

Resonanzfrequenzanalyse von Implantaten, die im Rahmen einer Augmentation gesetzt wurden: Eine Follow-up-Studie am Menschen über fünf Jahre



Michele Cassetta, DDS, PhD¹/Laura Ricci, DDS²
Giovanna Iezzi, DDS, PhD³/Daniela Dell'Aquila, DDS, PhD⁴
Adriano Piattelli, MD, DDS⁵/Vittoria Perrotti, DDS, PhD²

Ziel dieser Studie war über fünf Jahre die Ermittlung des Stabilitätsquotienten (ISQ) von Implantaten, die in augmentierte Bereiche gesetzt worden waren. Dazu wurden bei 16 Patienten insgesamt 36 Implantate in Bereiche inseriert, die zuvor mit autologem Knochen (Gruppe A) oder porcinem und autologem Knochen (Gruppe B) augmentiert wurden. In beiden Gruppen stiegen die Werte der Resonanzfrequenzanalyse (RFA) während der Beobachtungsphase. Nach zwei Monaten ergab die statistische Auswertung in Gruppe B signifikant niedrigere ISQ-Werte als in Gruppe A ($P = 0,0134$) und im Unterkiefer signifikant höhere ISQ-Werte als im Oberkiefer ($P = 0,0251$). Die RFA-Messungen belegten für die Implantate in beiden Gruppen langfristig stabile Ergebnisse. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2012;32:557-565.)

¹Wissenschaftler, Dental School „Sapienza“, University of Rome, Rom, Italien.

²Forschungsassistentin, Dental School, University of Chieti-Pescara, Chieti, Italien.

³Wissenschaftlerin, Dental School, University of Chieti-Pescara, Chieti, Italien.

⁴Forschungsassistentin, Dental School „Sapienza“, University of Rome, Rom, Italien.

⁵Professor der oralen Pathologie und Medizin, Dental School, University of Chieti-Pescara, Chieti, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Vittoria Perrotti, Via dei Vestini 31, 66100 Chieti, Italien. Fax: +39 0871 3554076. E-Mail: v.perrotti@unich.it

Die Stabilität ist eine Grundvoraussetzung für die Osseointegration dentaler Implantate¹ und spielt eine entscheidende Rolle bei ihrem langfristigen Erfolg^{2, 3}. Die Primärstabilität ist eine Funktion der Knochenqualität und -quantität, der Implantatgeometrie und der Implantations-technik⁴. Sie entsteht zum Zeitpunkt der Implantation und hängt mit der initialen Höhe des Implantat-Knochen-Kontakts zusammen⁵. Zur Beurteilung der Implantatstabilität und Osseointegration ist ein quantitatives Verfahren erforderlich².

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Messung der Implantatstabilität, wie die Verwendung eines Periotests (Gulden)⁶ oder Dental Fine Testers (Kyocera), die jedoch wegen ihrer geringen Auflösung, mangelnden Sensitivität und der hohen Untersucherabhängigkeit in die Kritik geraten sind⁴. Ein alternatives Verfahren zur Quantifizierung der Implantatstabilität ist die Messung des Eindrehmoments⁷, die wertvolle Informationen über die Knochenqualität zum Zeitpunkt der Implantation liefert. Die Resonanzfrequenzanalyse (RFA) erlaubt die klinische, nicht invasive quantitative Messung der Stabilität und mutmaßlichen Osseointegration der Implantate im Lauf der Zeit⁸⁻¹⁰ und ist ein wertvolles Instrument zur Feststellung der Belas-

tungszeit eines Implantats¹¹. Dieses von Meredith et al.¹² eingeführte System basiert auf der Vibrationstheorie. Dazu wird ein Transducer durch einen Frequenzgenerator zu langsam ansteigenden Schwingungen angeregt und die Reaktion des schwingenden Systems erfasst. Daraus kann die Steifheit der Implantatverbindung mit den umgebenden Geweben abgeleitet werden. Die RFA-Werte werden durch den quantitativen Implantatstabilitätsquotienten (ISQ) auf einer Skala von 1 bis 100 angegeben und mit dem Osstell-Gerät (Integration Diagnostics) gemessen. Je höher der ISQ ist, umso höher ist auch die Stabilität⁹. Änderungen der RFA-Werte sind klinisch mit den Veränderungen der Implantatstabilität während der Knochenheilung korreliert, sie zeigen eine ausbleibende Implantatintegration und die suprakrestalen Implantatabmessungen an⁹. In augmentierten Bereichen besteht ein höheres Risiko für einen Implantatmisserfolg¹³. Hier könnte mithilfe der RFA die knöcherne Abstützung des Implantats während der Einheilungsphase überwacht werden sowie der geeignete Zeitpunkt für die Belastung des Implantats ermittelt werden. Bislang wurden nur wenige Langzeitstudien zur Implantatstabilität in augmentierten Bereichen veröffentlicht, die auf quantitativen RFA-Messungen beruhen.

