

# Knochenregeneration an Sofortimplantaten nach Abdecken mit einer zweilagigen PTFE/Kollagenmembran: Eine experimentelle Studie am Hundemodell



Nick Tovar, PhD<sup>1</sup>/Ryo Jimbo, DDS, PhD<sup>2</sup>  
Charles Marin, DDS, MS, PhD<sup>3</sup>/Lukasz Witek, MS<sup>4</sup>  
Marcelo Suzuki, DDS<sup>5</sup>/Estevam A. Bonfante, DDS, MS, PhD<sup>6</sup>  
Paulo G. Coelho, DDS, BS, MS, MSMtE, PhD<sup>7</sup>

*In der hier vorgestellten Studie wurde untersucht, ob eine doppel­lagige Membran aus Polytetrafluorethylen (PTFE) und resorbierbarer porciner Perikardmembran die periimplantäre Osseointegration besser fördert als eine einlagige Membran aus resorbierbarer porciner Perikardmembran. Eine Kontrollgruppe wurde ganz ohne Membran behandelt. Enossale Implantate wurden bei Beagles in frische Extraktionsalveolen gesetzt. Nach sechs Wochen zeigte sich in der Kontrollgruppe ein Knochenverlust und eine Migration der apikalen Weichgewebe, während sich in der Gruppe, die nur mit der einlagigen resorbierbaren porcinen Perikardmembran behandelt wurde, bis zum Implantat Knochen bildete. Bei der doppel­lagigen Membran aus PTFE/resorbierbarer porciner Perikardmembran fand sich auch koronal des Implantat­halses eine Knochenneubildung. Der Knochen-Implantat-Kontakt war höher und der bukkale Knochenverlust niedriger als bei der Behandlung mit der einlagigen Membran, wobei diese Unterschiede nicht statistisch signifikant waren. (Int J Periodontics Restorative Dent 2014; 34: 801–807.)*

Die Vorteile von Sofortimplantationen in Extraktionsalveolen wurden ausführlich untersucht. Mittlerweile ist gut belegt, dass Implantate auch in solch klinisch schwierigen Fällen gut osseointegriert werden<sup>1–6</sup>. Eine Sofortimplantation ist weniger invasiv und zeitsparender als der klassische Ansatz, bei dem die Implantate mehrere Monate nach der Zahnextraktion gesetzt wurden. Allerdings ist die vollständige Regeneration des Knochens insbesondere auf der Bukkalseite weiterhin schwierig, da der dünne alveoläre Bündelknochen in jedem Fall, also auch unabhängig von einer Implantation, resorbiert wird<sup>7–9</sup>. Außerdem besteht abhängig von der Größe des Defekts zwischen dem Implantat und dem vorhandenen Knochen immer die Gefahr, dass das rascher regenerierende umgebende Weichgewebe in den Defekt einwächst und das Einwandern knochenbildender Zellen sowie die Osteogenese verhindert<sup>10</sup>.

Um eine derartige unerwünschte Reaktion zu vermeiden, wurde die Abdeckung von frischen Extraktionsalveolen mit einer Barrieremembran vorgeschlagen, damit die Infiltration durch Weichgewebezellen verhindert wird und die Knochenregeneration in einem geschützteren Umfeld ermöglicht wird<sup>11,12</sup>. Dazu stehen zahlreiche synthetische und natürliche Membranen zur Verfügung.

<sup>1</sup> Außerordentlicher Assistenzprofessor, Department of Biomaterials and Biomimetics, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA.

<sup>2</sup> Außerordentlicher Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Odontology, Malmö University, Malmö, Schweden.

<sup>3</sup> Assistenzprofessor, Postgraduate Program in Dentistry, UNIGRANRIO University, School of Health Sciences, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasilien.

<sup>4</sup> Doktorand, Department of Chemical Engineering, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, USA.

<sup>5</sup> Außerordentlicher Professor, Department of Prosthodontics and Operative Dentistry, Tufts University School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

<sup>6</sup> Assistenzprofessor, Department of Prosthodontics, Bauru College of Dentistry – University of São Paulo, Bauru, São Paulo, Brasilien.

<sup>7</sup> Wissenschaftlicher Direktor, Department of Periodontology & Implant Dentistry; Außerordentlicher Professor, Department of Biomaterials and Biomimetics, New York University College of Dentistry, New York, New York, USA; Affiliated Faculty, Division of Engineering, New York University Abu Dhabi, Abu Dhabi, Vereinigte Arabische Emirate.

