

## Die biologische Breite um Titanimplantate: Histometrische Analyse der Schnittstelle zwischen Implantat und Gingiva um sofort und früh belastete Implantate



Lara Bakaeen, BSC, MS<sup>1</sup>/Paul Quinlan, BA, BDentSc, MSc, MS, FDS<sup>2</sup>/  
 John Schoolfield, MS<sup>3</sup>/ Niklaus P. Lang, DMD<sup>4</sup>/  
 David L. Cochran, DDS, MS, PhD<sup>5</sup>

*In dieser Studie wurden die Dimensionen des periimplantären Weichgewebes um sofort und früh belastete sowie konventionell belastete einteilige Implantate verglichen. Dazu wurden die periimplantären Weichgewebedimensionen aus vier verschiedenen Belastungsperioden verglichen. Vier Foxhounds wurden 48 Titanimplantate mit sandgestrahlter/säuregeätzter Oberfläche inseriert. Zu vier verschiedenen Zeitpunkten wurden jeweils drei Implantate inseriert. Die erste Gruppe (A) erhielt die Implantate drei Monate vor Eingliederung der Restaurationen. Jeweils weitere drei Implantate wurden 21 Tage (Gruppe B), 10 Tage (Gruppe C) und zwei Tage (Gruppe D) vor der Restauration inseriert. Drei Monate nach Einsetzen des Abutments wurden alle Hunde eingeschläfert. Die histometrische Analyse der nicht dekalkifizierten histologischen Schnitte umfasste dimensionale Messungen der Sulkustiefe und des Saumepithels, des Kontaktbereichs des Bindegewebes und der Rezession, gemessen vom Interface zum Gingivasaum. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen festgestellt. Aus den Daten geht hervor, dass die Dimensionen des periimplantären Weichgewebes um sofort und früh belastete einteilige Implantate ähnlich sind wie die Dimensionen um konventionell belastete einteilige Implantate. Und sie sind den Dimensionen der biologischen Breite an natürlichen Zähnen vergleichbar. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:281–289.)*

<sup>1</sup> Privatpraxis, Amman, Jordan; Dozent, Department of Prosthodontics, Universität von Jordanien, Amman, Jordanien.

<sup>2</sup> Privatpraxis, Dublin, Irland.

<sup>3</sup> Statistiker, Department of Academic Information Services, University of Texas Health Science Center at San Antonio, San Antonio, Texas, USA.

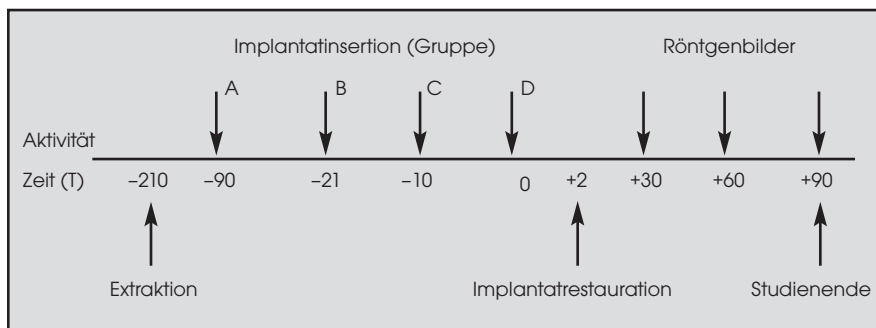
<sup>4</sup> Professor und Leiter, Klinik für Parodontologie und Brückenprothetik, Universität Bern, Schweiz.

<sup>5</sup> Professor und Leiter, Department of Periodontics, The University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas, USA.

Korrespondenz an: David L. Cochran, The University of Texas Health Science Center at San Antonio, Department of Periodontics, MSC 7894, 7703 Floyd Curl Drive, San Antonio, TX 78229-3900, USA; Fax: +210-567-3643; E-Mail: cochran@uthscsa.edu

In den letzten Jahren werden immer mehr enossale Implantate verwendet. Daher sollten die biologischen Parameter, die sie erfolgreich machen, untersucht werden<sup>1</sup>. In den ersten Jahren der Dentalimplantologie konzentrierte sich die Forschung auf die Hartgewebeeintegration, weil die gedeckte Einheilung bei der Implantatinserion vorgezogen wurde. Mit der Einführung der einteiligen nicht gedeckten Einheilung bei der Implantation wuchs das Interesse der Kliniker und der Forscher an der Weichgewebeeintegration<sup>2</sup>. Ende der 1970er Jahre führten Schroeder et al.<sup>3, 4</sup> in der Schweiz das Konzept des einzeitigen chirurgischen Eingriffs ein. Sie beschrieben histologisch zum ersten Mal das Weichgewebeattachment am transgingivalen Teil des Implantats.

