

Kurze Implantate: Wann sind sie erfolgreich und wann nicht? Eine Literaturlauswertung



Douglas Deporter, DDS, Dipl Perio, PhD¹

Dentale Implantate mit einer Länge ≤ 8 mm können in Seitenzahnbereichen mit einer erheblichen Alveolarkammatrophy erfolgreich inseriert werden. Trotzdem bleiben viele Zahnärzte skeptisch und verwenden kurze Implantate selten oder gar nicht. Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Implantation sind die Rauigkeit der Implantatoberfläche, das Implantationsverfahren sowie vermutlich der Implantatdurchmesser. Diese Faktoren werden nachfolgend besprochen. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2013;33:419–426.)

¹ Professor für Parodontologie, Faculty of Dentistry, University of Toronto, Toronto, Ontario, Kanada.

Korrespondenz an: Dr. Douglas Deporter, 124 Edward Street, Toronto, ON M5G 1G6, Kanada. E-Mail: douglas.deporter@dentistry.utoronto.ca

©2013 by Quintessence Publishing Co Inc.

Nach den ersten Erfahrungen mit enossalen Schraubenimplantaten zeigte sich, dass ihr Erfolg stark von ihrer Länge abhängt. Dabei war das Misserfolgsrisiko bei Implantaten < 10 mm im Unterkiefer und < 13 mm im Oberkiefer am größten^{1–6}. Dies wurde überwiegend auf die maschinierete Oberfläche der damaligen Implantate zurückgeführt, d. h. auf ihre minimale Rauigkeit⁷. Sie war die Ursache dafür, dass nur ein geringer Knochen-Implantat-Kontakt entstehen konnte^{8,9}. Die Implantate zeigten daher bei einer nicht axialen Belastung nur eine geringe Zugfestigkeit^{10–13}, insbesondere an der bukkalen und lingualen Oberfläche¹⁴. Man ging davon aus, dass derartige Kräfte zu Mikrofrakturen des krestalen Knochens, Knochenverlust, der Lockerung kurzer Implantate und zu einem Misserfolg führen können¹². Später zeigten jedoch Pierrisnard et al.¹⁵ in einer dreidimensionalen Finite-Elemente-Analyse maschinierter Implantate, dass diese Annahme nicht zutrifft. Ihren Daten zufolge konzentrieren sich die Kräfte, die auf Schraubenimplantate einwirken, in den drei bis fünf am weitesten koronal gelegenen Gewindegängen und sind unabhängig von der Implantatlänge. Seitdem ist nicht mehr klar ersichtlich, wie brauchbar Implantate mit kurzem Gewinde tatsächlich sind. So kommen die vor Kurzem veröffentlichten Leitlinien¹⁶ der European

Association of Dental Implantologists zu dem Schluss, dass „das Nutzen-Risiko-Verhältnis von kurzen Implantaten (< 8 mm) beim klinischen Einsatz zum derzeitigen Zeitpunkt nicht klar bestimmt werden kann“. Zusätzlich werden kurze Implantate auch noch unterschiedlich definiert. In diesem Artikel wird die strikteste Definition¹⁷ verwendet, wonach ein kurzes Implantat ≤ 8 mm lang ist. Einen Vergleich erschweren weiterhin Variationen der Oberflächenrauigkeit der Implantate, des Operationsverfahrens, der Erfahrungen des Operateurs, der Knochenqualität, des Implantatdurchmessers und ob die kurzen Implantate mit längeren verblockt wurden oder nicht. Außerdem wurde nicht in allen Studien der krestale Knochenverlust gemessen, sodass oft keine echten Erfolgsraten angegeben wurden. In dem vorliegenden Artikel wird eine Übersicht der aktuellen Veröffentlichungen über kurze Implantate geboten und es werden die Schlüsselfaktoren für den Erfolg von Implantaten mit einer Länge ≤ 8 mm benannt.

Material und Methode

In der National Library of Medicine und der Datenbank der SCOPUS Cochrane Oral Health Group wurden Artikel herausgesucht, die von Anfang 2000 bis Oktober 2011 in englischer Sprache in peer-reviewed Zeitschriften erschienen waren. Ebenfalls einbezogen wurden Literaturangaben in diesen Artikeln, die sich auf Veröffentlichungen aus dem Zeitraum vor dem Jahr 2000 bezogen. Die möglicherweise relevanten Artikel wurden in der Volltextversion überprüft, um ausführliche Informationen zu erhalten. Die Suche erfolgte mit einer bestimmten Kombination aus Schlüsselwörtern wie „kurzes dentales Implantat“, „krestaler Knochen“ und „Kronen-Implantat-Verhältnis“.