In der vorliegenden Studie wurde klinisch die Stabilität von Implantaten untersucht, die im Rahmen einer Augmentation mit autologem Knochen oder autologem Knochen und einem xenogenen Knochenersatzmaterial porcinen Ursprungs gesetzt worden waren.

Material und Methode

Studiendesign

Für diese Studie wurden 16 nacheinander aufgenommene Patienten ausgewählt (neun Männer, sieben Frauen, Altersbereich 23 bis 65 Jahre, mittleres Alter 44 Jahre). Bei ihnen war eine Ober- oder Unterkieferrehabilitation erforderlich. Die Patienten gaben schriftlich ihre Einwilligung nach Information. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der „Sapienza“-Universität in Rom genehmigt.

Einschlusskriterien waren teilbezahnte Patienten mit uni- oder bilateraler Zahnlosigkeit im Front- oder Seitenbereich des Ober- oder Unterkiefers, bei denen eine vertikale Osteoplastik von mindestens 4 mm erforderlich war. Es musste ein unzureichendes Knochenangebot vorliegen. Dieses wurde definiert als eine ungeeignete Höhe des Alveolar-kamms für die Primärstabilität eines Implantats¹⁴. Außerdem musste eine Alveolarkammbreite vorliegen, die für das Setzen von Implantaten unzureichend war, jedoch keine Dehiscenz oder Fenestrierung aufwies¹⁵. In allen Fällen erfolgte gleichzeitig auch eine horizontale Augmentation¹⁶. Alle Patienten waren allgemein gesund, Nichtraucher und hatten keine relevanten Vorerkrankungen. Ausschlusskriterien waren schwere Erkrankungen, die Situation nach einer Strahlentherapie von Hals und Kopf oder nach einer Chemotherapie, ein nicht eingestellter Diabetes, eine unbehandelte Parodontalerkrankung und Raucherstatus. Nach einer gründlichen oralen und körperlichen Untersuchung wurden die Operationen zur Osteoplastik und Implantation geplant. Präoperativ wurden die Patienten ausführlich über die Eingriffe aufgeklärt und

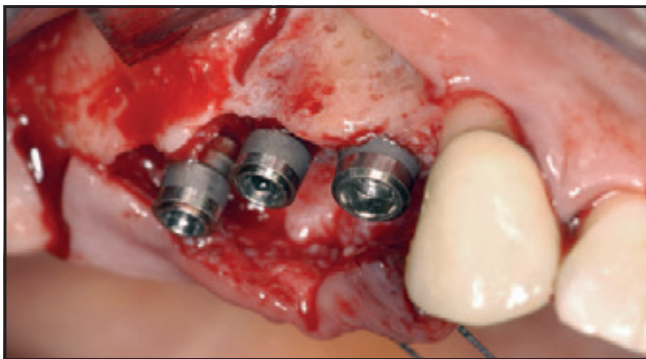


Abb. 1 In den Operationsbereich gesetzte Implantate.

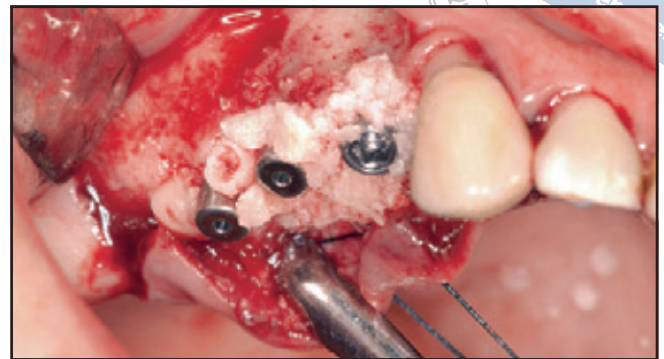


Abb. 2 Um ein Implantat eingebrachte Knochenchips aus dem Trigonum retromolare.

dazu motiviert, während der gesamten Behandlung gut mitzuarbeiten.

