

U. Held¹

Verkürzte Einheildauer von Titanimplantaten mit hydrophiler Oberfläche bei Patienten mit reduzierter Knochenqualität – eine prospektive Pilotstudie

Shortened healing period of titanium implants with hydrophilic surfaces in patients with reduced quality bone – a prospective pilot study

Einführung: Um eine Erhöhung der Primärstabilität zu erreichen, wurden unterschiedliche Modifikationen der Oberflächeneigenschaften der Implantate eingeführt. Ein weiterer Fokus liegt auf der Verkürzung der Einheilphase nach erfolgreicher Insertion. Das Ziel der vorliegenden klinischen Studie war die Untersuchung von Titan-Implantaten mit hydrophilen Oberflächen, die in Knochen mit reduzierter Dichte, d.h. Typ 3 und 4 [22] bzw. D3 und D4 [23] inseriert wurden.

Material und Methoden: In der Frühphase der Einheilung wurden Stabilitätsparameter bestimmt: Eindrehmoment, taktiler Widerstand und ISQ. Die o.g. Parameter und das vertikale Knochenniveau wurden 4, 8 bzw. 12 und 20 bzw. 24 Wochen nach der Implantation bestimmt. Insgesamt wurden 36 Implantate inseriert, davon 35 in Knochen mit reduzierter Qualität. Zwei Implantate gingen vor der Belastungsphase verloren (5,7 %). Acht Wochen nach der Implantation wurde der Ausdrehwiderstand bestimmt. Bei einem Wert von mindestens 35 Ncm wurden die Implantate zur Belastung freigegeben. Die restlichen 33 (94,3 %) Implantate wurden okklusal belastet und waren 20 bzw. 24 Wochen nach der Implantation in situ und funktionsstabil. 31 Implantate (88,6 %) wurden nach 8 Wochen zur Belastung freigegeben.

Ergebnisse: Zum Zeitpunkt der Implantation lag das Eindrehmoment bei 21 Ncm (SD ± 3). Der taktile Widerstand lag 4 Wochen später bei 32 Ncm (SD ± 6), nach 8 Wochen bei 40 Ncm (SD ± 5) und erreichte nach 20 bzw. 24 Wochen einen, mit der Drehmomentratsche noch messbaren maximalen Wert von 45 Ncm (SD ± 3). Lag der ISQ-Mittelwert zum Zeitpunkt der Implantation bei 43 (SD ± 9), stieg dieser nach 4 Wochen auf 47 (SD ± 9), nach 8 Wochen auf 63 (SD ± 10), und in der 12. Woche nach Belastungsfreigabe (20 bzw. 24 Woche) auf 72 (SD ± 9).

Introduction: In order to increase primary stability various modifications were carried out on the implant surface properties. In addition, efforts have also focused on shortening the healing phase after implant surgery. The aim of the current clinical study was to investigate titanium implants with hydrophilic surfaces placed in reduced density bone, i.e. classes 3 and 4 [22] or D3 and D4 [23].

Materials and methods: During the early healing phase the implant stability quotient (ISQ), insertion torque as well as tactile resistance (torque "OUT") and vertical bone level were recorded 4, 8, 12, and 20 (or 24) weeks after implant placement. 35 of a total of 36 implants were inserted into bone of reduced quality. Two implants (5.7 %) failed prior to loading. Eight weeks after surgery the implants were released for loading if their tactile resistance (torque "OUT") was at least 35 Ncm. The remaining 33 (94.3 %) implants were loaded occlusally and remained in situ/were functionally stable 20, resp. 24 weeks after implantation. 31 (88.6 %) implants were released for prosthetic loading after 8 weeks.

Results: At the time of implantation the average insertion torque was 21 Ncm (SD ± 3). Four weeks later the tactile resistance was on average 32 Ncm (SD ± 6), 8 weeks after implantation it increased to 40 Ncm (SD ± 5) and at 20/24 weeks it reached 45 Ncm (SD ± 3), i.e. the maximum value still measurable with a torque ratchet. The mean ISQ value immediately after implantation was 43 (SD ± 9), 4 weeks later it increased to 47 (SD ± 9). After 8 weeks a mean ISQ value of 63 (SD ± 10) was reached which then rose further to 72 (SD ± 9) 12 weeks after being released for loading (week 20 or 24).

Conclusion: The study results demonstrated that good osseointegration was achieved with the new hydrophilic sur-

¹ Praxis Emmendingen

Übersetzung: LinguaDent

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der Studie weisen auf gute osseointegrative Eigenschaften der neuen hydrophilen Oberfläche hin, die eine Verkürzung der Einheilphase auch im Knochen mit einer verminderten Qualität erlaubt.

Schlüsselwörter: Implantate; Einheildauer; Knochenqualität; Resonanzfrequenzanalyse; INICELL

face thus allowing the healing period to be shortened, even in bone with decreased density.

Keywords: Implants; healing time; bone quality; resonance frequency analysis; INICELL

Zitierweise:

Held U: Verkürzte Einheildauer von Titan-Implantaten mit hydrophiler Oberfläche bei Patienten mit reduzierter Knochenqualität – eine prospektive Pilotstudie. *Z Zahnärztl Implantol* 2014;30:134–142

DOI 10.3238/ZZI.2014.0134–0142

Einleitung

In der dentalen Implantologie hat neben der Knochenquantität die Knochenqualität erheblichen Einfluss auf die Primär- und Sekundärstabilität des Implantats und damit auf den Langzeiterfolg dieser Therapieform. Die Primärstabilität, definiert als biomechanische Stabilität, die nach der Insertion erreicht wird, wird maßgeblich vom Implantat-Knochen-Kontakt (BIC) beeinflusst. Um eine Erhöhung der Primärstabilität zu erreichen, wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Modifikationen bezüglich der Oberflächengeometrie und -textur der Implantate durchgeführt. Neben der Erhöhung der Primärstabilität liegt ein weiterer Fokus auf der Verkürzung der Einheilphase von Implantaten nach erfolgter Insertion.

Nach dem Einbringen dentaler Implantate in das aufbereitete Implantatbett füllt sich der Spalt zwischen Knochen und Implantatoberfläche mit Serum und einem Blutkoagulum. Es kommt zur Adsorption von Proteinen und Makromolekülen auf der Implantatoberfläche. Die Oberfläche wird zellulär konditioniert (conditioning film), womit eine Fixierung von Fibrinfasern ermöglicht wird. Nach Ausbildung einer fibrinogenen Matrix können zelluläre Bestandteile wie Präosteoblasten einwandern. Des Weiteren treten aus den eröffneten Markräumen Zytokine, Wachstumsfaktoren sowie mesenchymale Zellen mit osteogener Potenz aus, die zur Ausbildung einer Knochenmatrix führen [11, 20]. Der Zeitraum zwischen der Reorganisation des Blutkoagulums und der Ausbildung eines neuen periimplantären Knochens beträgt ca. 4 Wochen.