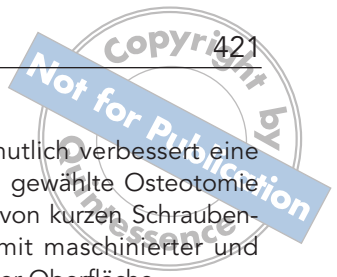
Ergebnisse

Gemäß Renouard und Nisand¹⁷ zeichnen sich kurze dentale Implantate dadurch aus, dass ihre Länge im Knochen (Knochen-Implantat-Kontakt) ≤ 8 mm beträgt, und breite Implantate haben einen Durchmesser $> 4,5$ mm. In einem aktuellen Review von Studien, die zwischen 1992 und 2009 veröffentlicht wurden¹⁸, unterschied sich der Misserfolg derartiger kurzer Implantate stark abhängig innerhalb der Länge und zwischen den Längen: 6 mm (0 bis 4,5 %), 7 mm (0 bis 37,5 %) und 8 mm (0 bis 22,95 %). Der Misserfolg hing von der Position, der Oberflächenrauigkeit und dem Implantatdurchmesser ab. Am schlechtesten war das Ergebnis von Implantaten mit maschinieren Oberflächen (wie dem ursprünglichen Bränemark-Implantat), mit einem Durchmesser von 5 mm und bei der Insertion im Oberkiefer. Bei Implantaten mit kurzem Gewinde, stärkerer Oberflächenrauigkeit oder Presspassung sowie gesinterter poröser Oberfläche waren Position und Durchmesser weniger wichtig. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen vor Kurzem Sun et al.¹⁹ in einem systematischen Literatur-Review, wobei sie jedoch die ältere Definition von kurzen Implantaten (≤ 10 mm) verwendeten. Trotzdem schlugen in ihrer Studie Implantate mit maschinierter Oberfläche und kurzem Gewinde (6, 7 oder 8 mm) allgemein häufiger fehl als entsprechende 10-mm-Implantate (5,9 bis 32,2 % bei kurzen bzw. 2,6 bis 14,6 % bei 10-mm-Implantaten). Im Gegensatz dazu sind die Misserfolgsraten von Implantaten mit mäßig rauer Oberfläche und kurzem Gewinde ähnlich denen entsprechender 10-mm-Implantate (0 bis 3,6 % bei kurzen bzw. 0,5 bis 4,7 % bei 10-mm-Implantaten). Offenbar ist die Oberflächenrauigkeit für den Erfolg echter kurzer Implantate der entscheidende Faktor.

Diskussion

Die Schlussfolgerung von Neldam und Pinholt¹⁸, wonach Implantate mit breiterem Durchmesser (5 mm) häufiger fehlschlagen als solche mit einem normalen Durchmesser (3,75 bis 4 mm), ist verblüffend. Man sollte annehmen, dass mit dem Durchmesser auch die Oberfläche des Implantats zunimmt, womit der Erfolg kurzer Implantate unabhängig von der Oberflächenrauigkeit verbessert wird. Die Finite-Elemente-Analyse legt nahe, dass Implantate mit einem größeren Durchmesser den krestalen Knochen weniger belasten²⁰⁻²², was durch morphometrische Daten aus Tierstudien gestützt wird²³. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit von Mikrofrakturen und einer anschließenden Resorption des krestalen Knochens. In einem der frühesten klinischen Berichte über Implantate mit maschinierter Oberfläche von Ivanoff et al.²⁴ stiegen die Misserfolgsraten von kurzen (6 bis 8 mm) Implantaten mit dem Durchmesser (6,4 % bei Durchmessern < 5 mm bzw. 20 % bei einem Durchmesser von 5 mm). Im Gegensatz zu den meisten anderen Ärzten beschrieben sie jedoch auch einen häufigeren Misserfolg im Unter- als im Oberkiefer. Das legt nahe, dass ihre Ergebnisse vom Verfahren beeinflusst wurden (z. B. einer zu starken Instrumentierung oder einer Überhitzung von dichterem Knochen). Trotzdem beeinflussten ihre Daten die Schlussfolgerungen von Neldam und Pinholt¹⁸ in ihrem Review.

In anderen Studien²⁵⁻²⁸ wurde der negative Effekt eines höheren Durchmessers bei kurzen Schraubenimplantaten nicht bestätigt. Tawil und Younan²⁸ ermittelten mit zunehmendem Durchmesser sogar einen größeren Erfolg. Sie erhoben Daten an 27 Implantaten mit einer Länge von 7 mm und einer maschinieren Oberfläche (Durchmesser: 3,75 mm, 4,0 mm und 5,0 mm) nach einer Belastungsdau-



er von 12 bis 92 Monaten. Von den Implantaten mit einem Durchmesser von 3,75 mm und 4,0 mm schlugen fünf fehl (18,5 %), während von den Implantaten mit einem Durchmesser von 5 mm alle überlebten. In einer aktuellen Metaanalyse der veröffentlichten Berichte über mehr als 19000 Implantate (mit maschinierter und rauer Oberfläche) konnten Pommer et al.²⁹ nach mindestens einjähriger funktioneller Belastung keinen Zusammenhang zwischen dem Durchmesser und dem Misserfolg feststellen. Allerdings war für den Erfolg von Implantaten mit maschinierter Oberfläche oft eine Modifikation des Operationsprotokolls erforderlich. Die wichtigste Veränderung war das Anlegen etwas zu kleiner Osteotomien, um die Primärstabilität der Implantate zu verbessern^{25,30-33}, wobei die Osteotomie auch nicht zu klein angelegt werden darf³⁴. Außerdem durften die Implantate insbesondere bei geringer Knochendichte nicht vollständig im Knochen versenkt werden^{35,36}. Mit diesem Vorgehen erzielten Renouard und Nisand²⁵ im oberen Seitenzahnbereich statistisch ähnlich gute Ergebnisse mit kurzen Schraubenimplantaten (Ti-Unite, Nobel Biocare) mit Standard- bzw. großen Durchmessern und Oberflächen, die maschinert (7,4 % Misserfolg) oder mäßig rau (2,4 % Misserfolg) waren. Allerdings waren 77 % der Implantate 8,5 mm lang, d. h. nach ihrer eigenen Definition nicht wirklich kurz¹⁷. Nach funktioneller Belastung für zwei Jahre betrug der mittlere Knochenverlust bei allen Implantaten (54 maschinerte, 42 Ti-Unite) 0,44 mm. Bei vier Implantaten (ohne Angaben zu Länge und Oberfläche) betrug der Knochenverlust > 2,5 mm (d. h. ~30 % der Implantatlänge), was jedoch nicht als Misserfolg eingestuft wurde.

