

Josep Oliva, Xavi Oliva, Josep D. Oliva

Erste klinische Einjahresergebnisse von 100 Zirkonoxidimplantaten

Ein Vergleich zwischen zwei unterschiedlich rauen Oberflächentypen

INDIZES *Biokeramik, Keramik, Beschichtung, Dentalimplantate, raue Oberfläche, raue Topographie, Zirkonium, Zirkoniumoxid*

Das Ziel der Studie bestand in der Beurteilung der Erfolgsquote von 100 konsekutiven Dentalimplantaten aus Zirkonoxid mit zwei unterschiedlich rauen Oberflächentypen nach einjähriger Beobachtungsdauer. Für diese Studie wurden einteilige Zirkonoxidimplantate (CeraRoot, Barcelona, Spanien) in fünf verschiedenen Ausführungen und mit zwei Oberflächentypen von unterschiedlicher Rauheit konzipiert und hergestellt. Eingesetzt wurden die Implantate im Rahmen standardmäßiger oder lappenloser Eingriffe. Bei ungenügender Höhe oder Breite des Knochens wurde der Eingriff mit einer Alveolarkammaugmentation oder einer Sinusbodenelevation kombiniert. Implantate im Frontzahnbereich (Eckzahn bis Eckzahn) wurden sofort mit Provisorien versorgt. Implantate, die man unter Anwendung von weniger als 35 N Anzugsmoment einbrachte, wurden zur Reduzierung der Implantatmobilität und von Verlusten mit den benachbarten Zähnen oder Implantaten verblockt. Vier Monate (acht Monate bei zusätzlicher Kammaugmentation oder Sinusbodenelevation) nach der Implantation wurde der definitive vollkeramische Zahnersatz eingegliedert. Die Studie umfasste 36 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 50 Jahren. Die Erfolgsquote nach einem Jahr Beobachtungsdauer betrug in beiden Gruppen (mit und ohne Beschichtung) 98 %. Erste Resultate aus dieser Untersuchung lassen darauf schließen, dass Zirkonoxidimplantate mit rauer Oberfläche eine gangbare Alternative zu Titanimplantaten darstellen könnten. Zur Untersuchung der langfristigen Erfolgsquoten mit den untersuchten Implantatoberflächen sind längere Beobachtungszeiträume erforderlich.

■ Einleitung

Handelsübliches Reintitan besitzt eine gut dokumentierte Biokompatibilität, lässt sich gut mit Werkzeugen bearbeiten und ist somit das Material der Wahl bei der Herstellung von Dentalimplantaten. Bereits seit rund 30 Jahren wird dieses biokompatible Material¹ mit hohen Erfolgsquoten² für Implantate verwendet. Aus ästhetischer Sicht nachteilig ist die dunkle Farbe von Titan, die bei dünn ausgeprägter

Schleimhaut durchschimmern kann^{3,4}. Ferner können Gewebeschrumpfung, Rezessionen und periimplantäre Läsionen den Implantatkopf freilegen. Trotz der hohen Korrosionsbeständigkeit² von Titan haben einige Untersuchungen erhöhte Konzentrationen des Metalls im periimplantären Knochen⁵ und den regionalen Lymphknoten nachgewiesen. Allerdings ist ungeklärt, inwieweit diese Befunde aus klinischer Sicht relevant sind⁶.



Josep Oliva

M.Sc.
Privatpraxis, Ganollers,
Barcelona
und
Abteilung für Parodontologie,
Universität Barcelona

Xavi Oliva

M.Sc.

Josep D. Oliva

M.D.