Dies ist der kritische Zeitpunkt der Implantateinheilung. In dieser Phase geht die biomechanische Implantatstabilität in eine biologische Verankerung über, wobei die Implantate die geringsten Stabilitätswerte aufweisen. Nach der kritischen Phase der Implantateinheilung nimmt die Knochenanlagerung weiter zu, so dass die Stabilitätswerte der Implantate im Rahmen der Sekundärstabilität ansteigen [6, 30]. Um eine Verkürzung der Einheilphasen generieren zu können, muss somit eine schnellere Knochenanlagerung induziert werden. Eine schnellere Ausbildung der periimplantären Knochenmatrix führt zu einer früheren Erhöhung der biologischen Sekundärstabilität, als Voraussetzung kürzerer Einheilzeiten dentaler Implantate. Als beeinflussende Faktoren bezüglich einer Beschleunigung osteogener Prozesse wurde der Einsatz von Wachstumsfaktoren diskutiert. Während bioaktive, mitogene Moleküle wie PDGF oder TGF- β 2 (platelet-derived growth factor, transforming growth factor- β 2) eine beschleunigte Teilung von Fibroblasten und Osteoblasten induzieren, haben BMPs (bone morphogenetic proteins) eine morphogene Wirkung auf Mesenchymzellen, so dass eine osteogene Determinierung mesenchymaler Zellen stattfindet [15, 16, 21]. Eine weitere direkte Beeinflussung der Knochenneubildung kann durch spezielle chemische Oberflächeneigenschaften der Implantate selbst hervorgerufen werden [39]. Ionisierte, d.h. geladene Oberflächen besitzen eine erhöhte Oberflächenenergie und damit verbesserte hydrophile Eigenschaften, welche die biologisch interaktiven Prozesse zwischen Implantat und Umgebung stimulieren [2].

Die hydrophilen Eigenschaften dieser Implantate erlauben eine verbesserte Adsorption von Proteinen auf der jeweiligen Oberfläche und führen zu einer Verkürzung der Ausbildung der periimplantären Knochenmatrix und somit zu einer schnelleren Etablierung neuen Knochens [6]. Durch Hydroxilierung von Implantatoberflächen wird eine Verbesserung der hydrophilen Eigenschaften erreicht. Dies führt zu einer verstärkten Differenzierung von Präosteoblasten und dadurch zu einer beschleunigten Knochenneubildung und Osseointegration [41, 42]. Durch eine schnellere Osseointegration kann eine frühere Belastung inserierter Implantate erreicht werden [25, 31].

Heute ist Titan Grad 4 (Reintitan) dank seiner mechanischen und chemischen Eigenschaften das bevorzugte Implantatmaterial für erfolgreich osseointegrierte Implantate. INICELL ist die Weiterentwicklung der sandgestrahlten und thermisch säuregeätzten Oberfläche. Die hydrophilen Eigenschaften dieser Oberfläche erlauben eine homogene Adsorption von Proteinen auf der Implantatoberfläche. Dies führt zur Aktivierung von mehr Blutplättchen und zur Ausbildung eines homogenen, vollständigen Fibrinnetzwerks in den Frühstadien der Osseointegration. Tierstudien haben gezeigt, dass diese Eigenschaften zu einer schnelleren Knochenanlagerung an der Implantatoberfläche führen [7, 38]. Das Ziel der Studie war deswegen die Untersuchung, ob bei Patienten mit reduzierter Knochenqualität eine frühe Belastung (nach 8 bzw. 12 Wochen) mit einem guten prothetischen Ergebnis möglich ist. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Behandlung von 10 teil-

weise bezahnten Patienten mit Knochenqualität 3 und 4 dargestellt, die bis 24 Wochen nach der okklusalen Belastung nachverfolgt worden sind.

Material und Methoden

Ziel der Studie

Das Ziel der Studie war die Untersuchung der Osseointegration von Implantaten mit chemisch modifizierter Oberfläche (INICELL), die bei Patienten mit reduzierter Knochenqualität eine verkürzte Einheilphase bedingen sollen.

Studienablauf

Im Zeitraum zwischen Januar und November 2009 wurden im Cranio Facialen Centrum Hirslanden in Aarau, Schweiz, bei 10 Patienten Implantate mit einer neuartigen, chemisch modifizierten Oberfläche inseriert. Die Studie wurde durchgeführt im Einklang mit den ethischen Anforderungen der Deklaration von Helsinki. Das Studienprotokoll wurde durch die Ethikkommission des Kantons Aarau bewilligt. Alle teilnehmenden Patienten haben eine Einverständniserklärung unterschrieben. Die Ausschlusskriterien der Untersuchung waren starker Nikotinabusus (> 10 Zigaretten pro Tag), Bruxismus, Bestrahlungstherapien, deren Zeitpunkt weniger als ein Jahr vor der Implantation lag sowie abgebrochene Bestrahlungstherapien und sämtliche Erkrankungen, die einen negativen Einfluss auf die Osseointegration haben. Des Weiteren wurden Patienten mit einem nicht kompensierten Diabetes, chronischen Infektionskrankheiten und weiteren Stoffwechselerkrankungen zur Studie nicht zugelassen. In die Studie wurden nur Patienten aufgenommen, die zwischen 18 und 75 Jahren alt waren und bei denen die Implantation in Regionen mit reduzierter Knochenqualität durchgeführt werden konnte. Die Knochenqualität der Implantatregionen betrug Typ 3 und 4 nach *Lekholm und Zarb* [22] bzw. D3 bis D4 nach *Misch* [23].

Nach erfolgter Anamnese und klinischer sowie radiologischer Untersuchung mittels Orthopantomogramm (OPT) und digitaler Volumentomogra-

Länge (mm)	PF Ø mm		
	4,0	4,5	5,0
8,0	3	5	5
9,5	1	3	1
11,0	0	2	3
12,5	0	4	8
14,0	1	0	0

Tabelle 1 Übersicht der eingesetzten Implantate (ELEMENT INICELL)
Table 1 Overview of inserted implants (ELEMENT INICELL)

phie (DVT), wurden bei den oben genannten Patienten insgesamt 36 Implantate eingesetzt. Bei den Fixturen handelte es sich um schraubenförmige Titanimplantate mit einem selbstschneidenden Gewinde und einer hydrophilen enossalen Oberfläche (ELEMENT INICELL, Thommen Medical AG, Waldenburg, CH). Die Hydrophilisierung erfolgte unmittelbar vor der Implantation. Entsprechend den Angaben des Herstellers wurden die sterilen Implantate im Rahmen einer Standardmethode in eine verdünnte (0,05 M) alkalische Lösung getaucht. Durch den Kontakt der Implantatoberfläche mit dem Konditionierungsmittel wurde diese mit Hydroxidionen benetzt.