In den ersten Berichten über kurze, säuregeätzte (d. h. mäßig raue⁷) Schraubenimplantate zeigten sich bei

einer Länge von 7 mm Misserfolgsraten von 11,8 bis 14,3 %^{37,38}. Diese dürften aufgrund der Angaben zum Implantatverlust vom Operationsverfahren beeinflusst gewesen sein. Allerdings verwendeten diese Untersucher nur sehr wenige Implantate mit einer Länge von 7 mm (17 von 311³⁷). Später beschrieben Anitua und Orive³⁹ gute Ergebnisse (99,3 % Überleben) für kurze Schraubenimplantate (6,5 bis 7,5 mm) mit mäßig rauer Oberfläche (BTI, Biotechnology Institute) und unterschiedlichem Durchmesser (vor allem 3,75 mm, 4,0 mm, 4,5 mm und 5,0 mm) im Seitenzahnbereich. Die Implantate besaßen eine konische, selbstschneidende Spitze und wurden niedrigtourig eingedreht. Außerdem wurden sie kurz vor der Insertion mit autogenem plasmareichem Wachstumsfaktor beschichtet, was sich ebenfalls auf die Ergebnisse ausgewirkt haben dürfte. Malo et al.⁴⁰ beschrieben für Implantate mit einer Länge von 7 mm bei einem modifizierten Bohrverfahren und einem minimalen Eindrehmoment von 32 Ncm gute Ergebnisse. Die Untersucher setzten 126 Schraubenimplantate mit einer Länge von 7 mm (Durchmesser: 3,75 oder 4,0 mm) mit maschinierter oder mäßig rauer (Ti-Unite) Oberfläche. Die meisten Implantate (104) wurden in den unteren Seitenzahnbereich gesetzt und mit längeren Implantaten verblockt (68 von 126). Misserfolge gab es nur in der Gruppe mit den maschinerten Oberflächen; und sie traten im Oberkiefer häufiger auf (11,1 %) als im Unterkiefer (1,9 %). In einem Hundemodell setzten Al-Marshood et al.⁴¹ Schraubenimplantate mit mäßig rauer Oberfläche in zu kleine Osteotomien. Sie ermittelten einen größeren Knochen-Implantat-Kontakt als bei den Implantaten, die mit operativen Standardverfahren gesetzt wurden. Dies erklärt die besseren Ergebnisse kurzer Implantate, die beim Menschen auf ähnliche Weise gesetzt

wurden. Vermutlich verbessert eine leicht zu klein gewählte Osteotomie das Ergebnis von kurzen Schraubenimplantaten mit maschinierter und mit mäßig rauer Oberfläche.

Inzwischen verwenden die meisten Ärzte Implantate mit mäßig rauer Oberfläche⁷ (1 bis 3 μm), also solche mit säuregeätzter und/oder sandgestrahlter oder oxidiertes Oberfläche. Mäßig raue Oberflächen fördern die schnellere Integration und führen zu einem stärkeren Knochen-Implantat-Kontakt als maschinerte Oberflächen^{8,9,42}. Viele Ärzte^{25,43-46}, aber nicht alle⁴⁷, haben mit derartigen Implantaten in Standardlänge und kurzer Länge gute klinische Ergebnisse erzielt. In einem Literatur-Review und einer Metaanalyse von Studien (bis einschließlich August 2007) mit kurzen (≤ 8 mm oder < 10 mm) bzw. langen (≥ 10 mm) Implantaten mit mäßig rauer oder rauer Oberfläche kamen Kotsovilis et al.⁴⁸ zu dem Ergebnis, dass sich die Implantatlänge nicht signifikant auf das Versagen auswirkte. Auch Pommer et al.²⁹ schlussfolgerten aus einer Metaanalyse von veröffentlichten Studien über mehr als 19000 Implantate, dass kurze Implantate mit rauer Oberfläche bessere Ergebnisse erbringen als solche mit maschinierter Oberfläche. Allerdings hing das Ergebnis von der Position ab: so schlugen kurze raue Implantate im oberen Frontzahnbereich signifikant häufiger fehl als solche in anderen Positionen. Fugazzotto et al.⁴⁵ veröffentlichten die ersten Daten für den Zeitraum von 0 bis 84 Monaten für eine Gruppe von Patienten, die gemäß der Herstellerangaben Implantate mit rauer (Titanplasma-Spray [TPS]) oder mäßig rauer (sandgestrahlt, grobkörnig, säuregeätzt [SLA]) Oberfläche und einer Länge von ≤ 9 mm erhalten hatten. Die Implantate wurden nur in den oberen Seitenzahnbereich gesetzt und mit einer Einzelkrone versorgt. Insgesamt wurden 979 Implantate gesetzt, von

