

Verwendung von Dentalimplantaten mit gesinterter, poröser Oberfläche zur Restauration von einzelnen Zähnen im Oberkiefer: Ein Follow-up von sieben bis neun Jahren



Kevin MacDonald, DDS, MSc*/Michael Pharoah, DDS, MSc**
Reynaldo Todescan, DDS, PhD***/Douglas Deporter, DDS, PhD****

In diesem Bericht zu einer prospektiven Studie wird der Status einer Gruppe von 20 einzelnen Dentalimplantaten mit gesinterter, poröser Oberfläche (SPS) im Oberkiefer erörtert, die sieben bis neun Jahre in Funktion und mit verschraubten Kronen versorgt worden waren. 20 Patienten erhielten jeder ein einzelnes SPS-Implantat, das in einem zweizeitigen Verfahren inseriert wurde. 65 % dienten als Ersatz für einen Prämolare oder Molar, die übrigen als Ersatz für Frontzähne. Die Patienten wurden jährlich untersucht. Anhand von standardisierten Röntgenbildern wurde das periimplantäre Knochenniveau untersucht und die Implantat-Erfolgsrate ermittelt. Mithilfe der Werte nach dem Papillen-Index von Jemt wurde der Umfang der Papillenerneuerung zwischen jedem Implantat und den beiden benachbarten Zähnen ausgewertet. Nach sieben bis neun Jahren standen noch 17 Implantate für die Auswertung zur Verfügung (ein Patient war gestorben, zwei waren umgezogen). Ein Implantat wurde nach der 9-Jahres-Untersuchung wegen fortgeschrittenen Knochenabbaus entfernt. Die Überlebensrate lag somit bei 92,9 %. Der Misserfolg dieses Implantats war auf die unzulängliche anfängliche Breite des Alveolarkammes mit einem Abbau der verbliebenen dünnen bukkalen Kortikalis zurückzuführen. Mit Ausnahme des fehlgeschlagenen Implantats wurden in den Jahren 1 bis 9 keine signifikanten Veränderungen des durchschnittlichen jährlichen Knochenkammabbaus festgestellt. Die Erfolgsrate war also ähnlich (92,9 %). Für die meisten Papillen wurde nach dem Papillen-Index von Jemt ein Wert von 2 oder 3 ermittelt. SPS-Implantate können effektiv als Ersatz für einen fehlenden Zahn im Oberkiefer verwendet werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2009;29:183–191.)

- * Graduate Student, Discipline of Periodontology, Faculty of Dentistry, Universität Toronto, Ontario, Kanada.
- * Professor und Leiter, Discipline of Radiology, Faculty of Dentistry, Universität Toronto, Ontario, Kanada.
- *** Privatpraxis, Toronto, Ontario, Kanada.
- **** Professor, Faculty of Dentistry, Universität Toronto, Ontario, Kanada.

Korrespondenz an: Dr. Douglas Deporter, Faculty of Dentistry, University of Toronto,
124 Edward Street, Toronto, Ontario, Kanada M5G 1G6;
Fax: +416 979-4936;
E-Mail: douglas.deporter@utoronto.ca

Die Verwendung von Dentalimplantaten als Ersatz für Einzelzähne ist inzwischen bei vielen Patienten die Behandlung der Wahl¹⁻³. Es kommen verschiedene Implantatdesigns zur Anwendung, meist in Schraubenform¹⁻¹³. Zu den Vorteilen gegenüber der herkömmlichen zahngetragenen Brücke zählen die weniger invasive Behandlung, dass ein Ersatz der Restauration aus ästhetischen Gründen leichter durchführbar ist und die Kosteneffektivität^{14, 15}. Allerdings muss beachtet werden, dass ein adäquater Abstand zu den Nachbarzähnen gewahrt wird¹⁶. Dies ist ein aktueller Bericht zu einer Gruppe von Einzelzahnversorgungen im Oberkiefer mit Dentalimplantaten mit gesinterter, poröser Oberfläche (SPS), die sieben bis neun Jahre in Funktion waren. Die Implantate wurden mit der Press-fit-Technik inseriert.

Material und Methode

Über Details des Studienaufbaus wurde früher bereits berichtet⁵. 20 gesunde Erwachsene, Nichtraucher (10 Frauen, 10 Männer; Durchschnittsalter 43,5 Jahre) erhielten jeder im Oberkiefer ein einzelnes SPS-Implantat. Die Implantate (Endopore; Innova Corporation) be-

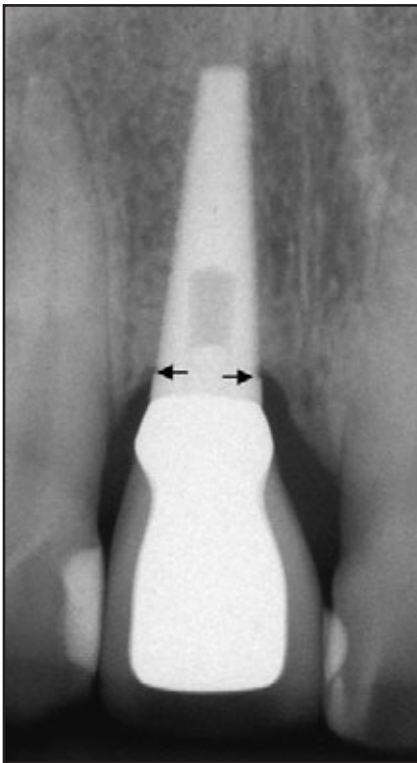


Abb. 1 Röntgenbild eines 12 mm langen Implantats, das als Ersatz für den oberen rechten zentralen Schneidezahn diente, nach 9 Jahren Funktion. Die Pfeile deuten die Verbindung zwischen dem gefrästen Hals von 1 mm und der gesinterten Implantatoberfläche an.

