

## Erhalt der interimplantären Knochenhöhe durch ein Laser-Lok-Implantat-Abutment-System mit Platform-Switching: Eine Machbarkeitsstudie am Hund



Myron Nevins, DDS<sup>1</sup>  
 Marc Nevins, DMD, MMSc<sup>2</sup>  
 Luca Gobatto, DDS, MS<sup>3</sup>  
 Hyo-Jung Lee, DDS, PhD<sup>4</sup>  
 Chin-Wei Wang, DDS<sup>5</sup>  
 David M. Kim, DDS, DMSc<sup>6</sup>

*Im oberen Frontzahnbereich ist der Erhalt der interimplantären Papillen entscheidend für ein ästhetisch zufriedenstellendes Behandlungsergebnis. Die Stabilität der papillären Anatomie hängt von einem stabilen Volumen des darunterliegenden, stützenden Alveolarknochens ab. In zahlreichen Studien wurde gezeigt, dass der Abstand zwischen zwei Implantaten mindestens 3 mm betragen muss, um eine Resorption des Alveolarknochens zu verhindern. In der vorliegenden präklinischen Machbarkeitsstudie am Hund wird ein neuartiges Implantat-Abutment-System untersucht, das Platform-Switching mit präzise angefertigten laserablatierten Abutments und Mikrorillen im Implantat kombiniert, um den interimplantären Alveolarknochen zu erhalten, und zwar bei einem Abstand der Implantate von 2 mm bzw. 4 mm. Die Ergebnisse dieser präklinischen Pilotstudie legen nahe, dass Implantate in Abständen von 2 bis 4 mm gesetzt werden können, ohne dass der Alveolarknochen unter der Papille abgebaut wird, sofern die Modifikationen am Implantat-Abutment-Design präzise umgesetzt werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:237–243.)*

<sup>1</sup> Außerordentlicher klinischer Professor, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

<sup>2</sup> Klinischer Assistenzprofessor, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

<sup>3</sup> Klinischer Dozent, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

<sup>4</sup> Assistenzprofessor, Department of Periodontology, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital, Bundang, Südkorea.

<sup>5</sup> Promovierter Assistenzarzt, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

<sup>6</sup> Assistenzprofessor, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts, USA.

Korrespondenz an: Dr. Myron Nevins, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, 188 Longwood Avenue, Boston, MA 02115, USA. Fax: +1 617-432-1897. E-Mail: nevinsperimp@aol.com

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Im Oberkiefer ist es notwendig, für ästhetisch zufriedenstellende implantatgetragene Restaurationen die Interdentalpapillen zu erhalten. Die Morphologie der Papillen wiederum hängt von einem stabilen Volumen des Alveolarknochens ab, der das darüberliegende interdental Weichgewebe abstützt<sup>1-3</sup>. Besonders schwierig lässt sich eine anatomisch normale Papille zwischen benachbarten implantatgetragenen Restaurationen schaffen und erhalten, da dort oft ein periimplantärer Knochenverlust entsteht. Wichtige Risikofaktoren für einen derartigen Knochenverlust sind das entzündliche Zellinfiltrat am Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung<sup>4-13</sup>, eine subkrestale Lage der Implantatplattform<sup>7,14,15</sup> und der Abstand zwischen benachbarten Implantaten<sup>1,2,16-19</sup>. Alle diese Risikofaktoren können gleichzeitig gelten und müssen besonders beachtet werden, wenn Implantate nebeneinander gesetzt werden.

In zahlreichen Studien wurde die kritische Bedeutung des interimplantären Abstands für den Erhalt oder Verlust des Alveolarknochens belegt, der die interimplantären Papillen abstützt. Demnach überschneidet sich die horizontale Komponente des Knochenverlusts am Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung beider Implantate, wenn ihr Abstand unter 3 mm liegt<sup>1,2,15-20</sup>. Der zusätzliche Effekt des sich überschneiden-

den interimplantären lateralen Knochenverlusts führt nachweislich zur Höhenabnahme des interimplantären Alveolarknochens und auch zur Reduktion oder sogar zum Verlust der interimplantären Papille<sup>1,2,16,17</sup>. Bei subkrestal liegenden Implantatplattformen wird der interimplantäre und marginale Knochenverlust weiter verstärkt, um Raum für die implantatbedingte biologische Breite zu schaffen. Damit wird die ästhetisch wichtige Anatomie der Papille zwischen den Implantaten zusätzlich negativ beeinflusst<sup>7,14,15</sup>.