Korrespondenz an: Dr. Estevam A. Bonfante, Postgraduate Program in Dentistry, UNIGRANRIO University, School of Health Sciences, Rua Prof. José de Souza Herdy, 1,160–25 de Agosto, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasilien, 25071-202. Fax: +55 14 3234-2566; E-Mail: estevamab@gmail.com

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Nicht resorbierbare synthetische Membranen, wie solche aus dichtem Polytetrafluorethylen (PTFE), besitzen die für den Raumerhalt erforderlichen physikalischen Eigenschaften und wurden umfangreich untersucht<sup>13-17</sup>. PTFE-Membranen müssen wie alle nicht resorbierbaren synthetischen Membranen nach drei bis vier Wochen wieder entfernt werden. Werden sie exponiert, steigt das Risiko einer periimplantären Infektion, die zum Implantatverlust führen kann<sup>18</sup>.

Die handelsüblichen resorbierbaren Membranen werden in der Regel aus porciner Dermis, porcinem Peritoneum oder porcinem Perikard hergestellt. Ihr Einsatz soll die Knochenresorption einschränken<sup>19,20</sup> und aufgrund ihrer ausgezeichneten Biokompatibilität lösen sie eine geringere immunogene Reaktion aus als nicht resorbierbare Membranen<sup>21,22</sup>. Ein weiterer Vorteil der Biokompatibilität besteht darin, dass diese Membranen nicht wieder bei einer Freilegungsoperation entfernt werden müssen<sup>23</sup>. Resorbierbare Materialien sind jedoch mechanisch weniger belastbar als solche aus Perikard oder PTFE<sup>24</sup>. Aufgrund des konstanten Drucks der umgebenden Gewebe sowie ironischerweise aufgrund ihrer Resorbierbarkeit besteht immer das Risiko für einen Membrankollaps<sup>25</sup>.

In der vorliegenden Studie wurden frische Extraktionsalveolen mit einer doppellagigen PTFE/Perikardkollagen- oder einer einlagigen Perikardkollagenmembran abgedeckt. Die Morphometrie und die Morphologie des neugebildeten Knochens an den Implantaten wurden evaluiert und mit einer Gruppe ohne Membran verglichen (Kontrolle). Die erste Hypothese besagte, dass jede Membran, mit der Implantate in frischen Extraktionsalveolen bedeckt werden, den Alveolar- und den regenerierten Knochen im Defekt erhält. Die zweite

Hypothese lautete, dass eine doppellagige Membran aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften besser zum Raumerhalt geeignet ist als eine einlagige resorbierbare Membran und somit den alveolären Knochenhalt und die Osseointegration weiter verbessert.