denen 839 (85,7 %) kurz waren (7 bis 8 mm) und 69,2 % breit (Durchmesser 4,8 mm). Nur 10 (1,2 %) kurze Implantate gingen verloren (Länge jeweils 8 mm), acht davon in den ersten zwei Jahren und die anderen beiden nach fünf Jahren. Obwohl bei dieser Gruppe insbesondere bezüglich der krestalen Knochenveränderungen Langzeitbeobachtungen erforderlich sind, unterstützen die Ergebnisse den Einsatz kurzer, breiter, rauer bis mäßig rauer Schraubenimplantate im oberen Seitenzahnbereich. Vor Kurzem veröffentlichten Esposito et al.⁴⁹ die ersten Ergebnisse einer randomisierten prospektiven Studie. Sie setzten kurze (5 mm) und breite (6 mm) Schraubenimplantate mit mäßig rauer Oberfläche in den antrophierten oberen oder unteren Seitenzahnbereich und verglichen sie mit längeren (10 bis 13 mm) Implantaten mit Standarddurchmesser (4 mm), die in resorbierte, vertikal augmentierte Bereiche inseriert worden waren. Die Ergebnisse der beiden Implantattherapien waren nach einjähriger funktioneller Belastung vergleichbar. Von den langen Implantaten waren zwei fehlgeschlagen (8,5 % im Unterkiefer, 13 % im Oberkiefer) und von den kurzen eines (im Oberkiefer). Die kurzen, breiten Implantate verursachten einen signifikant geringeren krestalen Knochenverlust (1,30 bzw. 1,48 mm). Trotzdem: Ein Knochenverlust von 1,3 mm bedeutet bei einer Implantatlänge von 5 mm, dass 26 % des Implantats freiliegen. Zudem sind bei einem zunehmenden krestalen Knochenverlust vermehrte Belastungen des verbliebenen Knochenlagers zu erwarten⁵⁰. Es müssen noch weitaus mehr langfristige Daten erhoben werden, um zu bestätigen, dass dieser Knochenverlust nicht fortschreitet. Kurze, sehr breite Schraubenimplantate mit mäßig rauer Oberfläche sind nach der Extraktion bestimmter Molaren gut zur Sofortimplantation geeignet⁵¹ (Abb. 1). Derzeit scheint

eine Erhöhung des Implantatdurchmessers das Überleben von wirklich kurzen Schraubenimplantaten zu verbessern.

Weitere Belege dafür, dass kurze Implantate mit größerer Oberflächenrauigkeit bessere Ergebnisse erbringen, stammen aus Studien zu Presspassung-Implantaten mit gesinterter poröser Oberfläche (SPS), deren Länge < 5 mm betrug^{52–54} und die in Knochen mit geringer Dichte inseriert wurden⁵⁵. Diese Implantate ohne Gewinde besitzen eine 300 µm dicke Oberfläche mit Perlen aus Titanlegierungen, wodurch Poren mit einer Größe von 50 bis 200 µm entstehen, in die der Knochen einwächst^{11,13,56}. Dieser Knochen-Implantat-Kontakt bietet eine signifikante Resistenz gegen nicht axiale Zugkräfte⁵⁷. In prospektiven klinischen Studien an teilbezahnten Oberkiefern wirkte sich eine Zunahme der Länge (5 bis 12 mm) nicht signifikant auf die mittels Dämpfung ermittelte Stabilität von SPS-Implantaten aus⁵⁸. In einer anderen Studie wurden SPS-Implantate für 10 Jahre im Unterkiefer mit Deckprothesen belastet. Die verwendeten Implantatlängen betrug 7, 8, 9 und 10 mm, wobei das kürzeste Implantat am erfolgreichsten war⁵⁹. Dieses Ergebnis wurde nach 20 Jahren an den noch in Funktion befindlichen Implantaten bestätigt⁶⁰. Während die Stabilität von SPS-Implantaten bei größeren Durchmessern signifikant zunimmt (Messung mit Dämpfung)⁵⁸, scheint sich ihr Ergebnis insgesamt dadurch nicht zu verändern⁵⁵ (Abb. 2). Dieser Umstand kommt Patienten mit einer horizontalen und vertikalen Alveolarkamatrophie im unteren Seitenzahnbereich zugute, bei denen ein breites Implantat nur nach vorbereitender Knochentransplantation gesetzt werden könnte. Abbildung 3 zeigt zwei Fälle, in denen SPS-Implantate mit einer Länge von 5,5 mm und einem Durchmesser von 4,1 mm

trotz eines unzureichenden vertikalen und horizontalen Knochenangebots erfolgreich inseriert wurden.

