

Ein prospektiver, randomisierter, kontrollierter Vergleich von Implantaten mit konventionellen und durchmesserreduzierten (Platform-Switching) Abutments bei kurzspannigen Brücken



Kyle Trammell¹/Nico C. Geurs, DDS, MS²
 S. Jean O'Neal, DMD, MS³/Perng-Ru Liu, DMD⁴
 Sandra J. Haigh, RDH, MS⁵/Sandre McNeal, MS⁶
 James N. Kenealy, PharmD⁷/Michael S. Reddy, DMD, DMSc⁸

Aus neueren Beobachtungen geht hervor, dass sich der Knochenabbau verringert, wenn man ein Implantat mit einem durchmesserreduzierten Abutment versieht (Platform-Switching). Ziel dieser Studie war es, den röntgenologischen krestalen Knochenabbau und die biologische Breite um konventionelle Implantate sowie um Implantate mit Platform-Switching zu untersuchen. Die Implantate wurden nach dem Zufallsprinzip der Kategorie „konventionell“ oder „switched“ in derselben Restauration zugeteilt. 10 Patienten erhielten im Unterkiefer insgesamt 25 Implantate. Der Follow-up-Zeitraum dauerte zwei Jahre. Die Regressionsanalyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($P \leq 0,0001$). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass um Implantate mit Platform-Switching im Vergleich zu konventionellen Implantaten ein geringerer Knochenabbau erfolgt. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:563–569.)

¹ Student, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

² Privatdozent, Department of Periodontology, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

³ Professor, Department of Prosthodontics, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

⁴ Professor, Department of Comprehensive Dentistry, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

⁵ Clinical Research Coordinator, Department of Periodontology, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

⁶ Statistiker, Department of Diagnostic Sciences, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

⁷ Director of Global Clinical Research, Biomet 3i, Palm Beach Gardens, Florida, USA.

⁸ Professor, Department of Periodontology, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, Birmingham, Alabama, USA.

Korrespondenz an: Dr. Michael Reddy, University of Alabama at Birmingham School of Dentistry, 1530 3rd Avenue South, SDB 412, Birmingham, AL 35294-0007, USA; Fax: +1 205-934-7901; E-Mail: mreddy@uab.edu

Dentalimplantate dienen als künstliche Zahnwurzeln, mit deren Hilfe man den physischen und ästhetischen Beeinträchtigungen im Fall eines Zahnsverlusts vorbeugen kann. Der Erfolg eines Implantats hängt von mehreren Faktoren ab: Implantatdesign, Kau-/Belastungsbedingungen, Belastungsart, Komplikationen und patientenbezogenen Faktoren¹.

Die Erfolgsraten für Implantate sind in den einzelnen Studien sehr unterschiedlich. Eine mögliche Komplikation ist allerdings der krestale Knochenabbau. Er kann aufgrund vieler Faktoren zunehmen: Probleme beim Bohrprozess und bei der Wiedereröffnung², Einsetzen von rauen Implantatoberflächen in den krestalen Knochen³, Mikrogewinde-design für die biomechanische Stabilität des Implantats⁴, Belastung mit kegelförmigem statt flachem Interface¹ und Fehlen eines signifikanten Mikropalts⁵. Alle diese möglichen Komplikationen sind allerdings hypothetisch und es gibt keine endgültigen Ergebnisse dazu. Andererseits wurde beobachtet, dass die Resorption des Knochenkamms geringer ist, wenn auf einem Implantat ein durchmesserreduziertes Abutment befestigt wird statt eines konventionellen Abutments, das den gleichen Durchmesser hat wie das

Implantat. Durch das durchmesser-reduzierte Abutment wird das Implantat-Abutment-Interface nach innen verschoben, weg vom krestalen Knochen.