## Material und Methode

### Chirurgisches Vorgehen

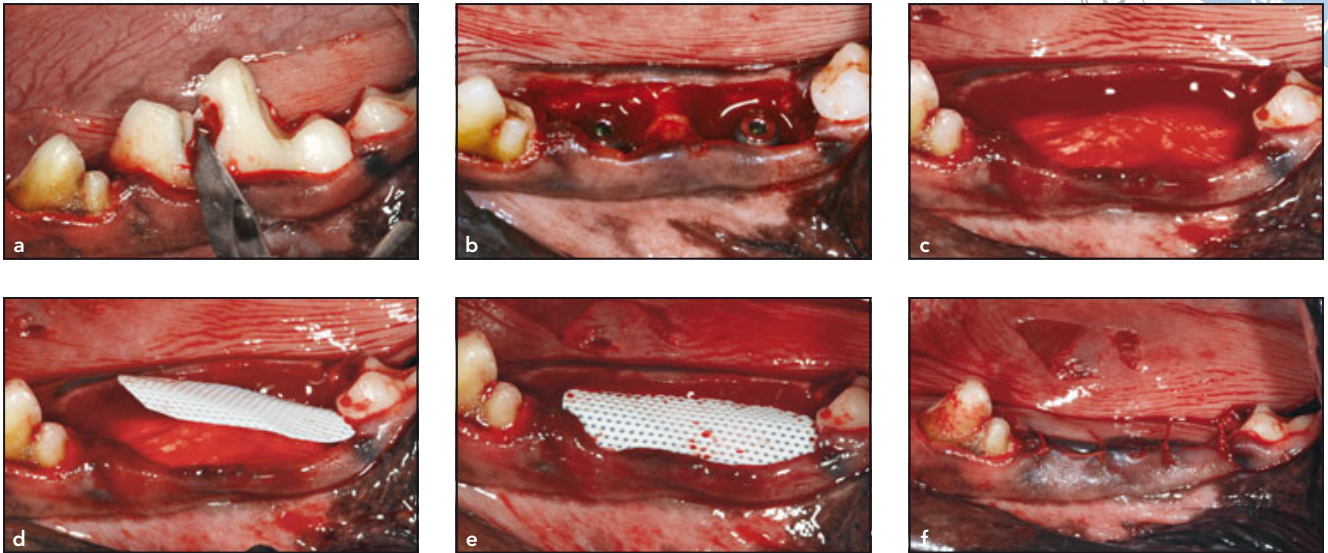
Für die Studie wurden 12 erwachsene Beagles mit geschlossenen Wachstumsfugen (Alter etwa 1,5 Jahre) und gutem Gesundheitszustand ausgewählt. Die Hunde konnten sich vor der Operation zwei Wochen lang akklimatisieren. Die vorliegende Studie wurde vom Bioethik-Komitee für Tierversuche der Ecole Nationale Veterinaire Alfort, Paris, Frankreich, zugelassen. Alle Operationen erfolgten unter Allgemeinanästhesie. Vor der Anästhesie erhielten die Hunde intramuskulär Atropinsulfat (0,044 mg/kg) und Xylazinhydrochlorid (8 mg/kg). Anschließend wurde die Allgemeinanästhesie mit einer i.m. Injektion von Ketaminhydrochlorid (15 mg/kg) eingeleitet und die ersten unteren Molaren vorsichtig extrahiert, ohne die Alveolenwand zu verletzen (Abb. 1). Dazu wurde ein mukoperiostaler Vollschichtlappen mobilisiert und die Zähne extrahiert, nachdem sie in bukkolingualer Richtung durchtrennt worden waren.

Nach der Extraktion (Abb. 1a) wurden nach Herstellervorgabe in die mesialen und distalen Alveolen 48 handelsübliche Implantate (Durchmesser 3,3 mm x Länge 13 mm, DT Implants Ossean Surface, Intra-Lock International) gesetzt (Abb. 1b). Die Implantate wurden so platziert, dass ein Spalt von über 3 mm (Bereich: 3,2 bis 4,5 mm) zum Alveolarknochen bestand.

Auf der rechten Unterkieferseite wurden die Implantate willkürlich abgedeckt, und zwar entweder mit einer handelsüblichen Perikardkollagenmembran (Vitala, Osteogenics Biomedical; n = 16) (Abb. 1c) oder einer doppellagigen dichten PTFE-Membran (Cytoplast, Osteogenics Biomedical) über der Perikardkollagenmembran (PTFE/Kollagenmembran; n = 16) (Abb. 1d und 1e). Bei allen doppellagigen Membranen lag das PTFE über dem Kollagen. Auf der kontralateralen Seite wurden die Sofortimplantate nicht mit einer Membran abgedeckt (Kontrolle, n = 16). Am Ende der Operation wurde die Wunde mit resorbierbarem Nahtmaterial (3-0 Vicryl, Ethicon; Abb. 1f) primär verschlossen. Postoperativ erhielten die Hunde für 48 Stunden Antibiotika (Penicillin 20000 IU/kg) und Analgetika (Ketoprofen 1 ml/5 kg). Die PTFE-Barrieremembranen wurden 10 Tage postoperativ entfernt (Abb. 2). Sechs Wochen später wurden alle Tiere durch eine Überdosis Anästhetika euthanasiert.

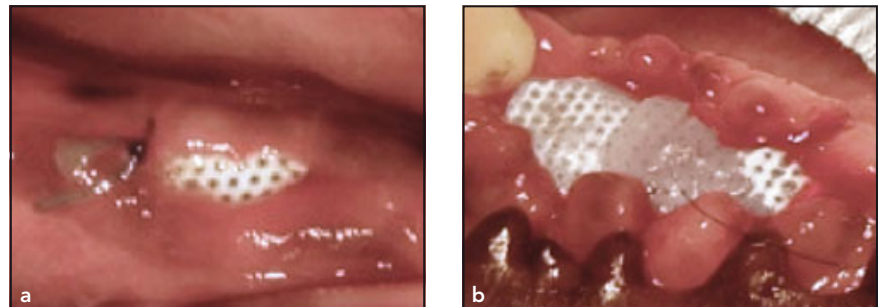
### Mikro-CT und dreidimensionale Rekonstruktion

