat wurde eine supragingivale Kürettage vorgenommen und die Patienten wurden zur Mundhygiene motiviert. Nach sechs Monaten wurden erneut die Weichgewebsparameter erfasst. Außerdem wurde mithilfe des Bissregistrats jedes Patienten eine standardisierte Röntgenaufnahme angefertigt, um die radiologische Knochenfüllung im Vergleich zum Ausgangsbefund zu ermitteln (Abb. 1b). Um die klinischen Veränderungen des Knochendefekts zu analysieren, wurde die behandelte Parodontaltasche anästhesiert (Oraqix, Dentsply Pharmaceutical) und mithilfe der transgingivalen Kno-

chensondierung SZG-BD gemessen (Abb. 2d). Diese hierbei ermittelten Werte wurden mit den Ausgangswerten der intraoperativ ermittelten SZG-BD-Messungen verglichen, um die vorhandene Knochenfüllung von der Defektbasis aus zu ermitteln.

Die Ausgangswerte und die nach sechs Monaten ermittelten klinischen und radiologischen Werte wurden mit dem Student t-Test für gepaarte Stichproben verglichen. Die Veränderungen wurden als Mittelwerte mit Standardabweichungen und 95 % Konfidenzintervallen angegeben. Bei allen Tests galt  $P < 0,05$  als statistisch signifikant. Außerdem erfolgte eine Pearson- und Spearman-Korrelation für die Messwerte der SZG-BD, die Veränderungen von SZG-BD, die Defektbreite, die Defekttiefe (AC-BD) und die Anzahl der knöchernen Wände der Defekte. Inwiefern die bei der Knochensondierung ermittelten Werte mit den direkten intraoperativ erhobenen Defektmessungen übereinstimmten, wurde mit der Methode der kleinsten Quadrate überprüft. Dabei basierte die Über-



**Abb. 2** (a) Die präoperative Knochensondierung ergibt einen SZG-BD-Abstand von 9,5 mm. (b) Operative Freilegung des dreiwandigen Defekts mit einer Größe von 5 mm. (c) Defektfüllung mit DBM-Putty. (d) Sechs Monate postoperativ ergibt die Knochensondierung einen SZG-BD-Abstand von 5 mm.

einstimmung der Werte auf der gemeinsamen Nullhypothese, wonach der Anstieg 1 entspricht und der Achsenabschnitt 0.

## Ergebnisse

Insgesamt wurden 22 Patienten (13 Frauen und neun Männer) im Alter von 30 bis 71 Jahren in die Studie aufgenommen. Nur ein Patient war Raucher (< 10 Zigaretten täglich). Während der sechsmonatigen Studie wurden zwei Patienten ausgeschlossen. Bei dem einen wurde nach Lap-

penabhebung eine Defektform ermittelt, die nicht mit den Einschlusskriterien übereinstimmte, und der andere stellte sich nach sechs Monaten nicht wieder vor. Somit beendeten 20 Patienten die Studie. Da bei zwei Patienten zwei separate intraalveoläre Knochendefekte vorlagen, die mit DBM-Putty behandelt wurden, wurden insgesamt 22 Defekte behandelt. Es wurden keine unerwünschten Wirkungen oder postoperativen Komplikationen beobachtet. Von den 22 Defekten waren acht dreiwandig, neun kombiniert zwei- und dreiwandig, einer kombiniert ein- und dreiwandig,

zwei kombiniert ein- und zweiwandig und zwei umlaufend.

Die Evaluation der Intraunter-sucherreliabilität bei wiederholten Messungen (auf 1 mm genau) ergab für die PD eine Übereinstimmung von 89,8 % (gewichtetes Kappa = 0,781) und für den CAL von 87,9 % (gewichtetes Kappa = 0,750). Der Vergleich der transgingivalen Sondierungen der SZG-BD bei Studienbeginn mit der direkten Messung der SZG-BD vor der Transplantation ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede (mittlerer Unterschied  $0,10 \pm 0,63$  mm,  $P = 0,505$ ; Tabel-

le 1). Beide Messungen korrelierten signifikant mit dem Pearson-Korrelationswert von 0,97 ( $P = 0,000$ ). Auch die Regressionslinie der Methode der kleinsten Quadrate ergab eine starke Korrelation zwischen der Knochenondierung und der direkten intraoperativen Messung von SZG-BD, mit einem Anstieg von 0,94, der sich nicht signifikant von 1,0 unterschied, und einem Achsenabschnitt von 0,42, der sich nicht signifikant von 0,0 unterschied.