Durch das Platform-Switching lässt sich der interimplantäre Knochenverlust bei Implantatabständen  $\leq 3$  mm teilweise abschwächen<sup>15,17,18,21-28</sup>. Hierbei wird durch die Medialisierung des Mikrospalts das entzündliche Zellinfiltrat an der Implantat-Abutment-Verbindung vom Alveolarknochen entfernt, sodass die horizontale Komponente des krestalen Knochenverlusts abnimmt. Vor Kurzem wurde in einer präklinischen Studie bei der Untersuchung interimplantärer Abstände von 2 mm oder 3 mm festgestellt, dass das Platform-Switching den interimplantären Alveolarkammverlust reduziert, der normalerweise bei Abständen unter 3 mm auftritt, da sich die horizontalen Komponenten des Knochenverlusts an den benachbarten Implantaten nur noch geringfügig überschneiden<sup>17</sup>. Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine prospektive Studie am Menschen von Rodriguez-Ciurana et al. Dort wurde durch die Verwendung von Implantaten mit Platform-Switching bei Implantatabständen unter 2 mm eine signifikante Abnahme des interimplantären Alveolarkammverlusts belegt<sup>18</sup>.

Auch eine Veränderung der Oberflächentopografie von Implantaten durch gelaserte Mikrorillen nahe der Implantat-Abutment-Verbindung reduziert den interimplantären Knochenverlust bei Implantatabständen unter 3 mm. Aktuelle Machbarkeits-

studien bestätigen ein direktes bindegewebiges Attachment an präzise gelaserte Mikrokanälen (Laser-Lok, BioHorizons) in bestimmten Bereichen von Implantathals und Abutment<sup>6,9</sup>. Das direkte, physikalische bindegewebige Attachment bildete eine physiologische Barriere gegen das vordringende Saumeptithel und schützte den Alveolarknochen vor der Resorption. Außerdem wurden die Spätfolgen durch den Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung reduziert, was den krestalen Knochenverlust weiter reduzierte.

Durch Platform-Switching wird somit der Erhalt des interimplantären Alveolarknochens befördert. Die Laser-Lok-modifizierten Oberflächen von Abutments und Implantathälften reduzieren die Resorption des Alveolarknochens. Diese Ergebnisse eröffnen weitere Möglichkeiten, die funktionellen und ästhetischen Ergebnisse benachbarter Implantate zu verbessern. In der vorliegenden Proof-of-Principle-Studie wurde das anatomische und histologische Ergebnis des interimplantären Alveolarknochens und des Weichgewebes untersucht. Dazu wurden Implantate in Abständen von 2 mm bzw. 4 mm gesetzt. Verwendet wurden neuartig konfigurierte Laser-Lok-Abutments und -Implantate mit Platform-Switching.

## Material und Methode

Das Studienprotokoll wurde vom Institutional Animal Care and Use Committee an der PARF in Massachusetts, USA, genehmigt. Die Studie erfolgte an sechs Hündinnen (Alter: zwei bis drei Jahre, Gewicht: 20 bis 24 kg) aus einer Zucht für die biomedizinische Forschung, die von einem zugelassenen Händler erworben wurden.

Um die Ergebnisse des neuartigen Implantat-Abutment-Systems bei zwei verschiedenen interimplantären Abständen zu untersuchen, wurden

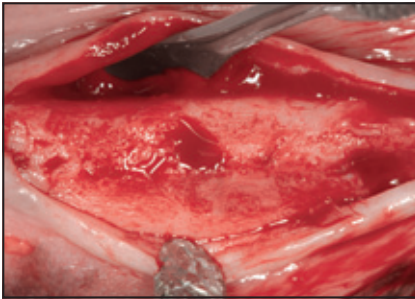
bilaterale unbezahnte Unterkieferdefekte erzeugt. Dazu wurden unter Allgemein- und Lokalanästhesie alle unteren Prämolaren und ersten Molaren atraumatisch entfernt und die Lappen spannungsfrei geschlossen.