standen aus einer Titanlegierung (Ti-6Al-4V). Sie hatten eine gesinterte, poröse Oberfläche und wurden mit der Press-fit-Technik inseriert¹⁷. Sie hatten entweder einen Durchmesser von 4,1 mm und eine Länge von 9 bzw. 12 mm oder einen Durchmesser von 3,5 mm und eine Länge von 9 mm. Der koronale Millimeter der Implantate umfasste einen gefrästen Hals. Die Implantate wurden mit einer Osteotomiepräparation mit Bohrern und/oder Handosteotomen inseriert. Sie konnten vor der Wiedereröffnung vier Mona-

Abb. 2 (rechts) Klinische Ansicht der Versorgung des Implantats aus Abb. 1. Die computergenerierten horizontalen Linien über der mesialen Papille dieses Implantats wurden verwendet, um die notwendigen Weichgewebemessungen zu erleichtern.



te gedeckt einheilen. Bei den Restaurationen handelte es sich um verschraubte, nicht verblockte Keramikverblendkronen. Dazu wurden entweder Standardabutments aus Titanlegierung oder gegossene UCLA-Abutments¹⁸ verwendet, alle mit Sechskantbasis, um der Rotation und Schraubenlockerung vorzubeugen. Ein Chirurg und ein Zahnprothetiker arbeiteten zusammen, um die vorgeschriebene Behandlung durchzuführen.

Die Röntgenbilder der Ausgangssituation wurden einen Monat nach der Eingliederung der Restauration angefertigt. Anschließend wurden nach sechs Monaten, einem Jahr und dann wieder nach zwei, drei, fünf, sieben und neun Jahren weitere Röntgenbilder angefertigt. Alle Röntgenaufnahmen der ersten drei Jahre wurden unter Verwendung eines speziell angefertigten Filmhalters aus Edelstahl gemacht, der nach Entfernung der Krone direkt am Implantat befestigt wurde⁵. Weil aber Bedenken wegen einer möglichen Beschädigung der Innengewinde und an der periimplantären Mukosa bestanden, wenn die Kronen immer wieder entfernt und neu inseriert wurden¹⁹, wurden nach dem dritten Jahr für die Röntgenaufnahmen Rinn-Filmhalter (Rinn Corporation) verwendet, die für jeden Patienten eigens angefertigt wurden. Beide Arten von Filmhaltern

erlaubten die direkte Verbindung zur Röntgenröhre. Für die Röntgenbildentwicklung wurden immer frische Chemikalien verwendet. Wie in früheren Untersuchungen^{5, 20-22} wurde die Höhe des Knochenkamms auf den Röntgenbildern in Relation zur Verbindung (MPS-jx) zwischen dem gefrästen Hals und dem Bereich der gesinterten Implantatoberfläche gemessen (Abb. 1). Die Messungen an der mesialen und distalen Seite jedes Implantats wurden von einem einzigen Radiologen an jedem Röntgenbild vorgenommen. Messfehler wurden ermittelt, indem mit einem Standard t-Test duplizierte Messungen einer Unterauswahl der Röntgenbilder verglichen wurden. Die zweiten Messungen erfolgten dabei jeweils sechs Monate nach den ersten Messungen.

Die interproximalen Papillen wurden beim letzten Folgetermin der Patienten (sieben bis neun Jahre Funktion) untersucht. Dabei wurde der Papillen-Index von Jemt (PI) zugrunde gelegt²³. Die intraoralen Fotos der Implantatversorgungen (Abb. 2) und des umgebenden Weichgewebes wurden mit einer Digitalkamera gemacht (Nikon Coolpix 4500, Nikon Corporation). Allerdings wurden diese klinischen Fotos nur verwendet, wenn mit dem Objektiv ein direkter Zugang zu der Implantatversorgung möglich war.

Sonst wurden Digitalaufnahmen (Kamera Fuji Finepix S7000, Fuji Photo Film Canada) von der Reproduktion der Implantatversorgung am Studienmodell gemacht. Die Modelle waren anhand von Hydrokolloidabformungen aus Hartgips Typ 3 angefertigt worden.

Alle Fotos wurden mit der Software Adobe Photoshop (Version 5.1, Adobe Systems) untersucht. Mit diesem Programm war es möglich, frei wählbare horizontale Linien zu zeichnen: auf der Höhe des mittfazialen periimplantären Gingivarands, von den Kontaktpunkten zwischen der Implantatkrone zu ihrem mesialen und distalen Nachbarzahn und auf der Höhe der Papille im Verhältnis zur Implantatkrone (Abb. 2). Der Abstand zwischen den Kontaktpunkten und den Papillenspitzen sowie zwischen dem mittfazialen Gingivarand und den Papillenspitzen wurde gemessen, um festzustellen, wie viel Papillengewebe sich im Approximalbereich neu gebildet hatte.