Bei Studienbeginn zeigten die Weichgewebswerte mit einer mittleren PD von  $7,73 \pm 1,75$  mm und einem mittleren CAL von  $8,05 \pm 2,42$  mm eine fortgeschrittene parodontale Destruktion der Defekte an (Tabelle 2). Sechs Monate nach der DBM-Putty-Transplantation sank die mittlere PD signifikant um  $3,27 \pm 1,67$  mm ( $P = 0,000$ ) und der mittlere CAL um  $2,27 \pm 1,74$  mm ( $P = 0,000$ ). Außerdem nahm die marginale Gewebsregression signifikant um  $1,00 \pm 0,87$  mm zu ( $P = 0,000$ ). Zum Zeitpunkt der Operation betrug die mittlere radiologische SZG-BD  $8,36 \pm 2,06$  mm und die mittlere klinische SZG-BD  $8,98 \pm 2,40$  mm. Sechs Monate nach der Transplantation bestand eine signifikante mittlere Knochenfüllung von klinisch  $2,93 \pm 1,87$  mm und radiologisch  $2,55 \pm 2,31$  mm ( $P = 0,000$ ).

Die Korrelationsanalyse erbrachte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Knochenfüllung und der initialen klinischen Messung von SZG-BD (Spearman  $\rho = 0,560$ ,  $P = 0,007$ ). Somit ging eine höhere Knochenfüllung mit einem größeren initialen Knochenverlust einher. Kein signifikanter Zusammenhang bestand hingegen zwischen Knochenfüllung und der initialen Knochendefekttiefe, gemessen vom Alveolarkamm bis zur Defektbasis (AC-BD) ( $\rho = 0,261$ ,  $P = 0,241$ ) oder der initialen Defektbreite ( $\rho = 0,198$ ,  $P = 0,376$ ). Auch die Knochenfüllung und die Anzahl

Initiale Knochenondierung	Intraoperative Messungen	Mittlerer Unterschied und 95 % CI
$9,07 \pm 2,46$	$8,98 \pm 2,40$	$0,10 \pm 0,63$ $-0,19, 0,37$

SA = Standardabweichung, CI = Konfidenzintervall.

	Initiale Messungen	Abschließende Messungen	Mittlerer Unterschied und 95 % CI
PD	$7,73 \pm 1,75$	$4,46 \pm 1,58$	$3,27 \pm 1,67$ $2,53, 4,02$
GR	$0,318 \pm 1,21$	$1,32 \pm 1,46$	$-1,00 \pm 0,87$ $-1,39, -0,61$
CAL	$8,05 \pm 2,42$	$5,77 \pm 2,31$	$2,27 \pm 1,74$ $1,49, 3,01$
Klinische SZG-BD	$8,98 \pm 2,40$	$6,05 \pm 2,71$	$2,93 \pm 1,87$ $2,10, 3,76$
Radiologische SZG-BD	$8,36 \pm 2,06$	$5,81 \pm 3,28$	$2,55 \pm 2,31$ $1,52, 3,57$

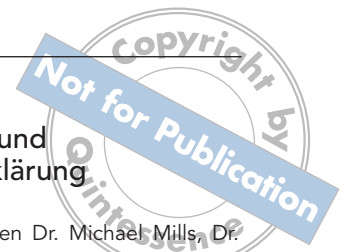
SA = Standardabweichung, CI = Konfidenzintervall, PD = Sondierungstiefe, GR = Gingivarezession, CAL = Höhe des klinischen Attachments, SZG = Schmelz-Zement-Grenze, BD = Knochendefekt.

der knöchernen Defektwände korrelierten nicht signifikant miteinander ( $\rho = -0,014$ ,  $P = 0,950$ ).