Insgesamt wurden bei den 16 Patienten im Rahmen einer Augmentation 36 Implantate (Premium, Sweden & Martina) gesetzt, die sich wie folgt verteilten: 19 Implantate bei 10 Patienten, die autologen Knochen erhielten (Gruppe A), und 17 Implantate bei sechs Patienten, die eine Kombination aus 50 % autologem Knochen (Granulat) und 50 % deantigenisiertem kollagenisiertem Knochenersatzmaterial porcinen Ursprungs (OsteoBiol, Tecnos) erhielten (Gruppe B). Die verwendeten geraden Implantate besaßen eine Länge von 10 bis 13 mm und einen Durchmesser von 3,75 mm oder 4,25 mm. Abgesehen von einem Patienten mit zwei Regenerationsoperationen (einer im Ober- und einer im Unterkiefer) wurde bei allen Patienten nur ein operativer Eingriff vorgenommen. Insgesamt wurden im Oberkiefer 22 und im Unterkiefer 14 Augmentationen durchgeführt.

Chirurgisches Vorgehen

Für die Diagnostik wurden periapikale Röntgenbilder, Panoramarönt-

genaufnahmen und Computertomogramme (CT) angefertigt. Bei allen Patienten wurden präoperativ Mundhygienemaßnahmen durchgeführt. Zur antimikrobiellen Prophylaxe wurde 2 x 1 g/d Amoxicillin gegeben, beginnend eine Stunde vor der Operation für acht Tage. Die Patienten spülten den Mund für zwei Minuten mit einer 0,2 % Chlorhexidindigluconat-Lösung. Die Infiltrationsanästhesie erfolgte mit Articain (Ubistesin 4 %, Espe Dental) mit Zugabe von 1:100000 Adrenalin.

Nach krestaler Inzision wurde mit einem Trepanbohrer (4 x 6 mm) Knochen aus dem Trigonum retromolare entnommen und partikuliert (Knochenchips). Die Implantation wurde gleichzeitig mit der Augmentation vorgenommen. Dazu wurde leicht palatinal eine krestale Inzision geführt, durch mesiale und distale bukkale Entlastungsschnitte verlängert und ein Mukoperiostlappen abgehoben. Anschließend wurden die Implantate gemäß der Herstellerangaben gesetzt (Abb. 1). Insgesamt wurden 19 Implantate in Bereiche inseriert, die mit autologem Knochen augmentiert wurden (Gruppe A). Die Knochenchips aus dem Trigonum retromolare wurden um das Implantat platziert und in den ver-

bliebenen Spalt gestopft, sodass der Defekt vollständig aufgefüllt wurde (Abb. 2). Die übrigen 17 Implantate wurden in Bereiche gesetzt, bei denen die autologe Knochenmenge zur Defektauffüllung nicht ausreichte, sodass zusätzlich im Verhältnis 1:1 porcines Knochenersatzmaterial für die Augmentation verwendet wurde. Bei drei Patienten wurde OsteoBiol-Granulat (Gen-Os) verwendet und bei drei anderen OsteoBiol-Kitt. Die augmentierten Defekte wurden mit einem Titangitter (M-TAM, Howmedica-Leibinger) stabilisiert, das an die Defekte angepasst und mit einer Deckschraube am Implantat-hals befestigt wurde (Abb. 3). Der Wundverschluss erfolgte mit nicht resorbierbaren Fäden (SKD sutures, TecnoDenta). Zur postoperativen Analgesie wurde für drei Tage 2 x 100 mg/d Nimesulid gegeben, außerdem spülten die Patienten zweimal täglich für eine Minute den Mund mit 0,12 % Chlorhexidindigluconat-Lösung. Die Fäden wurden 10 Tage nach dem Eingriff entfernt. Die Patienten sollten sich vier Wochen lang von weichen Speisen ernähren und die Mundhygienemaßnahmen durchführen.

Die RFA-Werte wurden auf der ISQ-Skala mithilfe eines Transducers, der

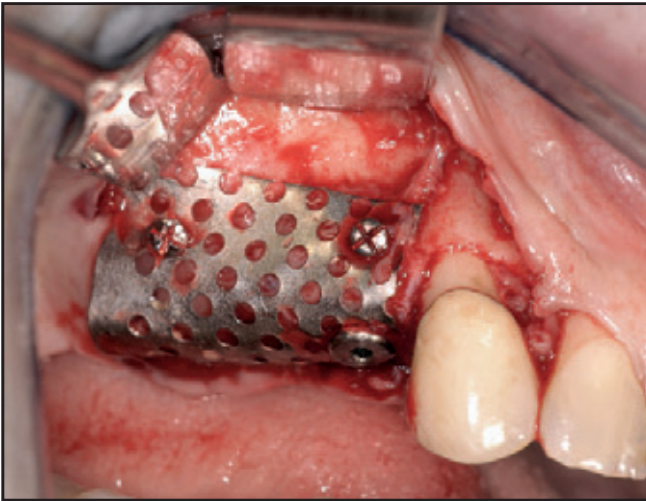


Abb. 3 Mit einem Titangitter stabilisierter Augmentationsbereich.