Bei den ausgewählten Patienten wurde die Implantation zweizeitig durchgeführt. Die Empfehlungen des Herstellers wurden eingehalten. Eingesetzt wurden 36 Thommen ELEMENT-Implantate (Plattform Ø 4,0; 4,5 und 5,0 mm, Längen 8,0; 9,5; 11,5; 12,0 und 14,0 mm), die unmittelbar vor dem Einsetzen konditioniert wurden. Das höchste Eindrehmoment wurde mittels Mono-Drehmomentratsche (Thommen Medical AG, Waldenburg, CH) aufgezeichnet und der Implantatstabilitätsquotient (ISQ) kontaktlos gemessen (Ostell, Ostell AB, Göteborg, Schweden). Unmittelbar nach der Implantation wurde mittels DVT (Newtom VG, Verona, Italien) eine Röntgenkontrolle durchgeführt. Zur postoperativen Infektionsprophylaxe wurden die Einnahme von 300 mg Clindamycin (Dalcin, Pfizer AG, Zürich, CH) sowie die Anwendung einer 0,1%igen Chlorhexidindlösung (Drossadin, Drossapharm AG, Basel, CH) dreimal täglich über eine Woche verordnet. Als Analgetikum wurde Mefenaminsäure (Mephadorol 500 Neo, Mepha Pharma AG, Aesch, CH) verwendet. Des Weiteren sollten die Patienten die Einnahme von harten

Speisen bis zur Belastung (8 bzw. 12 Wochen) vermeiden.

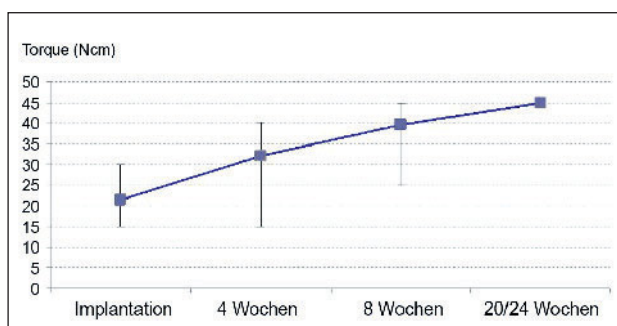
Bestimmung des taktilen Widerstands (Drehmoment OUT)

Nach 4 Wochen wurden die Implantate freigelegt und nachuntersucht. Die Nachuntersuchung umfasste die Bestimmung der Implantatstabilität mittels der Mono-Drehmomentratsche (Thommen Medical AG, Waldenburg, CH). Dazu erfolgte eine vorsichtige Messung in der Position „OUT“ bis zu ersten Anzeichen einer Rotationsbewegung oder Auftreten von Schmerzen bzw. bis zu einem maximalen Drehmoment von 35 Ncm.

Weitere Untersuchungen und prothetische Versorgung

Des Weiteren wurde der Implantatstabilitätsquotient (ISQ) bestimmt. Mittels skaliertes Parodontalsonde wurde der Abstand von der Implantatschulter bis zum marginalen Knochen im mesialen, bukkalen, oralen und distalen Bereich ermittelt. Diese Messungen wurden nach weiteren 4 Wochen, d.h. 8 Wochen nach der Implantation, wiederholt. Als ergänzende Untersuchung erfolgte die Anfertigung eines DVT. Implantate, die zu diesem Zeitpunkt einen taktilen Widerstand von ≥ 35 Ncm zeigten, wurden zur prothetischen Belastung freigegeben. Bei diesen Implantaten erfolgte die nächste Untersuchung nach weiteren 12 Wochen (20 Wochen post implantationem). Implantate, die nicht mit einem taktilen Widerstand ≥ 35 Ncm belastet werden konnten, wurden nach weiteren 4 Wochen (12 Wochen p.i.) nachkontrolliert und bei Erreichen des oben genannten Ausdrehminimums zur Belastung freigegeben. Diese Fixturen wurden ebenfalls 12 Wochen später (24 Wochen p.i.) nachuntersucht. Die

Torque-Wert	Implantation	4 Wochen	8 Wochen	20/24 Wochen
Mittelwert (Ncm)	21,3	32,1	39,6	45
Median	20	32	40	45
Min	15	15	25	45
Max	30	40	45	45
Abweichung min	6,3	17,1	14,6	0
Abweichung max	8,7	7,9	5,4	0
Standardabweichung	3,3	5,7	5,1	0

Tabelle 2 Torque-Wert-Analyse**Table 2** Torque value analysis**Abbildung 1**

Graphische Torque-Wert-Analyse

Figure 1

Graphic analysis of torque values

Kontrollen nach 20 bzw. 24 Wochen umfassten die Bestimmung des taktilen Widerstands (Implantatstabilität), die Evaluation des ISQ-Wertes und die Messung der Sondierungstiefen, wie oben beschrieben.

Resultate

Im Rahmen der vorgelegten Studie wurden insgesamt 10 Patienten (7 Frauen, 3 Männer) mit 36 ELEMENT-Implantaten mit der INICELL-Oberfläche behandelt. 35 Implantate wurden in Regionen mit Knochenqualität Typ 3 und 4 eingebracht. Die Übersicht der eingesetzten Implantate ist in Tabelle 1 aufgeführt. Ein Implantat wurde bei einem Patienten mit Knochenqualität Typ 2 eingesetzt und im Rahmen der Untersuchung nicht ausgewertet. Bei demselben Patienten wurde ein weiteres Implantat inseriert, dessen Umgebungsknochen der Qualität Typ 3 entsprach. Bei 6 Patienten wurden die Implantate in Knochen Typ 3 und bei 5 Patienten in Knochen Typ 4 eingesetzt (1 Patient erhielt Implantate in Knochen Typ 3 und 4). Insgesamt befanden sich 20 Implantate in Knochen Typ 3 und 15 in Knochen Typ 4. Ein Patient erhielt insgesamt

10 Implantate, wovon 5 im Unterkieferseitenzahnbereich (Typ 3) und 5 im Oberkieferseitenzahnbereich (Typ 4) eingesetzt wurden. Das Alter der Patienten lag zwischen 23 und 72 Jahren, das Durchschnittsalter betrug 50,9 Jahre. 16 Implantate (45,7 %) wurden im Oberkiefer und 19 Implantate (54,3 %) im Unterkiefer eingesetzt. Bei 5 Patienten erfolgte die Implantation von 15 Implantaten im augmentierten Sinus maxillaris. Bei weiteren 3 Patienten wurden im Unterkiefer 12 Implantate nach bzw. in Kombination mit augmentativen Verfahren eingebracht.