## Diskussion

In dieser prospektiven Studie wurde die Effektivität von DBM-Putty bei der Behandlung parodontaler intra-alveolärer Knochendefekte beim Menschen untersucht. Sechs Mona-

te postoperativ konnte eine signifikante Besserung der Weich- und Hartgewebparameter beobachtet werden. Für die abschließende Evaluation nach sechs Monaten wurden die Bereiche nicht wiedereröffnet. Die Knochenfüllung (SZG-BD) wurde radiologisch anhand von standardisierten Röntgenaufnahmen mithilfe individueller Bissregistrierungen und klinisch durch die Knochenondierung ermittelt. Um die Validität der



## Danksagung und Interessenerklärung

Die Autoren danken Dr. Michael Mills, Dr. David Lasho und Dr. Kevin Gureckis vom University of Texas Health Science Center at San Antonio (UTHSCSA) für ihre Unterstützung bei der Planung und Durchführung dieses Projekts. Ein besonderer Dank gilt John Schoolfield von der UTHSCSA für die Hilfe bei der statistischen Auswertung. Die Transplantatmaterialien für diese klinische Studie wurden von Medtronic Sofamor Danek USA zur Verfügung gestellt.

## Literatur

1. Melcher AH. On the repair potential of periodontal tissue. *J Periodontol* 1976; 47:256–260.
2. Schallhorn RG, Hiatt WH, Boyce W. Iliac transplants in periodontal therapy. *J Periodontol* 1970;41:566–580.
3. Reynolds MA, Aichelmann-Reidy ME, Branch-Mays GL, Gunsolley JC. The efficacy of bone replacement grafts in the treatment of periodontal osseous defects. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003;8:227–265.
4. Trombelli L, Farina R. Clinical outcomes with bioactive agents alone or in combination with grafting or guided tissue regeneration. *J Clin Periodontol* 2008; 35(8, suppl):117–135.
5. Tu YK, Woolston A, Faggion CM Jr. Do bone grafts or barrier membranes provide additional treatment effects for infrabony lesions treated with enamel matrix derivatives? A network meta-analysis of randomized-controlled trials. *J Clin Periodontol* 2010;73:59–79.
6. Hiatt WH, Scallhorn RG, Aaronian AJ. The induction of new bone and cementum formation: Microscopic examination of the periodontium following bone and marrow allograft, autograft, and nongraft periodontal regenerative procedures. *J Periodontol* 1972;44:495–512.
7. Dragoo MR, Sullivan HC. A clinical and histological evaluation of autogenous iliac bone grafts in humans. I. Wound healing 2 to 8 months. *J Periodontol* 1973; 44:599–613.

**Tabelle 3** Mittlere klinische Knochenfüllung der verschiedenen Defekttypen

Defekttyp	n	Mittlere Knochenfüllung (mm ± SA)
Dreiwandig	8	4,15 ± 1,37
Zwei- und dreiwandig	9	2,04 ± 2,63
Ein- und dreiwandig	1	0,10
Ein- und zweiwandig	2	1,45 ± 1,76
Umlaufend	2	0,70 ± 0,70

SA = Standardabweichung

Knochensondierung als Messverfahren zu überprüfen, wurden die Messungen vor der Lappenabhebung bei Studienbeginn mit den direkten intraoperativen Messungen nach der Lappenabhebung und Defektkürettage verglichen. Dabei ergab sich mit 0,94 eine starke Korrelation zwischen den beiden Verfahren; der mittlere Messunterschied lag bei 0,10 mm. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Ursell<sup>17</sup> und Renvert et al.<sup>18</sup> in früheren Studien zum Vergleich der Knochensondierung mit der direkten intraoperativen Messung überein.