Nach einer Heilungsphase von 60 Tagen wurde der Kieferkamm eingeschnitten, um auf beiden Lappenseiten möglichst viel keratinisiertes Gewebe zu erhalten. Die Mukoperiostlappen wurden zurückgebogen und der unbezahnte Kiefer zur Implantation freigelegt (Abb. 1). Mithilfe von Operationsschablonen wurden bei jedem Tier auf jeder Unterkieferseite zwei Implantate gesetzt, wobei der interimplantäre Abstand 2 mm bzw. 4 mm betrug (Abb. 2). Gruppe A umfasste acht Implantate mit einem Abstand von jeweils 2 mm, Gruppe B ebenfalls acht Implantate mit einem Abstand von 4 mm. Dabei lag die Implantatplattform grundsätzlich auf Höhe des Knochenkamms (Abb. 2d). Während der dreimonatigen Einheilungsphase erhielten alle vier Foxhounds weiche Nahrung.

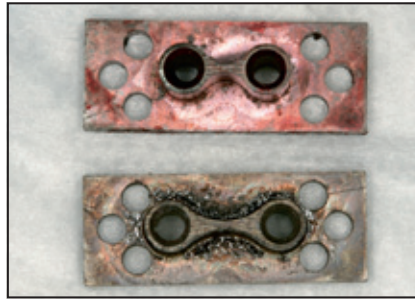
Drei Monate nach der Implantation wurden die Hündinnen euthanasiert, die Unterkiefer sofort en bloc entnommen und zur histologischen Präparation und Untersuchung fixiert.

## Design von Testimplantat und -abutment

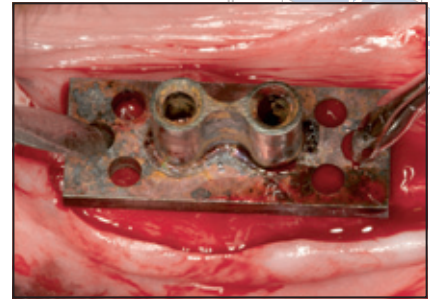
Die Abbildungen 3a und b zeigen das Design der in dieser Studie verwendeten Implantate und Abutments. Die Implantate besaßen einen Durchmesser von 3,8 mm und eine Länge von 9 mm sowie eine abgeschrägte Plattform, die auf jeder Seite ein Platform-Switching von 0,3 mm zuließ. Um die Primärstabilität zu verbessern, hatten alle Implantate progressiv tiefere Gewindestrukturen. Alle Implantatgewinde waren von apikal bis zum Implantathals Laser-Lok-konfiguriert



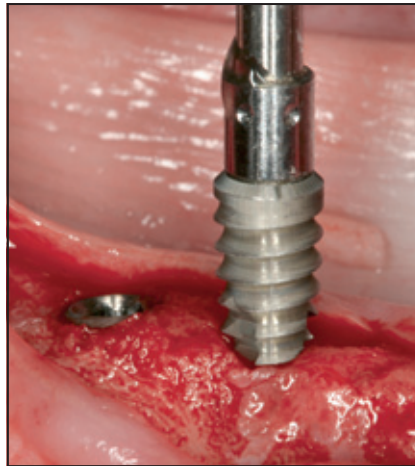
**Abb. 1** Repräsentativer unbezahnter Alveolarkamm 60 Tage nach der Extraktion der unteren Prämolaren und ersten Molaren vor der Implantation.



**Abb. 2a** Operationsschablonen für die Implantation mit einem interimplantären Abstand von 2 mm (oben) und 4 mm (unten).

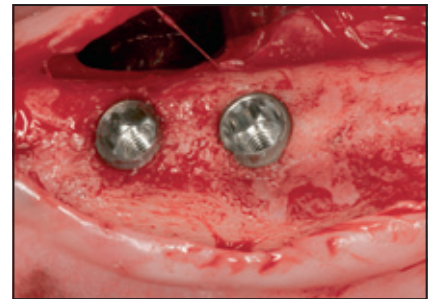


**Abb. 2b** Operationsschablone in situ, die einen exakten interimplantären Abstand von 2 mm sicherstellt.



**Abb. 2c** (links) Testimplantat 2 mm neben dem posterioren Nachbarimplantat.

**Abb. 2d** (unten) Die Implantate werden mit einem interimplantären Abstand von 2 mm auf Alveolarkammniveau gesetzt.



und der Hals nicht maschinert. Um den Knochen-Implantat-Kontakt zu vergrößern, wurde die Anzahl der Gewindegänge erhöht.