Für jede Papille wurde der Jemt-Index²³ errechnet und dazu verwendet, für jede Implantatversorgung sowohl mesial als auch distal die Papillenanatomie auszuwerten und in eine von vier Kategorien einzuteilen. Ein PI von 0 wurde vergeben, wenn sich im Approximalbereich keine Papille gebildet hatte. Der Wert 1 wurde vergeben, wenn die Papille weniger als 50 % des Approximalbereichs ausfüllte. Papillen, die mehr als 50 % des Approximalbereichs ausfüllten, aber den Kontaktpunkt zum Nachbarzahn nicht erreichten, erhielten den Wert 2. Der Wert 3 wurde vergeben, wenn die Papille den Approximalbereich vollständig ausfüllte.

Es wurden Intra- und Interobserver-Fehler mit dem PI von Jemt ermittelt. Wegen der Intraobserver-Fehler führte der Hauptautor alle

Messungen zweimal im Abstand von einer Woche durch. Wegen der Interobserver-Fehler wandte ein Kollege, der nicht anderweitig an der Studie beteiligt war, den Index bei allen Implantaten an.

Statistische Analysen

Für alle Variablen wurden mit deskriptiven Statistiken die Durchschnittswerte, Standardabweichungen und Konfidenzintervalle errechnet. Um den durchschnittlichen periimplantären Knochenabbau für jeden Zeitraum (ein bis drei Jahre, drei bis fünf Jahre usw.) zu ermitteln, wurde zunächst für jedes Implantat für den betreffenden Zeitraum die Veränderung der Höhe des periimplantären Knochenkamms errechnet. Anhand dieser Werte wurde dann die durchschnittliche Veränderung für alle Implantate ermittelt, die in dem betreffenden Zeitraum ausgewertet worden waren. Für die Berechnung der durchschnittlichen jährlichen Veränderung der Höhe des periimplantären Knochenkamms wurde die durchschnittliche Veränderung der röntgenologischen Knochenhöhe für alle Implantate und die gesamte Studiendauer zusammengetragen. Die Varianzanalyse zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede ($P > 0,05$) zwischen den mesial und distal gemessenen Werten. Die Überlebensrate wurde während des neunjährigen Follow-up anhand einer Lebenstafelanalyse ermittelt. Der Prozentsatz an Implantaten, die für die einzelnen Zeiträume während der neun Jahre einen bestimmten Knochenabbau aufwiesen, wurde anhand von Tafeln zur Häufigkeitsverteilung dargestellt.

Ergebnisse

Eine Zusammenfassung der Implantatgrößen und der Positionen im Oberkiefer ist für die 20 Implantate in Abbildung 3 dargestellt. Sieben (35 %) waren 4,1 x 12 mm groß, sieben (35 %) 4,1 x 9 mm und sechs (30 %) 3,5 x 9 mm („Mini-Implantate“). 13 Implantate (65 %) wurden im Seitenzahnbereich (Prämolare oder Molare) inseriert, sieben (35 %) im Frontbereich (Schneide- oder Eckzähne) (Abb. 3). Es traten kaum prothetische Komplikationen auf. Eine Frontzahnkrone konnte nach einem Jahr nicht entfernt werden, um den Röntgenfilmhalter befestigen zu können. Sie musste abgetrennt und ersetzt werden. Zwei Jahre später hatte sich die Befestigungsschraube für diese Krone gelockert und musste neu angezogen werden. Beim Termin nach sieben Jahren war die Schraube wieder locker, aber danach trat das Problem nicht wieder auf. Das Implantat ist jetzt seit über neun Jahren in Funktion. Eine weitere Befestigungsschraube hatte sich sechs Monate nach Belastung gelockert, aber nach dem Festziehen traten keine weiteren Probleme auf. Bei keiner der übrigen Versorgungen traten prothetische Komplikationen auf.

Zum Zeitpunkt dieses Berichts standen 17 der 20 Studienpatienten für die Auswertung zur Verfügung. Von den drei übrigen Patienten (15 %) war einer verstorben (nach drei Jahren). Zwei waren weggezogen (einer nach vier und einer nach sechs Jahren). Bei den 17 Patienten mit aktuellen Röntgenbildern waren alle Implantate sieben Jahre in Funktion. Bei 14 Patienten waren die Implantate acht Jahre in Funktion und bei neun Patienten waren es neun Jahre. Ein Implantat (4,1 x 12 mm), das seit über neun Jahren in Funktion war, hatte seit