Die in dieser Studie beobachtete signifikante Reduktion der PD sowie die Zunahme des CAL und der Knochenfüllung fällt jeweils besser aus als in vorausgegangenen Studien zur Untersuchung verschiedener allogener und xenogener Transplantatmaterialien für die Behandlung von intraalveolären Knochendefekten. In diesen Studien wurde eine mittlere Knochenfüllung von 1,7 bis 2,8 mm ermittelt<sup>2–5</sup>. Die vorliegende Analyse ergab keine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Knochenfüllung und der Anzahl der Defektwände, was vermutlich auf die unterschiedlichen betrachteten Defektformen zurückzuführen ist. Die meisten De-

fekte (17 von 22) waren drei- oder zwei- bis dreiwandig (Tabelle 3). Die übrigen fünf Defekte waren entweder umlaufend oder besaßen eine Kombinationsform mit einwandiger Komponente. Während die Anzahl der unterschiedlichen Defekttypen nicht für einen statistischen Vergleich zwischen ihnen ausreicht, zeigt Tabelle 3, dass Defekte mit einwandiger oder umlaufender Komponente eine geringere Knochenfüllung erreichen als dreiwandige oder kombiniert zwei- und dreiwandige Defekte.

Das DBM-Putty-Transplantat lässt sich klinisch verhältnismäßig leicht verarbeiten. Es wurde direkt mit einer Spritze in den Defekt eingebracht und vorsichtig hineingestopft. Durch seine Fließfähigkeit ließ sich das Material besser verdichten und an die Defektwände anpassen als andere partikulierte Knochentransplantate.

Im Rahmen dieser Studie lässt sich festhalten, dass die Verwendung eines Putty aus humaner demineralisierter Knochenmatrix für die Behandlung parodontaler Knochendefekte effektiv ist. Nach sechs Monaten wurde gegenüber dem Ausgangswert eine signifikante Besserung des CAL, der PD und der Knochenfüllung beobachtet.

8. Froum SJ, Thaler R, Scopp IW, Stahl SS. Osseous autografts. II. Histological responses to osseous coagulum-bone blend grafts. *J Periodontol* 1975;46:656–661.
9. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, et al. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part III. *J Periodontol* 1989;60:683–693.
10. Urist MR, Strates BS. Bone formation in implants of partially and wholly demineralized bone matrix. Including observations on acetone-fixed intra and extracellular proteins. *Clin Orthop Relat Res* 1970;71:271–278.
11. Schwartz Z, Somers A, Mellonig JT, et al. Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation. *J Periodontol* 1998;69:470–478.
12. Boyan BD, Ranly DM, McMillan J, Sunwoo M, Roche K, Schwartz Z. Osteoinductive ability of human allograft formulations. *J Periodontol* 2006;77:1555–1563.
13. Gruskin E, Doll BA, Futrell FW, Schmitz JP, Hollinger JO. Demineralized bone matrix in bone repair: History and use. *Adv Drug Deliv Rev* 2012;64:1063–1077.
14. Bender SA, Rogalski JB, Mills MP, Arnold RM, Cochran DL, Mellonig JT. Evaluation of demineralized bone matrix paste and putty in periodontal intraosseous defects. *J Periodontol* 2005;76:768–777.
15. Kaya Y, Yalim M, Bahçecitapar M, Baloş K. Comparison of applying particulate demineralized bone matrix (DBM), putty DBM and open flap debridement in periodontal horizontal bone defects. A 12-month longitudinal, multi-center, triple-blind, split-mouth, randomized, controlled clinical study. Part 1: Clinical and radiographic evaluation. *J Oral Rehabil* 2009;36:524–534.
16. Hoang TN, Mealey BL. Histologic comparison of healing after ridge preservation using human demineralized bone matrix putty with one versus two different-sized particles. *J Periodontol* 2012;83:174–181.
17. Ursell MJ. Relationships between alveolar bone levels measured at surgery, estimated by transgingival probing and clinical attachment level measurements. *J Clin Periodontol* 1989;16:81–86.
18. Renvert S, Badersten A, Nilvéus R, Egelberg J. Healing after treatment of periodontal intraosseous defects. I. Comparative study of clinical methods. *J Clin Periodontol* 1981;8:387–399.