Nur wenige veröffentlichte Studien zum Ergebnis von kurzen Implantaten enthalten akkurate Messungen des krestalen Knochenverlusts bei längerer Belastung. Diese Daten sind entscheidend, da für kurze Schraubenimplantate unterschiedlicher Typen nach mindestens dreijähriger funktioneller Belastung stärkere krestale Knochenverluste beschrieben werden als für längere Implantate⁶¹. Rossi et al.⁶² veröffentlichten die 2-Jahres-Daten einer Gruppe von 35 Patienten, die 40 Schraubenimplantate mit mäßig rauer Oberfläche (SLActive, Straumann USA), einer Länge von 6 mm und einem Durchmesser von 4,1 bis 4,8 mm erhalten hatten. Dabei ermittelten sie das Implantatüberleben, den krestalen Knochenverlust und die Implantatstabilität (Resonanzfrequenzanalyse, RFA). 80 % der Implantate wurden in Typ-I- oder -II-Knochen gesetzt und keines in Typ-IV-Knochen⁶³. Da zwei Implantate (beide mit einem Durchmesser von 4,1 mm und bei einem starken Raucher) noch vor der Belastung fehlschlügen, ergab sich eine Überlebensrate von 95 %. Nach zwei Jahren betrug der mittlere kumulative Knochenverlust an den überlebenden Implantaten 0,73 mm. Zum Zeitpunkt der Versorgung ergab die RFA einen ISQ von 60 bis 84 im Sinne einer guten Implantatstabilität. Malo et al.⁴⁰ beschrieben den Knochenverlust an 126 Schraubenimplantaten mit einer Länge von 7 mm (maschinert oder mäßig rau). Bei der Beurteilung waren alle Implantate seit einem Jahr in funktioneller Belastung, 110 seit zwei Jahren und 88 seit fünf Jahren. Da keine standardisierten Röntgenaufnahmen angefertigt wurden, waren nur 49 % der Bilder für eine Auswertung geeignet. Auf diesen betrug der mittlere Knochenverlust nach einem Jahr 1 mm (Standardabweichung

Abb. 1a (links) Aufgrund einer fortgeschrittenen Wurzelresorption musste der obere linke erste Molar extrahiert werden.

Abb. 1b (rechts) Der Molar wurde sofort durch ein breites 8-mm-Schraubenimplantat mit mäßig rauer Oberfläche ersetzt, das auf diesem Bild seit 2 Jahren in Funktion ist. Restauriert durch Dr. B. Zaborowsky, Toronto.

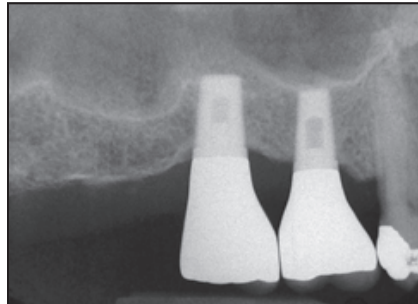
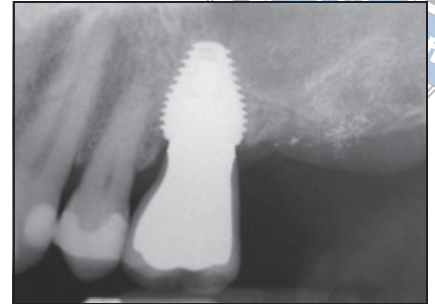


Abb. 2 2 7-mm-SPS-Implantate mit unterschiedlichen Durchmessern (4,1 und 5,0 mm), die seit 12 Jahren funktionell mit Einzelkronen belastet sind. Die Implantation war simultan mit einer indirekten Sinusbodenelevation erfolgt. Kronen von Dr. Reynaldo Todescan, Toronto.

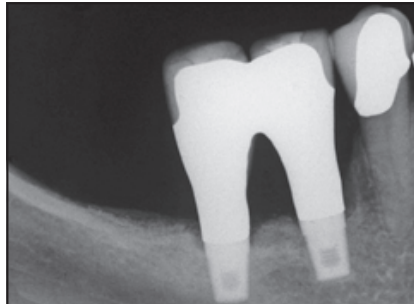


Abb. 3a (links) Die beiden SPS-Implantate (5,5 x 4,1 mm) sind seit 5 Jahren mit einer Teilrestauration belastet, im Oberkiefer befinden sich Implantate. Restauriert von Dr. Donald Kramer, Toronto.

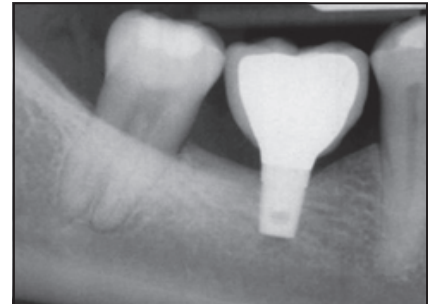


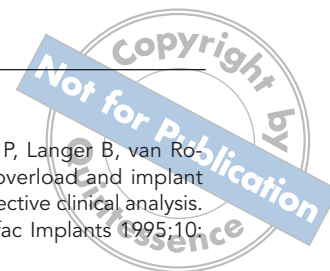
Abb. 3b (rechts) Das SPS-Implantat (5,5 x 4,1 mm) wurde vor über 3 Jahren mit einer Krone restauriert und ersetzt einen Molaren. Im Oberkiefer befinden sich natürliche Zähne. Restauriert von Dr. Reynaldo Todescan, Toronto.