Für die dreidimensionale Rekonstruktion der Mikrocomputertomografie wurden von den Implantat-Knochenblöcken Aufnahmen mit einer Auflösung von 18 µm/Schnitt (MikroCT 40, SCANCO Medical) angefertigt. Das Energieniveau des Mikro-CT wurde mit 70 kVp und die Stromstärke mit 114 A eingestellt. Die Integrationszeit betrug 150 ms mit einer Gesamtaufnahmezeit von etwa 30 min (78 mA). Die dreidimensionale Rekonstruktion der Implantat-Knochen-Blöcke erfolgte mit der systemeigenen Software (MikroCT 40).



**Abb. 1** (a) Nach dem Durchtrennen wurden die Zähne extrahiert und (b) in jeder der Extraktionsalveolen zwei 3,3 x 13 mm Implantate gesetzt. (c) Die erste Testgruppe erhielt eine Kollagenmembran, die zweite Testgruppe eine doppelgellige Membran aus (d) einer Kollagenmembran, die von einer (e) PTFE-Membran bedeckt wurde, bevor (f) die Extraktionsalveolen mit den Implantaten in Standardnähten verschlossen wurden.

**Abb. 2** (a) 10 Tage nach der Implantation wurden die PTFE-Barrieremembranen nach dem Entfernen der Fäden herausgezogen. (b) Auf den Membranen fand sich keine Akkumulation von Plaque.



### Histologie und Histomorphometrie

Die Implantate und der umgebende Knochen wurden in allen Gruppen en bloc entfernt und für 24 Stunden in 10 % gepufferter Formalinlösung fixiert. Anschließend wurden die Proben in einer aufsteigenden Alkoholreihe von 70 % bis 100 % dehydriert und danach mit einer Serie von Methacrylatkunststoff (Technovit 9100, Heraeus Kulzer) infiltriert. Dann wurden die Proben gemäß der Herstellervorgaben in Kunststoff eingebettet. Die eingebetteten Blöcke wurden geschnitten und die nicht dekalzifizierten Schnitte auf die endgültige Dicke

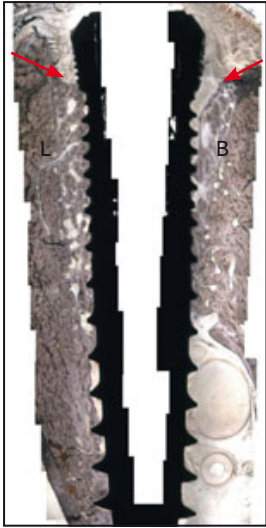
von etwa 30 µm heruntergeschliffen und mit Toluidinblau anfärbt.

Die histologischen und histomorphometrischen Untersuchungen wurden mit einem Lichtmikroskop (Leica DM2500M, Leica Microsystems) durchgeführt und der Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) sowie der bukkale Knochenverlust (BBL) mithilfe eines Computerprogramms (Leica Application Suite, Leica Microsystems) quantifiziert. Um den BIC zu bestimmen, wurden die Bereiche des Implantatumfanges mit BIC vom Gesamtumfang des Implantats abgezogen. Knochenüberwucherungen am BIC wurden nicht für die Osseointe-

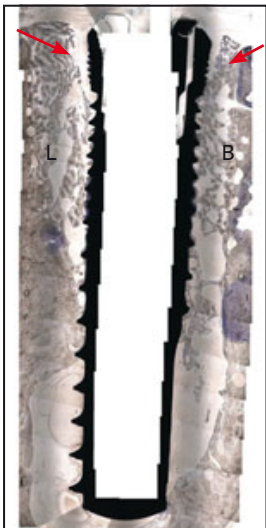
gration berücksichtigt. Die BIC-Höhe wurde nur am enossalen Anteil des Implantats gemessen. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test bei einem Konfidenzintervall von 95 %.

### Ergebnisse

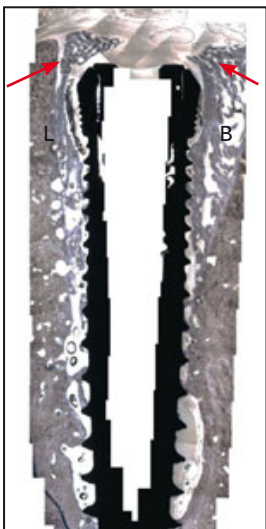
Die Heilung verlief komplikationslos ohne Hinweise auf eine Infektion oder Entzündung. Auch die Entnahme der PTFE-Membran nach 10 Tagen erfolgte komplikationslos. Auf den Membranen fand sich keine Plaque-Akkumulation.