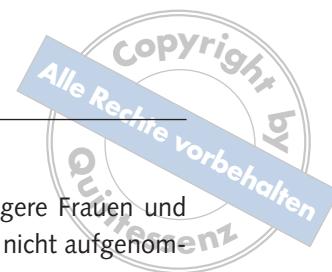
Beide:
Privatpraxis, Ganollers,
Barcelona

Korrespondenzadresse:

Dr. Josep Oliva
126 Josep Umbert
08400 Granollers, Barcelona
Spanien
E-Mail:
laclinica@clinicaoliva.com

Manuskript

Eingang: 03.12.2007
Annahme: 18.12.2007



Implantate aus zahnfarbenen Materialien wie Keramik wären eine mögliche Lösung für die genannten Probleme. Vollkeramische Materialien zeichnen sich durch eine hohe Biokompatibilität aus⁷. Ein keramisches Material, aus dem Dentalimplantate bereits hergestellt wurden, ist Aluminiumoxid (Al_2O_3). Es konnte gezeigt werden, dass dieses so genannte „Tübinger Implantat“ (Frialit I) gut osseointegriert^{8,9}. Allerdings besaß es nicht die zur langfristigen Belastung erforderlichen mechanischen Eigenschaften und wurde daher vom Markt genommen. Außerdem sind zu diesem Produkt nicht genügend Daten publiziert worden.

Zirkonoxid ist ein weiteres neues Keramikmaterial, das sich potenziell zur Herstellung von Dentalimplantaten eignet. Es verfügt über gute physikalische Eigenschaften und kommt als Metallsatz infrage. Es besitzt eine hohe Biegefestigkeit (900 bis 1200 MPa), eine große Härte (1200 Vickers-Einheiten) und ein Weibull-Modul von 10 bis 12¹⁰⁻¹². Darüber hinaus wurde in mehreren Tiermodellen die Biokompatibilität von Zirkonoxid als Implantatmaterial nachgewiesen¹³⁻²⁰. In-vitro-Simulationen haben gezeigt, dass das Material offenbar auch langfristigen Belastungen standhalten kann¹⁷.

Raue Implantatoberflächen fördern erwiesenermaßen die Integration in den Knochen²¹. Hingegen bewirkt das Drehen der Zirkoniumoxidstäbe eine relativ glatte Oberfläche. Sennerby et al.²⁰ konnten im Kaninchenmodell zeigen, dass zur Explantation von porösen Zirkonoxidflächen größere Abzugsmomente erforderlich waren. Allerdings wurden bislang keine Vergleichsstudien zu Zirkonoxidimplantaten mit unterschiedlichen Oberflächen publiziert.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Bewertung der Erfolgsquote von 100 konsekutiven Zirkonoxidimplantaten mit zwei unterschiedlich rauen Oberflächentypen nach einjähriger Beobachtungsdauer.

■ Material und Methode

In die Studie aufgenommen wurden alle Patienten im Alter von 19 bis 80 Jahren, die Zahnersatz benötigten. Ausgeschlossen blieben Raucher und Patienten mit Gesundheitsdefiziten oder Krankheiten, die einen chirurgischen Eingriff im Mundraum kontrain-

diziert erscheinen ließen. Schwangere Frauen und stillende Mütter wurden ebenfalls nicht aufgenommen.

Es wurden einteilige Zirkonoxidimplantate in zwei Ausführungen mit unterschiedlich rauer Oberfläche (je 50 Stück) eigens für diese Studie konzipiert und hergestellt. Bei der Herstellung wurde kaltes Zirkonoxidpulver (TZ-3YSB-E; Tosoh Corporation, Tokio) zu Stäben gepresst. Diese wurden vorgesintert und danach zu Gewindeimplantaten gedreht. Deren Oberfläche wurde auf zwei verschiedenen Wegen porös gestaltet: In der unbeschichteten Gruppe wurde die Oberfläche lediglich mit einer speziellen Diamantscheibe behandelt, in der beschichteten Gruppe wurde sie mit einem stabilen bioaktiven Keramikmaterial überzogen ($\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-F}$). Nach dem Aufrauen wurden die Implantate auf ihre definitive Dichte gesintert.

Die Topographie der Oberflächen wurde mit einem Interferometer charakterisiert. Hierzu wurden die folgenden Parameter ausgewertet:

1. durchschnittliche Rauheit (Ra) als Abstand zwischen Profil und Mittellinie im Verlauf,
2. Gipfel-Tal-Rauheit (Rp-v) als vertikaler Abstand zwischen höchstem und tiefstem Punkt der Oberfläche und
3. quadratischer Mittelwert (RMS) als Durchschnitt aus Höhenabweichungen und mittlerer Oberflächenhöhe.