Das Konzept der biologischen Breite geht zwar auf die Beschreibung des dentogingivalen Komplexes durch Gargiulo et al.<sup>5</sup> zurück. Es wurde jedoch in der Implantologie mit neuerwachtem Interesse betrachtet, als Forscher feststellten, dass das Mundepithel ein periimplantäres Epithel bilden konnte, das dem Epithel an den natürlichen Zähnen ähnlich war<sup>4, 6</sup>. Es wurde unter anderem festgestellt, dass die Dimensionen der biologischen Brei-



**Abb. 1** Zeitlicher Ablauf der Studie. Die Zähne wurden extrahiert und die Implantate zu vier verschiedenen Zeitpunkten inseriert, ehe sie belastet wurden. Die Implantate der Gruppe A wurden 90 Tage vor der Restauration, Gruppe B 21 Tage, Gruppe C 10 Tage und Gruppe D 2 Tage vorher inseriert. Die Studie endete 90 Tage nach der Restauration aller Implantate.

te bei einteiligen, nicht gedeckt einheilenden Implantaten ähnlich waren wie die Dimensionen der biologischen Breite an natürlichen Zähnen<sup>2</sup>. Diese Dimension blieb auch über längere Zeit stabil, wie sich herausstellte<sup>2</sup>. Bei den Dimensionen der Sulkustiefe, des Saumepithels und des Bindegewebes treten zwar Veränderungen auf, aber insgesamt bleibt die Dimension unverändert<sup>7,8</sup>. Es wurde außerdem festgestellt, dass die Dimensionen der biologischen Breite in Abhängigkeit vom Implantatdesign variierten<sup>9</sup>.

Da die Patienten immer höhere ästhetische und funktionelle Ansprüche stellen, haben die Kliniker begonnen, nach Alternativen zur herkömmlichen Implantatinsertion zu suchen. Manche Kliniker befürworten die sofortige Belastung der Implantate. Sie sehen dabei den Vorteil der kürzeren Behandlungsdauer, der geringeren Unannehmlichkeiten für den Patienten und der sofortigen Wiederherstellung von Ästhetik und Funktion. Zu dieser Methode gehört ein einzeitiges chirurgisches Vorgehen mit der sofortigen oder baldigen Eingliederung der Restauration nach der Implantatinsertion<sup>10-12</sup>. Frühere Studien zur frühen und sofortigen Belastung bestanden im Wesentlichen aus Fallberichten oder retrospektiven Ana-

lysen. Es liegen kaum histologische Daten vor, und zu den Auswirkungen der sofortigen und frühen Belastung auf die Dimensionen des periimplantären Weichgewebes wurden noch keine Daten veröffentlicht. In dieser Studie wurden die Dimensionen der biologischen Breite des Gewebes um früh und sofort belastete Implantate im Unterkiefer von Hunden untersucht.

### Material und Methode

Für den Test wurde ein kommerziell erhältliches Schraubimplantat aus kalt bearbeitetem Reintitan Grad 4 verwendet. Die Gesamtlänge betrug 10,8 mm (sandgestrahlte/säuregeätzte (SLA) Oberfläche, Institut Straumann). Der inserierte Anteil war 8 mm lang, der Durchmesser des Implantatkörpers betrug 3,5 mm. Durch die Windungen, die sich nur im rauen Anteil der Implantate befanden, wurde das Implantat 0,6 mm breiter. Der Anteil der glatten koronalen, polierten Titanoberfläche (2,8 mm hoch) jedes Implantats hatte einen äußeren Durchmesser von 3,5 mm am rauen/glatten Rand, der sich nach oben zum Plattformdurchmesser von 4,8 mm konisch erweiterte.

Es wurden vier im Labor gezüchtete American Foxhounds verwendet. Die Hunde waren zu Beginn der Studie etwa zwei Jahre alt und hatten ein Körpergewicht von etwa 30 bis 35 kg.

### Chirurgisches Vorgehen

Das Protokoll wurde vom Institutional Animal Care and Use Committee des University of Texas Health Science Center in San Antonio genehmigt. Die Zahnextraktionen erfolgten unter Vollnarkose und sterilen Bedingungen im OP-Raum. Beidseitig wurden alle unteren Prämolare (P1-P4) und der erste Molar (M1) gezogen. Die Fäden wurden sieben bis 10 Tage nach der Extraktion entfernt.

