

Messung der Implantatstabilität

Der durch Brånemark geprägte Begriff der Osseointegration beschreibt den direkten, funktionellen und strukturellen Kontakt zwischen Knochen und Implantatoberfläche. Zentrale Voraussetzung für eine langzeitstabile Verankerung des Implantats ist der innige Verbund zwischen Implantat und Knochen. Die Ermittlung der Implantatstabilität ist ein daher ein wichtiger Parameter, welcher die Vorhersagbarkeit des Behandlungserfolgs ermöglicht. Zur Messung der Implantatstabilität wurden verschiedene invasive und nicht-invasive Methoden entwickelt. Als gängigste, nicht-invasive Verfahren kommen u. a. Klopfschallmessungen, Messungen des Insertionstorsques (IT), die Resonanzfrequenzanalyse (RFA) sowie die Messung des Dämpfungsvermögens (damping capacity) mit Periotest (PT) klinisch zur Anwendung. Die RFA wurde Mitte der 1990er-Jahre von der Arbeitsgruppe um Meredith entwickelt [Meredith, et al., 1996] und hat sich in den letzten Jahren in der Implantologie als gängigste Messmethode etabliert [Bural, et al., 2020]. Bei der RFA wird mit Schallköpfen, welche in die Implantatkörper eingeschraubt werden, das Biegemoment des Implantats elektronisch oder magnetisch aufgezeichnet. Die Resonanzschwingungen werden durch die Messgeräte in Hertz umgerechnet und anschließend als Implantat-Stabilitätsquotient (ISQ) in einer Skala von 1-100 ausgegeben. Der Wert 100 stellt die höchstmögliche Stabilität des Implantats dar. Der ISQ bildet dabei die Steifigkeit des Implantat-Knochen-Interfaces ab und wird von einigen Autoren als signifikanter Korrelationsparameter für die Knochen-Implantat-Kontaktrate (Bone-to-Implant Contact Ratio) betrachtet [Degidi, et al., 2010]. Seit Anbeginn der RFA-Messungen kam das Osstell-Gerät zum Einsatz. Seit 2015 ist mit dem Penguin RFA ein weiteres Gerät für die RFA-Messungen auf dem Markt. In vitro-Experimente zeigten, dass beide Geräte nur dann zuverlässige Daten liefern, wenn die Implantate, an welchen Messungen durchgeführt werden, in Materialien mit einer hohen Steifigkeit eingebracht wurden [Buyukguclu, et al., 2018]. Die Autoren dieser Studie bescheinigten dem Osstell-Gerät dabei eine bessere Zuverlässigkeit bei der Wiedergabe der Messwerte als dem Penguin-Gerät, während in anderen Studien keine signifikanten Unterschiede [Becker, et al., 2018] bzw. eine hohe Korrelation der Messungen beobachtet wurden [Brouwers, et al., 2021, Herrero-Climent, et al., 2019]. In der Literatur sind eine ganze Reihe Hinweise zu finden, dass bestimmte Parameter die Messergebnisse beeinflussen können. So scheint es bei der Ausrichtung des Schallkopfs im Rahmen der RFA keinen eindeutigen Konsens zu geben. Im In vitro-Versuch hatte das manuelle Einsetzen im Vergleich zum maschinellen Anziehen der Schallköpfe einerseits keinen signifikanten Einfluss auf die Messung des ISQ mittels Osstell [Kästel, et al., 2019]. Eine andere Untersuchung ergab, dass bei der Osstell-Messung die Schallköpfe mit einem definierten Drehmoment von 10,0 Ncm eingesetzt werden mussten, um Messungenauigkeiten zu vermeiden [Pelegriane, et al., 2020]. Da bei Penguin-Geräten ein Drehmoment von 5,0 Ncm ausreicht, können die Schallköpfe dort auch manuell angebracht werden. In

Bezug auf die geeignete Messrichtung konnte in klinischen Studien kein signifikanter Unterschied in den Messwerten mittels Osstell und Penguin [Brouwers, et al., 2021] oder Osstell als alleiniger Messmethode [Sim und Lang, 2010] beobachtet werden. In anderen Untersuchungen hingegen wurde beim Osstell-Einsatz die Standardisierung der Messrichtung senkrecht zum Alveolarkamm (bukko-oral) empfohlen, um die Messergebnisse nicht zu beeinflussen [Veltri, et al., 2007]. Auch hinsichtlich der Austauschbarkeit der Schallköpfe zwischen Osstell und Penguin gibt es keine allgemeingültige Empfehlung. Autoren einer In vitro-Studie gingen von einer Austauschbarkeit der Schallköpfe ohne Beeinträchtigung der Messqualität aus [Bural, et al., 2020], während in anderen Untersuchungen die gerätespezifischen Schallköpfe verwendet werden mussten, da ansonsten die Wiedergabegenauigkeit des ISQ beeinträchtigt wurde [Herrero-Climent, et al., 2019]. In einigen Untersuchungen wurde die RFA als geeigneter Vorhersageparameter für erhöhte Risiken eines Implantatverlustes bezeichnet [Andersson, et al., 2019, Bafijari, et al., 2019]. In einer systematischen Übersichtsarbeit hingegen wurde darauf hingewiesen, dass Messungen der Implantatstabilität mittels RFA durch zahlreiche Faktoren beeinflusst werden können, und dass die RFA als valides Messverfahren umstritten ist [Manzano-Moreno, et al., 2015]. Offensichtlich wird weder der Grad der Osseointegration [Liu, et al., 2021], noch beispielsweise der Einfluss der Länge und der Durchmesser von Implantaten mittels RFA hinreichend erfasst und abgebildet [Khouja, et al., 2019]. Beide Autorengruppen schlugen daher die Analyse der Torsionsstabilität als alternatives Messverfahren vor. In anderen Untersuchungen hingegen konnten signifikante Korrelationen der Länge [Aparicio, et al., 2006, Sim und Lang, 2010] oder des Durchmessers [Andersson, et al., 2019, Diker, et al., 2021] und den RFA-Messungen ermittelt werden. Zusammenhänge zwischen IT, ISQ und RFA sind ebenfalls noch nicht abschließend erwiesen. Während in einem systematischen Review keine Beziehungen zwischen IT und RFA erkennbar waren [Lages, et al., 2018], zeigten die Ergebnisse zweier Metaanalysen einen signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Messverfahren [Aparicio, et al., 2006, Cehrelı, et al., 2009]. Auch in Bezug der Korrelation bzw. der Übereinstimmung von Messungen mittels PT und RFA sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse sehr heterogen. Einerseits wurde eine signifikante negative Korrelation beider Messverfahren bei der Ermittlung der Primärstabilität beobachtet [Marwa Abdel, et al., 2020]. Andererseits kam es in einer anderen Untersuchung in weniger als der Hälfte der Fälle zu übereinstimmenden Ergebnissen beider Messverfahren [Andreotti, et al., 2017]. Abschließend ist festzustellen, dass die Messung der Implantatstabilität als alleiniges Verfahren aufgrund der heterogenen Studienlage und der eingeschränkten Studienqualität grundsätzlich als nicht ausreichend eingestuft wird. Als zusätzlicher Parameter zur Vorhersage des Implantaterfolgs und der Osseointegration kann die Messung derzeit jedoch sehr hilfreich sein [Chen, et al., 2019].