Die Einheilkappe mit reduziertem Durchmesser an der Implantat-Abutment-Verbindung ermöglichte das Platform-Switching. Über dem Mikropalt lag ein 0,7 mm breiter, gelaserter Bereich mit 8 µm breiten Laser-Lok-Mikrorillen (Abb. 3a und b).

#### Lichtmikroskopie

Die fixierten Proben wurden in einer aufsteigenden Alkoholserie (60 %, 80 %, 96 % und absoluter Ethanol)

in einem Dehydrierungssystem mit Schüttler und Vakuum dehydriert. Die Blöcke wurden mit Technovit 7200 VLC Akrylharz (Kulzer) infiltriert und in Gussformen verbracht. Die Polymerisierung erfolgte unter blauem und weißem Licht. Die polymerisierten Blöcke wurden mesiodistal parallel zur Längsachse des Implantats geschnitten und die Schnitte mit Mikroschliff und Polieren mithilfe eines Exakt-Schleifgeräts auf eine gleichmäßige Dicke von 30 bis 40 µm reduziert. Anschließend wurden die Schnittpräparate mit Rapid Bone Stain gefärbt, mit Säurefuchsin gegengefärbt und unter einem Stereo-(MZ16, Leica) und einem Lichtmikroskop (6000DRB, Leica) untersucht.

## Ergebnisse

### Klinische Befunde

Alle 16 Extraktionsbereiche heilten über zwei Monate nach dem Entfernen aller unteren Prämolaren und ersten Molaren ereignislos ein. Es gab postoperativ nur minimale Entzündungen und keine Hinweise auf eine Infektion.

Auch die dreimonatige Phase nach der Implantation verlief komplikationslos, es wurden postoperativ lediglich minimale Schwellungen oder Entzündungen und keine Hinweise auf eine Infektion vermerkt. Alle Implantate und Abutments waren stabil



**Abb. 3a** Implantat-Abutment-System mit Platform-Switching-Konzept und Laser-Lok-Mikrorillen in einem 0,7 mm breiten Band am Abutment und auf der gesamten Oberfläche des Implantatgewindes.



**Abb. 3b** Getrenntes Abutment und Laser-Lok-Implantat mit einer Innensechskantverbindung mit Platform-Switching.

und keines der Implantate versagte in der Beobachtungsphase.

#### *Histologische Befunde: Gruppe A*

Die Abbildungen 4a bis d zeigen die histologischen Befunde drei Monate nach der Implantation bei einem interimplantären Abstand von 2 mm.

#### *Weichgewebefunde*

Das periimplantäre Weichgewebe bildete eine Epithelbarriere, indem das Sulkusepithel mit dem Saumepithel verschmolz. Das Saumepithel endete abrupt an den koronalsten Laser-Lok-Mikrorillen des Abutments, wo eine Zone von Bindegewebsfasern im rechten Winkel in das 0,7 mm breite Band aus Mikrokanälen inserierte. Außerdem drangen Bindegewebsfasern in die Laser-Lok-Bereiche des Implantathalses ein und versiegelten dadurch den Mikrospace der

Implantat-Abutment-Verbindung gegenüber dem umgebenden Gewebe (Abb. 4). In keinem der Präparate fanden sich Hinweise auf ein entzündliches Infiltrat an der Implantat-Abutment-Verbindung.

#### *Hartgewebefunde*

Am Ende der drei Monate wies der interimplantäre Alveolarknochen in keinem der Präparate Hinweise auf eine Knochenresorption auf. Entlang des gesamten Implantatkörpers und -halses war deutlich ein signifikanter Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) zu erkennen. In vielen Präparaten befand sich unmittelbar proximal des Mikrospace regenerierter Knochen. Die Anlagerung von rechtwinklig inserierenden Bindegewebsfasern und Knochen an die Laser-Lok-Mikrorillen im Bereich des Mikrospace versiegelte die Implantat-Abutment-Verbindung anatomisch und verhinderte das Einwandern des Saumepithels (Abb. 4).