Das Protokoll sah eine prospektive randomisierte klinische Studie vor. Nach dem Zufallsprinzip wurden zu vier Zeitpunkten Gruppen von drei Implantaten inseriert. Sie wurden später auf beiden Seiten des Unterkiefers der Hunde prothetisch versorgt (Abb. 1). Nach der Extraktion und Heilung von drei Monaten erhielt jedes Tier die erste Gruppe (Gruppe A) von drei Implantaten. Jeweils weitere drei Implantate wurden 21 Tage (Gruppe B), 10 Tage (Gruppe C) und zwei

**Abb. 2** Klinische Ansicht unmittelbar nach der Implantatinsertion. Die Implantate wurden nach Lösung eines Lappens voller Dicke inseriert. Die Implantate heilten nicht gedeckt ein.



Tage (Gruppe D) vor der Restauration inseriert. Mit einer krestalen Inzision wurde möglichst viel keratinisierte Gingiva auf jeder Seite der Inzision gelöst, und an der lingualen und bukkalen Seite des Alveolar-kamms wurden Mukoperiostlappen gelöst. Die Autoren glätteten den unbezahnten Knochenkamm vorsichtig mit einem Kunststoffbohrer unter reichlicher Spülung mit kalter steriler physiologischer Kochsalzlösung. Mit einer Boley-Schieblehre wurden die sechs Implantate auf jeder Seite des Unterkiefers gleichmäßig verteilt. Die Präparation der Implantatlager erfolgte mit einem drehmomentreduzierten rotierenden Instrument bei 500/min unter Spülung mit gekühlter Salzlösung. Nach der Insertion jedes Implantats wurde eine kleine SCS-Verschluss-schraube (Institut Straumann) eingedreht, um die Öffnung im koronalen Teil des Implantats zu verschließen.

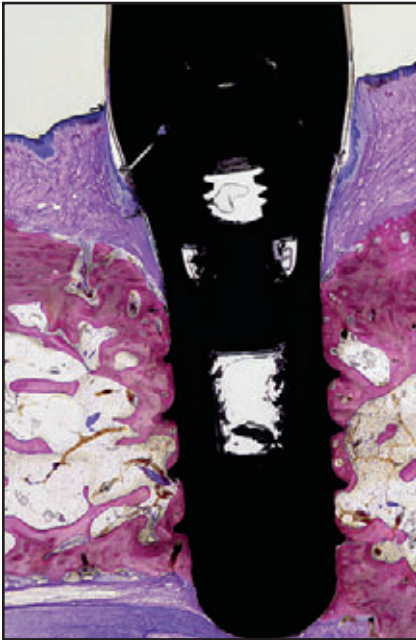
Je nach Indikation wurden an der bukkalen und lingualen Seite der Implantate Perio-Entlastungsschnitte und konturierende Inzisionen geführt, um eine spannungsfreie Adaption der Wundränder und die dichte Adaption der Gingiva an den transgingivalen Bereich der einseitigen, nicht gedeckt einheilenden Implantate zu erzielen. Sofern dies

möglich war, wurden die Lappen um den transgingivalen Bereich des Implantats adaptiert und die Verschluss-schraube blieb freiliegend (Abb. 2). Dreimal wöchentlich wurde die mechanische und chemische Plaquebeseitigung mit einer weichen Zahnbürste und einem weichen Schwamm in Kombination mit einer 0,12 % Chlorhexidindigluconatlösung durchgeführt.

#### *Einsetzen der Abutments und Anfertigung der Restauration*

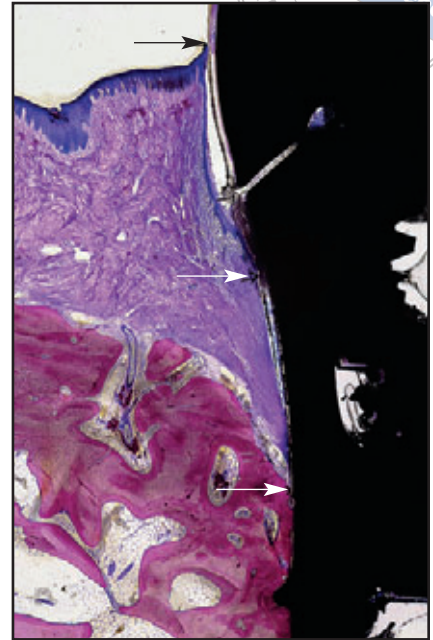
Zum Zeitpunkt des Eingriffs der Gruppe C wurden die Implantatgruppen A, B und C mit Octa-Abutments (Institut Straumann) versorgt, die mit einem ITI-Drehmomentschrauber (Institut Straumann) mit 35 Ncm befestigt wurden. Für den Unter- und Oberkiefer wurden individuelle Abformlöffel angefertigt. Für jeden Unterkiefer wurden zwei und für jeden Oberkiefer ein Löffel angefertigt. Auf jedes Implantat der Gruppen A, B und C wurde eine Transfer-Abformkappe geschraubt. Für die Abformungen wurde Reprosil (Dentsply Caulk), ein schwer fließendes Polyvinylsiloxan-Abformmaterial, verwendet. Die Octa-Abutments wurden bis zur Eingliederung der Kronen mit Schutz-