Insgesamt erwies sich die Oberfläche der beschichteten Implantate als rauer (Tab. 1, Abb. 1).

Für die verschiedenen Indikationen wurden die Implantate in fünf unterschiedlichen Ausführungen hergestellt (Abb. 2). Jede Ausführung sollte ein zahnförmiges Austrittsprofil für die jeweilige Suprakonstruktion ermöglichen. Jedes dieser einteiligen Implantate umfasste drei Abschnitte:

1. den enossalen Gewindeabschnitt mit rauer Oberfläche,
2. den transmukosalen Abschnitt zur Gestaltung eines optimalen Emergenzprofils und
3. den Trägerabschnitt für die Suprakonstruktion.

Die Patienten wurden abwechselnd der Gruppe mit beschichteten oder der Gruppe mit unbeschichteten Implantaten zugeordnet. Alle Patienten wurden über Zirkonoxidimplantate sowie mögliche Alternativen



Gruppe/Oberfläche		Rp-v [nm]	Ra [nm]	RMS [nm]
Beschichtete Gruppe	225 μm^2	3110	436	367
	25 μm^2	710	91,9	72,6
Unbeschichtete Gruppe	225 μm^2	1450	293	231
	25 μm^2	370	63,5	52,1

Tabelle 1 Charakterisierung der Oberflächentopographie

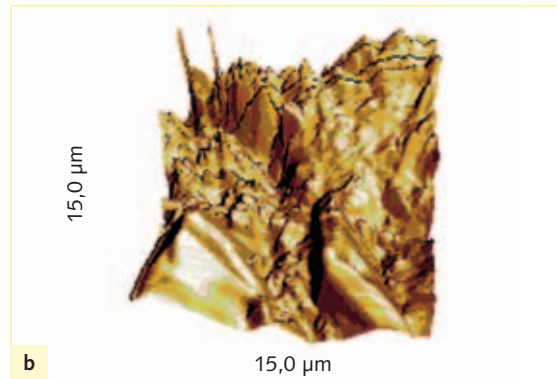
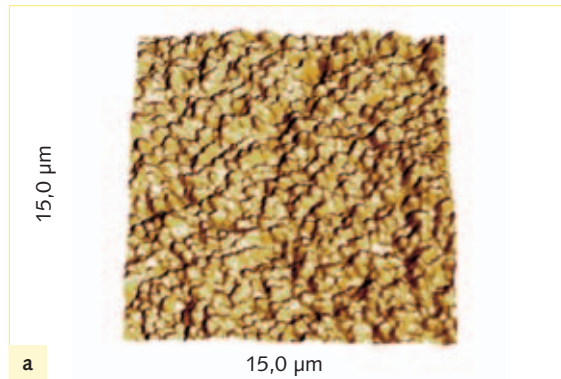


Abb. 1a und b Topographie der unbeschichteten (links) und beschichteten (rechts) Implantate.



Abb. 2 In der Studie verwendete Implantate. In der Reihenfolge von links nach rechts wurden diese Implantate verwendet für: 1. und 2. obere mittlere Schneide- und Eckzahnregionen, 3. obere und untere Prämolarenregionen, 4. obere und untere Molarenregionen und 5. obere seitliche und untere Schneidezahnregionen.



Abb. 3 Zirkonoxidimplantate wurden in regio 14, 13, 11, 21 und 24 ohne Lappenbildung in frische Extraktionsalveolen eingesetzt. Transmukosale Implantationen wurden in regio 16, 15, 25 und 26 durchgeführt. In regio 23 erfolgte eine Sofortimplantation, in dem gezeigten Fall allerdings mit Lappenbildung.

aufgeklärt und gaben ihre schriftliche Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie.

Vor der Behandlung wurden Panoramaröntgenaufnahmen und Fotos angefertigt. Ferner wurden Modelle hergestellt. Auf der Grundlage der Wachsmodellation wurde die chirurgische Schablone angefertigt und je nach klinischem Befund die beste Implantatausführung ermittelt.