In neueren Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Knochenabbau in den ersten 12 Monaten der Belastung im Zusammenhang mit der Länge des polierten Halses verschiedener Implantatdesigns steht⁶. Außerdem wurde bei einem einphasigen Implantatsystem vor der funktionellen Belastung ein erheblich stärkerer Knochenabbau beobachtet als nach der Eingliederung der Restauration. Bei zweiphasigen (nicht transgingivalen) Implantaten wurde nach 12 Monaten kein weiterer erheblicher Abbau des Alveolarkamms beobachtet. Allerdings tritt bei zweiphasigen (nicht transgingivalen) Implantaten nach der Insertion des Heilungskäppchens oder Abutments ein Remodeling des Knochenkamms auf⁷.

Durch das Platform-Switching liegt das Implantat-Abutment-Interface näher am Mittelpunkt des Implantats und somit weiter vom Knochenkamm entfernt. Üblicherweise wird dazu ein Abutment mit Standard-Durchmesser auf einem Implantat mit größerem Durchmesser befestigt. Als Implantate mit konisch erweitertem Hals eingeführt wurden (Biomet 3i), standen für die Versorgung dieser Implantate nur Abutmentkomponenten mit Standarddurchmesser zur Verfügung. Lazzara und Porter⁸ berichteten, dass dadurch ein größerer Oberflächenbereich für das Weichgewebsattachement am Implantat geschaffen wurde, weil im Kontaktbereich eine größere Fläche freilag. Dies führte zu einem geringeren vertikalen Knochenabbau, als erwartet worden war. Daraufhin wurde die Theorie aufgestellt, dass die Position

des Implantat-Abutment-Interface ein entscheidender Faktor für den Knochenumbau ist.

Es gibt immer mehr Einzelberichte dazu, dass das Platform-Switching diese Hypothese zur biologischen Breite unterstützt. Dabei bezieht sich die biologische Breite auf die Höhe des dentogingivalen Attachments um einen gesunden Zahn. Sie wird als der Abstand definiert, der erforderlich ist, damit gesunder Knochen und Weichgewebe ab dem apikalen Punkt einer Versorgung vorhanden sein können. 1961 berichteten Gargiulo et al.⁹ über die durchschnittlichen Dimensionen des epithelialen Attachments (0,97 mm) und des Bindegewebes (10,07 mm) an Zähnen. Seitdem werden die kombinierten Messungen des dentogingivalen Komplexes als biologische Breite bezeichnet. Vacek et al. wiesen nach, dass die biologische Breite variabel sein kann. Manche Personen haben eine durchschnittliche biologische Breite von 0,75 mm, andere hingegen von 4,3 mm¹⁰. Die größere biologische Breite kann durch den Abbau des Knochenkamms aufgrund einer Parodontitis verursacht sein. Die Dimensionen können sich also auch mit dem Gesundheitszustand des Patienten ändern¹¹.

In restaurativer Hinsicht gilt ein Abstand von 3 mm zwischen dem Restaurationsrand und dem Knochenkamm als wünschenswert. Bei diesem Abstand werden der Sulkus (1 mm), das Saumepithel (1 mm) und das Bindegewebsattachement (1 mm) berücksichtigt.

Bei der Untersuchung der prothetischen Versorgung von Zähnen gingen Ingbar et al. auch auf die Verletzung der biologischen Breite und eventuell auftretende Folgen ein, wie Zahnfleischentzündung, Abbau des Alveolarknochens und Rezessionen¹². Manchmal wird die Meinung

vertreten, durch den Abbau des Knochenkamms stelle der Körper die biologische Breite wieder her. Deshalb wird empfohlen, dass koronal zum Knochenkamm ein Abstand von mindestens 3 mm eingehalten wird, damit die Einheilung stattfinden und der Zahn korrekt restauriert werden kann. Nevins und Skurow¹³ äußerten die Ansicht, die biologische Breite solle koronal zum Alveolarkamm gemessen 3 mm betragen. Damit könnten die Restaurationen mindestens 1 mm vom parodontalen Attachment entfernt in den Gingivalsulkus platziert werden.