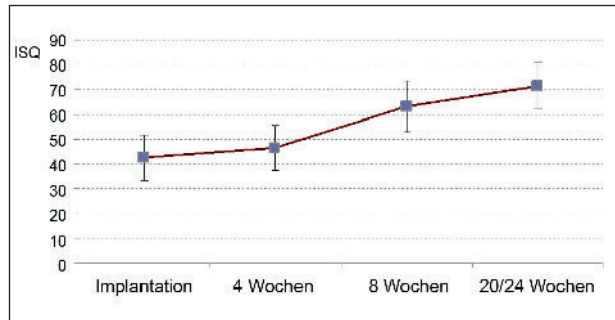
Zwei von 35 in Knochenqualität Typ 3 und 4 inserierten Implantaten (5,3 %) gingen vor der Freigabe zur Belastungsphase verloren. Ein Implantat eines Patienten, das im augmentierten Sinus maxillaris inseriert worden war, musste im Zuge der Freilegungsvisite nach 4 Wochen aufgrund einer Gewindefraktur eines Ostell-Messzylinders im Implantatkörper explantiert werden. Ein weiteres Implantat einer Patientin wurde vor der 4. Visite (12 Wochen p.i.) entfernt. Während der Osseointegration des Implantats kam es zu Wundheilungsstörungen im Sinne einer Dehiscenz des periimplantären Weichgewebes mit freiliegendem Knochen. Diese

Patientin war 4 Jahre zuvor nach einer Teilresektion des Mundbodens bestrahlt worden. Nach Entfernung des Implantats heilte die Dehiscenz komplikationslos ab. 31 Implantate (88,6 %) konnten nach 8 Wochen und 2 Implantate (5,7 %) nach 12 Wochen zur Belastung freigegeben werden.

Zum Zeitpunkt der Implantation lag der Mittelwert des Eindrehmoments bei 21 Ncm (SD ± 3). Der taktile Widerstand bei der Freilegung der Implantate lag im Mittel bei 32 Ncm (SD ± 6). Acht Wochen nach der Implantation war der Mittelwert dieses Drehmoments auf 40 Ncm (SD ± 5) angestiegen und erreichte nach 20 bzw. 24 Wochen einen mit der Drehmomentratsche noch messbaren maximalen Wert von 45 Ncm (Abb. 1, Tab. 2).

Die Verlaufskurve der evaluierten ISQ-Werte, die in Abbildung 2 dargestellt ist, unterscheidet sich in ihrer Form von der graphischen Darstellung der Entwicklung der Drehmomentwerte. Während es innerhalb der ersten 4 Wochen zwischen Implantation und Freilegung bei den Drehmomentwerten zu einem deutlichen Anstieg kommt, verläuft die Kurve bezüglich der ISQ-Werte deutlich flacher. Lag der Mittelwert der Implantatstabilitätsquotienten zum Zeitpunkt der Implantation bei 43 (SD ± 9), stieg dieser nach 4 Wochen auf 47 (SD ± 9). Im 2. Messintervall zwischen der 4. und 8. Woche ist ein deutlicher Anstieg des Kurvenverlaufs ersichtlich. Nach 8 Wochen wurde ein Mittelwert von 63 (SD ± 10) erreicht, der dann in der 12. Woche nach Belastungsfreigabe (20 bzw. 24 Woche) auf 72 (SD ± 9) angestiegen war (Tab. 3).

Das vertikale Knochenniveau (Abb. 3, Tab. 4), ausgehend von der Implantatschulter, wurde mit einer skalierten Parodontalsonde bestimmt, wobei die Skalierung im Millimeterbereich differenzierbar war. Im Rahmen der Implantation wurden die Fixtoren mit der Implantatschulter auf Knochenniveau inseriert. Der Gesamtmittelwert der evaluierten Sondierungstiefen lag bei der Implantatfreilegung bei 0,78 mm (SD ± 0,49). Nach 8 Wochen wurde ein Gesamtmittelwert von 1,31 mm (SD ± 0,55) ermittelt. 12 Wochen nach Freigabe der Implantate zur prothetischen Belastung betrug der mittlere Abstand der Implantatschulter zum marginalen Knochen 1,46 mm (SD ± 0,7), wobei der Knochenrückgang im mesialen

**Abbildung 2**

Verlauf der ISQ-Werte

Figure 2

ISQ value changes

und distalen Bereich der Implantate (Abb. 4, Tab. 5) am stärksten ausgeprägt war (Mittelwert mesial: 1,5 mm, Mittelwert distal: 1,55 mm).

Insgesamt zeigte sich eine stabile Zunahme der Drehmoment- sowie ISQ-Werte über das Beobachtungsintervall von 20 bzw. 24 Wochen. In diesem Zeitraum waren noch alle zur Belastung freigegebenen Implantate in situ und funktionsstabil.

Diskussion

Das Ziel der vorliegenden klinischen Studie war, das Verhalten von Implantaten mit chemisch modifizierter Oberfläche unter Frühbelastung im Knochen mit reduzierter Dichte zu analysieren. Die chemische Modifikation der verwendeten Implantate beruht auf einer Benetzung der Oberfläche mit OH-Ionen. Hydroxilierte Titanoberflächen weisen eine verbesserte freie Oberflächenenergie und Hydrophilie auf [32], wodurch die Produktion von osteogenen Faktoren wie Osteocalcin und Wachstumsfaktoren erhöht werden kann [41]. Im Rahmen einer Pilotstudie bei Hunden stellten Schwarz et al. [34] eine signifikant stärkere Proliferation der Gefäßstrukturen sowie eine erhöhte Osteocalcin-Aktivität und bessere Knochenbildungsvorgänge bei chemisch modifi-

zierten, hydroxilierten Implantatoberflächen im Vergleich zu herkömmlichen Oberflächen fest. Vor allem in der Frühphase der Osseointegration der Implantate konnte eine schnellere Knochenanlagerungsrate nachgewiesen werden, insbesondere in der Zeit zwischen der 2. und 4. Woche [4, 6]. Nach 2 und 4 Wochen Einheilzeit war der Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) bei hydrophilen Implantaten signifikant höher verglichen mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus Titanimplantaten mit einer herkömmlichen Oberfläche. In der Studie von Buser et al. [6] war der BIC bei den hydrophilen Oberflächen 60 % höher als in der Kontrollgruppe. Allerdings näherten sich diese Werte nach 8 Wochen an. Ein ähnliches Verhalten konnte auch bezüglich der Knochendichte eruiert werden [34, 37]. Die Veränderung der periimplantären Knochendichte bzw. die Knochen-Implantat-Kontakte geben Auskunft über das osseointegrative Verhalten der Implantate. Neben der Primärstabilität [9, 10] bestimmt das Maß der Osseointegration während der Einheilphase das zeitliche Protokoll einer Implantatbelastung mit prothetischen Suprastrukturen [19]. Die Bestimmung der Primärstabilität der 35 Implantate, die in Regionen mit reduzierter Knochendichte bzw. Knochenqualität inseriert wurden, erfolgte über die Bestimmung des Eindrehmoments. Die