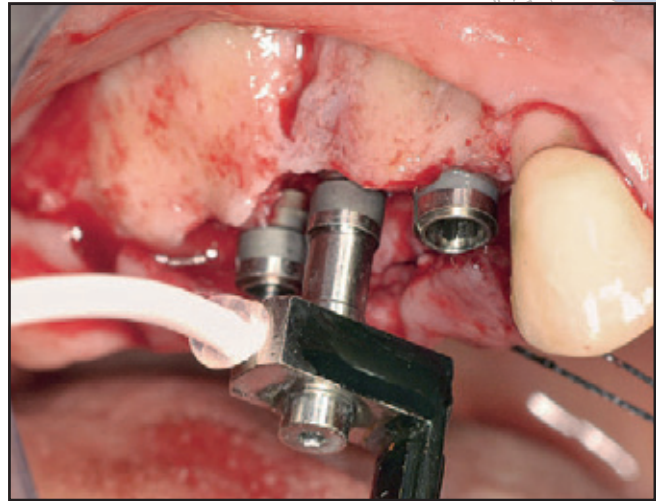


Abb. 4 Resonanzfrequenzaufnahme während der Implantation.



Abb. 5 (links) Nach 2 Monaten wurden die Titangitter entfernt und Einheilkappen eingesetzt.

mit einer Schraube auf dem Implantat befestigt wurde, und einem Frequenzmesskopf (Osstell-Gerät) ermittelt. Gemäß der von Meredith et al.¹² beschriebenen Technik war der Transducer senkrecht zum Alveolar-kamm ausgerichtet. Sein aufrechter Strahl war auf der palatinalen Seite des Implantats platziert (Abb. 4). An jedem Implantat wurden drei Messungen vorgenommen, deren Mittelwert in die statistische Auswertung einfließt. Die ISQ wurden bei der Implantation, bei der operativen Freilegung, monatlich für bis zu 12 Monate sowie anschließend für fünf Jahre jährlich erhoben.

Bei der operativen Freilegung nach zwei Monaten wurden die Titangitter entfernt und Einheilkappen eingesetzt (Abb. 5). Die ISQ wurden ermittelt und bei Werten über dem Schwellenwert von 57¹⁷ eine provisorische funktionelle Versorgung eingegliedert. Wurde der Schwellenwert unterschritten, wurde die prothetische Versorgung aufgeschoben, bis der Wert erreicht war. Nach sechsmonatiger Belastung wurde eine definitive Metallkeramikkrone eingegliedert. Kontrolluntersuchungen mit periapikalen Röntgenaufnahmen erfolgten bei der Implantation sowie zwei, sechs, neun und 12 Monate

postoperativ und anschließend für fünf Jahre einmal jährlich (Abb. 6a und b).

Statistische Auswertung

Die Ergebnisse nach zwei und sechs Monaten sowie nach einem und fünf Jahren wurden statistisch mit dem Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben mit einem Konfidenzniveau von 95 % untersucht. Als signifikant galten Unterschiede bei einem $P < 0,05$.

Abb. 6a und b Radiologische Untersuchung (links) bei der Implantation und (rechts) sechs Monate postoperativ.

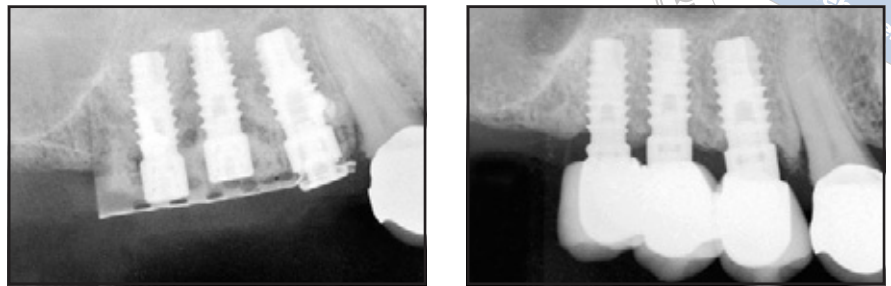
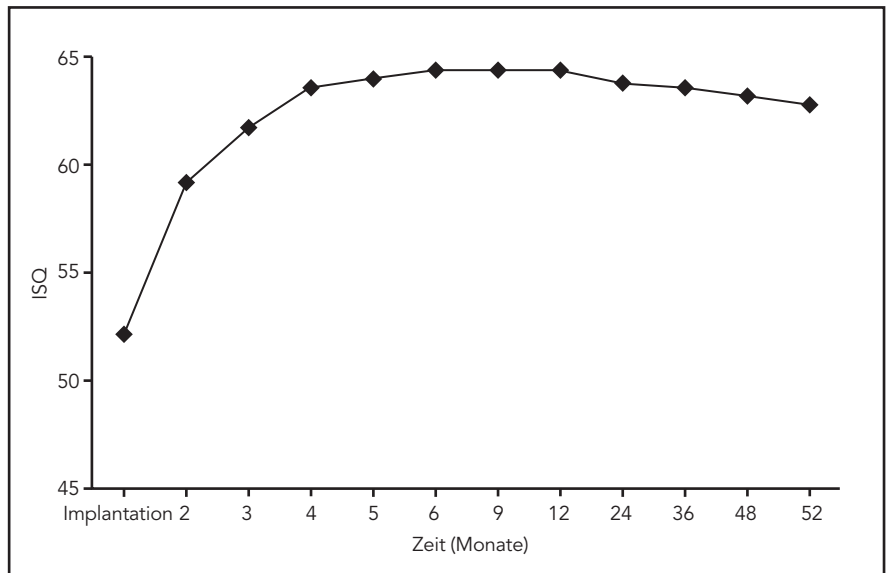