Ähnlich wie bei einem Restaurationsrand, der zu nah am Knochen platziert ist, kann auch die Platzierung des Implantat-Abutment-Interface in zu großer Knochennähe zum Knochenabbau beitragen. Hermann et al.¹⁴ zeigten, dass nach der Insertion einteiliger Implantate, deren rauher/glatte Übergang sich auf Knochenkammniveau befand, die biologische Breite signifikant kleiner war, im Vergleich zu zweiteiligen Implantaten mit Mikropalt (Interface) am oder unter dem Knochenkamm ($P < 0,05$). In einer anschließenden Studie mit Hunden¹⁵ verglich dieselbe Gruppe den Abbau des Knochenkamms um Titanimplantate. Sie fand in den linearen Röntgenbildern und den histometrischen Messungen eine Übereinstimmung. Dies weist nebenbei darauf hin, dass Röntgenbilder für Messungen der biologischen Breite ein angemessener Ersatz sind.

Aus Studien geht hervor, dass bei Implantaten die biologische Breite sehr vom Design und von der Oberfläche des Implantats abhängt. Implantate mit einem kürzeren, glatten Hals verursachen offenbar einen geringeren Knochenabbau als Implantate mit großen, glatten Oberflächen, die unterhalb des Knochenkammniveaus inseriert wer-

den¹⁶. Auch Implantate mit rauer Oberfläche, die sich näher zum Implantat-Abutment-Interface befinden, verursachen einem geringeren Abbau des Alveolarkamms¹⁷.

Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass der geringere Knochenabbau bei Abutments mit geringerem Durchmesser an der Standarddimension der biologischen Breite liegt. Wenn die biologische Breite dem Standardabstand vom Implantat-Abutment-Interface entspricht, sollte sie bei ähnlichen Implantatdesigns relativ übereinstimmend sein. Bei einem Design mit durchmesserreduziertem Abutment, mit dem dieses Phänomen getestet wurde, sollte also die gleiche biologische Breite entstehen. Dies wiederum sollte zu einem geringeren Knochenabbau führen, weil das Bindegewebsattachment sich der reduzierten Form anpasst.

Das Implantat mit durchmesserreduziertem Abutment wurde geschaffen, um eine Restauration mit Platform-Switching zu ermöglichen. Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass um Implantate mit reduziertem Abutment (Platform-Switching) im Vergleich zu Standard-Implantaten ein geringerer Knochenabbau erfolgt. Ziel dieser Studie war es, röntgenologisch das krestale Knochenniveau nahe dem Implantat-Referenzpunkt ab dem Zeitpunkt der Implantatinsertion bis zu einem Zeitraum von zwei Jahren nach der Belastung auszuwerten.

Material und Methode

Studiendesign

10 geeignete Patienten, die in zwei, drei oder vier Bereichen eine Implantatversorgung benötigten, wurden in die Studie aufgenommen. Die Studie wurde vom Western Insti-

tutional Review Board genehmigt. Von allen Patienten wurde die Einwilligung nach Information eingeholt. Jedem Patienten wurden beide Implantattypen (Platform-Switching oder konventionelles Abutment) jeweils mindestens einmal inseriert, d. h. jeder Patient hatte mindestens ein Test- und ein Kontrollimplantat. Es wurden insgesamt 25 Implantate inseriert. Laut der Einschlusskriterien konnten Patienten beiderlei Geschlechts, jeder Rasse, ab 19 Jahren, bei denen die Entscheidung für die Insertion von Dentalimplantaten bereits getroffen worden war, teilnehmen. Es durfte keine Kontraindikationen gegen die chirurgischen und restaurativen Behandlungen geben, und die Patienten mussten jeden erforderlichen Termin wahrnehmen. Ausgeschlossen blieben Patienten mit einer aktiven Infektion oder Entzündung im Implantatbereich, Raucher, die mehr als 10 Zigaretten am Tag rauchten, Patienten mit nicht eingestelltem Diabetes oder einer Knochenstoffwechselerkrankung, Patienten, die innerhalb von 12 Monaten vor dem Screening eine Bestrahlungstherapie am Kopf erhalten hatten, die im Eingriffsbereich ein Knochentransplantat brauchten, schwanger waren, starke parafunktionelle Gewohnheiten hatten oder Freundversorgungen benötigten.