**Abb. 3** Zusammengeschnittene Mikrografie (Vergrößerung x 5) aus der Kontrollgruppe, in der das Sofortimplantat in der mesialen molaren Alveole vor der Naht nicht mit einer resorbierbaren Membran bedeckt wurde. In dieser Gruppe kam es an der bukkalen (B) und der lingualen (L) Seite zur Apikalmigration (Pfeile) mit niedrigerem Knochenkontakt am Implantat. Toluidinblau-Färbung.



**Abb. 4** Zusammengeschnittene Mikrografie (Vergrößerung x 5) aus der Testgruppe, in der das Sofortimplantat in der mesialen molaren Alveole vor der Naht mit einer resorbierbaren Kollagenmembran abgedeckt wurde. In dieser Gruppe kam es weder an der bukkalen (B) noch an der lingualen (L) Seite zu einer extensiven Apikalmigration (Pfeile). Dadurch war die Osseointegration am Implantat höher als in der Kontrollgruppe. Toluidinblau-Färbung.



**Abb. 5** Zusammengeschnittene Mikrografie (Vergrößerung x 5) aus der Testgruppe, in der das Sofortimplantat in der mesialen molaren Alveole vor der Naht mit einer PTFE- und einer resorbierbaren Kollagenmembran abgedeckt wurde. In dieser Gruppe kam es weder an der bukkalen (B) noch an der lingualen (L) Seite zu einer extensiven Apikalmigration (Pfeile). Dadurch war die Osseointegration am Implantat höher als in der Kontrollgruppe und reichte weiter koronal als bei den mit einer einlagigen Kollagenmembran bedeckten Implantaten. Toluidinblau-Färbung.

Nach sechs Wochen zeigte sich in der Kontrollgruppe (ohne Membran) auf der bukkalen und lingualen Seite eine Weichgewebemigration. Der erste Knochen-Implantat-Kontakt lag apikal (Abb. 3). In den beiden Testgruppen hingegen war die Weichgewebemigration beschränkt und die Implantate zeigten in den verwendeten Vergrößerungen Kontakt mit dem neugebildeten Knochen. Das Knocheniveau war in den beiden Membrangruppen höher als in der Kontrollgruppe (Abb. 4 und 5). Aus qualitativer Sicht fanden sich keine Unterschiede zwischen den beiden Testgruppen. Die dreidimensionalen Rekonstruktionen wurden mit einer Mikro-CT aufgenommen (Abb. 6).

Die histomorphometrische Analyse zeigte, dass der BIC in beiden Testgruppen signifikant höher war (75 % und 82 %) als in der Kontrollgruppe (45 %) ( $p < 0,04$ ) (Abb. 7a). Der Knochenverlust war an der Kollagenmembran mit 0,7 mm und an der doppellagigen Membran mit 0,6 mm signifikant geringer als in der Kontrollgruppe (2,5 mm;  $p < 0,01$ ) (Abb. 7b). In den beiden Testgruppen fanden sich keine Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Ob die Implantate in die mesiale oder distale Wurzel des ersten Molars gesetzt worden waren, hatte weder in der Test- noch in der Kontrollgruppe einen Einfluss auf BIC und BBL ( $p > 0,80$ ).