kappen abgedeckt. Weil die Abformung für die Gruppen A, B und C zum Zeitpunkt der Implantatinsertion von Gruppe C erfolgte, standen für die Anfertigung von 75 % der Kronen 12 Tage zur Verfügung. 10 Tage danach wurde die vierte Gruppe von Implantaten (Gruppe D) inseriert. Auch diese Implantate erhielten Octa-Abutments. Wie oben beschrieben, erfolgte auch hier eine Transfer-Abformung. Für die Abformungen im Oberkiefer wurde das gleiche Material verwendet. Die Polyvinylsiloxan-Abformungen wurden zur Herstellung der Meistermodelle verwendet. An den Transfer-Abformkappen wurden Implantatanaloga befestigt und die Kappen in der Abformung ausgetauscht. Die Kronen (Typ IV Extra Hard Gold, Jelenko) wurden anhand des Meistermodells hergestellt. 48 Stunden nach der Insertion der letzten Implantate (Gruppe D) wurden alle Kronen eingegliedert. Der Weichgewebeschutz wurde entfernt. Die Kronen wurden inseriert und mit einer einzelnen SCS-Schraube befestigt, die mit einem ITI-Drehmomentschrauber (Institut Straumann) mit 15 Ncm angezogen wurde. Die Zugangslöcher befanden sich etwa in der Mitte der okklusalen Oberfläche. Die Okklusion wurde so gestaltet, dass die Kronen



**Abb. 3a** (links) Ansicht mit geringer Vergrößerung ( $\times 11,8$ ); dieses Implantat wurde 10 Tage (Gruppe C) vor der Restauration inseriert. Um das Implantat sind Kortikalis und Spongiosa zu erkennen, ebenso Weichgewebe koronal zur Kortikalis (Toluidinblau/basisches Fuchsin).

**Abb. 3b** (rechts) Stärkere Vergrößerung ( $\times 20$ ) des in Abb. 3a gezeigten histologischen Schnitts. Pfeile (von oben nach unten): Gingivasaum der periimplantären Mukosa, apikaler Rand des Saumeithels und erster (koronalster) Knochen-Implantat-Kontakt.



gerade eben keinen Kontakt zu ihren Antagonisten hatten. Das wurde durch visuelle Inspektion und die Verwendung von Okklusionspapier (Bausch Occlusionspapier 40  $\mu\text{m}$ , Dr. Jean Bausch) überprüft.

#### *Histologische Präparation*

Drei Monate nach dem Einsetzen der Abutments wurden alle Hunde eingeschläfert. Dazu erhielten sie eine Überdosis Pentobarbitalnatrium IV (0,2 ml, 65 mg/kg nach Gewicht) (Euthanasia, Burns Veterinary Supply). Die Blockresektion der Unterkiefer erfolgte mit einer oszillierenden Autopsiesäge (Stryker Co). Die entnommenen Segmente mit den Implantaten wurden für die histologische Präparation und Analyse in eine Lösung mit 4 % Formaldehyd und 1 % Calciumchlorid gegeben<sup>13</sup>.

Die Blöcke wurden dehydriert, infiltriert und in Methylmethacrylat

eingebettet. Im Abstand von jeweils 1 mm wurden von der mesialen zur distalen Seite von jedem Biopsat nicht dekalkifizierte Schnitte von etwa 500  $\mu\text{m}$  angefertigt. Dazu wurde eine langsam laufende Diamantsäge mit Kühlmittel verwendet. Die Schnitte wurden mit Kunststoffkleber auf opakes Acrylglas geklebt, bis auf eine Dicke von etwa 80  $\mu\text{m}$  beschliffen und mit Toluidinblau und basischem Fuchsin eingefärbt<sup>13</sup>.

#### *Histometrische Quantifizierung*

Die histometrische Quantifizierung erfolgte mit einem Mikroskop, das an eine hochauflösende Videokamera (CCD Iris Color Video Camera, Sony) und einen Computermontitor (Multisync XV17+, NEC) sowie einen PC (Vectra VL, Hewlett Packard) angeschlossen war. Alle Schnitte wurden mit unterschiedli-

**Tabelle 1 Messungen für die vier Implantatgruppen**

Histol. Messung	Durchschnittliche Messungen (mm)			
	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D
GM-aSE	1,84	1,94	1,93	2,24
aSE-1BIC	1,05	0,91	1,00	0,93
BW	2,88	2,85	2,93	3,17
IF-GM	-0,11	+0,13	+0,26	+0,63

GM = Gingivasaum; aSE = apikales Saumepithel; 1BIC = erster Knochen-Implantat-Kontakt  
 IF = Interface, IF-GM = positive Werte: Der Gingivasaum lag koronal zum Interface. Negative Werte:  
 Der Gingivasaum lag apikal zum Interface.