Als Testimplantat diente ein konisches, lateralisiertes Implantatsystem (Osseotite Certain NXP, Biomet 3i), das mit einem Durchmesser von 4, 5 und 6 mm sowie einer Länge von 8,5, 10, 11,5 und 13 mm erhältlich ist. Die Testimplantate wurden mit medialisierten Heilungsabutments versehen, die zur Auflagefläche einen Winkel von mehr als 60 Grad bildeten. Bei den Kontrollimplantaten (Osseotite Certain, Biomet 3i) wurden konventionelle (nicht medialisierte)

Abutments desselben Implantatsystems verwendet. Abgesehen von diesem Unterschied waren die Test- und Kontrollimplantate ähnlich.

Die teilnehmenden Patienten mussten mindestens sieben Termine wahrnehmen. Im ersten Termin wurde geklärt, ob der Patient die Anforderungen erfüllt, die Einwilligung nach Information wurde eingeholt und die klinischen und röntgenologischen Untersuchungen wurden vorgenommen. Beim zweiten Termin wurden in einem einzeitigen Eingriff die Implantate und die Heilungsabutments inseriert. Die Implantatlager wurden so präpariert, dass sich der Implantathals auf gleicher Höhe mit dem Alveolarkamm befand (Abb. 1). Für die Randomisierung wurde ein Losverfahren verwendet. Das Los wurde vor dem Implantateingriff geöffnet, um festzustellen, welcher Implantatbereich wie behandelt wurde. Der Verlauf ging dabei von rechts nach links (Abb. 2). Der dritte Termin fand sechs Wochen nach der Implantatinsertion statt. Dabei wurde eine Abformung für die Provisorien angefertigt. Nach zwei Monaten (vierter Termin) wurden die Provisorien eingegliedert. Die definitive Restauration wurde nach sechs Monaten (fünfter Termin) eingegliedert. Die beiden folgenden Termine fanden ein und zwei Jahre danach statt. Bei jedem Termin wurden die Implantatbereiche untersucht und es wurden die Werte für Zahnfleischentzündung, Gingiva- und Plaque-Index, Implantatmobilität, periimplantäre Radioluzenz und Eiterungen erhoben.

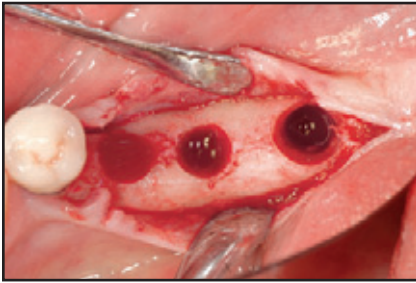


Abb. 1 (links) Krestale Ansicht der Implantatosteotomien, die nach dem Standardprotokoll des Herstellers erfolgt waren, vor der randomisierten Zuteilung der Implantate.

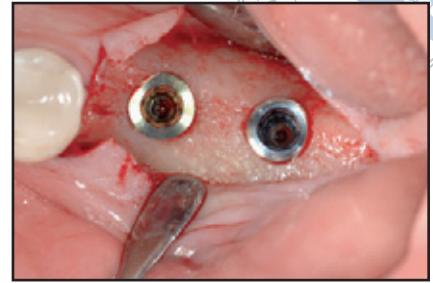


Abb. 2 (rechts) Insertion der Implantate nach dem Zufallsprinzip. Der Hals wurde bei allen Implantaten auf dem Niveau des Knochenkamms positioniert.

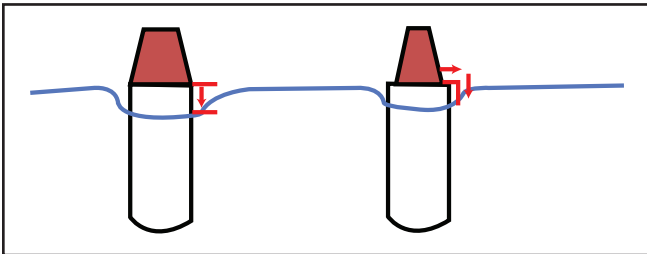


Abb. 3 Messung der geschätzten biologischen Breite. Die biologische Breite ist eigentlich ein dreidimensionales histologisches Volumen aus epitheliale Attachment und nicht mineralisiertem Bindegewebe als Interface zum Implantat. Sie wurde anhand von standardisierten zweidimensionalen Röntgenbildern indirekt geschätzt. Bei den beiden Plattform-Designs wurde eine Linie genau entlang der Implantatoberfläche vom Implantat-Abutment-Interface zum Interface von Alveolarkamm und Implantat gemessen.