In Vitro

Bilhan H, Cilingir A, Bural C, Bilmengolu C, Sakar O, Geckili O.

The Evaluation of the Reliability of Periotest for Implant Stability Measurements: An In Vitro Study.

J Oral Implantol. 2015 Aug;41(4):e90-5.

(»Untersuchung zur Verlässlichkeit des Periotest bei der Messung der Implantatstabilität: Eine In vitro-Studie.«)

Ziel dieser In vitro-Studie war die Untersuchung der Zuverlässigkeit des Periotests bei der Implantat-Stabilitätsmessung. Zu diesem Zweck wurden 30 Implantate in drei Rippen einer Kuh eingesetzt. Die Stabilität jedes einzelnen Implantats wurde mittels Insertionstorque (IT), RFA und Periotest von vier Untersuchern gemessen und anschließend verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Intra- und Inter-Untersucher-Zuverlässigkeit des Periotests für die bukkalen Periotest-Messungen (PTVs) ausgezeichnet, für die mesialen PTVs jedoch mittelmäßig bis schlecht war. Zwischen den PTVs und IT-Werten sowie für die PTVs und ISQ-Werte wurde keine signifikante Korrelation festgestellt, während zwischen den IT-Werten und den ISQ-Werten eine signifikante Korrelation von 47,1 % ermittelt wurde.

Schlussfolgerung: Die vorliegende Studie zeigt, dass nur Periotest-Messungen von bukkal zu einer hervorragenden Intra- und Inter-Untersucher-Zuverlässigkeit bei der Quantifizierung der Implantatstabilität führen.

Bural C, Dayan C, Geçkili O.
Initial Stability Measurements of Implants Using a New Magnetic Resonance Frequency Analyzer With Titanium Transducers: An Ex Vivo Study.

J Oral Implantol. 2020 Feb 1;46(1):35-40.

(»Messungen der Primärstabilität von Implantaten mittels eines neuartigen Resonanzfrequenzanalyse-

Geräts mit Schallköpfen aus Titan: Eine Ex vivo-Studie.«)

Die RFA ist die am häufigsten verwendete Methode für die klinische Messung der Implantatstabilität. Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Zuverlässigkeit des kürzlich entwickelten RF-Analysegeräts Penguin RFA, und es mit dem herkömmlichen RF-Analysegerät Osstell ISQ zu vergleichen. 60 Implantate wurden in frischen bovinen Wirbel- und Beckenknochen eingesetzt. Die Implantatstabilität wurde mit dem Penguin RFA MultiPeg und mit dem Osstell ISQ SmartPegs gemessen. Zusätzlich wurde die Stabilität mit MultiPegs bei Osstell ISQ und mit SmartPegs bei Penguin RFA gemessen. Die mit dem Osstell ISQ gemessenen, mittleren ISQ waren höher als die mit Penguin RFA gemessenen ISQ. Die Intra- und Inter-Untersucher-Zuverlässigkeit von Penguin RFA wurde als ausgezeichnet eingestuft. Bei Messungen mittels des Osstell ISQ wurde kein signifikanter Unterschied in den ISQ zwischen den Messungen mit SmartPegs und MultiPegs festgestellt, während für Penguin RFA die ISQs mit SmartPegs signifikant höher als die ISQs mit MultiPegs waren.

Schlussfolgerung: Das kürzlich entwickelte Penguin RFA ist zuverlässig und kann in der klinischen Praxis für die Messung der Stabilität von Zahnimplantaten unabhängig vom Knochentyp verwendet werden. Die ursprünglich für den Penguin RFA hergestellten MultiPegs sind auch mit dem Osstell ISQ kompatibel.

Buyukguclu G, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E.

Reliability of the Osstell Implant Stability Quotient and Penguin Resonance Frequency Analysis to Evaluate Implant Stability.

Implant Dent. 2018 Aug;27(4):429-433.

(»Die Verlässlichkeit des Osstell-Implantat-Stabilitätsquotienten und der Penguin Resonanzfrequenzanalyse zur Bestimmung der Implantatstabilität.«)

Um die Zuverlässigkeit des Osstell-ISQ und der Penguin-RFA zur Messung der Implantatstabilität zu bestimmen, wurden jeweils zehn von insgesamt 40 Im-

plantaten in selbsthärtendem Acrylharz, Soft-Lining-Material, Polyvinylsiloxan-Abformmaterial und Polycarboxylat-Zement eingebettet. Nach Aushärtung der Materialien wurde die Implantatstabilität gemessen. Das Polyvinylsiloxan-Abformmaterial wies bei beiden Geräten signifikant niedrigere ISQ-Werte auf als Soft-Lining-Material, selbsthärtendes Acrylharz und Polycarboxylat-Zement. Die Intraklassen-Korrelation betrug für Osstell 1,0 bei selbsthärtendem Acrylharz und 0,48 bei Polycarboxylat-Zement und unterschied sich zwischen den beiden Materialien signifikant. Auch bei Messungen mittels Penguin lag der mittlere Wert mit 0,95 bei selbsthärtendem Acrylharz signifikant höher als bei Polycarboxylat-Zement mit 0,38. Es gab keine Korrelation zwischen den wiederholten Messungen in Soft-Lining-Material und Polyvinylsiloxan-Abformmaterial, dies betraf beide Geräte.