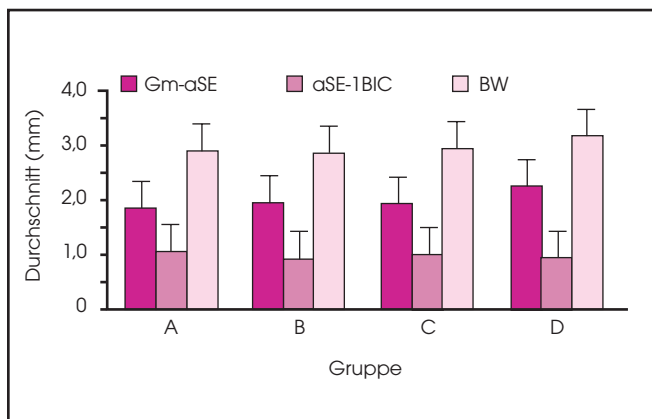
chen Vergrößerungen mit dem Lichtmikroskop analysiert, um die anatomischen Referenzpunkte zu ermitteln (Abb. 3). Die folgenden Messungen wurden vorgenommen:

1. Abstand vom Gingivasaum (GM) zum apikalsten Punkt des Saumepithels (aSE) = Sulkustiefe + Saumepithel
2. Abstand von aSE + erster Knochen-Implantat-Kontakt (1BIC) = Bindegewebskontaktbereich (CTC)
3. GM zum aSE + CTC = BW (biologische Breite)
4. Abstand zwischen dem Abutment-/Implantat-Interface (IF) oder Mikropalt und dem GM (Gingivasaum)
5. Abstand zwischen IF und aSE

#### Statistische Analyse

Für jeden histologischen Schnitt waren bis zu zwei messbare Bereiche vorhanden. Die ausgemessenen vertikalen Abstände waren Sulkustiefe und epitheliales Attachment

(GM-aSE), Bindegewebe (aSE-1BIC) und Rezession (IF-GM). Für jede Messung wurden die Durchschnittswerte errechnet. Dies führte für jedes Implantat zu einer Reihe von Werten (Tabelle 1). Dann wurde jede Messung mit einer Mixed-Model-Varianzanalyse (ANOVA) für jeden Hund ausgewertet, um festzustellen, ob die Implantatgruppen sich konstant voneinander unterschieden. Die Mixed-Model-ANOVA testete die Hauptwirkung jeder Implantatgruppe. Dabei wurden alle Ergebnisse der Wirkung auf den Hund angepasst. Wenn es signifikante F-Tests gab ( $P < 0,05$ ), wurden relevante paarige Vergleiche durchgeführt. Dabei wurden nicht paarige Student t-Tests verwendet, die der Wirkung auf den Hund angepasst waren, um die Unterschiede innerhalb aller Implantatgruppen (A bis D) festzustellen. Es ergaben sich keine statistisch signifikanten F-Tests. Alle Ergebnisse hatten  $P > 0,40$ , außer IF-GM ( $P > 0,15$ ) und aSE-1BIC ( $P = 0,071$ ).



**Abb. 4** Grafische Darstellung der Durchschnittswerte und Standardfehler für die kombinierte Sulkustiefe, das Saumepithel, das Bindegewebe und die biologische Breite. Die Gruppen A bis D entsprechen Belastungszeiten von 3 Monaten, 21 Tagen, 10 Tagen und 2 Tagen.

## Ergebnisse

### Klinische Beobachtungen

Alle Implantate waren nach den drei Monaten Belastung anscheinend integriert und klinisch stabil (es wurde keine Mobilität festgestellt). Es wurden keine frühen Misserfolge beobachtet. Außerdem erschien das Weichgewebe klinisch normal, es lagen keine Entzündungen oder Eiterungen vor. Die Gingiva war allgemein rosafarben, nicht ödematös und nicht geschwollen.