Die Implantationen erfolgten nach Möglichkeit transmukosal im Rahmen eines lappenlosen Eingriffs oder, wenn dies nicht möglich war, in einem standardmäßigen Eingriff mit Lappenbildung. In Fällen, in

denen die Implantate sofort nach der Zahnextraktion inseriert wurden, erübrigten sich Schnittführungen, Lappen und Nähte. Nach Stollenpräparation wurde der Knochen auf Fensterungen oder Dehiszenzen untersucht. Beim Vorliegen derartiger Defekte wurde ein Lappen angehoben und ein regenerativer Eingriff durchgeführt (Abb. 3).

Vorgesehene Implantationsstellen mit ungenügendem horizontalen oder vertikalen Kammvolumen wurden einer regenerativen Behandlung mit autologem Knochen oder demineralisiertem gefriergetrockneten Rinderkochen unterzogen. Zum optimalen Po-



Abb. 4a Gebiss mit nicht erhaltungswürdigem Zahn 25 und ungenügender Knochenhöhe an den Zähnen 26 und 27.

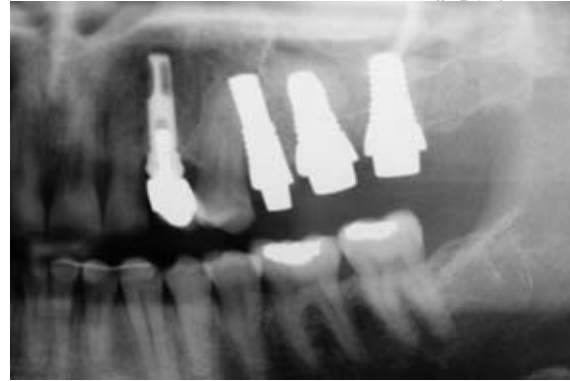


Abb. 4b In regio 25 wurde sofort nach der Exzision ein Implantat eingesetzt. In regio 26 und 27 erfolgte gleichzeitig mit der Implantation eine Sinusbodenelevation (autologer Knochen und demineralisierter gefriergetrockneter Rinderknochen).

sitionieren und Ausrichten der Implantate wurde in allen Fällen eine chirurgische Schablone verwendet. Die Bohrabfolge begann im Normalfall mit Rosenbohrern, gefolgt von Spiralbohrern und schließlich einem Versenkbohrer. Im Unterkiefer wurde bei hoher Knochendichte ein Gewinde vorgeschritten, damit das Implantat leichter in den Knochen eingesetzt werden konnte. Unmittelbar nach dem Eingriff wurden Panoramaaufnahmen angefertigt, um die Lage der Implantate zu überprüfen.

Wann immer die Implantate im ästhetischen Bereich (Eckzahn bis Eckzahn) unter Anwendung eines Anzugsmoments von mehr als 35 Ncm positioniert wurden, erfolgte eine Sofortversorgung der Implantate mit einem zementierten Provisorium in leicht infraokklusaler Lage. Bei Implantaten mit geringeren Anzugsmomenten wurde ein verblocktes Konenprovisorium auf dem Implantat und den Nachbarzähnen verwendet, wenn diese ebenfalls restauriert werden mussten, oder die provisorische Krone wurde mit Komposit (Tetric Flow; Ivoclar Vivadent, Schaan/Liechtenstein) adhäsiv mit den Nachbarzähnen verblockt, um das Risiko einer Implantatmobilität und von Implantatverlusten zu minimieren.

Im Seitenzahnbereich des Oberkiefers wurde bei ungenügender Knochenhöhe (≤ 8 mm) gleichzeitig mit der Implantation eine Sinusbodenelevation durchgeführt (Abb. 4). Bei einer Restknochenhöhe von weniger als 5 mm wurde das Implantat mit den Nachbarzähnen verblockt, um seine Immobilität zu sichern und sein Scheitern zu verhindern. Um Miss-

erfolge zu minimieren, wurden Implantate im seitlichen Oberkieferbereich auch bei Nichterreichen von 35 Ncm adhäsiv mit einem Standardkomposit mit den Nachbarzähnen verblockt.