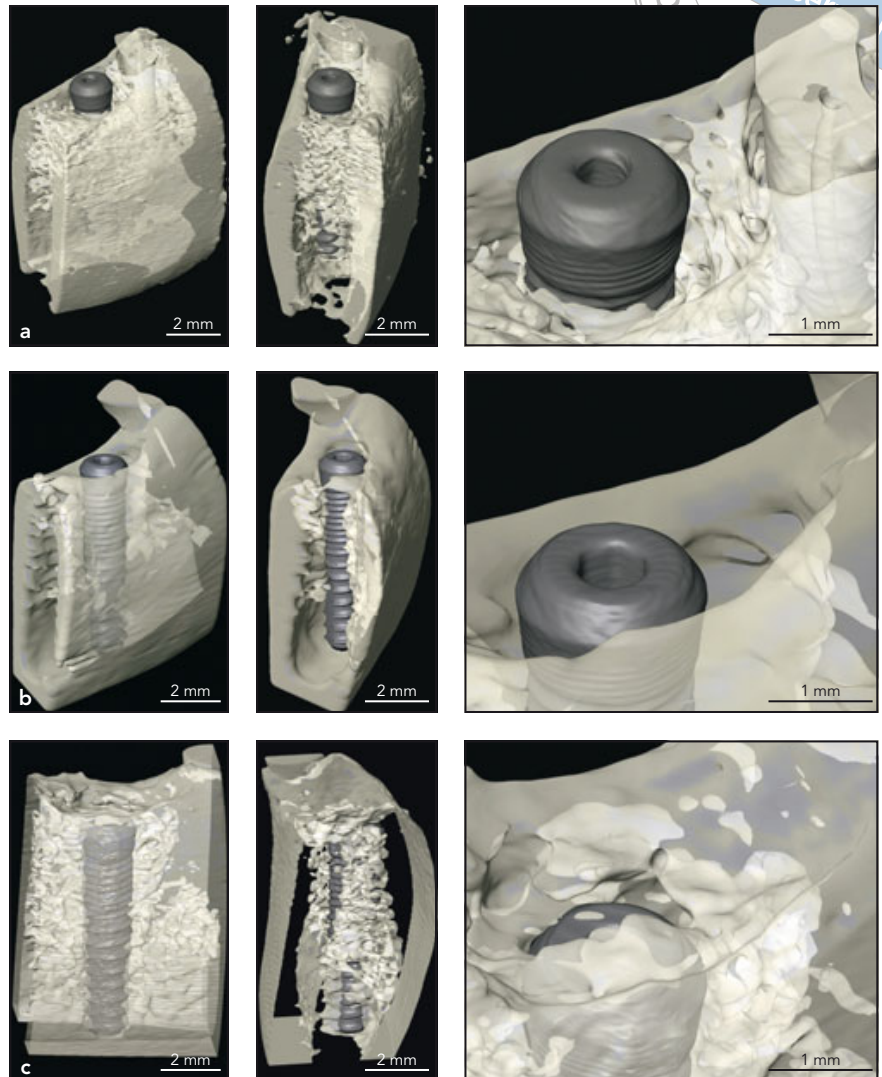
## Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob Membranen bei einer Sofortimplantation den Raum für die Knochenregeneration im Spalt zwischen Implantat und Extraktionsalveole erhalten können. Ermittelt wurde weiterhin, ob die Verstärkung einer resorbierbaren Kollagenmembran durch eine Lage aus nicht resorbierbarer PTFE-Membran die Knochenneubildung im Spalt weiter

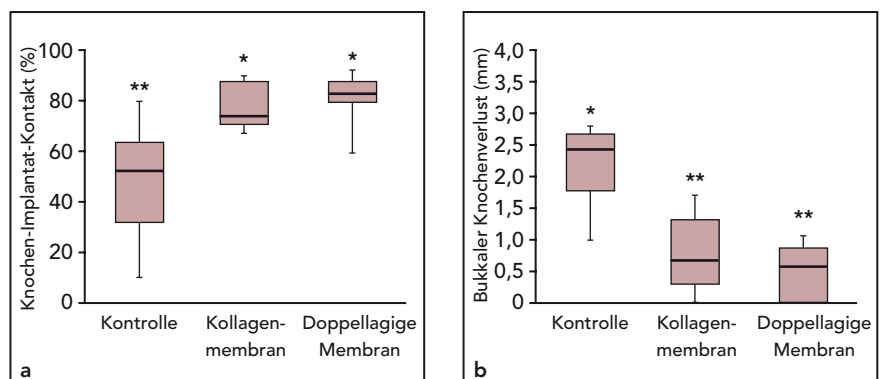
verbessert und eine stärkere Barriere für das einwachsende Weichgewebe darstellt. Die Ergebnisse unterstützen den ersten Teil der Hypothese, wonach Membranen unabhängig von ihrer Zusammensetzung zu einem signifikant höheren BIC und einer geringeren Weichgewebemigration in den Spalt führen. Die zweite Hypothese konnte nicht bewiesen werden, da die doppellagige Membran im Vergleich zur einlagigen Perikardkollagenmembran keine statistisch signifikanten Unterschiede beim Ergebnis erbrachte.