Messung des Eindrehmoments zur quantitativen Bestimmung der Implantatprimärstabilität hat sich wissenschaftlich etabliert [1, 28]. Bezüglich der Bestimmung der Knochenqualität wurden zunächst dreidimensionale Röntgenbilder mittels DVT (NewTom VG, Fa. QR, Verona, Italien) angefertigt. Eine genaue präimplantologische Messung der Knochenmineraldichte kann mittels quantitativer Computertomographie durchgeführt werden [8]. In neuesten Studien wird eine Korrelation zwischen den Voxel-Werten digitaler Volumentomographien und dem Mineralisationsgrad von Knochen mithilfe computertomographischer Dichtebestimmung [24] gezeigt. In einer Studie von Isoda et al. [18] wurde eine statistisch signifikante Beziehung zwischen der geschätzten Knochendichte, die mit digitaler Volumentomographie bestimmt wurde, und der Primärstabilität von Implantaten aufgezeigt. Die Primärstabilität wurde im Rahmen von Resonanzfrequenzmessungen bestimmt und sowohl mit den Werten der Knochendichtemessung als auch mit dem Eindrehmoment verglichen [18]. Die in der vorliegenden Untersuchung angefertigten digitalen Volumentomographien dienten lediglich der groben Einschätzung der Knochenqualität nach Lekholm und Zarb [22] bzw. Misch [23] durch Bestimmung der Dicke der Kompakta im Verhältnis zur Spongiosa. Misch [23] teilt den Knochen in 4 unterschiedliche Qualitätsklassen (D1 bis D4) ein, wobei jede dieser Klassen hinsichtlich ihrer implantologischen Wertigkeit topographisch zugeordnet und beschrieben werden kann. D3- und D4-Knochen wird charakterisiert durch eine dünne, poröse Kompakta und eine weitmaschige Spongiosa vergleichbar mit Typ 3- und Typ 4-Knochen, basierend auf dem Klassifikationsschema nach Lekholm und Zarb [22]. Knochen dieser Qualität bzw. Dichte findet sich vor allem im Bereich des Oberkiefers oder im Bereich der Unterkiefermolaren, wobei der Tuberbereich sowie augmentierte Regionen in der Regel D3- und D4-Charakteristika aufweisen [23]. Insgesamt wurden in der vorliegenden Untersuchung 27 Implantate in augmentierte Areale inseriert. Dabei erfolgte die Augmentation teilweise simultan zur Implantation. Um die Primärstabilität der Implantate zu bestimmen, wurde der Eindrehwiderstand mittels einer Dreh-

ISQ	Implantation	4 Wochen	8 Wochen	20/24 Wochen
Mittelwert (%)	43	47	63	72
Median	43	47	64	74
SD	9	9	10	9
Min	26	28	39	54
Max	56	58	82	84

Tabelle 3 ISQ-Wert-Analyse**Table 3** ISQ value analysis

	Vertikales Knochniveau (mm)	Standardabweichung (SD)
Freilegung	0,78	0,49
8 Wochen	1,31	0,55
20/24 Wochen	1,46	0,7

Tabelle 4 Abstand der Implantatschulter bis Knochniveau.

Table 4 Distance from implant shoulder to bone level.

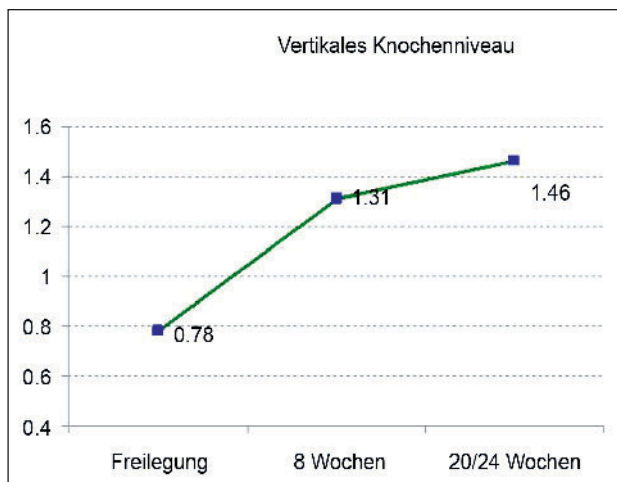


Abbildung 3 Abstand der Implantatschulter bis Knochniveau.

Figure 3 Distance from implant shoulder to bone level.

	Freilegung	SD	8 Wochen	SD	20/24 Wochen	SD
Mesial	0,68	0,49	1,32	0,55	1,50	0,87
Distal	0,78	0,48	1,44	0,69	1,55	0,82
Oral	0,75	0,50	1,25	0,39	1,38	0,52
Bukkal	0,93	0,46	1,24	0,53	1,39	0,56

Tabelle 5 Vertikales Knochniveau in Bezug auf die Implantatflächen.

Table 5 Relationship of vertical bone level to implant surface area.

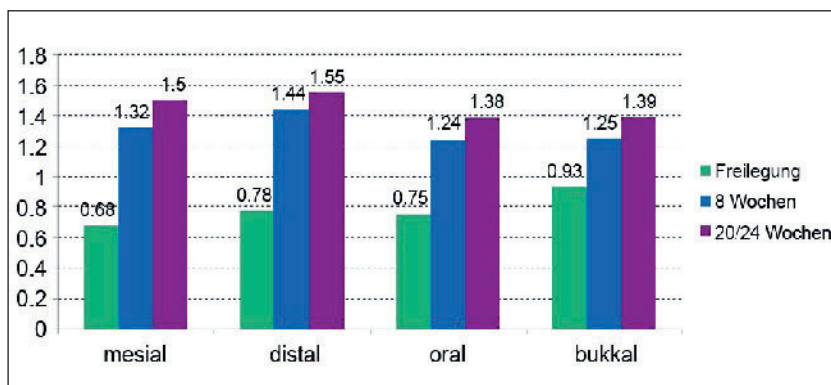


Abbildung 4 Vertikales Knochniveau in Bezug auf die Implantatflächen.

Figure 4 Relationship of vertical bone level to implant surface area.

momentratsche gemessen. Korrelationen zwischen den Eindrehmomenten von Implantaten und der Knochenmineralisationsdichte konnten nachgewiesen werden [17]. In einer Untersuchung zur Primärstabilität zweier Implantatsysteme von *Rabel et al.* [29] wurden Drehmomentmittelwerte von 22,1 Ncm im Bereich der Maxilla gemessen. Des Weiteren wurden Drehmoment-Mittelwerte von 25,5 Ncm für D2- und D3-Knochen bzw. 24,3 Ncm für Implantate im augmentierten Knochen ermittelt. Der Medianwert der Eindrehmomente zum Zeitpunkt der Implantation lag in der vorliegenden Untersuchung bei 20 Ncm (Minimum 15 Ncm, Maximum 35 Ncm). Neben der Messung des Eindrehwiderstands zur Evaluation der Implantatstabilität, hat sich die Resonanzfrequenzanalyse (RFA) etabliert [12, 26, 35, 36, 40]. Der Vorteil der RFA liegt zum einen in der Nicht-Invasivität, zum anderen in der hohen Reproduzierbarkeit der Untersuchung. Daher wird die Bestimmung des Implantatstabilitätsquotienten (ISQ) mittels RFA zur Verlaufskontrolle der Osseointegration, vor allem hinsichtlich des Zeitpunkts einer möglichen prothetischen Belastung, herangezogen [5, 14]. *Jimenez et al.* [19] konnten eine deutlich höhere Implantaterfolgsrate bei Implantaten aufzeigen, die bei einem ISQ-Wert > 50 belastet wurden. Im Rahmen mehrerer Untersuchungen zur Sofortbelastung dentaler Implantate wurden Erfolgsraten nach einem Jahr zwischen 96,7 % und 98,1 % bei ISQ-Werten > 60 nachgewiesen [10, 13]. *Ostman et al.* [27] konnten bei sofortbelasteten Implantaten im teilbezahnten Unterkiefer ein Erfolgsrate von 98,4 % ermitteln, wobei die verwendeten Implantate bei der Insertion einen ISQ-Wert > 60 und einen Eindrehwiderstand von mehr als 30 Ncm aufweisen mussten. Die Entscheidung über den Zeitpunkt der okklusalen Belastung wurde in der vorliegenden Untersuchung 8 Wochen post implantationem getroffen. Implantate, die einer taktilen Widerstandsmessung (Ratsche in Position „OUT“) von mindestens 35 Ncm widerstanden, wurden zur Belastung freigegeben. Dies traf auf 31 von 35 Implantaten zu. Der ISQ-Mittelwert dieser Implantate lag bei 63 (Minimum 39, Maximum 82). Zwei weitere Implantate wurden 4 Wochen später belastet, als das getestete Drehmoment < 35 Ncm betrug. Die Eva-