#### *Histologische Befunde: Gruppe B*

Die Abbildungen 5a bis c zeigen die histologischen Befunde in Gruppe B drei Monate nach der Implantation mit einem interimplantären Abstand von 4 mm.

#### *Weichgewebefunde*

In Gruppe B ähnelten die Befunde am periimplantären Weichgewebe denen der Gruppe A. In die Laser-Lok-Mikrorillen am Abutment und Implantathals inserierte rechtwinklig eine dichte Zone von Bindegewebsfasern. Die direkte Anlagerung dieser Fasern an die Mikrorillen versiegelte den Mikrospace und verhinderte die Apikalmigration des Saumepithels. In keinem der Präparate aus Gruppe B fanden sich Hinweise auf ein entzündliches Zellinfiltrat (Abb. 5).

#### *Hartgewebefunde*

Auch drei Monate nach der Implantation war der interimplantäre Alveolarknochen intakt und wies keine Anzeichen einer Resorption auf. In keinem der Präparate hatte sich der Alveolarknochen zurückgebildet. Der BIC war entlang des gesamten Implantatkörpers und -halses ausgeprägt und fast die gesamte Implantatoberfläche war mit dichten Knochenlamellen bedeckt (Abb. 5).

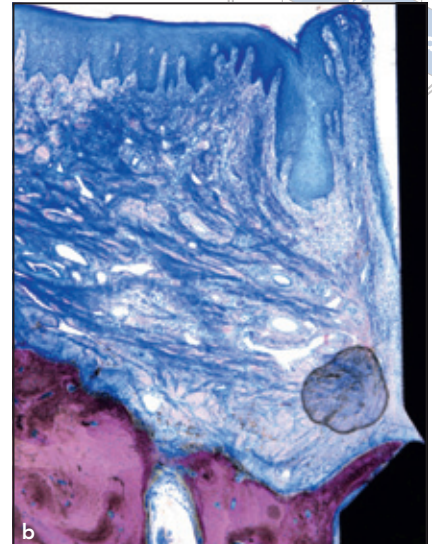
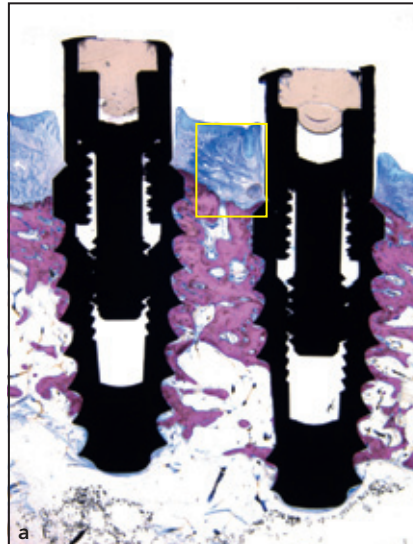
#### **Diskussion**

Im oberen Frontzahnbereich sollten implantatgetragene Restaurationen ästhetisch angenehm aussehen. Dazu müssen jedoch die interimplantären Papillen intakt bleiben. Ihr Erhalt setzt einen stabilen Alveolarknochen voraus, ohne den die Papillen sich verformen und reduzieren<sup>1-3</sup>. Wird ein kritischer Abstand zwischen benach-

**Abb. 4** Gruppe A.

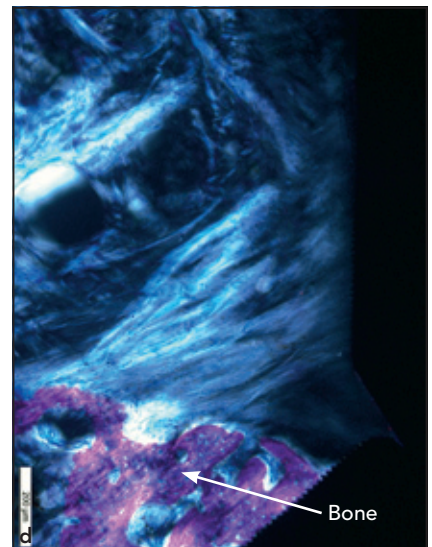
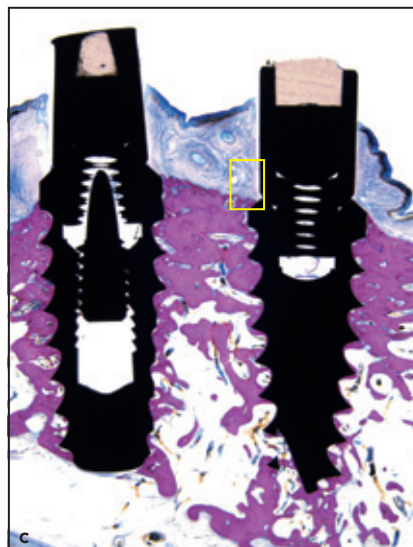
**Abb. 4a** Schwache Vergrößerung der Testimplantate mit einem Abstand von 2 mm ohne Zeichen eines interimplantären Alveolarkammverlusts.