### Histometrische Analyse

Insgesamt wurden in den vier Gruppen 48 Implantate inseriert (12 Implantate in jeder Gruppe). Insgesamt lagen 112 lesbare histologische Schnitte vor. Da jeder Schnitt zwei messbare Bereiche aufwies, lagen für die Analyse insgesamt 224 Auswertungen vor. Um zu prüfen, ob die gemessenen Weichgewebepunkte einheitlich ausgewertet wurden, wurde ein zufällig herausgegriffenes Biopsat von demselben Untersucher sowie einem zweiten Untersucher erneut ausgewertet. Die Lage des koronalsten Teils des

Saumepithels und die apikale Grenze des Sulkus wurde weder genau noch einheitlich festgelegt. Bei diesen Messungen wurden deshalb die Sulkustiefe und das Saumepithel zu einer einzigen Messung zusammengefasst: GM-aSE. Die Durchschnittswerte für die biologische Breite (BW) (die Summe der Durchschnittswerte für GM-aSE und aSE-1BIC) betragen in Gruppe A (konventionell belastet) 2,88 mm, in Gruppe B (21 Tage bis zur Belastung) 2,85 mm, in Gruppe C (10 Tage bis zur Belastung) 2,93 mm und in Gruppe D (sofort belastet) 3,17 mm. Die Durchschnittswerte für die verschiedenen Weichgewebemessungen sind in Tabelle 1 angegeben. Insgesamt waren die Dimensionen bei den Implantaten mit den verschiedenen Belastungsprotokollen nicht statistisch signifikant verschieden ( $P > 0,07$ ). Das ist wichtig, da Gruppe A für das konventionelle Belastungsprotokoll steht, während Gruppe D das Protokoll mit sofortiger Belastung repräsentiert.

Die Beziehung der Weichgewebeselemente zueinander, die die biologische Breite bilden, ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Durchschnittswerte und Standardfehler der Messungen der Sulkustiefe und

des Saumepithels (GM-aSE) betragen in Gruppe A  $1,84 \pm 0,63$  mm, in Gruppe B  $1,94 \pm 0,53$  mm, in Gruppe C  $1,93 \pm 0,53$  mm und in Gruppe D  $2,24 \pm 0,63$  mm ( $P > 0,40$ ). Die durchschnittlichen Dimensionen des Weichgewebes (aSE-1BIC) waren  $1,05 \pm 0,29$  mm (Gruppe A),  $0,91 \pm 0,27$  mm (Gruppe B),  $1,00 \pm 0,42$  mm (Gruppe C)  $0,93 \pm 0,42$  mm (Gruppe D). Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ( $P > 0,60$ ). Bei den durchschnittlichen Abständen vom IF zum GM gab es in den Gruppen auch keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $P > 0,15$ ). Im periimplantären Weichgewebe waren keine strukturellen Unterschiede zu erkennen.

## Diskussion

Dentalimplantate werden heute entweder sofort oder nach unterschiedlich langer Einheilung belastet. In dieser In-vivo-Studie wurde die Auswirkung der sofortigen und der frühen Belastung im Vergleich zur verzögerten Belastung auf die Dimensionen des periimplantären Weichgewebes um Dentalimplantate im Unterkiefer von Hunden über

einen Zeitraum von drei Monaten verglichen. Die Ergebnisse zeigten bei den konventionell belasteten, sofort belasteten und früh belasteten Gruppen keinen signifikanten Unterschied bei den Dimensionen des periimplantären Gewebes.

In anderen Studien wurde das periimplantäre Weichgewebe um konventionell belastete Implantate untersucht. Das periimplantäre Weichgewebe, das in der vorliegenden Studie um die früh und sofort belasteten Implantate beobachtet wurde, war ähnlich wie das Weichgewebe, das um gedeckt und offen eingehheilte, konventionell belastete Implantate sowie an natürlichen Zähnen beobachtet wurde. Das Saumepithel war durch einen Bindegewebebereich vom Knochen getrennt. Dies wurde bei den sofort und früh belasteten Implantaten beobachtet. Es war der Situation vergleichbar, die bei den konventionell belasteten Implantaten beobachtet wurde. Die durchschnittliche lineare Dimension für die Sulkustiefe plus Saumepithel betrug 1,84 bis 2,24 mm. Für das Bindegewebe betrug sie 0,91 bis 1,05 mm. Die durchschnittlichen Messungen für die biologische Breite betragen 2,85 bis 3,17 mm. Diese letzteren Dimensionen ähneln denen des dentogingivalen Gewebes, die von Gargiulo et al.<sup>5</sup> beschrieben wurden. Sie berichteten von einer biologischen Breite von 2,73 mm an natürlichen Zähnen. Dies stimmte mit den Ergebnissen von Cochran et al.<sup>2</sup> überein, der festgestellt hat, dass um offen eingehheilte, einteilige Titanimplantate eine biologische Breite besteht. Bei den verschiedenen getesteten Gruppen betrug sie 2,94 bis 3,08 mm. Abrahamsson et al.<sup>14</sup> studierten die Reaktion des periimplantären Gewebes um ein zweiteiliges Implantatsystem bei ein- und zweizeitigen Protokollen. Die

Autoren berichteten von einer biologischen Breite von 3,0 bis 3,2 mm. In einer ähnlichen Studie einer anderen Gruppe wurde festgestellt, dass die Gesamtdimension des periimplantären Gewebes um gedeckt und offen eingehheilte Implantate etwa 2,93 bis 2,95 mm betrug. Allerdings wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt, wenn nur das Saumepithel betrachtet wurde<sup>15</sup>. Die Zeiträume der Einheilung wichen also erheblich von einander ab, aber anscheinend bildet sich das periimplantäre Weichgewebe unabhängig von der Belastungszeit aus.