Alle Patienten wurden in Mundhygiene unterwiesen. Für die ersten beiden Monate nach dem Eingriff wurde von einer Belastung der Implantate beim Beißen und Kauen abgeraten. Fünfzehn Tage nach dem Eingriff folgte ein Kontrollbesuch mit Nahtentfernung. Einmal monatlich wurden die Implantate auf Mobilität untersucht; außerdem wurden Schmerzen erfragt und Sondierungstiefen erhoben. Je nach Bedarf erhielten die Patienten eine professionelle Zahnreinigung. Drei Monate nach dem Eingriff wurden Abformungen durchgeführt.

Der definitive Zahnersatz wurde vier Monate nach der Implantation eingegliedert (Abb. 5). Eine Ausnahme bildeten die Fälle mit Sinusbodenaugmentation oder Knochenregeneration. Hier konnten die Implantate bis zum Eingliedern der definitiven Keramikrestauration acht Monate einheilen. Um die desmodontale Elastizität der natürlichen Zähne zu kompensieren, wurden alle definitiven Konstruktionen in leicht infraokklusaler Position eingegliedert. Kontakte bei seitlichen Exkursionsbewegungen wurden vermieden.

Die Herstellung des vollkeramischen Zahnersatzes erfolgte computergestützt in CAD/CAM-Technik (LAVA; 3M/Espe, St. Paul, MN, USA) oder im presskeramischen Verfahren (Empress II; Ivoclar Vivadent). Zur definitiven Befestigung diente ein Glasionomerzement (GC FujiCEM; GC America, Alsip, IL, USA).



Abb. 5a und b – Eingliederung einer definitiven Vollkeramikrestauration. Die Kronen entsprechen farblich den Nachbarzähnen und fügen sich gut ins Weichgewebe ein.

Nach dem Eingliedern des definitiven Zahnersatzes wurden die Patienten nach einem, drei, sechs und zwölf Monaten nachuntersucht. Nach zwölf Monaten wurde eine Panoramaaufnahme und/oder eine periapikale Röntgenaufnahme angefertigt (Abb. 6).

Ergebnisse

Insgesamt wurden 36 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 50 Jahren (Bereich: 28 bis 78 Jahre), die zwischen Januar und Dezember 2004 behandelt wurden, in die Studie eingeschlossen. Die Beobachtungsdauer betrug mindestens ein Jahr. Die Implantate wurden in allen Kieferregionen inseriert: 34 (17 beschichtet und 17 unbeschichtet) wurden in der ästhetischen Zone eingesetzt, 46 (23 beschichtet und 23 unbeschichtet) im seitlichen Oberkieferbereich, vier (2 beschichtet und 2 unbeschichtet) in der Unterkieferfront und 16 (8 beschichtet und 8 unbeschichtet) im seitlichen Unterkieferbereich.

Vierundfünfzig Implantate (24 beschichtet und 30 unbeschichtet) wurden unter Anwendung einer lappenlosen Technik (einschließlich Sofortimplantaten) inseriert. Einundvierzig Implantate (21 beschichtet und 20 unbeschichtet) wurden mit provisorischem Zahnersatz sofortversorgt; 20 davon (10 beschichtet und 10 unbeschichtet) wurden mit den angrenzenden Zähnen oder Implantaten verblockt. Dreiunddreißig Implantate (16 beschichtet und 17 unbeschichtet) wurden in Verbindung mit Osteo-



Abb. 6 Radiologischer Kontrollbefund von zwei Implantaten im oberen mittleren Schneidezahnbereich nach einem Jahr. Zu beachten sind die passgenau sitzenden Kronen und das stabile Knochenniveau zwischen den Implantaten.

plastiken eingesetzt. Eine Sinusbodenelevation wurde im Bereich von 19 Implantaten (10 beschichtet und 9 unbeschichtet) durchgeführt.