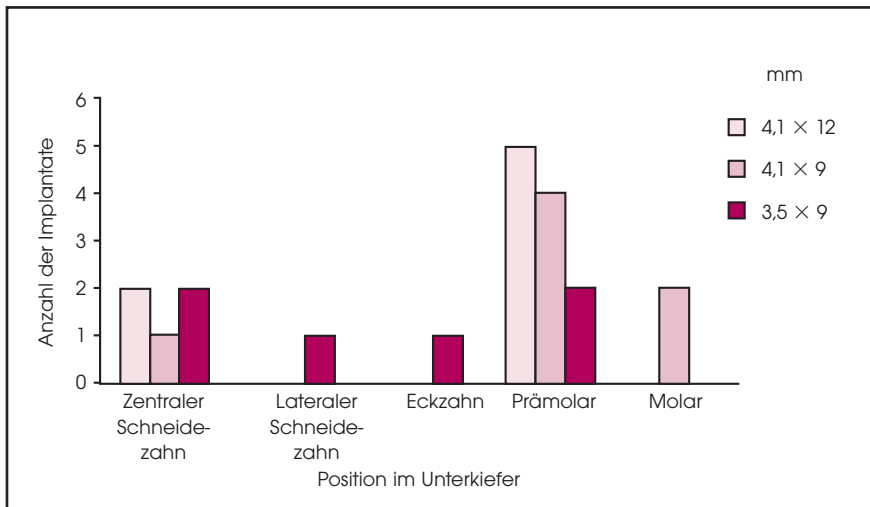


Abb. 3 Verwendete Implantatgrößen und Positionen im Oberkiefer.

Zeit in Funktion (Mon.)	Anz. der Implantate zu Beginn des Zeitraums	Anz. der Implantate ohne vollständ. Follow-up	Implantat-misserfolge	Implantat-erfolgs-rate (%)	Kumulative Überlebens-rate (%)
0–12	20	0	0	0	100
13–24	20	0	0	0	100
25–36	20	0	0	0	100
37–48	20	0	0	0	100
49–60	18	2*†	0	0	100
61–72	18	0	0	0	100
73–84	17	1†	0	0	100
85–96	17	0	0	0	100
96–108	14	0	1	7,1	92,9

*Patient verstorben; †Patient verzogen.

drei Jahren einen zunehmenden Knochenkammabbau über die MPS-jx hinaus aufgewiesen. Es wurde als Misserfolg bewertet und entfernt. Die Überlebensrate lag somit nach neun Jahren bei 92,9 % (Tabelle 1). Das fehlgeschlagene Implantat war mit Osteotomen in einen schmalen Kamm inseriert worden²⁴. Es lag nur noch eine dünne bukkale Knochenplatte vor, und es war keine Augmentation erfolgt. Dabei handelte es sich um eine Fehleinschätzung, da bekannt ist,

dass der bukkale Knochen im Implantatbereich mindestens 1,8 mm dick sein sollte, um einem exzessiven Abbau infolge des chirurgischen Traumas durch die Osteotompräparation vorzubeugen²⁵.

Röntgenologische Daten

Die Daten zum Knochenabbau, die anhand der gesammelten Röntgenaufnahmen generiert wurden, sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die

Messfehler waren nicht signifikant (0,03 mm; $P = 0,28$). Die Varianzanalyse zeigte in keinem Zeitraum signifikante Unterschiede zwischen den mesial und distal gemessenen Werten für den Knochenabbau ($P > 0,05$). Der durchschnittliche Knochenabbau in Relation zur MPS-jx betrug von der Ausgangssituation bis zum Termin nach einem Jahr 0,37 mm. Dies war der stärkste während der Studie verzeichnete Abbau. Der Knochenkamm war nach einem Jahr apikal zur MPS-jx um 0,37

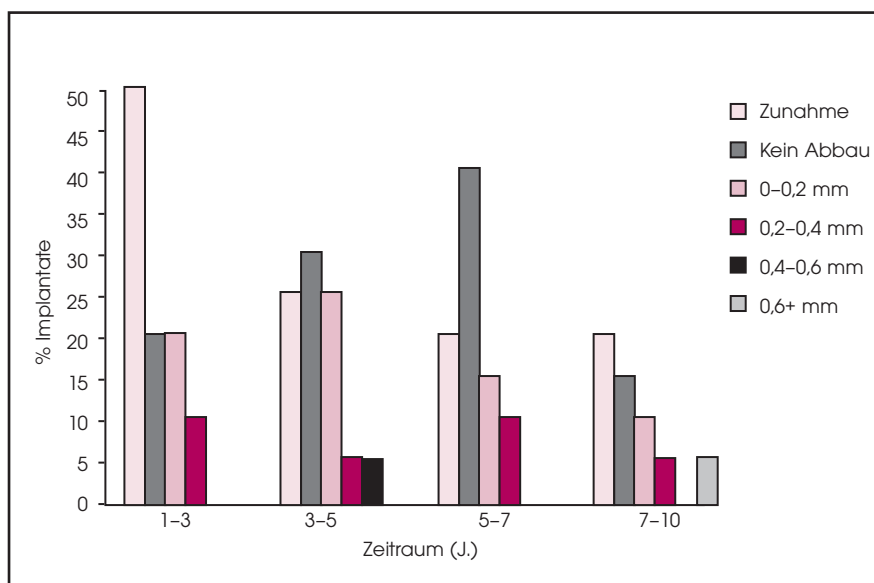
Tabelle 2 Daten zum durchschnittl. Knochenabbau vom Beginn bis zu 9 Jahren		
Zeit	Knochenabbau (mm)*	95% KI
Beginn -1 J.	-0,37	-0,26 bis -0,48
1-3 J.	0,08	0,23 bis -0,07
3-5 J.	-0,01	0,13 bis -0,14
5-7 J.	0,00	0,09 bis -0,10
7-9 J.	-0,16	0,20 bis -0,52
Durchschnittl. jährl. Verlängerung von Jahr 1 - 9	-0,01	0,07 bis -0,09

*Negative Ziffern geben den durchschnittl. Knochenkammabbau an.