**Abb. 4b** Starke Vergrößerung des gelb umrandeten Bereichs von Abb. 4a: direkte bindegewebige Verbindung des Abutments und des Implantathalses mit Laser-Lok-Mikrorillen. Der Alveolarkamm reicht bis zum gelaserten Implantathals.



**Abb. 4c** Implantate im Abstand von 2 mm ohne Alveolarkammverlust 3 Monate nach der Implantation. Der ausgedehnte Knochen-Implantat-Kontakt entlang des gesamten Implantatkörpers mit Laser-Lok-Mikrorillen ist erkennbar.

**Abb. 4d** Starke Vergrößerung des gelb umrandeten Bereichs in Abb. 4c: Unter polarisiertem Licht sind rechtwinklig verlaufende Bindegewebsfasern zu erkennen, die direkt in die Abutmentoberfläche mit Mikrorillen eindringen. Der Alveolarknochen reicht bis zum Implantathals mit Laser-Lok-Mikrorillen.



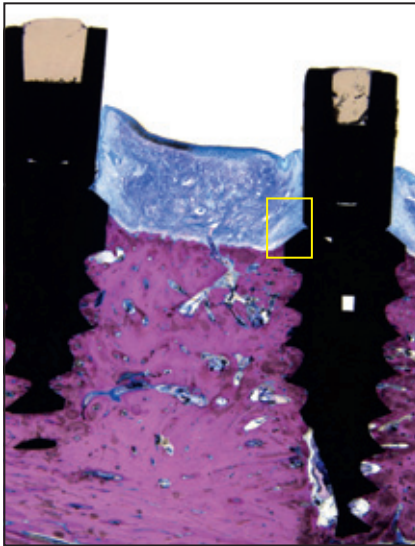
barten Implantaten unterschritten, kommt es oft zu einem Knochenverlust. Dies liegt in der Hauptsache an den sich überschneidenden horizontalen Komponenten der Knochenresorption, die vom Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung der jeweiligen Implantate ausgehen<sup>1,2,15-20</sup>. In mehreren Studien wurde gezeigt, dass der interimplantäre Alveolarkammverlust vor allem auftritt, wenn der Abstand zwischen zwei Implantaten 3 mm unterschreitet<sup>1,2,16,17</sup>. Die

vorliegende Machbarkeitsstudie basierte auf den positiven Ergebnissen von Implantaten und Abutments mit Laser-Lok-Mikrorillen<sup>6,9</sup> in Kombination mit Platform-Switching<sup>17,18,21-28</sup>. Untersucht wurde die Reaktion des interimplantären Alveolarknochen bei benachbarten Implantaten mit einem Abstand von 2 mm bzw. 4 mm. Dabei kam diese präklinische Studie zu mehreren wichtigen Ergebnissen.

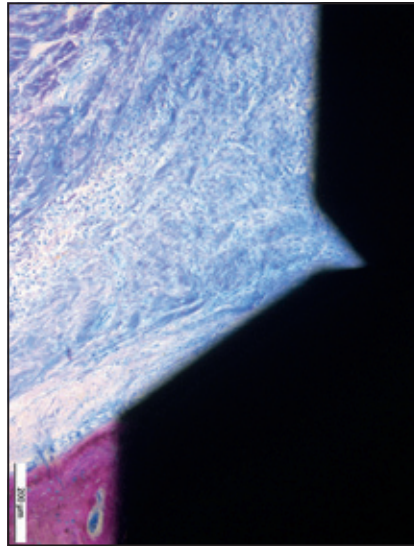
Weder bei einem interimplantären Abstand von 2 mm noch bei 4 mm er-

gaben sich Hinweise auf einen interimplantären Knochenverlust. Außerdem war am Laser-Lok-Implantathals über dem Mikrospace oft eine Knochenneubildung zu beobachten. Der Mikrospace wird durch das Platform-Switching nach medial verlegt. Damit werden die sich überschneidenden horizontalen Vektoren des Knochenverlusts an der Implantat-Abutment-Verbindung reduziert oder eliminiert, der normalerweise bei interimplantären Abständen unter 3 mm auftritt.