Der Spalt zwischen dem Implantat und der Alveolenwand beeinflusst die Knochenregeneration im Defekt<sup>26-28</sup>. Dieser Spalt war Gegenstand zahlreicher Studien und führte abhängig von der Art der Implantatoberfläche ab einer Breite von 1 mm zu einer unvollständigen periimplantären Knochenheilung<sup>26-28</sup>. Der in der vorliegenden Studie erzeugte Defekt besaß eine kritische Breite, sodass er ohne Abdeckung durch eine Membran auf jeden Fall mit Weichgewebe infiltrierte. Daher ermöglichte der Einsatz einer Membran unabhängig von ihrer Zusammensetzung die Schaffung eines isolierten Raums während der Beobachtungsphase. Man geht davon aus, dass das Blutkoagulum in diesem Raum eine Matrix zur Plättchenstabilisierung erzeugen und weitere Wachstumsfaktoren abgeben kann, wie Platelet-derived Growth Factor-BB und Insulin-like Growth Factor I, die essenziell für die Migration und Proliferation von Knochenzellen sind<sup>29</sup>.

Bei der Verwendung resorbierbarer Membranen als Barriere ist der Einsatz von doppellagigen Membranen von Interesse, da sie langsamer resorbiert werden und daher länger eine Barriere bilden<sup>30</sup>. Duskova et al. verglichen eine doppellagige resorbierbare Kollagenmembran mit einer einlagigen Membran bei Patienten mit einem Spalt, um zu klären, ob sich



**Abb. 6** Dreidimensionale Rekonstruktion eines Mikro-CT. (a) Kontrolle. (b) Einlagige Membran. (c) Doppellagige Membran.



**Abb. 7** Der Kruskal-Wallis-Test ergab (a) in beiden Testgruppen einen signifikant höheren Knochen-Implantat-Kontakt als in der Kontrollgruppe ( $p < 0,04$ ) und (b) in beiden Testgruppen einen signifikant geringeren bukkalen Knochenverlust als in der Kontrollgruppe ( $p < 0,01$ ). Sterne markieren statistisch homogene Gruppen.

die Knochenregeneration fördern lässt. Sie fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen<sup>30</sup>. Dies beruhte vermutlich auf dem Umstand, dass die Resorptionsrate der beiden Membranen zu ähnlich war, um sich als Unterschied bei der Knochenregeneration auszuwirken. Daher wurde vermutet, dass der kombinierte Einsatz einer nicht resorbierbaren PTFE- und Kollagenmembran effektiv sein könnte, weil die nicht resorbierbare PTFE-Membran den initial geschaffenen Raum erhält und das Einwachsen von Weichgewebe verhindert. Gleichzeitig interagiert die darunterliegende Perikardkollagenmembran mit den eingewanderten osteogenen Zellen und schafft eine optimale biokompatible Umgebung. Dies wurde allerdings durch die histomorphometrischen Ergebnisse nicht bestätigt, obwohl einige der histologischen und dreidimensionalen Bilder vermuten ließen, dass die Knochenregeneration in der Gruppe, die mit der doppelagigen Membran behandelt wurde, weiter koronal am Implantat lag. Dies könnte auf der höheren Festigkeit der PTFE-Membran beruhen, die dem konstanten Druck der umgebenden Weichgewebe ausgesetzt ist. Zur Methodik sei angemerkt, dass zwar oft einzelne histologische Schnitte verwendet werden, um bestimmte Studienergebnisse zu unterstreichen, dass aber der Gruppenvergleich auch der morphometrischen Messungen an allen Studienschnitten erfolgen sollte.

## Schlussfolgerungen

Die doppel- und die einlagigen Membranen führten bei der Verwendung im Rahmen der Sofortimplantation zu einem signifikant höheren BIC und niedrigeren BBL als die Verwendung keiner Membran. Die qualitativen Ergebnisse dieser Studie zeigen,

dass sich die Knochenregeneration abhängig davon unterscheidet, ob eine Membran verwendet wird oder nicht. Allerdings fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Daher sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Verwendung von biologischen und synthetischen Membranen in schwierigen klinischen Fällen, wie der Sofortimplantation, zu validieren.