[SA] = 0,6 mm) und nach fünf Jahren 1,8 mm (SA = 0,8 mm). Kermalli et al.⁶⁴ berichteten über die retrospektive Untersuchung von 799 Implantaten bei 345 Patienten. Berücksichtigt wurden die Daten von 563 Implantaten mit säuregeätzter Oberfläche (THR-DAE; Osseotite, Biomet 3i), 65 Schraubenimplantaten mit sandgestrahlter/säuregeätzter Oberfläche (THR-SLA) und 171 SPS-Implantaten (Innova). Die SPS-Implantate (überwiegend 7 mm lang) waren deutlich kürzer als die Schraubenimplantate (mittlere Länge THR-DAE-Implantate: 10,9 mm und THR-SLA-Implantate: 10,4 mm), wiesen ein deutlich höheres mittleres Kronen-Implantat-Verhältnis auf (SPS = 1,6, THR-DAE =

1,0, THR-SLA = 0,8) und waren signifikant länger funktionell belastet (SPS = 6,2 Jahre, THR-DAE = 3,3 Jahre, THR-SLA = 3,1 Jahre)⁶⁴. Verglichen mit den anderen überlebenden Implantaten wiesen die SPS-Implantate zudem einen signifikant ($P < 0,001$) geringeren mittleren krestalen Knochenverlust auf als die Schraubenimplantate (SPS = 1,4 mm, THR-DAE = 1,7 mm, THR-SLA = 2,1 mm)⁶⁴.

Wie Fugazzotto feststellte²⁶, wurde die Verwendung langer Implantate ursprünglich mit dem Argument gerechtfertigt, dass sie ein besseres Kronen-Wurzel-Verhältnis (C/R) zeigen. Dies wurde von dem bekannten Einfluss des C/R auf natürliche Zähne abgeleitet⁶⁵. Allerdings hat die For-

schung seitdem ergeben, dass das C/R für das Implantatüberleben keine entscheidende Rolle spielt und auch kein mechanischer Risikofaktor für implantatgetragene Teilrestaurationen ist⁶⁶⁻⁷⁰. Außerdem ergab sich aus den Daten, dass das C/R bei kurzen SPS70- und Schraubenimplantaten mit maschinierter Oberfläche (die für eine bessere Primärstabilität mit einem modifizierten Verfahren gesetzt werden) keinen Einfluss auf das krestale Knocheniveau hat⁷¹. Gemäß der Ergebnisse einer prospektiven 10-Jahres-Studie mit TPS-beschichteten Schraubenimplantaten besteht sogar ein umgekehrter Zusammenhang zwischen C/R und krestalem Knochenverlust, wonach der



Knochenverlust bei zunehmendem C/R sinkt⁷². Allerdings bedeutet dies nicht, dass kurze Implantate immer dann gesetzt werden können, wenn sie von Vorteil sind. Wichtig ist auch weiterhin eine Behandlungsplanung, die gegebenenfalls interdisziplinär erfolgen muss. Weitere Schlüsselfaktoren sind das Erkennen und das Management von Parodontalerkrankungen und parafunktionellen Gewohnheiten sowie die Mitarbeit des Patienten bei der langfristigen Erhaltungstherapie²⁶. Wenn kurze Implantate mit großem Durchmesser in Erwägung gezogen werden, kann zudem eine vorausgehende Transplantation erforderlich sein, um ein ausreichendes horizontales Knochenangebot zu schaffen und nicht axiale Belastungen möglichst zu vermeiden²⁶.

Schlussfolgerung

Kurze Implantate sind bei der Behandlung von Patienten indiziert, die eine signifikante Alveolarkammatrophy im Seitenzahnbereich aufweisen, obwohl dazu prospektive Langzeitdaten in Bezug auf den krestalen Knochenverlust noch fehlen. Unter den Schraubenimplantaten sind solche mit mäßiger Oberflächenrauigkeit und größerem Durchmesser vorteilhaft. Außerdem darf die Osteotomie nicht zu groß angelegt werden. Die beste Primärstabilität ist gewährleistet, wenn die Osteotomie etwas zu klein ist. Dies gilt insbesondere für eine Implantation in Knochen mit geringer Dichte. Auch das Verblocken von kurzen und längeren Implantaten ist oft sinnvoll. Alternativ kann ein kurzes SPS-Implantat mit Standarddurchmesser erwogen werden.

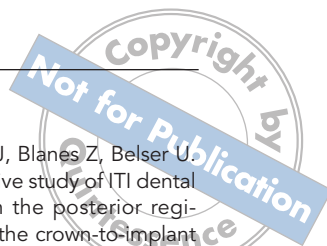
Danksagungen und Interessenerklärung

Der Autor dankt Janissa Wan für die Unterstützung bei der Fertigstellung dieses Manuskripts. Der Autor gibt bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