Tabelle 3 Ø Knochenabbau ab dem Beginn (ohne dem fehlgeschl. Implantat)		
Zeit	Knochenabbau (mm)*	95% KI
Beginn -1 J.	-0,37	-0,26 bis -0,48
1-3 J.	0,08	0,22 bis -0,06
3-5 J.	0,00	0,14 bis -0,14
5-7 J.	0,02	0,11 bis -0,07
7-9 J.	0,09	0,24 bis -0,06
Durchschnittl. jährl. Veränderung von Jahr 1 - 9	0,04	0,11 bis -0,03

*Negative Ziffern geben den durchschnittl. Knochenkammabbau an.

Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Knochenabbaus in Relation zur MPS-jx für jeden Zeitraum nach dem ersten Jahr. In der ersten Spalte ist für jeden Zeitraum jeweils die Anzahl der Bereiche mit offensichtlichem Knochenabbau angegeben.



mm resorbiert, d. h. 1,37 mm apikal zur Verbindung zwischen Implantat und Abutment (d. h. Mikrospace). Im zweiten und dritten Jahr wurde ein durchschnittlicher Knochenzuwachs von 0,08 mm festgestellt. Ab dem dritten bis fünften Jahr hingegen wurde ein durchschnittlicher Abbau von 0,01 mm festgestellt. Im fünften bis siebten Jahr fand kein erkennbarer Abbau statt. Im siebten bis neunten Jahr dagegen wurde ein durchschnittlicher Abbau von 0,16 mm Knochenhöhe festgestellt.

Es wurde errechnet, dass vom ersten bis zum neunten Jahr insgesamt ein jährlicher Knochenkammabbau von 0,01 mm stattfand.

Eine Analyse des krestalen Knochenlevels ohne Berücksichtigung des einen fehlgeschlagenen Implantats findet sich in Tabelle 3. Die Herausnahme dieses Implantats aus der Datenbank wirkte sich nach dem Drei-Jahres-Follow-up erheblich auf alle durchschnittlichen Veränderungen der Knochenhöhe aus. Nach dem ersten Jahr wurde

ein durchschnittlicher Knochenabbau verzeichnet. Für das erste bis neunte Jahr wurde eine durchschnittliche jährliche Zunahme der Knochenhöhe von 0,04 mm errechnet. Damit trat nach der Interpretation der Autoren kein weiterer Knochenabbau auf, nachdem der Kamm auf eine Durchschnittshöhe von 0,37 mm apikal zur MPS-jx umgebaut war.

In Abbildung 4 ist eine Häufigkeitsverteilung aller gemessenen Veränderungen des Knochen-

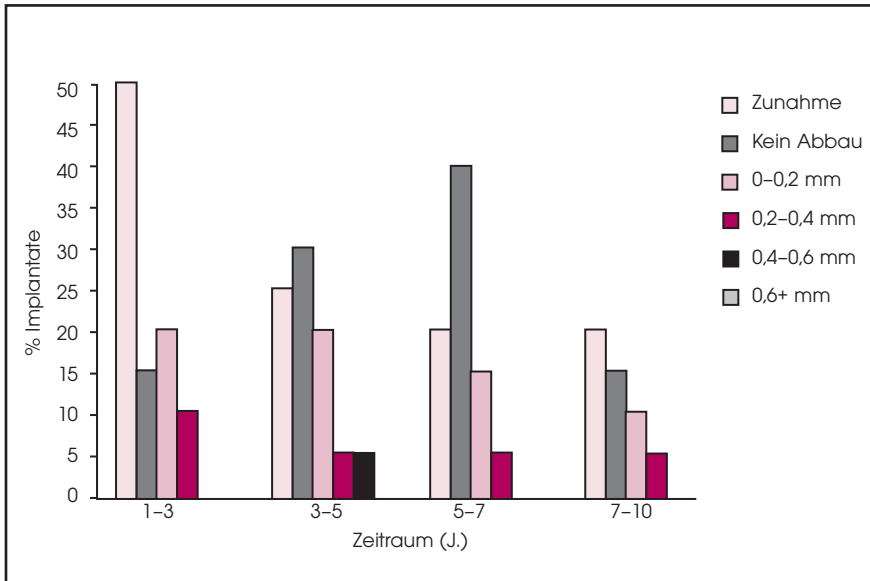


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung des Knochenabbaus in Relation zur MPS-jx für jeden Zeitraum nach dem ersten Jahr (das Implantat mit fortschreitendem Knochenabbau ausgenommen). In der ersten Spalte ist für jeden Zeitraum jeweils die Anzahl der Bereiche mit offensichtlichem Knochenabbau angegeben.