Messungen

Der Knochenabbau wurde anhand von Röntgenbildern gemessen. Sie dienten auch für die Schätzung der biologischen Breite. Für die periapikalen Röntgenaufnahmen wurde eine standardisierte Projektionsgeometrie mit einer individuellen Aufbissplatte verwendet. So war die Reproduzierbarkeit jeder Aufnahme gewährleistet. Die Filme wurden mit einem Standardprozessor für anatomische Ansichten entwickelt und die Röntgenaufnahmen anschließend mit einer Standardtechnik digitalisiert. Jeder Film wurde mit einem hochauflösenden Scanner für die Analyse gespeichert. Das krestale Knochenniveau wurde anhand der periapikalen Röntgenbilder gemessen. Dazu wurde eine gerade Linie gemessen, die von einer anatomischen Position am Implantat-Abutment-Interface zum apikalsten Interface mit dem Alveolarknochen auf der mesialen und distalen Seite

des Implantats verlief. Außerdem wurde mithilfe der Röntgenbilder die biologische Breite an jedem Implantat geschätzt. Dazu wurde eine direkte Linie gemessen, die vom Implantat-Abutment-Interface (sowohl bei den durchmesserreduzierten als auch bei den konventionellen Abutments) zum apikalsten Interface mit dem Alveolarknochen auf der mesialen und distalen Seite des Implantats verlief.

Es wurde eine Reproduzierbarkeitsstudie durchgeführt. Dazu wurde anhand jedes in die Analyse aufgenommenen Röntgenbilds festgestellt, wie genau der Untersucher gemessen hatte und wie reproduzierbar die Messungen waren. Die Implantatlängen waren bekannt und ein Implantat wurde als bekannter Standard für die Kalibrierung jeder Röntgenaufnahme verwendet. Nur ein Untersucher wertete die Filme unter standardisierten Bedingungen an zwei verschiedenen Tagen aus. Die Unterschiede

zwischen den beiden Messergebnissen wurden berechnet. Die Messungen galten als relevant und wiederholbar, wenn der Unterschied $\leq 5\%$ betrug. Mit einer Computersoftware zur Röntgenanalyse (Inspector 8.0, Matrox) wurden die abschließenden Messungen anhand der digitalisierten Bilder zum Zeitpunkt der definitiven Versorgung vorgenommen. Sie wurden mit Werten verglichen, die bei der Implantatinsertion (Ausgangssituation) erhoben worden waren.

Statistische Analyse

Die univariate Analyse umfasste Häufigkeiten und Durchschnittswerte. Mit standardisierten t-Tests wurden die Durchschnittsmessungen der Gruppen miteinander verglichen. Für multivariable lineare Regressionsmodelle zu jeder Messung wurde das GENMOD-Verfahren angewandt. Die Regressionsmodelle



Abb. 4a (links) Okklusale Ansicht der definitiven Versorgung nach zwei Jahren Funktion.



Abb. 4b (rechts) Faziale Ansicht der definitiven Versorgung nach zwei Jahren Funktion. Klinisch ist kein Unterschied zwischen dem Weichgewebe der Kontroll- und Testbereiche zu erkennen.



Abb. 5a (links) Röntgenbild der Implantate in der Ausgangssituation, mit Abutment-Switching nach dem Zufallsprinzip.



Abb. 5b (rechts) Röntgenbild nach zwei Jahren Funktion. Der Knochenabbau am Hals des mesialen und des distalen Implantats (Kontrolle) und der minimale Knochenabbau an dem Implantat mit Platform-Switching ist zu erkennen.

wurden für wiederholte Messungen mit verwendet. Alle Analysen erfolgten mit SAS Version 9.1 (SAS Institute).