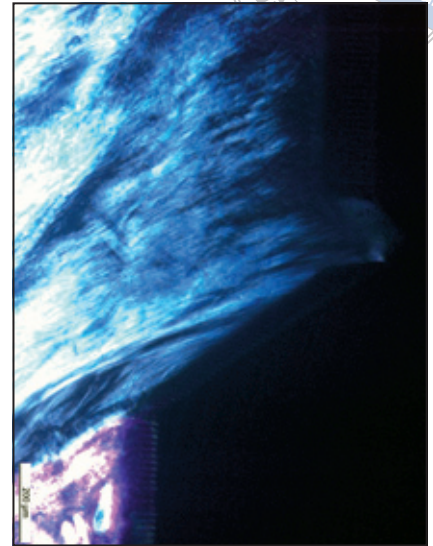
Abb. 5 Gruppe B.



**Abb. 5a** Implantate mit einem Abstand von 4 mm ohne Hinweise auf einen Verlust des Alveolarkamms und mit umfangreichem BIC.



**Abb. 5b** Vergrößerung des gelb umrandeten Bereichs in Abb. 5a: Das dichte bindegewebige Attachment an Abutment und Implantat ist zu erkennen. Man sieht den engen Kontakt des Alveolarknochens mit den Laser-Lok-Mikrorillen des Implantatthals.



**Abb. 5c** Vergrößerung des gelb umrandeten Bereichs in Abb. 5a: Unter polarisiertem Licht sind rechtwinklig verlaufende Bindegewebsfasern zu erkennen, die an der Implantat-Abutment-Verbindung direkt in die Mikrorillen-Oberfläche von Abutment und Implantatthals eindringen.

Durch die Schaffung eines 0,7 mm breiten Bandes aus Laser-Lok-Mikrorillen am Abutment und Implantatthals erzeugte das untersuchte Implantat-Abutment-System einen nachhaltigen BIC koronal des ersten Gewindegangs und oft auch an Anteilen des Implantatthalses.

Im Gegensatz zu vorausgegangenen Studien<sup>6,9</sup> über die Effekte von gelaserten Mikrorillen nur am Implantatthals, wurde bei dem hier untersuchten Implantatdesign die gesamte Implantatoberfläche mit 8 µm-Mikrorillen versehen. Alle mit Mikrorillen versehenen Implantatflächen wiesen einen ungewöhnlich hohen BIC auf, der vermutlich durch die Laserbehandlung gefördert wurde.

Abgesehen von dem Platform-Switching wurde der Erhalt des interimplantären Alveolarknochens vermutlich auch durch die Bindegewebsreaktion am Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung be-

fördert, die in allen Präparaten beobachtet werden konnte. Wie schon aus früheren Studien bekannt ist, fördern die 8 µm breiten gelaserten Mikrorillen auf dem Abutment und Implantat den rechtwinkligen Ansatz von dichten Bindegewebsfasern an der Implantat-Abutment-Verbindung, die das normalerweise dort vorhandene bakterielle und entzündliche Zellinfiltrat effektiv eliminierten<sup>6,9</sup>. Wenn das Bindegewebe am Mikrospace der Implantat-Abutment-Verbindung von entzündlichen Zellen durchsetzt ist, verlagern sich das nicht entzündete periimplantäre Bindegewebe und der Alveolarknochen nach apikal, womit die Abstützung für die interimplantären Papillen verloren geht. Die mit Laser-Lok-Mikrorillen versehenen Oberflächen am Implantat und Abutment verhinderten vermutlich zusammen mit dem Platform-Switching die interimplantäre Alveolarknochenresorption, die in der Regel bei inter-

implantären Abständen unter 3 mm auftritt. Zur Bestätigung dieser präklinischen Machbarkeitsstudie sind weitere prospektive klinische Studien am Menschen erforderlich.