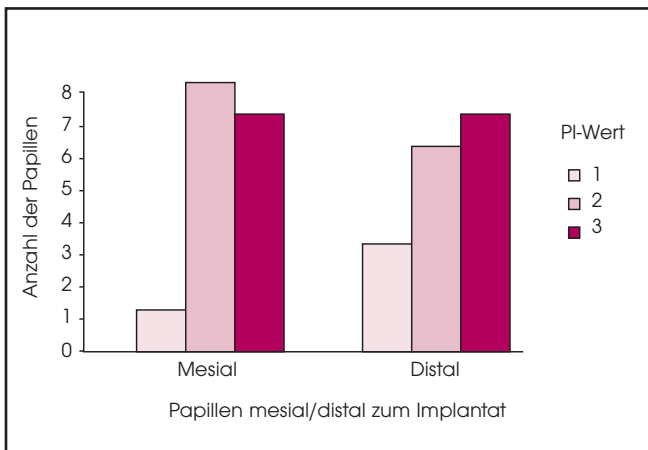


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung der PI-Werte; der durchschnittliche Jemt-Wert für die mesialen Papillen betrug 2,4, der Durchschnittswert für die distalen Papillen 2,3.

veaus nach einem Jahr zu sehen. Die meisten Bereiche wiesen eine Zunahme, keinen Abbau oder nicht mehr als 0,4 mm Abbau über die MPS-jx hinaus auf (d. h. nicht mehr als 1,4 mm von der Implantat-Abutment-Verbindung entfernt). Eine ähnliche Häufigkeitsverteilung der Veränderungen des periimplantären Knochniveaus (fehlgeschlagenes Implantat ausgenommen) (Abb. 5) zeigt, dass die meisten Implantate eine Zunahme bzw. keinen Abbau aufwiesen und dass

nach fünf Jahren Funktion keins der Implantate einen Knochenabbau von mehr als 0,4 mm aufwies.

Jemt-Index-Werte

Beim Jemt-PI²³ ergaben sich Werte von 1 bis 3. Eine Häufigkeitsverteilung dieser Werte (Abb. 6) zeigte, dass die meisten Papillen zur Jemt-Klasse 2 oder 3 gehörten. Die durchschnittlichen PI-Werte für die Papillen mesial und distal zu den Implan-

tatrestorationen betragen 2,4 und 2,3. Das ist günstig im Vergleich zu den Ergebnissen, die von Jemt²³ in Bezug auf Schraubimplantate mit gefräster Oberfläche verzeichnet wurden. Die Berechnung der Intraobserver- und Interobserver-Fehler mit dem Jemt-Index offenbarte beim Durchschnittswert einen Intraobserver-Standardfehler von mindestens 0,14 bis höchstens 0,21. Der Interobserver-Standardfehler beim Durchschnitt betrug 0,16 bis 0,19.

Diskussion

In diesem Artikel wird von den Ergebnissen einer prospektiven Gruppe⁵ von Einzel-SPS-Implantaten im Oberkiefer berichtet. Ihre Länge betrug 9 bzw. 12 mm, sie waren sieben bis neun Jahre in Funktion. 17 der ursprünglich 20 Patienten standen noch zur Verfügung. Ein Patient war gestorben, zwei waren verzogen. Es gelang, ein aktuelles, aber nicht standardisiertes Röntgenbild von einem dieser umgezogenen Patienten zu erhalten. Es zeigte, dass das Implantat nach acht Jahren noch erfolgreich in Funktion war. Ein 12-mm-Implantat hatte bei drei jährlichen Follow-up-Terminen einen fortgeschrittenen Knochenabbau gezeigt. Es wurde kurz nach dem Neun-Jahres-Follow-up entfernt. Die Implantatüberlebensrate lag somit bei 92,9 %. Hier, im Prämolarebereich, hatte ursprünglich ein schmaler Alveolarkamm vorgelegen, der mit Osteotomen lokal erweitert werden musste²⁴. Der verbliebene, dünne bukkale Knochen war nicht augmentiert worden. Er hatte sich allmählich abgebaut (was mit der Parodontalsonde festzustellen war). Nach sechs Jahren hatte sich der Abbau bis zu den proximalen Oberflächen fortgesetzt und war auf dem Röntgenbild zu erkennen. Rückblickend lässt sich sagen, dass dieses Ergebnis zu erwarten war. Mittlerweile ist bekannt: Sofern die Dicke des bukkalen Knochens im Implantatbereich weniger als 1,8 mm beträgt, ist ohne Augmentation mit einem Abbau des Knochens zu rechnen²⁵. Das hängt möglicherweise damit zusammen, dass die Hauptblutversorgung (d. h. das Periost des Mukoperiostlappens) während der frühen Einheilphase des Bereichs unterbrochen ist²⁶.

Die Auswertung der Röntgenbilder zu allen Implantaten in diesem

Bericht zeigte, dass sich nach einem Jahr das Niveau des Knochenkamms stabilisiert hatte. Als das eine fehlgeschlagene Implantat aus der Röntgen-Datenbank herausgenommen wurde, zeigte sich für alle Jahre nach dem ersten Jahr eine durchschnittliche jährliche Knochenzunahme. Diese „Zunahmen“ wurden nicht als tatsächliche Zunahmen gedeutet, sondern als Messfehler. Die Implantate waren so inseriert worden, dass das gefräste Halssegment von 1 mm im Knochen versenkt wurde. Nach einem Jahr hatte der krestale Knochenabbau dieses Halssegment freigelegt. Der Knochenabbau ging im Durchschnitt 0,37 mm über die MPS-jx hinaus, wahrscheinlich im Rahmen des Knochenabbaus, der erforderlich war, um die normale biologische Breite wiederherzustellen²⁷⁻²⁹. Zur üblichen biologischen Breite um Dentalimplantate gehört eine Weichgewebekomponente von etwa 1,5 mm apikal zum Mikropalt. Damit befinden sich die vorliegenden Ergebnisse (1,37 mm apikal zum Implantat-Abutment-Interface) im zu erwartenden Bereich für die Anpassung der biologischen Breite. Ähnliche Ergebnisse wurden in einer Hundestudie mit SPS-Implantaten beobachtet³⁰.