In den meisten Studien wurde zwar berichtet, dass die biologische Breite an Implantaten ähnlich ist wie an natürlichen Zähnen, aber in manchen Studien wurde von größeren Dimensionen berichtet. In einer Studie von Abrahamsson et al.<sup>16</sup> zur Knochen- und Weichgewebeeintragung von Titanimplantaten mit unterschiedlicher Oberflächentopografie bei Beagles stellten die Autoren fest, dass die biologische Breite bei den verschiedenen Testimplantaten 3,78 bis 4,09 mm betrug. Ericsson et al.<sup>17</sup> berichteten, die Höhe der biologischen Breite habe bei einem ein- und zweizeitigen chirurgischen Verfahren bei Hunden 3,50 bis 3,90 mm betragen. In der vorliegenden Studie waren die Durchschnittswerte für die Gruppen A und D sichtlich (wenn auch nicht statistisch) verschieden. Die durchschnittliche biologische Breite betrug in Gruppe A 2,88 mm, in Gruppe D 3,17 mm. Gruppe B (21 Tage) und Gruppe C (10 Tage) hatten Weichgewebedimensionen, die denen der Gruppe A mehr ähnelten. In einer Publikation zu Knochenmessungen, in der das gleiche Protokoll angewandt wurde<sup>18</sup>, berichteten Quinlan et al. von einem marginal

statistisch signifikanten Unterschied bei der krestalen Knochenhöhe zwischen den Gruppen A und D. Der krestale Knochen befand sich in Gruppe D etwas weiter apikal als in Gruppe A. Dieses Ergebnis stimmt mit früheren Berichten überein, nach denen die Weichgewebe eine natürliche Beziehung zueinander haben und sich auf einem Niveau bilden, das von der Lage des Alveolarkamms abhängig ist<sup>2, 5, 9</sup>.

Das endgültige ästhetische Ergebnis einer implantatgetragenen Restauration, insbesondere im Frontzahnbereich, ist in gewissem Maß von der Lage des GM in Relation zum Implantat-/Abutment-/Kronen-Interface bestimmt. In früheren Publikationen wurde gezeigt, dass die Lage des Interface und seine Stabilität bei implantatgetragenen Restaurationen einen direkten Einfluss auf die Ästhetik von Weichgewebe und biologischer Breite haben<sup>19, 20</sup>. Der Gingivasaum stand in allen Gruppen in engem Zusammenhang mit dem Interface. Der Durchschnittswert lag bei Gruppe A leicht unter dem IF und in den Gruppen B, C und D leicht darüber (positive bzw. negative Vorzeichen in Tabelle 1). Der Durchschnittswert betrug 0,11 mm apikal zum Interface bis 0,63 mm koronal dazu. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit denen von Cochran et al.<sup>2</sup> überein. Sie beobachteten für IF-GM Durchschnittswerte von 0,08 mm koronal zum Interface bis 0,12 mm apikal zum Interface. Dies passt auch zu den Ergebnissen von Hermann et al.<sup>9</sup>. Sie errechneten Werte von 0,32 mm um einteilige, offen einheilende Implantate. Das gleiche gilt für Weber et al.<sup>15</sup>, die für einzellige Implantate einen Durchschnittswert von 0,42 mm ermittelten. In einer klinischen Studie von Buser et al.<sup>21</sup> betrug der Durchschnittswert für IF-GM nach 12 Monaten Belastung koronal zum





Interface 0,12 mm. Das ist mit den Werten der Gruppen A, B und C in der vorliegenden Studie vergleichbar. Gruppe D hatte zwar einen etwas höheren Durchschnittswert, aber dieser Unterschied war nicht statistisch signifikant. In der vorliegenden Studie war der Durchschnittswert für IF-GM in der sofort belasteten Gruppe D höher als in einer der oben genannten Studien (0,63 mm). In anderen Studien wird hingegen von IF-GM-Werten von etwa 1,97 mm<sup>14</sup> für offen einheilende, zweiteilige Implantate berichtet. Ericsson et al.<sup>17</sup> berichteten von 2,6 mm bei einem einzeitigen Verfahren mit einem zweiteiligen Implantat. Die Unterschiede in der Lage des periimplantären marginalen Gewebes können mit der Menge an entzündlichem Gewebe zusammenhängen, wie es auch an natürlichen Zähnen beobachtet wird, ebenso mit der Lage des Implantatkopfs in Relation zum Alveolar-kamm<sup>8, 9, 16</sup>.