Ergebnisse

Alle Implantate waren erfolgreich. Im Verlauf von zwei Jahren war der Knochenabbau minimal (Abb. 4). Zwischen den Bereichen mit Platform-Switching und den konventionellen Kontrollbereichen wurden bei den klinischen Parametern keine Unterschiede beobachtet.

Es wurde kein statistischer Unterschied für die Intraoperator-Variabilität festgestellt. Der Pearson-Korrelationskoeffizient für die wiederholten Bildmessungen betrug 0,89 bis 0,91, zeigte also eine hohe Korrelation für alle Messungen der ersten und zweiten Prüfung durch den Operator.

Im t-Test-Verfahren, mit dem der krestale Knochenabbau analysiert wurde, wurde ein statistisch signifi-

kanter Unterschied zwischen den konventionellen und den Platform-Switching-Implantaten beobachtet ($P = 0,0368$), mit einem durchschnittlichen Knochenabbau von $1,19 \pm 0,58$ mm bzw. $0,99 \pm 0,53$ mm (Abb. 5). Nach der Regressionsanalyse, in der die Implantatlänge und Zahnposition berücksichtigt wurden, wurde ein signifikanter Unterschied beobachtet ($P \leq 0,0001$). Das t-Test-Verfahren, mit dem die röntgenologisch geschätzte biologische Breite analysiert wurde, ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den konventionellen und den Platform-Switching-Implantaten ($P = 0,7419$), bei einer durchschnittlichen biologischen Breite von $1,53 \pm 0,78$ mm bzw. $1,57 \pm 0,72$ mm. Die Regressionsanalyse zur röntgenologisch geschätzten biologischen Breite, die die Implantatlänge und Zahnposition berücksichtigte, ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($P = 0,1996$).

Diskussion

Die in dieser Studie durchgeführten röntgenologischen Messungen wiesen ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit auf. Die für diese Messungen verwendete Methode erwies sich als genau zur Messung des krestalen Knochenabbaus und der geschätzten biologischen Breite an Dentalimplantaten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass um Dentalimplantate mit Platform-Switching im Vergleich zu konventionellen Implantaten ein geringerer Knochenabbau erfolgt. Außerdem fiel die röntgenologische Messung der biologischen Breite bei den konventionellen und den Platform-Switching-Implantaten gleich aus. Die Messung vom Implantat-Abutment-Interface zum Knochenkamm war bei beiden Gruppen sehr einheitlich. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass durch ein durchmesserreduziertes Abutment und das verbesserte Bindegewebs-

attachment bei Implantaten mit Platform-Switching eine geringere Resorption des Knochenkamms bewirkt wurde.

Die Ergebnisse dieser Studie sind mit anderen Studien vergleichbar, in denen der krestale Knochenabbau und die biologische Breite untersucht wurden¹⁸⁻²⁰. Becker et al.¹⁸ stellten fest, dass ein um 0,5 mm reduziertes Abutment der apikalen Verlagerung der Epithelbarriere über einen Zeitraum von 28 Tagen vorbeugte. Dies führte zu einem geringeren Knochenabbau als bei den Standard-Heilungsabutments. Calvo Guirado et al. kamen zu dem Schluss, dass Platform-Switching eine einfache Technik für den Erhalt des periimplantären krestalen Knochens sein kann¹⁹. Der geringere Knochenabbau könnte ein Ergebnis der funktionalen Kräfte der okklusalen Belastung sein, die auf die Längsachse des Implantats gerichtet bzw. konzentriert sind.

In dieser prospektiven Studie wurden allen Patienten sowohl Test- als auch Kontrollimplantate eingesetzt. Dabei wurde im Beobachtungszeitraum von zwei Jahren ein statistisch signifikanter Unterschied beim krestalen Knochenabbau festgestellt. Bei den Implantaten mit demselben Design wurde bei der Messung der geschätzten biologischen Breite kein Unterschied festgestellt. Dies unterstützt die Theorie, dass die histologische Dimension der biologischen Breite in der strukturellen Anatomie von Implantaten eine gewisse Funktion hat.