Schlussfolgerung: Osstell ISQ und Penguin RFA sind nur dann zuverlässig, wenn die Implantate in steifen Materialien eingebettet sind. Osstell ISQ ist zuverlässiger als Penguin RFA.

Diker B, Diker N, Tak O.

Comparison of reliability of three resonance frequency analysis devices: An in vitro study.

J Oral Implantol. 2021 Mar 24. [Epub ahead of print]

(»Der Vergleich der Zuverlässigkeit von drei Geräten zur Resonanzfrequenzanalyse: Eine In vitro-Studie.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Intra- und Inter-Untersucher-Zuverlässigkeit von drei Geräten zur RFA und der Vergleich der Werte des ISQ je nach Implantat-Makrodesign und -durchmesser in zwei verschiedenen Knochendichten. Insgesamt 64 Implantate mit unterschiedlichen Durchmessern (3,5 und 4,0 mm) und Implantat-Makrodesign (konisch und zylindrisch) wurden in zwei künstliche Knochenblöcke (mit einer Knochendichte von Typ 2 und 3) eingesetzt. Die Primärstabilität der Implantate wurde von zwei Beobachtern gemessen und fünfmal in zwei Richtungen mit Osstell IDx, Osstell Beacon und

Penguin RFA gemessen. Die ISQ-Werte waren bei Implantaten, die in Knochen des Typs 2 eingesetzt wurden, signifikant höher als bei Knochen des Typs 3. Die Implantate mit einem Durchmesser von 4,0 mm wiesen höhere ISQ-Werte auf als Implantate mit einem Durchmesser von 3,5 mm. Die Werte des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (ICC) für die Intra-Beobachter-Zuverlässigkeit lagen für jeden Beobachter über 0,85 und die ICC-Werte für die Inter-Beobachter-Zuverlässigkeit betragen 0,94, 0,93 und 0,98 für Osstell IDx, Osstell Beacon bzw. Penguin RFA. **Schlussfolgerung:** Obwohl die Zuverlässigkeiten zwischen den Beobachtern bei allen drei RFA-Geräten ausgezeichnet waren, waren die Zuverlässigkeiten zwischen den Beobachtern bei Osstell Beacon und Penguin RFA etwas besser als bei Osstell IDx. Parameter, welche die Primärstabilität der Implantate beeinflussten, waren die Knochendichte und der Implantatdurchmesser.

Herrero-Climent M, Falcão A, López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Ríos-Carrasco B, Ríos-Santos JV. **In vitro comparative analysis of two resonance frequency measurement devices: Osstell implant stability coefficient and Penguin resonance frequency analysis.** Clin Implant Dent Relat Res. 2019 Dec;21(6):1124-1131. **(»Vergleichende Analyse zweier Geräte zur Resonanzfrequenzanalyse im In vitro-Versuch: Osstell Implantat-Stabilitätskoeffizient und Penguin Resonanzfrequenzanalyse.«)**

Das Ziel der In vitro-Untersuchung war die vergleichende Bewertung des neueren Penguin-Geräts mit dem Osstell-Gerät. Insgesamt 120 Implantate wurden je nach Design in die vier Gruppen A, B, C und D eingeteilt und in frischen Rinderknochen eingesetzt. Nacheinander wurden Messungen mit beiden Geräten und ihren jeweiligen Schallköpfen durchgeführt. Anschließend wurden die Schallköpfe zwischen den Geräten ausgetauscht und wiederholt Messungen durchgeführt. Die mittleren Insertionstorques (N/cm) betragen für Gruppe A = 24,7 ± 9,4, Grup-

pe B = 25,6 ± 9,7, Gruppe C = 28,7 ± 7,9 und Gruppe D = 19,1 ± 5,5. Die mittleren ISQ-Werte für die gesamte Stichprobe waren bei Penguin 67,7 ± 6,1 und bei Osstell 68,5 ± 9,6. Der mit dem Penguin-Gerät unter Verwendung eines SmartPeg-Schallkopfes gemessene ISQ-Wert betrug 67,0 ± 8,0 und der des Osstell-Geräts unter Verwendung eines MultiPeg-Schallkopfes 68,3 ± 7,5. Der Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC) wurde für die von beiden Geräten erhaltenen ISQ-Werte berechnet und lag für alle Schallköpfe bei > 0,90. Wenn die ICC-Schallköpfe ausgetauscht wurden, lagen die Werte bei < 0,77.

Schlussfolgerung: Beide ISQ-Geräte ermöglichen eine zuverlässige und wiederholbare Messung der Implantatstabilität. Es wird jedoch empfohlen, jeweils einen gerätespezifischen Schallkopf zu verwenden.

Kästel I, de Quincey G, Neugebauer J, Sader R, Gehrke P.

Does the manual insertion torque of SmartPegs affect the outcome of implant stability quotients (ISQ) during resonance frequency analysis (RFA)?

Int J Implant Dent. 2019 Dec 12;5(1):42.

(»Beeinflusst das manuelle Einsetzen der SmartPegs den Implantat-Stabilitätsquotienten (ISQ) während der Resonanzfrequenzanalyse (RFA)?«)

Über das optimale Drehmoment zum Anziehen von SmartPegs für die RFA besteht derzeit Uneinigkeit. Ziel der aktuellen Studie war daher die Untersuchung, ob das Anzugsdrehmoment eines SmartPeg-Magnetgeräts den Wert des ISQ während der RFA beeinflusst oder nicht. Dazu wurden 30 Implantate mit einem selbstschneidenden Gewindedesign, einem Durchmesser von 3,8 mm und einer Länge von 11,0 mm in drei Rinderrippen mit einer D1-Knochenqualität eingesetzt. Der RFA-Wert jedes Implantats wurde von mesial und bukkal gemessen, nachdem der entsprechende SmartPeg mit einem mechanisch definierten Wert von 5 Ncm angezogen worden war (Test). Zusätzlich wurden Messungen nach dem gleichen Vorgehen nach Anziehen des SmartPegs

per Hand gemessen (Kontrolle). Die ISQ-Werte variierten zwischen 2,0 und 11,0 Ncm beim Anziehen von Hand und zwischen 2,0 und 6,0 Ncm beim Anziehen mit der Maschine. Der Vergleich zwischen dem manuellen und maschinellen Anziehen der SmartPegs zeigte nur geringe Unterschiede bei den mittleren ISQ-Werten mit niedrigen Standardabweichungen (mesial 79,76 ± 2,11; bukkal 77,98 ± 2,0) und keinen statistischen Unterschied in Abhängigkeit von den beiden Messrichtungen. **Schlussfolgerung:** Das manuelle Anziehen der SmartPeg-Schallköpfe ermöglicht eine objektive und zuverlässige Bestimmung der ISQ-Werte während der RFA.