### Schlussfolgerungen

In der vorliegenden In-vivo-Studie wurden die Dimensionen des periimplantären Weichgewebes um sofort und früh belastete einteilige Implantate sowie um konventionell belastete einteilige Implantate verglichen. Es wird zwar angenommen, dass die vollständige Reifung des Bindegewebes um natürliche Zähne bis zu sechs Monaten dauert<sup>22</sup>. Cochran et al.<sup>2</sup> haben jedoch gezeigt, dass es bei den Dimensionen des Weichgewebes um offen eingehelte, einteilige Implantate im Vergleich zwischen kurzfristiger (drei Monate) und langfristiger (ein Jahr) Belastung keine statistisch signifikanten Unterschiede gab. Aufgrund ihrer Beobachtungen und der Ergebnisse der vorliegenden Studie

wird die erfolgreiche Weichgewe-beintegration offenbar nicht durch das Belastungsprotokoll beeinflusst. Weiterhin ist die biologische Breite (Dimensionen und Beziehungen) um sofort belastete und früh belastete Implantate stabil und wird physiologisch ausgebildet. Die Weichgewebemessungen der getesteten Gruppen waren vergleichbar. Sie waren auch den Messungen an konventionell belasteten Implantaten und denen an natürlichen Zähnen vergleichbar. Diese Ergebnisse bestätigen das Konzept, dass das Weichgewebe (biologische Breite) physiologisch gebildet wird und im Lauf der Zeit stabil bleibt<sup>2, 8</sup>.

### Danksagung

Die Autoren danken Sonja Bustamante für ihre wertvollen Beiträge während des Studienzeitraums und Karen Lucas, Madge Cluck und Dolores Garza für ihre Unterstützung bei der Erstellung des Manuskripts, Richard J. Haines und seinen Kollegen für die vorbildliche Versorgung der Tiere und dem Institut Straumann für die Bereitstellung der Implantate.

### Literatur

1. McKinney RV Jr, Stefflik DE, Koth DL. Peri, peri, or trans? A concept for improved dental implant terminology. *J Prosthet Dent* 1984;52:267-269.
2. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbottom FL, Buser D. Biologic with around titanium implants. A histometric analysis of the implant-to-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:186-198.
3. Schroeder A, Pohler O, Sutter F. Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer (in German). *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1976;86:713-727.

4. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *J Maxillofac Surg* 1981;9:15–25.
5. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261–267.
6. Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *J Periodontol* 1992;63:225–235.
7. Hermann JS, Cochran DL, Nummikoski PV, Buser D. Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:1117–1130.
8. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res* 2000;11: 1–11.
9. Hermann JS, Buser D, Schenk R, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12:559–571.
10. Babbush CA, Kent JN, Misiek DJ. Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44:274–282.
11. Schnittman PA, Wohrle PS, Rubenstein JE. Immediate fixed interim prostheses supported by two-stage threaded implants: Methodology and results. *J Oral Implantol* 1990;16:96–105.
12. Chiapasco M, Gatti C, Rossi E, Haefliger W, Markwalder TH. Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study on 226 consecutive cases. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:48–57.
13. Schenk RK, Olah AJ, Herrmann W. Preparation of calcified tissues for light microscopy. In: Dickson GR (ed). *Methods of Calcified Tissue Preparation*. Amsterdam: Elsevier, 1984:1–56.
14. Abrahamsson I, Berglundh T, Moon IS, Lindhe J. Peri-implant tissues at submerged and non-submerged titanium implants. *J Clin Periodontol* 1999;26: 600–607.
15. Weber HP, Buser D, Donath K, et al. Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:11–19.
16. Abrahamsson I, Zitzmann NU, Berglundh T, Wennerberg A, Lindhe J. Bone and soft tissue integration to titanium implants with different surface topography: An experimental study in the dog. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:323–332.
17. Ericsson I, Nilner K, Klinge B, Glantz PO. Radiographical and histological characteristics of submerged and nonsubmerged titanium implants. An experimental study in the Labrador dog. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:20–26.
18. Quinlan P, Nummikoski P, Schenk R, et al. Immediate and early loading of SLA ITI single-tooth implants: An in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20: 360–370.
19. Gross M, Abramovich I, Weiss EI. Microleakage at the abutment-implant interface of osseointegrated implants: A comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:94–100.
20. Jansen VK, Conrads G, Richter EJ. Microbial leakage and marginal fit of the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:527–540.
21. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res* 1990; 1:33–40.
22. Donnenfeld OW, Hoag PM, Weissman DP. A clinical study on the effects of osteoplasty. *J Periodontol* 1970;41:131–141.