Abb. 7 Entwicklung der Implantatstabilität über 5 Jahre.



Ergebnis

Weichgewebeevaluation nach zwei Monaten

Zwei Monate postoperativ war die Weichgewebsheilung in 12 Fällen (70,58 %) komplikationslos verlaufen. In fünf Fällen (29,41 %) war es zu einer partiellen Exposition des Titangitters gekommen, ohne dass Zeichen einer Entzündung bestanden.

Hartgewebeevaluation nach zwei Monaten

Bei der operativen Freilegung war der Raum unter dem Titangitter vollständig mit Gewebe ausgefüllt, das makroskopisch die Merkmale von neugebildetem Knochen aufwies und sich nicht mit einer Sonde penetrieren ließ. Die Titangitter waren von dichtem, entzündungsfreiem Bindegewebe umgeben, von dem das Augmentat bei der Entnahme der Titangitter teilweise bedeckt war und das nicht entfernt wurde.

Evaluation der Implantatstabilität

Zum Zeitpunkt der Implantation waren alle Implantate primärstabil, allerdings mit niedrigen ISQ. Die RFA-Werte nahmen insbesondere bei Implantaten mit einem niedrigen ISQ bei der Insertion während der Beobachtungsphase zu. Allgemein am stärksten war diese Zunahme zwei Monate nach Implantation; nach der Belastung stiegen die ISQ noch weiter und blieben anschließend ohne größere Schwankungen konstant (Abb. 7).

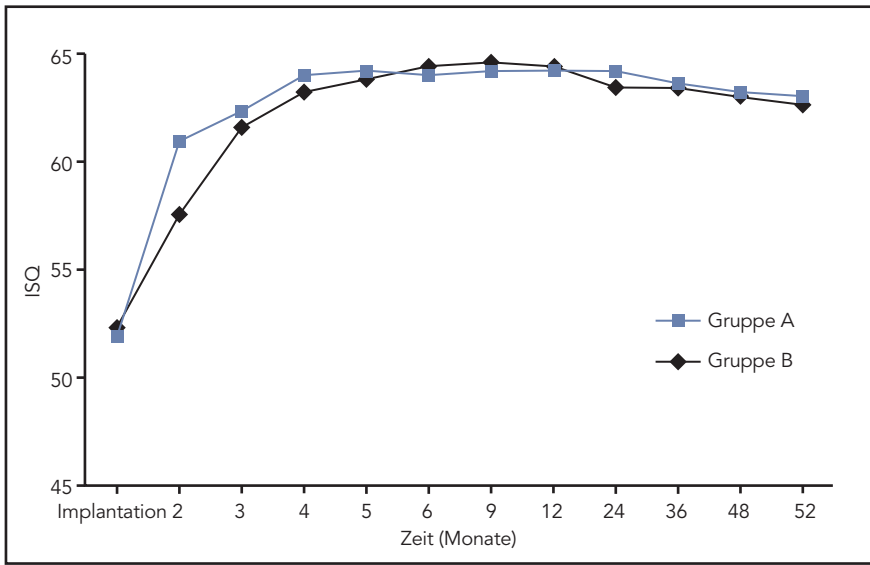


Abb. 8 Entwicklung der Implantatstabilität in den augmentierten Bereichen der Gruppe A (autologer Knochen) und der Gruppe B (Kombination aus 50 % autologem Knochen und 50 % deantigenisiertem, kollagenisiertem Knochenersatzmaterial porcinen Ursprungs) über fünf Jahre.