Literatur

- van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, et al. The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: A prospective multicenter study of 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:272–281.
- Wyatt C, Zarb G. Treatment outcomes of patients with implant-supported fixed partial prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:204–211.
- Winkler S, Morris H, Ochi S. Implant survival to 36 months as related to length and diameter. *Ann Periodontol* 2000;5:22–31.
- Weng D, Jacobson Z, Tarnow D, et al. A prospective multicenter clinical of 3i machined-surface implants. Results after 6 years of follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:417–423.
- Naert I. Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. Part I: A longitudinal clinical evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:381–389.
- Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Kulteje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:220–230.
- Albrektsson T, Wennerberg A. Oral implant surfaces. Part I: Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *Int J Prosthodont* 2004;17:536–543.
- Wennerberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Anderson B. A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:486–494.
- Klokkevold P, Johnson P, Dadgostari S, Davies J, Caputo A, Nishimura R. Early endosseous integration enhanced by dual acid etching of titanium: A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:350–357.
- Rangert B, Krogh P, Langer B, van Rooekel N. Bending overload and implant fracture. A retrospective clinical analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:326–334.
- Pilliar R. Processing and properties of endosseous dental implant surfaces. Design for increased osseointegration potential. *Oral Health* 2000;Aug:51–58.
- Hagi D, Deporter D, Pilliar R, Arenovich T. A targeted review of study outcomes with short (≤ 7 mm) endosseous dental implants in partially edentulous patients. *J Periodontol* 2004;75:798–804.
- Pilliar R, Shagal G, Meguid S, Oyonarte R, Deporter DA. Threaded vs porous-surfaced implants as anchorage units for orthodontic treatment: 3-D finite element analysis of peri-implant bone tissue stresses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:879–889.
- Clelland N, Ismail Y, Zaki H, Pipko D. Three dimensional finite element analysis in and around the screw-vent implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:391–398.
- Pierrisnard L, Renouard F, Renault P, Barquins M. Influence of implant length and bicortical anchorage on implant stress distribution. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5:254–262.
- Ratajczak T. Guidelines: Short and angulated implants. Presented at the 6th Annual European Consensus Conference, Cologne, Germany, March 2011.
- Renouard R, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl 2): 35–51.
- Neldam C, Pinholt E. State of the art of short dental implants: A systematic review of the literature. *Clin Oral Implants Relat Res* 2010 Oct 26 [epub ahead of print].
- Sun HL, Huang C, Wu YR, Shi B. Failure rates of short (≤ 10 mm) dental implants and factors influencing their failure: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:816–825.
- Himmlöva L, Dostalova T, Kacovsky A, Konvickova S. Influence of implant length and diameter on stress distribution: A finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2004;91:20–25.

21. Anitua E, Tapia R, Luzuriaga F, Orive G. Influence of implant length, diameter and geometry on stress distribution: A finite element analysis. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:89–95.
22. Tabata L, Rocha E, Barao V, Assuncao W. Platform-switching: Biomechanical evaluation using three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:482–491.
23. Brink J, Meraw S, Sarment D. Influence of implant diameter on surrounding bone. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:563–568.
24. Ivanoff C, Grondahl K, Sennerby L, Bergstrom C, Lekholm U. Influence of variations in implant diameters: A 3- to 5-year retrospective clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:173–180.
25. Renouard F, Nisand D. Short implants in the severely resorbed maxilla: A 2-year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7:s104–s110.
26. Fugazzotto P. Shorter implants in clinical practice: Rationale and treatment results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:487–496.
27. Gentile M, Chuang SK, Dodson T. Survival estimates and risk factors for failure with 6×5.7 mm implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:930–937.
28. Tawil G, Younan R. Clinical evaluation of short, machine-surface implants followed for 12 to 92 months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:894–901.
29. Pommer B, Frantal S, Willer J, Posch M, Watzek G, Tepper G. Impact of dental implant length on early failure rates: A meta-analysis of observational studies. *J Clin Periodontol* 2011;38:856–863.
30. Calandriello R, Tomatis M, Rangert B. Immediate functional loading of Branemark system implants with enhanced initial stability: A prospective 1- to 2-year clinical and radiographic study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5(suppl 1):10–20.
31. Beer A, Gahleitner A, Holm A, Birkfellner W, Homolka P. Adapted preparation technique for screw-type implants: Explorative in vitro pilot study in a porcine bone model. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:103–107.
32. Ostman P-O, Hellman M, Sennerby L. Immediate occlusal loading of implants in the partially edentulous mandible: A prospective 1-year radiographic and 4-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:315–322.
33. Blanco J, Alvarez E, Munoz F, Linares A, Cantalapiedra A. Influence on early osseointegration of dental implants installed with two different drilling protocols: A histomorphometric study in rabbit. *Clin Oral Implants Res* 2010;22:92–99.
34. Tabassum A, Meijer G, Walboomers X, Jansen J. Biological limits of the undersized surgical technique: A study in goats. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:129–134.
35. Vidyasagar L, Salms G, Apse P, Teibe U. The influence of site preparation (countersinking) on initial dental implant stability. An in vitro study using resonance frequency analysis. *Stomatologija Baltic Dent Maxillofac J* 2004;6:14–16.
36. das Neves F, Fomes D, Bernardes S, do Prado C, Neto A. Short implants: An analysis of longitudinal studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:86–94.
37. Goene R, Bianchesi C, Hurzeler M, et al. Performance of short implants in partial restorations: 3-year follow-up of Osseotite implants. *Implant Dent* 2005;14:274–280.
38. Testori T, Wiseman L, Woolfe S, Porter SS. A prospective multicenter clinical study of the Osseotite implant: Four-year interim report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:193–200.
39. Anitua E, Orive G. Short implants in maxillae and mandibles: A retrospective study with 1 to 8 years of follow-up. *J Periodontol* 2010;81:819–826.
40. Malo P, Nobre M, Rangert B. Short implants placed one-stage in maxillae and mandibles: A retrospective clinical study with 1 to 9 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9:15–21.
41. Al-Marshood M, Junker R, Al-Rasheed A, Aldosari A, Jansen J, Sukumaran A. Study of the osseointegration of dental implants placed with an adapted surgical technique. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:753–759.
42. Davies J. Understanding peri-implant endosseous healing. *J Dent Educ* 2003;67: 932–949.
43. Khang W, Feldman S, Hawley CE, Gun-solley J. A multi-center study comparing dual acid-etched and machined-surfaced implants in various bone qualities. *J Periodontol* 2001;72:1384–1390.
44. Nedir R, Bischof M, Briaux J-M, Beyer S, Szmukler-Moncler S, Bernard J-P. A 7-year life table analysis from a prospective study of ITI implants with special emphasis on the use of short implants. Results from a private practice. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:150–157.
45. Fugazzotto P, Beagle J, Ganeles J, Jaffin R, Vlassis J, Kumar A. Success and failure rates of 9 mm or shorter implants in the replacement of missing maxillary molars when restored with individual crowns: Preliminary results 0 to 84 months in function. A retrospective study. *J Periodontol* 2004;75:327–332.
46. Arlin M. Short dental implants as a treatment option: Results from an observational study in a single private practice. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:769–776.
47. Olate S, Lyrio M, de Moraes M, Mazzonetto R, Moreira R. Influence of diameter and length of implant on early dental implant failure. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:414–419.
48. Kotsovilis S, Fourmousis I, Karoussis I, Bamia C. A systematic review and meta-analysis on the effect of implant length on the survival of rough-surface dental implants. *J Periodontol* 2009;80:1700–1718.
49. Esposito M, Pellegrino G, Pistilli R, Felice P. Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: Prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomized clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2011;4:21–30.
50. Yoon K-H, Kim S-G, Lee J-H, Suh S-W. 3-D finite element analysis of changes in stress levels and distributions for an osseointegrated implant after vertical bone loss. *Implant Dent* 2011;20:354–359.
51. Vandenweghe S, Ackermann A, Bronner J, Hattingh A, Tschakaloff A, De Bruyn H. A retrospective, multicenter study on a novo wide-body implant for posterior regions. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:281–292.