## Interessenerklärung

Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

## Literatur

- Bonfante EA, Janal MN, Granato R, et al. Buccal and lingual bone level alterations after immediate implantation of four implant surfaces: A study in dogs [epub ahead of print August 27, 2012]. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1375–1380. doi: 10.1111/clr.12010.
- Levin L, Frankenthal S, Zigdon H, Suzuki M, Coelho PG. Novel implant design for initial stability of dental implants inserted in fresh extraction sockets: A preliminary study. *Implant Dent* 2012;21:302–305.
- Pessoa RS, Coelho PG, Muraru L, et al. Influence of implant design on the biomechanical environment of immediately placed implants: Computed tomography-based nonlinear three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:1279–1287.
- Coelho PG, Marin C, Granato R, et al. Alveolar buccal bone maintenance after immediate implantation with a surgical flap approach: A study in dogs. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2011;31:e80–e86.
- Levin L, Zigdon H, Coelho PG, Suzuki M, Machtei EE. Reimplantation of dental implants following ligature-induced peri-implantitis: A pilot study in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013;15:1–6.
- Coelho PG, Marin C, Granato R, Bonfante EA, Lima CP, Suzuki M. Surface treatment at the cervical region and its effect on bone maintenance after immediate implantation: An experimental study in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:182–187.
- Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Pjetursen EB, Lang NP, Lindhe J. A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:13–21.
- Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:645–652.
- 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.
- Hjorting-Hansen E, Andreasen JO. Incomplete bone healing of experimental cavities in dog mandibles. *Br J Oral Surg* 1971;9:33–40.
- Simion M, Scarano A, Gionso L, Piattelli A. Guided bone regeneration using resorbable and nonresorbable membranes: A comparative histologic study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:735–742.
- Dahlin C, Linde A, Gottlow J, Nyman S. Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plast Reconstr Surg* 1988;81:672–676.
- Barber HD, Lignelli J, Smith BM, Barteek BK. Using a dense PTFE membrane without primary closure to achieve bone and tissue regeneration. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:748–752.
- Barteek BK. A membrane and graft technique for ridge maintenance using high-density polytetrafluoroethylene membrane (n-PTFE) and hydroxylapatite: Report of four cases. *Tex Dent J* 1995;112:7, 9, 11–16.
- Barteek BK. The use of high-density polytetrafluoroethylene membrane to treat osseous defects: Clinical reports. *Implant Dent* 1995;4:21–26.
- Barteek BK. Evaluation of a new polytetrafluoroethylene guided tissue regeneration membrane in healing extraction sites. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:1256–1258, 1260, 1262–1264.

17. Barteck BK, Carr JA. Evaluation of a high-density polytetrafluoroethylene (e-PTFE) membrane as a barrier material to facilitate guided bone regeneration in the rat mandible. *J Oral Implantol* 1995;21:88–95.
18. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:278–288.
19. Lee CK, Koo KT, Kim TI, et al. Biological effects of a porcine-derived collagen membrane on intrabony defects. *J Periodontol* 2010;40:232–238.
20. Cardaropoli D, Tamagnone L, Roffredo A, Gaveglione 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.
21. Ghanaati S. Non-cross-linked porcine-based collagen I-III membranes do not require high vascularization rates for their integration within the implantation bed: A paradigm shift. *Acta Biomater* 2012;8:3061–3072.
22. Rothamel D, Schwarz F, Fienitz T, et al. Biocompatibility and biodegradation of a native porcine pericardium membrane: Results of in vitro and in vivo examinations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:146–154.
23. Hammerle CH, 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.
24. Zhang J, Wang G, Xiao Y, Fan L, Wang Q. The biomechanical behavior and host response to porcine-derived small intestine submucosa, pericardium and dermal matrix acellular grafts in a rat abdominal defect model. *Biomaterials* 2011;32:7086–7095.
25. Cortellini P, Prato GP, Tonetti MS. The simplified papilla preservation flap. A novel surgical approach for the management of soft tissues in regenerative procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999;19:589–599.
26. Botticelli D, Berglundh T, Buser D, Lindhe J. The jumping distance revisited: An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:35–42.
27. Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Implant fixation improved by close fit. Cylindrical implant-bone interface studied in rabbits. *Acta Orthop Scand* 1988;59:272–275.
28. Caudill RF, Meffert RM. Histologic analysis of the osseointegration of endosseous implants in simulated extraction sockets with and without e-PTFE barriers. 1. Preliminary findings. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1991;11:207–215.
29. Becker W, Lynch SE, Lekholm U, et al. A comparison of ePTFE membranes alone or in combination with platelet-derived growth factors and insulin-like growth factor-I or demineralized freeze-dried bone in promoting bone formation around immediate extraction socket implants. *J Periodontol* 1992;63:929–940.
30. Duskova M, Leamerova E, Sosna B, Gogjis O. Guided tissue regeneration, barrier membranes and reconstruction of the cleft maxillary alveolus. *J Craniofac Surg* 2006;17:1153–1160.