luation der ISQ-Werte erfolgte sowohl zum Zeitpunkt der Implantation als auch zum Zeitpunkt der Freilegung nach 4 Wochen sowie im weiteren Verlauf der Studie, d.h. nach 8 bzw. 12 und 20 bzw. 24 Wochen. Zum Zeitpunkt der Implantation lag der ISQ-Mittelwert aller Implantate bei 43 (SD \pm 9), und stieg dann zunächst mäßig bis zur Implantatfreilegung nach 4 Wochen auf 47 (SD \pm 9) an. Zwischen der Freilegung der Implantate und der ersten Kontrolluntersuchung nach 8 Wochen kam es zu einer stärkeren Zunahme der ISQ-Werte (Mittelwert 63, SD \pm 10). Im Rahmen der 3. Kontrolluntersuchung nach 20 bzw. 24 Wochen war die Zunahme der ISQ-Mittelwerte mit 68 (SD \pm 10) bzw. 72 (SD \pm 9) wieder geringer ausgeprägt. Die Verlaufskurve der hier ermittelten ISQ-Werte kann mit einer Untersuchung von Oates et al. [25] erklärt werden. Die Autoren bestimmten die Stabilität von Implantaten mit einer chemisch modifizierten hydrophilen Oberfläche per Resonanzfrequenzanalyse. Die ISQ-Werte, die mittels Ostell-Gerät bestimmt wurden, wiesen zunächst eine Abnahme bis zur 2. Woche auf. Danach näherten sich die Werte bis zur 4. Woche wieder an. Ein weiterer Anstieg erfolgte bis zur 12. Woche, wobei die Verlaufskurve der Zunahme nach der 6. Woche flacher ausfiel. Eine ähnliche Verlaufskurve von ISQ-Werten nach der Insertion chemisch modifizierter Implantate im Gaumen von 40 Studienteilnehmern konnten Schätzle et al. [33] aufzeigen. In dieser Studie kam es nach einer anfänglichen Reduzierung der ISQ-Werte allerdings erst nach dem 28. Tag zu einem deutlichen Anstieg der ermittelten Werte. Bornstein et al. [5] wiederum zeigten eine stetige Zunahme von ISQ-Werten im Rahmen einer 6-monatigen prospektiven Untersuchung von frühbelasteten Implantaten mit einer chemisch modifizierten Oberfläche von 74,3 im Mittel zum Zeitpunkt der Implantation bis 83,8 nach 26 Wochen.

Neben der Analyse der Implantatstabilität lag ein weiterer Fokus in der vorliegenden Studie auf der Evaluation des marginalen Knochenniveaus im Bereich der Implantatschulter. Während der Freilegung wurde der periimplantäre Knochenverlauf mit einer skalierten Parodontalsonde im mesialen, distalen, bukkalen und oralen Bereich gemessen. Der mittlere Abstand, ausgehend von

der Oberkante der Implantatschulter bis zum Knochen, lag zum Zeitpunkt der Freilegung bei 0,78 mm (SD \pm 0,49). Nach 6 Monaten lag die Sondierungstiefe im Mittel bei 1,46 mm (SD \pm 0,7). Ein Rückgang des marginalen periimplantären Knochens um 0,68 mm ist vergleichbar mit einer Untersuchung von Ostman et al. [26], welche die marginalen Knochenverhältnisse an 257 Implantaten untersuchten.

Insgesamt konnten 31 von 35 in Typ 3- respektive Typ 4-Knochen inserierte Implantate 8 Wochen und 2 Implantate 12 Wochen nach erfolgter Implantation belastet werden, was einer Erfolgsrate nach 6 Monaten von 94,3 % entspricht. Die Implantatverluste ereigneten sich in allen Fällen vor der Kontrolluntersuchung nach 8 Wochen, d.h. vor der Freigabe zur prothetischen Belastung. Ein Implantat musste bei einer Patientin im Unterkiefer aufgrund von knöchernen Dehiszenzen entfernt werden. Es handelte sich um eine im Vordfeld bestrahlte 64-jährige Patientin, bei der mittels ausgedehnter Vestibulumplastik in Kombination mit der Implantation zusätzlich eine Mobilisierung des Mundbodens zur Zungenlösung durchgeführt wurde. Dabei kam es zu einer geringgradigen Perforation des Periosts im Bereich eines Implantats und sukzessiv zu einer Wundheilungsstörung. Nachdem das Implantat entfernt worden war, regenerierte das Weichgewebe vollständig. Das zweite Implantat, das vor der Belastungsphase entfernt werden musste, war bei einem 67-jährigen Patienten nach Sinuslift inseriert worden. Bei der Resonanzfrequenzanalyse kam es zu einer Fraktur des Ostell-Messzylinders im Implantatkörper, so dass diese Fixtur explantiert werden musste. Während der prothetischen Belastungsphase über 12 Wochen kam es zu keinem Implantatverlust mehr, womit die Erfolgsrate der zur Belastung freigegebenen Implantate bei 100 % lag.