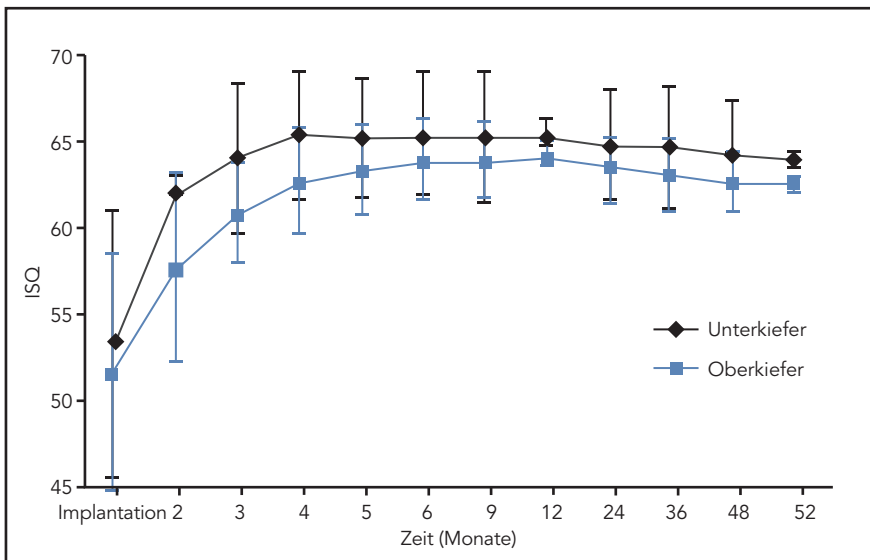


Abb. 9 Entwicklung der Implantatstabilität im Ober- und Unterkiefer über fünf Jahre.

Zwei Implantate jeweils im Oberkiefer versagten (eines in Gruppe A und eines in Gruppe B). In Gruppe B waren die ISQ in den ersten zwei Monaten der Einheilungszeit niedriger als in Gruppe A mit statistisch signifikanten Unterschieden bei der Evaluation im Rahmen der Freilegungsoperation ($P = 0,0134$). Die ISQ der beiden Gruppen überschritten sich und blieben in den Monaten nach dem Zweitein-

griff konstant. Nach sechs Monaten, einem und fünf Jahren wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede ermittelt (Abb. 8).

Zum Zeitpunkt der Implantatbelastung wurden sechs der 36 Implantate (16,66 %) nicht belastet, weil ihr ISQ unter dem Schwellenwert von 57 lag. Fünf dieser sechs Implantate gehörten zur Gruppe B und wiesen eine Exposition des Titangitters

sowie Mobilität auf. Sie wurden entfernt und als Misserfolg während des Zweiteingriffs bewertet.

Während der gesamten Beobachtungsphase waren die mittleren ISQ im Oberkiefer niedriger als im Unterkiefer, wenn auch mit geringfügigen Schwankungen (Abb. 9). Nach zwei Monaten wurden statistisch signifikante Unterschiede ermittelt ($P = 0,0251$).

Diskussion

Das RFA-Verfahren eignet sich dazu, Veränderungen der Implantatstabilität im Heilungsverlauf zu überwachen^{18, 19}. In der vorliegenden Studie wurden die RFA-Werte nach dem Eingriff gemäß dem Verfahren von Meredith⁴ erhoben, der eine einfache, nicht invasive und reproduzierbare Methode zur Bestimmung der Implantatstabilität zu jedem Zeitpunkt während der Einheilung entwickelt hat. Nach dem Wissen der Autoren wird in der vorliegenden Studie erstmals in der Literatur die Implantatstabilität in augmentierten Bereichen über fünf Jahre betrachtet. Außerdem zeigte diese Studie, dass die RFA ein valides Verfahren zur Beurteilung der Langzeitstabilität von Implantaten ist. Für erfolgreich osseointegrierte Implantate wurden nach einem Jahr ISQ von 57 bis 82 angegeben (Mittelwert: 69), Werte unter 50 sollten als kritisch eingestuft werden²⁰. Je höher der ISQ ist, desto höher ist auch die Implantatstabilität¹⁸. In der vorliegenden Studie betrug der mittlere ISQ aller bewerteten Implantate bei der Insertion 52,23, nach einem Jahr 64,53 und nach fünf Jahren 62,96. Diese Werte lagen im vorgegebenen akzeptablen Bereich, erschienen aber als recht niedrig. Mehrere Autoren^{9, 21-25} haben berichtet, dass der ISQ stabiler, osseointegrierter Implantate mit der Zeit ansteigt und dass diese Zunahme die Folge von Knochenreaktionen am Knochen-Implantat-Interface ist, die zur Osseointegration führen. In allen in dieser Studie betrachteten Fällen stieg der ISQ im Lauf der Zeit, insbesondere in den Monaten unmittelbar vor und nach der Belastung, und blieb dann ab sechs Monaten bis zu fünf Jahren konstant. Es gibt nicht viele Longitudinalstudien zur Beurteilung der Stabilität von Implantaten mittels RFA, ins-