Khouja N, Tai WC, Shen IY, Sorensen JA.

A Critique of Resonance Frequency Analysis and a Novel Method for Quantifying Dental Implant Stability in Vitro.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2019 May/June;34(3):595-603.

(»Eine kritische Betrachtung der Resonanzfrequenzanalyse und einer neuen Methode zur quantitativen Bestimmung der Stabilität von Dentalimplantaten In vitro.«)

In dieser Studie wurden RFA zur Differenzierung der Stabilität von Implantaten mit unterschiedlichen Längen und Durchmessern sowie unterschiedlichen Knochendichten durchgeführt. Des Weiteren sollte versucht werden, anhand der Studie einen alternativen Parameter zu identifizieren, der die Stabilität von Dentalimplantaten quantifizieren kann, um so eine höhere Sensitivität für die wirksame Früherkennung eines Implantatverlustrisikos zu erzielen. Zu diesem Zweck wurden Implantate mit zwei verschiedenen Durchmessern (4,0 und 5,0 mm) und sechs verschiedenen Längen in synthetische Knochenblöcke mit drei verschiedenen Dichten in Kombination mit kurzen oder langen Abutments eingesetzt. Die RF-Messungen wurden mittels Osstell ISQ und der Experimentellen Modalanalyse (EMA) durchgeführt. Mittels einer Finite-Elemente-Analyse (FEA) wurden sie überprüft. Die mit Osstell ISQ und EMA gemessenen Resonanzfrequenzen änderten sich in Abhängigkeit von der Implantatlänge

nicht. Die FEA-Simulationen bestätigten das Ergebnis und zeigten außerdem, dass die Torsionsstabilität am Implantat in Abhängigkeit von der Länge und dem Durchmesser der Implantate erheblich variierte. Die Art des Abutments hatte keinen Einfluss auf die Torsionsstabilität.

Schlussfolgerung: Die aus der RFA gewonnenen Ergebnisse geben die Implantatstabilität nicht genau wieder. Änderungen der Implantatlänge und des Durchmessers hatten keinen Einfluss auf die RFA. Im Gegensatz dazu stellte die Torsionsstabilität am Implantat einen überlegenen Index zur Quantifizierung der Implantatstabilität dar. Er differenzierte nicht nur erfolgreich die Stabilität von Implantaten mit unterschiedlicher Länge und Durchmesser, sondern lieferte auch quantitative Daten, die unabhängig von der Art der verwendeten Abutments waren.

Liu Y, Sorensen JA, Shen IY.
Challenges of Using Resonance Frequency Analysis to Identify Stability of a Dental Implant Placed in the Mandible.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2021 Mar-Apr;36(2):e7-e21.

(»Herausforderungen beim Einsatz der Resonanzfrequenzanalyse zur Bestimmung der Implantatstabilität im Unterkiefer.«)

Vorliegende Studie untersuchte die Wirksamkeit und die Herausforderungen bei der Verwendung der RFA zur Ermittlung der Implantatstabilität im Unterkiefer. Die Studie untersuchte auch den Einsatz der Torsionsstabilität als alternativen Index zur Quantifizierung der Implantatstabilität. Mittels einer Software (ANSYS) wurde ein Finite-Elemente-Modell erstellt, das aus je einem Unterkiefer, Implantat und Abutment sowie einer Kontaktschicht (zwischen Implantat und Unterkieferknochen) bestand. Der Grad der Osseointegration wurde durch Variationen der Steifigkeit der Kontaktschicht modelliert. Es wurden Implantate mit acht unterschiedlichen Längen im Frontzahn-, Prämolaren- und Molarenbereich eingesetzt. Die Resonanzfrequenz war gegenüber der Implantatposition sehr empfindlich, aber nicht gegenüber dem

Grad der Osseointegration. Im Gegensatz dazu war die Torsionsstabilität empfindlich gegenüber dem Grad der Osseointegration.

Schlussfolgerung: Die Wirksamkeit der RFA zur Quantifizierung der Implantatstabilität wird auf Grundlage der Studienergebnisse infrage gestellt. Die hohe Empfindlichkeit gegenüber der Implantatposition sowie die geringe Empfindlichkeit der RFA gegenüber dem Grad der Osseointegration führen zu großen Unsicherheiten bei der Korrelation von gemessenen Resonanzfrequenzen mit der Implantatstabilität. Die Torsionsstabilität ist nach Ansicht der Autoren ein wesentlich zuverlässigerer Indikator, da sie sehr empfindlich auf den Grad der Osseointegration reagiert.

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 Sep;7(3):261-7.

(»Quantitative Bestimmung der Stabilität des Implantat-Gewebe-Interface mittels Resonanzfrequenzanalyse.«)

Ziel der Untersuchung war es, die Anwendung einer nicht-invasiven Testmethode mithilfe der Resonanzfrequenzanalyse zu untersuchen, um quantitative Messungen der Stabilität der Implantat-Gewebe-Grenzfläche In vitro und In vivo durchzuführen. Die Resonanzfrequenz eines kleinen Schallkopfes wurde gemessen, wenn er an Implantaten befestigt war, die in unterschiedlichen Höhen in einem Aluminiumblock eingebettet waren. Es wurde eine starke Korrelation zwischen der beobachteten Frequenz und der Höhe der Insertionstiefe festgestellt. Die während der Einheilung beobachtete Veränderung der Steifigkeit des periimplantären Knochens wurde modelliert, indem die Implantate in selbsthärtendes Polymethylmethacrylat (PMMA) eingebettet wurden und die Resonanzfrequenzen in bestimmten Zeiträumen während der Polymerisation gemessen wurden. Es wurde ein signifikanter Anstieg der Resonanzfrequenz im Zusammenhang mit

der Zunahme der Steifigkeit beobachtet. Resonanzfrequenzmessungen wurden auch an Implantaten In vivo durchgeführt und die Ergebnisse stimmten gut mit den In vitro-Ergebnissen überein.