Insgesamt deuten die evaluierten Daten darauf hin, dass die verwendeten ELEMENT-Implantate mit der neuartigen hydrophilen Oberfläche über gute osseointegrative Eigenschaften verfügen. Aufgrund dessen konnten die Implantate in dieser Studie bei Knochenqualitäten 3 und 4 [22] bzw. D3- und D4-Knochen [23] früh belastet werden. Um statistisch relevante Aussagen bezüglich einer verkürzten Einheilzeit von Implantaten mit

einer chemisch modifizierten Oberfläche in Knochenarealen mit reduzierter Dichte machen zu können, müssen weitere prospektive Studien mit einer größeren Fallzahl und über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Schlussfolgerung

Der Einfluss strukturierter und chemisch modifizierter Implantatoberflächen auf die Osseointegration ist Untersuchungsgegenstand aktueller wissenschaftlicher Studien [34]. Aufgrund diverser Oberflächenmodifikationen kann eine Verkürzung der Einheilzeiten dentaler Implantate generiert werden [25]. Hinsichtlich reduzierter Einheilzeiten von Implantaten liegt der Fokus unterschiedlicher Hersteller auf einer chemischen Modifikation der Oberflächen [3, 34]. Thommen-Implantate verfügen über eine hydrophile Oberfläche. Basierend auf der Erfahrung mit Implantatsystemen vergleichbarer Oberflächen, kann davon ausgegangen werden, dass dieser Oberflächentyp eine verbesserte und beschleunigte knöcherne Einheilung bedingt [6, 34]. Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, um diese Annahme auch bei Patienten mit einer Knochenqualität Typ 3 und 4 [22] bzw. D3- und D4-Knochen [23] zu bestätigen. Insgesamt wurden 36 Implantate bei 10 Patienten inseriert, von denen 35 in Knochen mit reduzierter Dichte eingebracht wurden. Acht Wochen nach erfolgreicher Implantation wurden die Stabilität des Implantats mittels Resonanzfrequenzanalyse (ISQ-Wert) und der taktile Widerstand (Drehmoment OUT) bestimmt. Betrug der Widerstand mehr als 35 Ncm, konnten die Implantate prothetisch belastet werden. Insgesamt konnten 33 von 35 Implantaten zur Belastung freigegeben werden (94,3 %).

Bei der letzten Kontrolle waren sämtliche Implantate, die zur Belastung freigegeben wurden, stabil und in situ. Die Analyse der bisherigen Ergebnisse lässt gute osseointegrative Eigenschaften der neuen hydrophilen Oberfläche erwarten.

Danksagung: Die Autoren bedanken sich bezüglich der Durchführung und Auswertung dieser Studie sowie für die finanzielle Unterstützung bei Thommen Medical AG. Des Weiteren möch-

ten wir uns bei unseren zuweisenden Kolleginnen und Kollegen für die hervorragende Zusammenarbeit bedanken.

Interessenkonflikt: Der Autor Dr. Uwe Held gibt als möglichen Interessenkonflikt an, finanzielle Studienunterstützung der Firma Thommen Medical AG erhalten zu haben.

Zitierweise:

Held U: Verkürzte Einheildauer von Titan-Implantaten mit hydrophiler Oberfläche bei Patienten mit reduzierter Knochenqualität – eine prospektive Pilotstudie. *Z Zahnärztl Implantol* 2014;30:134–142

DOI 10.3238/ZZI.2014.0134-0142

Korrespondenzadresse

Dr. Uwe Held
Fachpraxis für Oralchirurgie
Ramiestr. 39
79312 Emmendingen
Tel.: 07641 9369121
info@oralchirurgie-emmendingen.de

Literatur

- Al-Nawas B, Brahm R, Grötz KA: Resonanzfrequenzanalyse zur non-invasiven Analyse der Primärstabilität endosaler Implantate in vivo. *Z Zahnärztl Implantol* 2002;18:142–148
- Baier RE, Meyer AE, Natiella JR, Natiella RR, Carter JM: Surface properties determine bioadhesive outcomes: methods and results. *J Biomed Mat Res* 1984;18:327–355
- Berglundh T, Abrahamsson I, Albojy JP, Lindhe J: Bone healing at implants with a fluoride-modified surface: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:147–52
- Bornstein MM, Valderrama P, Jones AA, Wilson TG, Seibl R, Cochran DL: Bone apposition around two different sand-blasted and acid-etched titanium implant surfaces: a histomorphometric study in canine mandibles. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:233–241. Epub 2008 Jan 3
- Bornstein MM, Hart CN, Halbritter SA, Morton D, Buser D: Early loading of nonsubmerged titanium implants with a chemically modified sand-blasted and acid-etched surface: 6-month results of a prospective case series study in the posterior mandible focusing on peri-implant crestal bone changes and implant stability quotient (ISQ) values. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11:338–347. Epub 2009 Apr 23
- Buser D, Broggin N, Wieland M et al.: Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface. *J Dent Res* 2004;83:529–533
- Calvo-Guirado JL, Ortiz-Ruiz AJ, Negri B, López-Marí L, Rodríguez-Barba C, Schlottig F: Histological and histomorphometric evaluation of immediate implant placement on a dog model with a new implant surface treatment. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:308–315. Epub 2010 Jan 13
- Cann CE, Genant HK: Precise measurement of vertebral mineral content using computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 1980;4:493–500
- Cornelini R, Cangini F, Covani U, Barone A, Buser D: Immediate restoration of single-tooth implants in mandibular molar sites: a 12-month preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:855–860
- Cornelini R, Cangini F, Covani U, Barone A, Buser D: Immediate loading of implants with 3-unit fixed partial dentures: a 12-month clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:914–918
- Davies JE: Mechanisms of endosseous integration. *Int J Prosthodont* 1998;11:391–401
- Degidi M, Daprile G, Piattelli A: Primary Stability Determination by Means of Insertion Torque and RFA in a Sample of 4,135 Implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;17. doi: 10.1111/j.1708-8208.2010.00302.x
- Fischer K, Bäckström M, Sennerby L: Immediate and early loading of oxidized tapered implants in the partially edentulous maxilla: a 1-year prospective clinical, radiographic, and resonance frequency analysis study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11:69–80. Epub 2008 Apr 1
- Glauser R, Sennerby L, Meredith N, Réé A, Lundgren A, Gottlow J, Hämmerle CH: Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:428–434
- Hamblin AS: Cytokines and Cytokine Receptors. In Male D (Hrsg.): *In Focus*. Oxford, England, 1993
- Heath J: Growth factors. In Rickwood D (Hrsg.): *In Focus*, Edition 2. Oxford, England, 1993
- Homolka P, Beer A, Birkfellner W et al.: Bone mineral density measurement with dental quantitative CT prior to dental implant placement in cadaver mandibles: pilot study. *Radiology* 2002;224:247–252
- Isoda K, Ayukawa Y, Tsukiyama Y, Sogo M, Matsushita Y, Koyano K: Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2011;5. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02203.x
- Jimenez D, Shah K, El-Ghareeb M et al.: Use of Ostell for determination of implant staging and loading protocols to improve implant success rates. Poster presentation AO 2009
- Kiesewetter K, Schwartz Z, Dean DD, Boyan BD: The role of implant surface characteristics in the healing of bone. *Crit Rev Oral Biol Med* 1996;7:329–345
- Kübler NR: Knochenneubildung durch Osteoinduktion: vom demineralisierten Knochen zu rekombinanten Bone morphogenetic proteins – Experimentelle Grundlagen und klinische Anwendung in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Berlin: Quintessenz Verlag, 1998
- Lekholm U, Zarb GA: Patient selection and preparation. In: Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. *Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence Publishing, 1985:199–209
- Misch CE: Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive bone loading. *Int J Oral Implantol* 1990;6:23–31
- Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Arijji E: Evaluation of voxel values in mandibular cancellous bone: relationship between cone-beam computed tomography and multislice helical computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:503–506. Epub 2009 Feb 25.
- Oates TW, Valderrama P, Bischof M et al.: Enhanced implant stability with a chemically modified SLA surface: a randomized pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:755–760
- Ostman PO, Hellman M, Sennerby L: Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7 Suppl 1:S60–69
- Ostman PO, Hellman M, Sennerby L: Immediate occlusal loading of implants in the partially edentate mandible: a prospective 1-year radiographic and 4-year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:315–322
- O'Sullivan D, Sennerby L, Meredith N: Influence of implant taper on the primary and secondary stability of osseointegrated titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:474–480
- Rabel A, Köhler SG, Schmidt-Westhausen AM: Clinical study on the primary stability of two dental implant systems