Zwei Implantate (eins beschichtet und eins unbeschichtet) gingen 15 Tage nach dem Eingriff verloren. Beide Implantate waren bei einem Restkammvolumen von weniger als 5 mm gleichzeitig mit einer Sinusbodenelevation eingesetzt worden. In beiden Fällen handelte es sich um männliche Patienten mit frakturierten Kompositverblockungen und mobilen Implantaten. Nach der Explantation dieser Implantate konnte das Sinusbodenaugmentat bis zum zwei-



ten Implantationsversuch acht Monate einheilen. Weitere Implantatverluste waren während der Behandlung und im ersten Jahr der Nachuntersuchung nicht zu verzeichnen. Es wurden keine Schmerzen, Entzündungen, Blutungen oder Radioluzenzen bekannt.

Als Erfolgskriterium nach dem ersten Jahr durften die Implantate beim Perkussionstest keine Schmerzen verursachen. Ferner durften keine Blutungen nach Sondierung, keine Anzeichen für eine Entzündung, keine Mobilität des Implantats oder der Restauration und keine Radioluzenzen vorhanden sein.

Die Erfolgsquote nach einjähriger Beobachtungsdauer betrug sowohl in der Gruppe mit Beschichtung als auch in der Gruppe ohne Beschichtung 98 %. Die Verweilquote nach dem ersten postoperativen Monat betrug 100 %.

■ Diskussion

In verschiedenen Tiermodellen wurde gezeigt, dass Gewindeimplantate aus Zirkonoxid osseointegrieren können. Akagawa et al.¹⁴ verglichen die Reaktion von Knochengewebe auf belastete und unbelastete Zirkonoxidimplantate im Unterkiefer von Hunden. Den Autoren zufolge zeigten die Implantate drei Monate nach dem Eingriff (ohne signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen) hochgradigen Knochenkontakt. In einem Affenmodell untersuchten Akagawa et al.¹⁵ die Langzeitstabilität der Osseointegration von einzeitig inserierten und teilstabilisierten Zirkonoxidimplantaten bei

1. einzelnen freistehenden Implantaten,
2. verblockten freistehenden Implantaten sowie
3. einer Kombination von Implantaten und natürlichen Zähnen.

Es waren keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen Trägerkonfigurationen festzustellen. In allen Gruppen wurde Knochengewebe direkt an die Implantate angelagert. Auch aus histometrischer Sicht zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Es wurden keine mechanischen Probleme (z. B. Implantatfrakturen) beschrieben.

Kohal et al.¹⁸ verglichen individuelle Titan- und Zirkonoxidimplantate zur Unterstützung von Metallkronen im Oberkiefer von sechs Affen. Beide Implan-

tattypen hatten eine sandgestrahlte Oberfläche; die Titanimplantate waren darüber hinaus mit Säure geätzt. Alle Implantate waren und blieben stabil. Es traten keine mechanischen Probleme auf. Histologisch reagierte der Knochen auf das Titan und Zirkonoxid in gleicher Weise.

In einer anderen Studie prüften Kohal et al.¹⁷ Implantate aus handelsüblichem Reintitan und Implantate aus Zirkonoxid mit Yttrium-Teilstabilisierung auf ihr jeweiliges Beanspruchungsmuster. Hierzu wurde eine computergestützte 3-D-Auswertung durchgeführt. Beide Implantattypen zeigten ein sehr ähnliches Beanspruchungsmuster.

Sennerby et al.²⁰ untersuchten Zirkonoxidimplantate mit modifizierter (d. h. beschichteter) Oberfläche bei Kaninchen. Sie konnten beobachten, dass das Knochengewebe nach sechs Wochen Einheildauer stark reagierte. Der Widerstand gegen Drehkräfte war ähnlich wie bei oxidierten Implantaten und lag somit um das Vier- bis Fünffache über dem nachgewiesenen Niveau von glatten Zirkonoxidimplantaten. Diese Befunde deuten also darauf hin, dass sich Zirkonoxidimplantate mit modifizierter Oberfläche fest im Knochen stabilisieren lassen.