Pelegrine AA, Kubo FMM, Salatti DB, Teixeira ML, Moshaverinia A, Moy PK.
Can Finger-Generated Force Be Used Reliably to Connect the Transducer for Resonance Frequency Analysis in Determining Implant Stability?

Int J Oral Maxillofac Implants. 2020 Nov/Dec;35(6):1141-1148.

(»Führt die manuelle Befestigung des Schallkopfs zu verlässlichen Messungen bei der Resonanzfrequenzanalyse zur Bestimmung der Implantatstabilität?«)

Das Ziel dieser Studie war die Bestimmung eines Mindestdrehmoments, welches zur Befestigung des Schallkopfs am Implantat erforderlich ist, um den ISQ zuverlässig bestimmen zu können. Zu diesem Zweck wurden 100 Implantate in einen Block aus Polyurethan inseriert und in zehn Gruppen mit je zehn Implantaten aufgeteilt. Die Schallköpfe wurden in je einer Gruppe von einer weiblichen (Gruppe 1) und einem männlichen UntersucherIn (Gruppe 2) manuell auf dem Implantat befestigt. Bei den übrigen Gruppen wurden die Schallköpfe mit einem digitalen Drehmomentschlüssel und verschiedenen Drehmomenteinstellungen angebracht: 3,0 Ncm (Gruppe 3), 4,0 Ncm (Gruppe 4), 5,0 Ncm (Gruppe 5), 6,0 Ncm (Gruppe 6), 10,0 Ncm (Gruppe 7), 13,0 Ncm (Gruppe 8), 17,0 Ncm (Gruppe 9) und 20,0 Ncm (Gruppe 10). Die Stabilität wurde für alle Gruppen sowohl mit dem Osstell- als auch mit dem Penguin-Gerät gemessen.

Schlussfolgerung: Für eine genaue Messung des ISQ betrug das Mindestdrehmoment, welches zum Einführen des Schallkopfs in das Implantat erforderlich ist, bei Osstell 10,0 Ncm, während es bei Penguin 5,0 Ncm betrug. Daher empfehlen die Autoren bei der Verwendung von Osstell zur Beurteilung der Implantatstabilität die Verwendung eines Drehmomentschlüssels, um im Sinne genauer

Stabilitätsmessungen sicher zu stellen, dass beim Festziehen des Schallkopfs in das Implantat eine Kraft von 10,0 Ncm aufgebracht wird. Bei der Verwendung von Penguin ist die maximale mit dem Finger erzeugte Anzugskraft ausreichend.



Fallserien,
Kohorten-
studien

Al-Jamal MFJ, Al-Jumaily HA.
Can the Bone Density Estimated by CBCT Predict the Primary Stability of Dental Implants? A New Measurement Protocol.

J Craniofac Surg. 2021 Mar-Apr 01;32(2):e171-e174.

(»Kann die mittels DVT gemessene Knochendichte als Vorhersageparameter für die Primärstabilität von Dentalimplantaten herangezogen werden? Ein neues Messprotokoll.«)

Das Ziel der klinischen Studie war, die mittels DVT ermittelte Knochendichte mit der Primärstabilität von Zahnimplantaten mithilfe des Implantat-Stabilitätsmessgeräts IST zu korrelieren und objektiv zu bewerten. 16 Patienten (sieben Frauen und neun Männer mit einem Durchschnittsalter von 40,4 Jahren) wurden mit insgesamt 40 Implantaten versorgt. Die Knochendichte im Bereich der Implantationsstellen wurde präoperativ mittels DVT ermittelt. Der maximale Insertionstorque wurde während der Implantatinsertion ebenfalls gemessen und mittels des IST mit der Primärstabilität der Implantate verglichen. Dabei wurde eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Knochendichtewert aus dem DVT, dem Insertionstorque und der Primärstabilität festgestellt.

Schlussfolgerung: Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen der Knochendichte, dem Insertionstorque und der Primärstabilität von Implantaten.

Andersson P, Pagliani L, Verrocchi D, Volpe S, Sahlin H, Sennerby L.

Factors Influencing Resonance Frequency Analysis (RFA) Measurements and 5-Year Survival of Neoss Dental Implants.

Int J Dent. 2019 Apr 1;2019:3209872.

(»Einflussfaktoren auf die Messergebnisse der Resonanzfrequenzanalyse und die Fünfjahres-Überlebensraten von Neoss-Dentalimplantaten.«)

Um den Einfluss patienten- und implantatbezogener Faktoren auf die Implantatstabilität und das Fünfjahres-Implantatüberleben zu untersuchen, wurden RFA-Messungen von insgesamt 334 konsekutiven Patienten mit 745 Implantaten nach mindestens fünf Jahren in Funktion retrospektiv analysiert. Darüber hinaus wurde der Einfluss des ISQ-Werts bei der Implantatinsertion und bei Abutmentversorgung auf das Implantatüberleben untersucht. Während der fünfjährigen Nachbeobachtungszeit gingen insgesamt 20 Implantate bei 14 Patienten verloren, was eine kumulative Gesamtüberlebensrate (CSR) von 97,3 % auf Implantatebene und 95,8 % auf Patientenebene ergab. Geschlecht, Kiefer, Position, Knochenqualität und Implantatdurchmesser hatten einen Einfluss auf die Implantatstabilität bei Insertion. Kiefer, Knochenqualität und Implantatdurchmesser hatten einen Einfluss auf die Stabilität nach drei bis vier Monaten Einheilzeit. Bei prothetischen Vollversorgungen wurden mehr Misserfolge beobachtet als bei teilprothetischen Versorgungen. Alter, Geschlecht, Kiefer, Position, Knochenmenge, Knochenqualität sowie der Durchmesser und die Länge der Implantate hatten keinen Einfluss auf die Überlebensrate. Implantate mit ISQ-Werten unterhalb der Schwellenwerte von 70 bzw. 75 ISQ zeigten geringere Überlebensraten als Implantate mit Werten oberhalb dieser Werte.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass RFA-Messungen zur Identifizierung von Implantaten mit erhöhtem Ausfallrisiko verwendet werden können.