- with resonance frequency analysis. Clin Oral Investig 2007;11:257–265. Epub 2007 Mar 31
30. Raghavendra S, Wood MC, Taylor TD: Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. Int J Oral Maxillofac Implants 2005;20:425–431
31. Rocuzzo M, Wilson TG Jr.: A prospective study of 3 weeks' loading of chemically modified titanium implants in the maxillary molar region: 1-year results. Int J Oral Maxillofac Implants 2009;24:65–72
32. Rupp F, Scheideler L, Olshanska N, de Wild M, Wieland M, Geis-Gerstorfer J.: Enhancing surface free energy and hydrophilicity through chemical modification of microstructured titanium implant surfaces. J Biomed Mater Res A 2006;76:323–334
33. Schätzle M, Männchen R, Balbach U, Hämmerle CH, Toutenburg H, Jung RE: Stability change of chemically modified sandblasted/acid-etched titanium palatal implants. A randomized-controlled clinical trial. Clin Oral Implants Res 2009;20:489–495. Epub 2009 Mar 11
34. Schwarz F, Herten M, Sager M, Wieland M, Dard M, Becker J: Histological and immunohistochemical analysis of initial and early osseous integration at chemically modified and conventional SLA titanium implants: preliminary results of a pilot study in dogs. Clin Oral Implants Res 2007;18:481–488. Epub 2007 Apr 30
35. Sennerby L, Meredith N: Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. Periodontol 2000. 2008;47:51–66
36. Sjöström M, Sennerby L, Nilson H, Lundgren S: Reconstruction of the atrophic edentulous maxilla with free iliac crest grafts and implants: a 3-year report of a prospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res 2007;9:46–59
37. Stadlinger B, Lode AT, Eckelt U et al.: Surface-conditioned dental implants: an animal study on bone formation. J Clin Periodontol 2009;36:882–891. Epub 2009 Sep 7
38. Stadlinger B, Ferguson SJ, Eckelt U et al.: Biomechanical evaluation of a titanium implant surface conditioned by a hydroxide ion solution. Br J Oral Maxillofac Surg 2010;20:74–79
39. Tengvall P: In: Bio-Implant Interface: Improving Biomaterials and Tissue Reactions. Ellingson JE, Lyngstadaas SP, Eds.: CRC Press: Boca Raton, London, New York, Washington NDC 2003; Chapter 16
40. Valderrama P, Oates TW, Jones AA, Simpson J, Schoolfield JD, Cochran DL: Evaluation of two different resonance frequency devices to detect implant stability: a clinical trial. J Periodontol 2007;78:262–272
41. Zhao G, Schwartz Z, Wieland M et al.: High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure. J Biomed Mater Res A 2005;74:49–58
42. Zhao G, Raines AL, Wieland M, Schwartz Z, Boyan BD: Requirement for both micron- and submicron scale structure for synergistic response of osteoblasts to substrate surface energy and topography. Biomaterials 2007;28:2821–2829

BUCHBESPRECHUNG / BOOK REVIEW

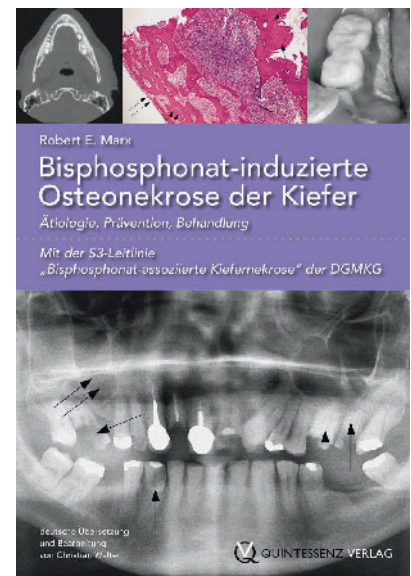
Bisphosphonat-induzierte Osteonekrose der Kiefer. Ätiologie, Prävention, Behandlung

R.E. Marx, Quintessenz, Berlin 2013, Softcover, ISBN 978-3-86867-107-0, 184 Seiten, 261 Abb., 88,00 Euro

Seit seiner Publikation „Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic.“ im September 2003 im Journal of Oral and Maxillofacial Surgery gilt Robert E. Marx als Erstbeschreiber der durch Bisphosphonattherapie induzierten Kiefernekrosen. Seit dieser Veröffentlichung gibt es mittlerweile über 1.000 weitere, PubMed-gelistete wissenschaftliche Artikel zu dieser in der Zahnheilkunde verhältnismäßig neuen Problematik. Nun stellt Robert E. Marx, der der Leiter der Abteilung „Oral and Maxillofacial Surgery“ der Miller School of Medicine, University of Miami, ist, ein ganzes Buch zu diesem Thema vor. In diesem werden Ätiologie und Prävention, aber auch die Therapieoptionen der Bisphosphonat-induzierten Osteonekrose der Kiefer vorgestellt. Das Be-

sondere an der deutschen Ausgabe ist der im Anhang des Buches vollständige Abdruck der AWMF S3 Leitlinie „Bisphosphonat-assoziierte Kiefernekrosen“ der DGZMK.

Die nun in deutscher Sprache erhältliche Auflage entspricht der zweiten englischsprachigen Auflage. Im Vorwort zur ersten englischsprachigen Auflage beschreibt Robert E. Marx sehr anschaulich, wie er sich mit dieser Erkrankung erstmalig auseinandersetzte. Zunächst ging er von einer gänzlich neuen Erkrankung aus oder zumindest von einer neuen Medikamentennebenwirkung. Erst eine gründliche Recherche führte ihn zu den berüchtigten „phossy-jaw“-Erkrankungen bei Bergleuten im Phosphorabbau im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert. Erste Warnungen in Bezug auf die Therapie mit Bisphosphonaten wurden zunächst gene-



rell abgelehnt. Mittlerweile, als Nebenwirkung der Therapie mit Bisphosphonaten anerkannt, sieht der Autor die Notwendigkeit für eine Übersichtsarbeit zu diesem Thema.

Unterteilt ist das Werk in 7 Kapitel, an welche sich die Leitlinie „Bisphosphonat-assoziierte Kiefernekrose“ anschließt.