## Danksagung und Interessenerklärung

Unser besonderer Dank gilt Dr. Stuart Kay, Wissenschaftsjournalist und Berater (Huntington, NY, USA), für seine Hilfe bei der Zusammenstellung und Herstellung dieses Manuskripts. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

## Literatur

1. Tarnow D, Elian N, Fletch P, et al. Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. J Periodontol 2003;74:1785-1788.

2. Gastaldo JF, Cury PR, Sendyk WR. Effect of the vertical and horizontal distances between adjacent implants and between a tooth and an implant on the incidence of interproximal papilla. *J Periodontol* 2004; 75:1242–1246.
3. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, et al. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region. *J Periodontol* 2001;72:1364–1371.
4. Piataelli A, Vrespa G, Petron G, et al. Role of the microgap between implant and abutment: A retrospective histologic evaluation in monkeys. *J Periodontol* 2003;74:346–352.
5. Quirynen M, Van Steenberghe D. Bacterial colonization of the internal part of two stage implants. An in vivo study. *Clin Oral Implants Res* 1993;4:158–161.
6. Nevins M, Nevins ML, Camelo M. Human histologic evidence of a connective tissue attachment to a dental implant. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28: 111–121.
7. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikosi PV, et al. Crestal bone changes around titanium implants: A methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:475–485.
8. Ericsson I, Persson LG, Berglundh T, et al. Different types of inflammatory reactions in peri-implant soft tissues. *J Clin Periodontol* 1995;22:255–261.
9. Nevins M, Kim DM, Jun S-H, et al. Histologic evidence of a connective tissue attachment to laser microgrooved abutments: A canine study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:245–255.
10. Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, et al. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2001;72:1372–1383.
11. Broggin N, McManus LM, Hermann JS, et al. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res* 2006;85:473–478.
12. King GN, Hermann JS, Schoolfield JD, et al. Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: A radiographic study in the canine mandible. *J Periodontol* 2002; 73:1111–1117.
13. Todescan FF, Pustigliani FE, Imbroni AV, et al. Influence of the microgap in the peri-implant hard and soft tissues: A histometric study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:467–472.
14. Alomrani AN, Hermann JS, Jones AA, et al. The effect of a machined collar on coronal hard tissue around titanium implants: A radiographic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:677–686.
15. Jung RE, Jones AA, Higginbottom FL, et al. The influence of non-matching implant and abutment diameters on radiographic crestal bone levels in dogs. *J Periodontol* 2008;79:260–270.
16. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol* 2000;71:546–549.
17. Elian N, Bloom M, Dard M. Effect of interimplant distance (2 and 3 mm) on the height of interimplant bone crest: A histomorphometric evaluation. *J Periodontol* 2011;82:1749–1756.
18. Rodriguez-Ciurana X, Vela-Nebot X, Segala-Torres M, et al. The effect of interimplant distance on the height of the interimplant bone crest when using platform-switched implants. *Int J Restorative Dent* 2009;29:141–151.
19. Kupersmidt I, Levin L, Schwartz-Arad D. Inter-implant bone height changes in anterior maxillary immediate and non-immediate adjacent dental implants. *J Periodontol* 2007;78:991–996.
20. Cardaropoli G, Wennstrom JL, Lekholm U. Peri-implant bone alterations in relation to inter-unit distances. A 3-year retrospective study. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:430–436.
21. Vela X, Mendez V, Rodriguez X, et al. Crestal bone changes on platform-switched implants and adjacent teeth when the tooth-implant distance is less than 1.5 mm. *Int J Restorative Dent* 2012; 32:149–155.
22. Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: A systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2010;81:1350–1366.
23. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postoperative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:9–17.
24. Prosper L, Redaelli S, Pasi M, et al. A randomized prospective multicenter trial evaluating the platform-switching technique for the prevention of post-restorative crestal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:299–308.
25. Canullo L, Fedele GR, Iannello G, et al. Platform switching and marginal bone-level alterations: The results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:151–121.
26. Luongo R, Traini T, Guidone PC, et al. Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:551–557.
27. Wagenberg B, Froum SJ. Prospective study of 94 platform-switched implants observed from 1992 to 2006. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:9–17.
28. Cappiello M, Luongo R, Di Lorio D, et al. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28: 347–355.