Bafjari D, Benedetti A, Stamatovski A, Baftijari F, Susak Z, Veljanovski D.
Influence of Resonance Frequency

Analysis (RFA) Measurements for Successful Osseointegration of Dental Implants During the Healing Period and Its Impact on Implant Assessed by Osstell Mentor Device.
Open Access Maced J Med Sci. 2019 Dec 13;7(23):4110-4115.

(»Bestimmung der Osseointegration von Dentalimplantaten während der Einheilphase anhand einer Resonanzfrequenzanalyse (RFA) mittels des Osstell Mentor Gerätes.«)

Um die Primär- und Sekundärstabilität von Implantaten während der Einheilphase zu untersuchen, wurden insgesamt 42 Patienten im Unterkiefer mit 77 Implantaten versorgt. Unmittelbar nach der Implantatinsertion und nach zwölf Wochen erfolgten RFA-Messungen mittels Osstell Mentor-Gerät. Es wurden signifikante Unterschiede zwischen den primären und sekundären Stabilitätswerten festgestellt. Der maximale RFA-Wert lag bei 88 und der minimale Wert bei 52. Die Stabilitätswerte nahmen in den folgenden drei Monaten nach Insertion zu. Die Implantate heilten komplikationslos ein.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse zeigen insbesondere im zahnlosen Unterkiefer eine starke lineare Korrelation zwischen der Implantatstabilität und den mittels RFA gemessenen ISQ-Werten. Daher könnte das Osstell Mentor-Gerät zur Früherkennung eines Implantatverlustrisikos Verwendung finden.

Becker W, Hujoel P, Becker BE.
Resonance frequency analysis: Comparing two clinical instruments.

Clin Implant Dent Relat Res. 2018 Jun;20(3):308-312.

(»Resonanzfrequenzanalyse: Ein Vergleich zweier klinischer Messinstrumente.«)

30 Patienten wurden (13 Frauen, 17 Männer, Durchschnittsalter 73,4 Jahre) mit 38 Implantaten versorgt. Die beiden Messinstrumente Osstell und Penguin wurden zur Bestimmung der Implantatstabilität (ISQ) mithilfe der RFA verwendet und die Messergebnisse miteinander verglichen. Die Stabilitätsmessungen erfolgten bei Implantatinsertion und zum

Zeitpunkt der Freilegung der Implantate. Ein Implantat ging vor dessen Freilegung verloren. Zum Zeitpunkt der Implantatfreilegung waren die RFA-Werte geringfügig höher als bei Implantatinsertion. Die RFA-Werte des Penguin-Messinstruments waren geringfügig höher als die, welche mittels Osstell ermittelt wurden.

Schlussfolgerung: Die Qualität des Knochens scheint ein wichtiger Faktor bei der Bestimmung der RFA-Werte zu sein. Knochentyp I wies im Vergleich zu anderen, weniger dichten Knochentypen signifikant höhere RFA-Werte auf. Beide Messinstrumente lieferten vergleichbare Messergebnisse. Keines der beiden Instrumente war dazu geeignet, einen Implantatverlust vorherzusagen.

Brouwers JEIG, Buis S, de Groot PG, de Laat B, Remijn JA.

Resonance frequency analysis with two different devices after conventional implant placement with ridge preservation: A prospective pilot cohort study.

Clin Implant Dent Relat Res. 2021 Jul 26. [Epub ahead of print]

(»Resonanzfrequenzanalyse mit zwei unterschiedlichen Messinstrumenten nach konventioneller Implantatinsertion und Ridge Preservation: Eine prospektive Pilot-Kohortenstudie.«)

Das Ziel der Studie war der Vergleich des Implantat-Stabilitätsquotienten (ISQ) mittels RFA, die mit zwei verschiedenen Geräten nach Implantation durchgeführt wurde. Dazu wurden Patienten, bei denen eine Einzelzahnextraktion im Seitenzahnbereich des Ober- und Unterkiefers erforderlich war, mit Einzelimplantaten versorgt. Die Patientenkohorte umfasste neun weibliche (32,1 %) und 19 männliche Patienten (67,9 %) mit einem Durchschnittsalter von 52,8 Jahren bzw. 64,3 Jahren. Alle Patienten erhielten

nach der atraumatischen Zahnextraktion eine zusätzliche Augmentation mit einem bovinen Knochenersatzmaterial und Plättchenreichem Fibrin (PRF). Nach einer Einheilzeit von zehn Wochen wurden 28 selbstschneidende Titan-Implantate eingesetzt. Die Implantatstabilität wurde mit zwei verschiedenen Geräten (Osstell und Penguin) zum Zeitpunkt der Implantatinsertion (TO), zehn Tage später (T1) und nach sieben (T2) bzw. 17 Wochen (T3) erfasst. Kein Implantat ging verloren und während der Nachuntersuchung traten keine postoperativen Komplikationen auf. Das durchschnittliche Eindrehmoment bei der Implantation betrug 43,6 Ncm, wobei kein signifikanter Zusammenhang zum Implantationsort, dem Alter oder dem Geschlecht ermittelt werden konnte. Alle Patienten nahmen am Follow up teil. Während des Beobachtungszeitraums wurden bei beiden Geräten signifikante Anstiege der mittleren ISQ festgestellt. Signifikante positive Korrelationen zwischen Insertionsdrehmoment und ISQ wurden bei beiden Geräten bei TO, T2 und T3 festgestellt. Zu keinem Messzeitpunkt bestanden signifikante Unterschiede in den ISQ-Werten zwischen beiden Geräten und Messrichtungen.

Schlussfolgerung: Beide Geräte waren für die RFA-Messung geeignet und ergaben vergleichbare Ergebnisse. Aufgrund des kabellosen Designs war die Handhabung des Penguin-Geräts angenehmer. Die Wiederverwendbarkeit der Penguin MultiPeg-Messköpfe könnte einen zusätzlichen Vorteil in Bezug auf ökologische Aspekte bieten.