besondere nicht in augmentierten Bereichen. Nedir et al.¹⁹ und Sjöström et al.³ ermittelten nach drei Jahren keine signifikanten Abweichungen von den Werten nach sechs Monaten. Die ISQ waren bei den Implantaten im Oberkiefer während der fünfjährigen Beobachtungsphase niedriger als bei den Implantaten im Unterkiefer, wobei dieser Unterschied nur nach zwei Jahren eine statistische Signifikanz erreichte. Diese Ergebnisse werden von mehreren Autoren gestützt^{5, 18, 26}, die ebenfalls im Unterkiefer statistisch signifikant höhere Werte ermittelten als im Oberkiefer. Die Quantität, Qualität und Lage der Kortikalis und Spongiosa am Implantat sind für die Stabilität wichtige Faktoren⁵. Beim Vergleich zwischen Augmentationen mit autologem Knochen und mit autologem und porcinem Knochen wurden in dieser Studie längerfristig keine Unterschiede festgestellt. In der frühen Einheilungsphase fanden sich jedoch in Gruppe B niedrigere ISQ, sodass für das Erreichen der gleichen Implantatstabilität eine längere Einheilungszeit erforderlich war. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer Studie von Degidi et al.¹³, die nach Augmentationen mit anorganischem bovinem Knochen nach sechs Monaten höhere ISQ ermittelten. In der vorliegenden Studie überschritten sich die ISQ der beiden Gruppen nach sechsmonatiger Einheilzeit. Beim 5-Jahres-Follow-up wurde klinisch ermittelt, dass porciner Knochen erfolgreich bei Sinusbodenaugmentationen verwendet werden kann²⁷ und dass es sich dabei um ein biokompatibles, osteokonduktives Biomaterial handelt²⁸.

Nur zwei Implantate (eines in Gruppe A und eines in Gruppe B) wiesen eine geringe Primärstabilität auf (ISQ 38 und 41) und versagten nach drei- bis viermonatiger Einheilung. Dazu soll erwähnt werden,

dass Implantate in augmentierten Bereichen, die während des Studienverlaufs versagten, durchschnittlich eine geringere Primärstabilität aufwiesen als Implantate, die langfristig stabil blieben. Somit ermöglicht die RFA klinisch bereits bei der Implantation, diejenigen Implantate zu identifizieren, die ein erhöhtes Risiko für einen Misserfolg haben²⁹. Bei fünf von 16 Patienten fand sich eine Exposition des Titangitters, die aber nicht zu einer Infektion führte. Nur ein fehlgeschlagenes Implantat wies ebenfalls ein exponiertes Titangitter auf. Tatsächlich wird in einigen Studien belegt, dass eine Implantation in augmentierte Bereiche mit autogenem Knochen und Titangittern erfolgreich verläuft^{16, 30}. Ein Titangitter ist vorteilhafter als eine nicht resorbierbare Membran, da Letztere bei einer Exposition ein Infektionsrisiko haben³¹. Die Exposition der Titangitter hatte keine nachhaltigen Auswirkungen auf das Behandlungsergebnis^{16, 32, 33}.

In der vorliegenden Studie nahm die Implantatstabilität im Lauf der Zeit zu und unterschied sich lediglich früh im Heilungsverlauf abhängig von der anatomischen Lage und den verwendeten Augmentationsmaterialien. Die ISQ zeigen zuverlässige und stabile langfristige Ergebnisse der Implantate, die in augmentierte Bereiche mit autogenem Knochen bzw. mit einer Kombination aus porcinem Knochenersatzmaterial und autologem Knochen gesetzt wurden.

Danksagung

Diese Arbeit erhielt eine Teilförderung durch das Ministerium für Bildung, Universitäten und Forschung (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, M.I.U.R.), Rom, Italien.