In der Vergangenheit wurden Dentalimplantate auch schon aus anderen Keramiken, wie Aluminiumoxiden, hergestellt. Klinische Studien zum Tübinger Implantat^{8,9,22} ergaben Überlebensraten von über 90 %. Allerdings wurde dieses Implantat vom Markt genommen, da es möglicherweise zu mechanischem Versagen kommen könnte.

Untersuchungen mit Keramikmaterialien auf Zirkonoxidbasis lassen vermuten, dass dieses Material überaus biokompatibel ist und gute mechanische Eigenschaften im Hinblick auf die Herstellung von Dentalimplantaten besitzt^{13,20}. Allerdings ist der klinische Erfahrungsschatz der Autoren in Bezug auf Zirkonimplantate noch sehr eingeschränkt. Lediglich einige Fallberichte sind bislang publiziert worden. Einer davon stammt vom Kohal und Klaus²³. Diese Autoren extrahierten einen hoffnungslosen oberen mittleren Schneidezahn und ersetzten ihn durch ein Sofortimplantat aus Zirkonoxid. Ein lokaler Knochendefekt wurde osteoplastisch behoben. Nach sechsmonatiger Einheildauer wurde am Zirkonoxidimplantat ein Sekundärteil zementiert und hierauf die definitive Krone befestigt. Der Endbefund war radiologisch wie auch ästhetisch sehr gut.



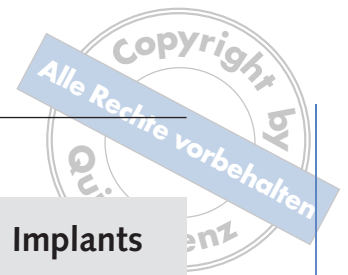
Der vorliegende Artikel beschreibt erstmals klinische Resultate von 100 Dentalimplantaten aus Zirkonoxid mit zwei verschiedenen rauen Oberflächen nach einjähriger Beobachtungsdauer. Die Erfolgsquote von insgesamt 98 % ist vergleichbar mit den Ergebnissen für standardmäßige Titanimplantate. Nur zwei Implantate scheiterten. Beide Fälle waren mit einer Sinusbodenelevation verbunden. In Zukunft könnte man daher überlegen, Patienten mit weniger als 5 mm Restknochenvolumen auszuschließen. Die langfristige Erfolgsquote von Zirkonoxidimplantaten wird in weiteren Studien zu beurteilen sein. Notwendig sind auch Vergleichsstudien zu Zirkonoxid- und Titanimplantaten mit unterschiedlichen Oberflächen.

Schlussfolgerung

Erste Ergebnisse aus dieser Untersuchung lassen darauf schließen, dass Zirkonoxidimplantate mit rauen Oberflächen eine gangbare Alternative zu Titanimplantaten darstellen könnten. Zur Bewertung der langfristigen Erfolgsquoten der untersuchten Implantatoberflächen sind längere Beobachtungszeiträume erforderlich.