Degidi M, Daprile G, Piattelli A.

Determination of primary stability: a comparison of the surgeon's perception and objective measurements.

Int J Oral Maxillofac Implants.

2010 May-Jun;25(3):558-61.

(»Bestimmung der Primärstabilität: Ein Vergleich zwischen dem Eindruck des Chirurgen und objektiven Messwerten.«)

Das Ziel der Studie war die Untersuchung der Unterschiede zwischen der subjektiven Wahrnehmung der Implantatstabilität durch den Operateur und den objektiven Messwerten der Parameter Eindrehmoment und RFA, welche bei Implantatinsertion ermittelt wurden. Dazu wurden 152 Patienten mit insgesamt 514 Xive-Implantaten versorgt. Der Chirurg musste für alle 514 Implantate die wahrscheinlichen RFA-Werte schätzen. Bei 483 Implantaten wurde der Chirurg außerdem gebeten, die voraussichtlichen Werte für das Insertionsdrehmoment (N/cm) anzugeben. Anschließend wurden die tatsächlichen Werte gemessen. Der mittlere geschätzte RFA-Wert betrug 72,2 +/- 9,8 ISQ. Der durchschnittliche tatsächliche RFA lag bei 73,5 +/- 10,2 ISQ. Dieser Unterschied war statistisch signifikant. Das mittlere empfundene Insertionsdrehmoment betrug 39,1 +/- 20,1 Ncm, während das mittlere tatsächliche Insertionsdrehmoment bei 39,9 +/- 20,7 Ncm lag. Die mittlere Differenz zwischen den tatsächlichen und den geschätzten ISQ-Werten betrug -1 +/- 14,9, mit einer Spanne von -60 bis 59; die mittlere Differenz zwischen den tatsächlichen und den wahrgenommenen Werten des Insertionsdrehmoments betrug -1,3 +/- 9,9, mit einer Spanne von -38 bis 45.

Schlussfolgerung: Die Primärstabilität wird im Allgemeinen unterschätzt, insbesondere bei niedrigen oder mittleren ISQ- und Drehmomentwerten. Die Vorhersagegenauigkeit der Primärstabilität ist nicht gut genug, um die Möglichkeit einer Sofortbelastung richtig einschätzen zu können. Daher wird ein systematischer Einsatz objektiver Messungen der Implantatstabilität empfohlen.

Alle bisher erschienenen Themen der Sektion kurz & schmerzlos finden Sie auf www.frag-pip.de auch zum direkten Download

Feng SW, Chang WJ, Lin CT, Lee SY, Teng NC, Huang HM.

Modal damping factor detected with an impulse-forced vibration method provides additional information on osseointegration during dental implant healing.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2015 Nov-Dec;30(6):1333-40.

(»Der mit einer impuls-gesteuerten Vibrationsmethode ermittelte, modale Dämpfungsfaktor liefert zusätzliche Informationen zur Osseointegration während der Einheilung von Dentalimplantaten.«)

Die vorliegende Studie wurde zunächst im In vitro-Experiment nach Implantation in Körpern aus Epoxidharz und anschließend an 17 Dentalimplantaten bei zwölf Patienten durchgeführt, um zu untersuchen, ob die RFA in Kombination mit der Analyse des modalen Dämpfungsfaktors (MDF) zusätzliche Informationen über den Einheilstatus von Zahnimplantaten liefern kann. Die klinischen RFA- und die MDF-Werte der getesteten Implantate wurden in den ersten zehn Wochen nach dem Eingriff ermittelt. Im In vitro-Modell waren die mit dem in dieser Studie verwendeten Gerät ermittelten RFA-Werte mit den mittels Osstell ermittelten Werten vergleichbar. Im Gegensatz zur Periotest-Heilungskurve zeigte die MDF-Kurve einen 1,8-fachen Anstieg während der frühen Phase. In den klinischen Experimenten waren die mittleren RFA-Werte in den ersten zwei Wochen unverändert und stiegen dann bis zu sechs Wochen kontinuierlich an. Obwohl die RFA-Werte der Implantate mit höherer Ausgangsfrequenz während der Einheilphase unverändert blieben, nahmen die MDF-Werte deutlich ab und erreichten nach zehn Wochen Werte, welche etwa 50,0 % unter dem Ausgangswert lagen.

Schlussfolgerung: Die Analyse mittels RFA in Kombination mit MDF liefert zusätzliche Informationen über den Einheilungsstatus von Zahnimplantaten. Mittels MDF-Analyse sind Veränderungen im Implantat-Knochen-Kontaktbereich während des Einheilungszeitraums selbst bei Implantaten mit höheren RFA-Werten erkennbar.

Fuster-Torres MÁ, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M.

Relationships between bone density values from cone beam computed tomography, maximum insertion torque, and resonance frequency analysis at implant placement: a pilot study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2011 Sep-Oct;26(5):1051-6.

(»Zusammenhänge zwischen der mittels DVT ermittelten Knochendichte, dem maximalen Insertionstorque und der Resonanzfrequenzanalyse bei Implantatinser-tion. Eine Pilotstudie.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Bestimmung der Knochendichte mittels DVT und die Untersuchung möglicher Korrelationen zu Alter, Geschlecht, Insertionstorque und RFA. Zu diesem Zweck wurden zahnlose und teilbezahnte Patienten mit Implantaten behandelt und Korrelationen zwischen den Parametern retrospektiv ausgewertet. Für die 82 inserierten Implantate betrug die mittlere Knochendichte 623 ± 209 Hounsfield Units (HU) und der mittlere Insertionstorque $42,4 \pm 4$ Ncm. Die mittlere Primärstabilität (ISQ) betrug $62,4 \pm 8$. Die Unterschiede in der mittleren Knochendichte in den Insertionsbereichen betragen im Unterkiefer 717 ± 204 HU und im Oberkiefer 490 ± 128 HU. Sie waren bei allen Patienten statistisch signifikant unterschiedlich. Es bestand ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Knochendichtewerten und dem Insertionstorque bei Implantaten im anterioren Unterkiefer sowie den RFA-Werten bei Männern.