Literatur

1. Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Brånemark dental implants: A study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:142-146.
2. da Cunha HA, Francischone CE, Filho HN, de Oliveira RC. A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of standard and TiUnite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:578-585.
3. 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.
4. Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* 1998;11:491-501.
5. Barewal RM, Oates TW, Meredith N, Cochran DL. Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:641-651.
6. Zix J, Hug S, Kessler-Liechti G, Mericske-Stern R. Measurement of dental implant stability by resonance frequency analysis and damping capacity assessment: Comparison of both techniques in a clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:525-530.
7. Johansson P, Strid KG. Assessment of bone quality from cutting resistance during implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:279-288.
8. Becker W, Sennerby L, Bedrossian E, Becker BE, Lucchini JP. Implant stability measurements for implants placed at the time of extraction: A cohort, prospective clinical study. *J Periodontol* 2005;76:391-397.
9. Meredith N, Book K, Friberg B, Jemt T, Sennerby L. Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross-sectional and longitudinal study of resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:226-233.
10. 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.
11. Uribe R, Peñarrocha M, Balaguer J, Fulgueiras N. Immediate loading in oral implants. Present situation. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005;10(suppl 2):E143-E153.
12. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:261-267.
13. Degidi M, Daprile G, Piattelli A, Carinci F. Evaluation of factors influencing resonance frequency analysis values, at insertion surgery, of implants placed in sinus-augmented and nongrafted sites. *Clin Implant Dent Relat Res* 2007;9:144-149.
14. Covani U, Barone A, Cornelini R, Crespi R. Clinical outcome of implants placed immediately after implant removal. *J Periodontol* 2006;77:722-727.
15. Cochran DL, Nummikoski PV, Schoolfield JD, Jones AA, Oates TW. A prospective multicenter 5-year radiographic evaluation of crestal bone levels over time in 596 dental implants placed in 192 patients. *J Periodontol* 2009;80:725-733.
16. Rocuzzo M, Ramieri G, Spada MC, Bianchi SD, Berrone S. Vertical alveolar ridge augmentation by means of a titanium mesh and autogenous bone grafts. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:73-81.
17. Cassetta M, Dell'Aquila D, Calasso S, Quaranta A. La modulazione dei tempi della terapia implantare. Analisi della frequenza di risonanza. *Dental Cadmos* 2004;1:I-XXX.

18. Bischof M, Nedir R, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:529-539.
19. Nedir R, Bischof M, Szmukler-Moncler S, Bernard JP, Samson J. Predicting osseointegration by means of implant primary stability. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:520-528.
20. 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.
21. Friberg B, Sennerby L, Meredith N, Lekholm U. A comparison between cutting torque and resonance frequency measurements of maxillary implants. A 20-month clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:297-303.
22. Heo SJ, Sennerby L, Odersjö M, Granström G, Tjellström A, Meredith N. Stability measurements of craniofacial implants by means of resonance frequency analysis. A clinical pilot study. *J Laryngol Otol* 1998;112:537-542.
23. Meredith N, Shagaldi F, Alleyne D, Sennerby L, Cawley P. The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:234-243.
24. Rasmusson L, Meredith N, Sennerby L. Measurements of stability changes of titanium implants with exposed threads subjected to barrier membrane induced bone augmentation. An experimental study in the rabbit tibia. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:316-322.
25. Rasmusson L, Kahnberg KE, Tan A. Effects of implant design and surface on bone regeneration and implant stability: An experimental study in the dog mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2001;3:2-8.
26. Boronat-López A, Balaguer Martínez J, Lamas Pelayo J, Carrillo García C, Peñarocha Diago M. Resonance frequency analysis of dental implant stability during the healing period. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13:E244-E247.
27. Scarano A, Piattelli A, Assenza B, et al. Porcine bone used in sinus augmentation procedures: A 5-year retrospective clinical evaluation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010;68:1869-1873.
28. Scarano A, Piattelli A, Perrotti V, Manzon L, Iezzi G. Maxillary sinus augmentation in humans using cortical porcine bone: A histological and histomorphometrical evaluation after 4 and 6 months. *Clin Implant Dent Relat Res* 2011;13:13-18.
29. Glauser R, Sennerby L, Meredith N, et al. 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.
30. von Arx T, Kurt B. Implant placement and simultaneous ridge augmentation using autogenous bone and micro titanium mesh: A prospective clinical study with 20 implants. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:24-33.
31. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: A controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:286-294.
32. von Arx T, Hardt N, Wallkamm B. The TIME technique: A new method for localized alveolar ridge augmentation prior to placement of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:387-394.
33. Proussaefs P, Lozada J, Kleinman A, Rohrer MD, McMillan PJ. The use of titanium mesh in conjunction with autogenous bone graft and inorganic bovine bone mineral (Bio-Oss) for localized alveolar ridge augmentation: A human study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:185-195.