52. Deporter D, Ogiso B, Sohn D-S, Ruljancich K, Pharoah M. Ultrashort sintered porous-surfaced dental implants used to replace posterior teeth: A case series report. *J Periodontol* 2008;79:1280–1286.
53. Corrente G, Abundo R, des Ambrois A, Savio L, Perelli M. Short porous implants in the posterior maxilla: A 3-year report of a prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29:23–29.
54. Sohn D-S, Kim W-S, Lee W-H, Jung H-S, Shin I-H. A retrospective study of sintered porous-surfaced dental implants in restoring the edentulous posterior mandible: Up to 9 years of functioning. *Implant Dent* 2010;19:409–418.
55. Deporter D, Caudry S, Kermalli J, Adegbebo A. Further data on the predictability of the indirect sinus elevation procedure used with short sintered porous-surfaced dental implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:585–593.
56. Pilliar R. Overview of surface variability of metallic endosseous dental implants: Textured and porous surface-structured designs. *Implant Dent* 1998;7:305–312.
57. Pilliar R, Shagal G, Meguid S, Oyonarte R, Deporter D. Threaded versus porous-surfaced implants as anchorage units for orthodontic treatment: 3-D finite element analysis of peri-implant bone tissue stresses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:879–889.
58. Deporter D, Todescan R, Riley N. Porous-surfaced dental implants in the partially edentulous maxilla: Assessment for sub-clinical mobility. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:185–202.
59. Deporter D, Watson P, Pharoah M, Todescan R, Tomlinson, G. Ten-year results of a prospective study using porous-surfaced dental implants and a mandibular overdenture. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4:183–189.
60. Deporter D, Pharoah M, Yeh S, Todescan R, Atenafu E. Performance of titanium alloy sintered porous-surfaced (SPS) implants supporting mandibular overdentures during a 20 year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2012 Oct 8 [epub ahead of print].
61. Chung D, Oh T-J, Lee J, Misch C, Wang H-L. Factors affecting late implant bone loss: A retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:117–126.
62. Rossi F, Ricci E, Marchetti C, Lang N, Botticelli D. Early loading of single crowns supported by 6-mm-long implants with a moderately rough surface: A prospective 2-year follow-up cohort study. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:937–943.
63. Lekholm U, Zarb G. Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb G, Albrektsson T (eds). *Tissue-Integrated Protheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago: Quintessence, 1985: 199–208.
64. Kermalli J. The Effect of Splinted Protheses on Radiographic Crestal Bone Levels [thesis]. Toronto: University of Toronto, 2011.
65. Grossman Y, Sadan A. The prosthodontic concept of crown-to-root ratio: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2005;93:559–562.
66. Blanes R, Bernard J, Blanes Z, Belser U. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II. Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:707–714.
67. Blanes R. To what extent does the crown-to-root ratio affect the survival and complications of implant-supported reconstructions? A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(suppl 4): 67–72.
68. Salvi G, Bragger U. Mechanical and technical risks in implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl): 69–85.
69. Schneider D, Witt L, Hammerle C. Influence of the crown-to-root length ratio on the clinical performance of implants supporting single crown restorations: A cross-sectional retrospective 5-year investigation. *Clin Oral Implants Res* 2012;23: 169–174.
70. Rokni S, Todescan R, Watson P, Pharoah M, Adegbebo A, Deporter D. An assessment of crown-to-implant root ratios with short sintered porous-surfaced implant-borne protheses in partial edentulism. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20:69–76.
71. Tawil G, Aboujaoude N, Younan R. Influence of prosthetic parameters on the survival and complication rates of short implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:275–282.
72. Blanes R, Bernard J, Blanes Z, Belser U. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II. Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:707–714.