In Forschungen zu Schraubimplantaten verschiedener Typen als Einzelzahnersatz im Oberkiefer wird von Überlebens-/Erfolgsraten von 48,8 % bis 100 % nach fünf Jahren Funktion berichtet^{6, 8, 9, 31-35}. Die Überlebensrate von 92,9 %, von der hier für SPS-Implantate als Einzelzahnersatz im Oberkiefer berichtet wird, ist mit den Ergebnissen für Schraubimplantate vergleichbar. In der vorliegenden Studie waren 65 % der verwendeten SPS-Implantate 9 mm lang. Das einzige fehlgeschlagene Implantat war 12 mm lang. Über das Funktionieren kurzer SPS-Implan-

tate wurde bereits früher berichtet^{20-22, 36}.

Wenn der Implantatverlust als einziges Kriterium für einen Misserfolg gilt, kann das zur Überschätzung der Überlebensraten in klinischen Studien führen. Deshalb muss ausführlicher über weitere Kriterien, wie einen exzessiven und/oder fortschreitenden Abbau des Knochenkamms, berichtet werden. Ein solcher Bericht liegt seit Kurzem von Elkhoury et al.³⁷ vor. Die Forscher berichteten von der Verwendung zweizeitig inserierter zylindrischer Implantate, die eine mit Titanplasma-spray beschichtete Oberfläche hatten, mit der Press-fit-Technik inseriert wurden und als Ersatz für Einzelzähne dienten. Das Follow-up für die 39 Patienten mit jeweils einem Implantat dauerte fünf Jahre. Bei der Untersuchung nach fünf Jahren waren alle 39 Implantate ohne Symptome in Funktion. Die Forscher verwendeten nun das anspruchsvollere Kriterium, nämlich dass der nach Jahren aufgeschlüsselte Knochenkammabbau nach einem Jahr nicht mehr als 0,25 mm betragen durfte³⁸. Nun betrug die Implantaterfolgsrate nur noch 51,2 %. Die Auswertung der sequenziellen Röntgenaufnahmen der SPS-Implantate, von denen in der vorliegenden Studie berichtet wird, ergab mit Ausnahme des einen fehlgeschlagenen Implantats keine Hinweise auf einen fortschreitenden Knochenabbau. Damit war die Erfolgsrate gleich der Überlebensrate (d. h. 92,9 %).

Das zweite im vorliegenden Bericht verwendete Erfolgskriterium war das Weichgewebeprofil, das mit den SPS-Implantaten erzielt wurde. Der Grad der interproximalen Papillenbildung wurde nach dem Jemt-PI23 erhoben. Andere^{13, 39} haben gezeigt, dass die Neubildung einer ästhetischen Papille zwi-

schen einem Einzelimplantat und den Nachbarzähnen hauptsächlich vom parodontalen Attachmentlevel der Nachbarzähne abhängt. Wenn die Oberflächen der Nachbarzähne vorher nur einen minimalen Verlust des parodontalen Attachments aufweisen, ist zu erwarten, dass dieses Gewebe die Neubildung von ästhetischen Papillen unterstützen wird. Wenn allerdings an den Oberflächen der Nachbarzähne bereits ein signifikanter Verlust des parodontalen Attachments vorliegt, kann nicht erwartet werden, dass sich zwischen diesen Zahnoberflächen und dem benachbarten Implantat perfekte Papillen regenerieren. Choquet et al.³⁹ untersuchten die Papillenneubildung an 27 Einzelimplantaten im Oberkiefer bei 26 Patienten. Eine optimale Papillenneubildung (Jemt-Index²³ von 2 oder 3) war dann am wahrscheinlichsten, wenn der Abstand vom Knochenkamm an der Zahnoberfläche zum Kontaktpunkt zwischen Zahnkrone und Implantat bis zu 5 mm betrug. In dem Maß, wie dieser Abstand zunahm, nahm die Prognostizierbarkeit einer optimalen Papillenneubildung ab. Es gab allerdings Beispiele einer perfekten Papillenneubildung, bei der dieser Abstand viel größer war (bis zu 10 mm). Also mussten noch weitere Faktoren eine Rolle spielen. Schropp et al.¹³ berichteten von der Papillenneubildung bei 39 DAE-Schraubenimplantaten (Osseotite, 3i/Implant Innovations). Auch sie verwendeten den Jemt-Index. Nach einem Follow-up von 1,5 Jahren hatten die meisten Papillen an diesen Implantaten einen Jemt-Index von 1 oder 2. Keins hatte den perfekten Wert 3.

Insgesamt bestätigen die Röntgendaten und die Daten zum Jemt-PI, dass SPS-Implantate nach sieben bis neun Jahren Funktion als Einzelzahnersatz gute Ergebnisse zeigten.

Danksagung

Die Autoren danken Karen Nardini für ihre administrative Unterstützung und Lynda Woodcock für die Bearbeitung des Manuskripts vor der Veröffentlichung. Wir danken auch den Patienten, die bereit waren, so lange an der Studie teilzunehmen.