Es muss noch angemerkt werden, dass es sich nicht um eine völlige Blindstudie handelte. Sowohl der Parodontologe, der die Implantate inserierte, als auch der Untersucher, der die Röntgenbilder auswertete, wussten, welche Implantate ein Abutment mit geringerem Durchmesser hatten. Von Interesse ist

auch, dass alle Implantate in den Unterkiefer inseriert wurden. Deshalb können aus diesen Daten keine allgemeinen Schlussfolgerungen für eine Implantatinserion in den Oberkiefer gezogen werden.

Schlussfolgerungen

Ein Ziel der Dentalimplantologie ist es, den Knochenabbau bei jedem inserierten Implantat möglichst gering zu halten. Beim Platform-Switching wurde im Zeitraum von zwei Jahren ein geringer, aber messbarer Unterschied im krestalen Knochenabbau festgestellt. Die röntgenologisch geschätzte biologische Breite war hingegen einheitlich. Die Theorie des Platform-Switching kann damit weiterhin als gültig betrachtet werden. Anscheinend ist dies auf die biologische Breite zurückzuführen, die bei Implantaten, die nur im Durchmesser des Abutments variieren, konstant bleibt. Da es in dieser Studie nur wenige Teilnehmer gab, sind weitere Studien zu anderen Abutment-Implantat-Designs in großem Umfang erforderlich, um diese Ergebnisse zu bestätigen.

Literatur

1. van Steenberghe D. A retrospective multicenter evaluation of the survival rate of osseointegrated fixtures supporting fixed partial prostheses in the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 1989;61: 217–223.
2. Jemt T, Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: A 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:635–640.
3. Herman 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.
4. van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, et al. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: A prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:272–281.
5. Barboza EP, Caúla AL, Carvalho WR. Crestal bone loss around submerged and exposed unloaded dental implants: A radiographic and microbiological descriptive study. *Implant Dent* 2002;11:162–169.
6. Ericsson I, Lekholm U, Brånemark PI, Lindhe J, Glantz P-O, Nyman S. A clinical evaluation of fixed-bridge restorations supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants. *J Clin Periodontol* 1986;13:307–312.
7. McEvoy PE. Selecting treatment options and sequencing treatment in the replacement of 2 maxillary central incisors with implants: A case report. *J Oral Implantol* 2003;29:278–283.
8. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26:9–17.
9. Gargiulo A, Wentz F, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32: 262–267.
10. Vacek JS, Gher ME, Assad DA, Richardson AC, Giambarresi LI. The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14: 154–165.
11. Novak MJ, Albather HM, Close JM. Redefining the biologic width in severe, generalized, chronic periodontitis: Implications for therapy. *J Periodontol* 2008; 79:1864–1869.
12. Ingbar FJS, Rose LF, Coslet JG. The biologic width. A concept in periodontics and restorative dentistry. *Alpha Omegan* 1977;10:62–65.
13. Nevins M, Skurow HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4(3):30–49.
14. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12:559–571.
15. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants: A methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:475–485.
16. Pontes AE, Ribeiro FS, da Silva VC, et al. Clinical and radiographic changes around dental implants inserted in different levels in relation to the crestal bone, under different restoration protocols, in the dog model. *J Periodontol* 2008;79:486–494.
17. Hänggi MP, Hänggi DC, Schoolfield JD, Meyer J, Cochran DL, Hermann JS. Crestal bone changes around titanium implants. Part I: A retrospective radiographic evaluation in humans comparing two non-submerged implant designs with different machined collar lengths. *J Periodontol* 2005;76:791–802.
18. Becker J, Ferrari D, Herten M, Kirsch A, Schaer A, Schwarz F. Influence of platform switching on crestal bone changes at non-submerged titanium implants: A histomorphometrical study in dogs. *J Clin Periodontol* 2007;34:1089–1096.
19. Calvo Guirado JL, Saez Yuguero MR, Pardo Zamora G, Muñoz Barrio E. Immediate provisionalization on a new implant design for esthetic restoration and preserving crestal bone. *Implant Dent* 2007;16:155–164.
20. Hermann F, Lerner H, Palti A. Factors influencing the preservation of the periimplant marginal bone. *Implant Dent* 2007;16: 165–175.