Literatur

- Kasemo B, Lausmaa J. Biomaterial and implant surfaces: A surface science approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:247-259.
- Kasemo B, Lausmaa J. Biomaterials and interfaces. In: Naert I, van Steenberghe D, Worthington P (eds.). *Osseointegration in Oral Rehabilitation*. London: Quintessenz, 1993:63-75.
- Heydecke G, Kohal R, Glaser R. Optimal esthetics in single-tooth replacement with the Re-Implant system: A case report. *Int J Prosthodont* 1999;12:184-189.
- Wohlwend A, Studer S, Schärer P. Das Zirkonoxidabutment – ein neues vollkeramisches Konzept zur ästhetischen Verbesserung der Suprastruktur in der Implantologie. *Quintessenz Zahntech* 1996;22:364-381.
- Bianco PD, Ducheyne P, Cuckler JM. Local accumulation of titanium released from a titanium implant in the absence of wear. *J Biomed Mater Res* 1996;31:227-234.
- Weingart D, Steinemann S, Schilli W, et al. Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in maxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994;23:450-452.
- Silva W, Lameiras FS, Lobato ZI. Biological reactivity of zirconia-hydroxyapatite composites. *J Biomed Mater Res* 2002;63:583-590.
- Schulte W. The intra-osseous Al₂O₃ (Frialit) Tübingen Implant. Developmental status after eight years (I-III). *Quintessenz Int* 1984;15:1-39.
- Schulte W, d'Hoedt B. Thirteen years of the Tübingen implant system made by Frialit – Additional results [in Deutsch]. *Z Zahnärztl Implantol* 1988;3:167-172.
- Marx R. Modern ceramic materials for esthetic restorations – Strengthening and fracture toughness [in Deutsch]. *Dtsch Zahnärztl Z* 1993;48:229-236.
- Piconi C, Burger W, Richter HG, et al. Y-TZP ceramics for artificial joint replacements. *Biomaterials* 1998;19:1489-1494.
- Stevens R. Zirconia and Zirconia Ceramics: An Introduction to Zirconia. ed 2. Twickenham, UK: Litho 2000;1986:1-51.
- Albrektsson T, Hansson HA, Ivarsson B. Interface analysis of titanium and zirconium bone implants. *Biomaterials* 1985; 6:97-101.
- Akagawa Y, Ichikawa Y, Nikai H, Tsuru H. Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. *J Prosthet Dent* 1993;69:599-604.
- Akagawa Y, Hosokawa R, Sato Y, Kamayama K. Comparison between freestanding and tooth-connected partially stabilized zirconia implants after two years' function in monkeys: A clinical and histological study. *J Prosthet Dent* 1998;80: 551-558.
- Ichikawa Y, Akagawa Y, Nikai H, Tsuru H. Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo. *J Prosthet Dent* 1992;68:322-326.
- Kohal RJ, Papavasiliou G, Kamposiora P, Tripodakis A, Strub JR. Three-dimensional computerized stress analysis of commercially pure titanium and yttrium-partially stabilized zirconia implants. *Int J Prosthodont* 2002;15:189-194.
- Kohal RJ, Weng D, Bächle M, Strub J. Loaded custom-made zirconia and titanium implants show similar osseointegration. *J Periodontol* 2004;75:1262-1268.
- Kohal RJ, Hürzeler MB, Mota LF, et al. Custom-made root analogue titanium implants placed into extraction sockets. An experimental study in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:386-392.
- Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M. Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: a histomorphometric and removal torque study in the rabbit. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7(Suppl 1):S13-S20.
- Wennerberg A. On Surface Roughness and Implant Incorporation [thesis]. Göteborg, Sweden: Göteborg University, 1996.
- De Wijs FLJA, van Dongen RC, de Lange GL. Front tooth replacement with Tübingen (Frialit) implants. *J Oral Rehabil* 1994;21:11-26.
- Kohal RJ, Klaus G. A zirconia implant / zirconia crown system. A case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:147-153.



One-year Follow-up of First Consecutive 100 Zirconia Dental Implants in Humans: A Comparison of 2 Different Rough Surfaces

KEYWORDS *Bioceramic, ceramic, coatings, dental implants, rough surface, rough topography, zirconia, zirconium oxide*

The aim of this study was to evaluate the success rate of 100 consecutive zirconia dental implants with 2 different rough surfaces after 1 year of follow-up. One-piece zirconia dental implants (CeraRoot, Barcelona/Spain) with 1 of 2 different roughened surfaces were designed and manufactured for this study. Five different implant designs were manufactured. Standard or flapless surgical procedures were used for implant placement. Simultaneous bone augmentation or sinus elevation were performed in the cases where bone height or width was insufficient. Implants in the anterior region (canine to canine) were immediately restored with provisional prostheses. Implants placed using less than 35 N torque were splinted with composite resin using an etched and bonded approach to the neighboring teeth or implants to minimize implant mobility and failure. Definitive all-ceramic restorations were placed 4 months after implant placement (8 months for implants where bone augmentation or sinus elevation was performed). The study included 36 patients with a mean age of 50 years. The overall implant success rate after 1 year follow-up was 98% in both the coated and noncoated groups. From the preliminary results of this investigation, it can be concluded that zirconia dental implants with roughened surfaces might be a viable alternative for tooth replacement. Further follow-up is needed to evaluate the long-term success rates of the implant surfaces studied.