Literatur

- Jemt T. Modified single and short-span restorations supported by osseointegrated fixtures in the partially edentulous jaw. *J Prosthet Dent* 1986;55:243–247.
- Jemt T, Lekholm U, Gröndahl K. A 3-year followup study of early single implant restorations ad modum Bränemark. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1990;10:340–349.
- Jemt T, Laney WR, Harris D, et al. Osseointegrated implants for single tooth replacement: A 1-year report from a multicenter prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:29–36.
- Gomez-Roman G, Schulte W, d'Hoedt B, Axman-Krcmar D. The Frilit-2 implant system: Five-year clinical experience in single tooth and immediately postextraction applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:299–309.
- Deporter DA, Todescan R, Watson PA, Pharoah M, Levy D, Nardini K. Use of the Endopore dental implant to restore single teeth in the maxilla: Protocol and early results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:263–272.
- Palmer RM, Palmer PJ, Smith BJ. A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:179–182.
- Levine RA, Clem D, Beagle J, et al. Multicenter retrospective analysis of the solid-screw ITI implant for posterior single-tooth replacements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:550–556.
- Romeo E, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G. Long-term clinical effectiveness of oral implants in the treatment of partial edentulism. Seven-year life table analysis of a prospective study with ITI dental implants system used for single-tooth restorations. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:133–143.
- Goffredsen K. A 5-year prospective study of single-tooth replacements supported by the Astra Tech implant: A pilot study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:1–8.
- Taylor RC, McGlumphy EA, Tatakis DN, Beck FM. Radiographic and clinical evaluation of single-tooth Biolok implants: A 5-year study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:849–854.
- Dhanrajani PJ, Al-Rafee MA. Single-tooth implant restorations: A retrospective study. *Implant Dent* 2005;14:125–130.
- Elkhoury J, McGlumphy EA, Tatakis DN, Beck FM. Clinical parameters associated with success and failure of single-tooth titanium plasma-sprayed cylindrical implants under stricter criteria: A 5-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:687–694.
- Schropp L, Isidor F, Kostopoulos L, Wenzel A. Interproximal papilla levels following early versus delayed placement of single-tooth implants: A controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:753–761.
- Balshi TJ. Candidates and requirements for single tooth implant prostheses. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:316–331.
- Brägger U, Krenander P, Lang NP. Economic aspects of single-tooth replacement. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:335–341.
- Esposito M, Ekström A, Gröndahl K. Radiological evaluation of marginal bone loss at tooth surfaces facing single Bränemark implants. *Clin Oral Implants Res* 1993;4:151–157.

17. Pilliar RM. Overview of surface variability of metallic endosseous dental implants: Textured and porous surface-structured designs. *Implant Dent* 1998;7:305–314.
18. Lewis SG, Beumer J 3rd, Perri GR, Hornburg WP. Single tooth implant supported restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:25–30.
19. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 1997;24:568–572.
20. Deporter DA, Todescan R, Riley N. Porous-surfaced dental implants in the partially edentulous maxilla: Assessment for subclinical mobility. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:184–192.
21. Deporter DA, Watson PA, 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.
22. Rokni S, Todescan R, Watson P, Pharoah M, Adegbembo AO, Deporter D. An assessment of crown-to-root ratios with short sintered porous-surfaced implants supporting prostheses in partially edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:69–76.
23. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:326–333.
24. Deporter DA, Todescan R, Nardini K. Use of a tapered porous-surfaced dental implant in combination with osteotomes to restore edentulism in the difficult maxilla. *Implant Dent* 1999;8:233–240.
25. Spray JR, Black GG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: Stage I placement through stage II uncovering. *Ann Periodontol* 2000;5:119–128.
26. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *J Clin Periodontol* 1994;21:189–193.
27. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:81–90.
28. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the peri-implant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol* 1996;23:971–973.
29. Abrahamsson I, Berglundh T, Wennström J, Lindhe J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:212–219.
30. Deporter DA, Al-Sayyed A, Pilliar RM, Valiquette N. "Biologic width" and crestal bone remodeling with sintered porous-surfaced dental implants: A study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:544–550.
31. Henry PJ, Laney WR, Jemt T, et al. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: A prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:450–455.
32. Wennström JL, Ekestrubbe A, Gröndahl K, Karlsson S, Lindhe J. Implant-supported single-tooth restorations: A 5-year prospective study. *J Clin Periodontol* 2005;32:567–574.
33. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci* 1998;106:527–551.
34. Astrand P, Engquist B, Anzén B, et al. A three-year follow-up report of a comparative study of ITI Dental Implants and Brånemark System implants in the treatment of the partially edentulous maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:130–141.
35. Mericske-Stern R, Grütter L, Rösch R, Mericske E. Clinical evaluation and prosthetic complications of single tooth replacements by non-submerged implants. *Clin Oral Implant Res* 2001;12:309–318.
36. Deporter DA, Caudry S, Kermalli J, Adegbembo AO. 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.
37. Elkhoury J, McGlumphy EA, Tatakis DN, Beck FM. Clinical parameters associated with success and failure of single-tooth titanium in plasma-sprayed cylindrical implants under stricter criteria: A 5-year retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:687–694.
38. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11–25.
39. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, Daelemans P, Tarnow DP, Malevez C. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region. *J Periodontol* 2001;72:1364–1371.