Schlussfolgerung: Präoperative Knochendichtemessungen mittels DVT können als objektives Diagnoseinstrument hilfreich sein. In Verbindung mit den RFA-Werten und Messungen des Eindrehmoments können diese Werte dem Chirurgen eine objektive Beurteilung der Knochenqualität liefern. Sie sind besonders nützlich, wenn der Verdacht auf eine schlechte Knochenqualität besteht.

Hakim SG, Glanz J, Ofer M, Steller D, Sieg P.

Correlation of cone beam CT-deri-

ved bone density parameters with primary implant stability assessed by peak insertion torque and periotest in the maxilla.

J Craniomaxillofac Surg. 2019 Mar;47(3):461-467.

(»Korrelationen zwischen der mittels DVT gemessenen Knochendichte und der mittels maximalem Insertionstorque und Periotest ermittelten Primärstabilität von Implantaten.«)

Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung einer möglichen Korrelation von präoperativ ermittelten radiologischen Parametern mit intraoperativ durchgeführten, biomechanischen Tests im Oberkiefer. Zu diesem Zweck wurden 99 Patienten mit 259 Implantaten im Oberkiefer versorgt. Aus der Cone-Beam-Computertomographie (CBCT) abgeleitete Hounsfield-Einheiten (HU), Voxel-Grauwerte und die präoperativ ermittelte Radiomorphologische Auswertung der Knochenqualität nach Koh (Computer Tomography Mental Index (CTMI) wurden mit dem Insertionstorque und dem Periotest (intraoperativ und nach zwölf Wochen) korreliert, um ihren prognostischen Wert für die primäre Implantatstabilität zu ermitteln. Die Voxel-Grauwerte und der Insertionstorque wiesen eine geringe Korrelation auf. Ebenso wurde eine geringe Korrelation zwischen den präoperativ gemessenen HU und dem Insertionstorque sowie den intraoperativen Periotest-Werten festgestellt. Eine mäßige Korrelation konnte jedoch zwischen dem Insertionstorque und den Periotest-Werten intraoperativ sowie zwölf Wochen später festgestellt werden. Dagegen wurde eine hohe Korrelation zwischen den Voxel-Grauwerten des DVT und den analogen HU beobachtet. Daraus wurde gefolgert, dass eine Umrechnung der DVT-Grauwerte in HU erfolgen konnte. Mittels Regressionsanalyse war ab einem Insertionstorque von 40 Ncm aufwärts ein negativer intraoperativer Periotest-Wert zu erwarten.

Schlussfolgerung: DVT-basierte Knochendichteparameter korrelieren miteinander und erlauben eine präoperative Umrechnung von Grauwerten in HU. Sowohl das Eindrehmoment als auch der Periotest zeigten eine signifikante Kor-

relation zur Knochendichte, die eine Regressionsanalyse zur Vorhersage der Implantatstabilität für das entsprechende Eindrehmoment ermöglicht. Im Gegensatz dazu erlauben die Verteilungskurven für HU keine zuverlässige Zuordnung zu bestimmten Periotest-Werten.

Herekar M, Sethi M, Ahmad T, Fernandes AS, Patil V, Kulkarni H. **A correlation between bone (B), insertion torque (IT), and implant stability (S): BITS score.**

J Prosthet Dent. 2014 Oct;112(4):805-10.

(»Korrelationen zwischen Knochen (B), Insertionstorque (IT) und Implantatstabilität (S): BITS Score.«)

Obwohl Kriterien für die Bewertung der Knochenqualität bekannt sind, gibt es noch keinen Gesamtscore, der die Knochenqualität mit der Primär- und Sekundärstabilität von Implantaten korreliert. Daher war das Ziel dieser Studie, einen Score zu entwickeln, der eine Korrelation zwischen den Knochendichtewerten aus der Computertomografie (CT), den Werten für das maximale Eindrehmoment und der Resonanzfrequenzanalyse in verschiedenen Phasen der Implantatbehandlung herstellt. 60 Implantate wurden untersucht, um die Knochendichte (Hounsfield Units, HU), den Insertionstorque (Ncm) sowie die Primär- und Sekundärstabilität (mittels RFA ermittelter ISQ) zu bewerten. Auf Grundlage der CT-Daten wurde die Knochenqualität in D1 bis D4 eingestuft. Der Insertionstorque wurde ermittelt und in zwei Gruppen (Gruppe A und B) eingeteilt. Die aus der RFA ermittelten Werte für die Primär- und Sekundärstabilität wurden in fünf Gruppen eingeteilt. Das in der Studie ermittelte maximale Drehmoment betrug 40 Ncm. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Insertionsdrehmomenten und der Knochenqualität erwies sich als statistisch nicht signifikant. Beim Knochentyp D2 wurden für die Primär- und Sekundärstabilität höhere Mittelwerte des ISQ ermittelt als für die Knochentypen D3 und D4. Bei einer Analyse nach dem Insertionszeitpunkt stiegen die mittleren Implantat-Stabilitätswerte bei allen Knochentypen bei der Implantatfreilegung an. Zwischen der

Knochenqualität und der mittleren Implantatstabilität wurden statistisch signifikante Unterschiede ermittelt. In Bezug auf die Unterschiede bei der Primär- und Sekundärstabilität und Knochenqualität konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede beobachtet werden. Zum Zeitpunkt der Implantatinsertion und der Implantatfreilegung wurde der Score berechnet und die prothetische Behandlung entsprechend geplant.

Schlussfolgerung: Der Score verdeutlicht, wie wichtig es ist, während der gesamten Behandlung den Zusammenhang zwischen der Knochenqualität, den Werten für den Insertionstorque und dem ISQ zu berücksichtigen.

Khalaila W, Nasser M, Ormianer Z. **Evaluation of the relationship between Periotest values, marginal bone loss, and stability of single dental implants: A 3-year prospective study.**

J Prosthet Dent. 2020 Aug;124(2):183-188.

(»Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Periotest-Werten, krestalem Knochenverlust und der Stabilität von Einzelimplantaten: Eine prospektive Studie über einen Zeitraum von drei Jahren.«)

Obwohl der Periotest nachweislich zuverlässige Informationen über die anfängliche Implantatstabilität liefert, ist unklar, ob die Periotest-Werte (PTVs) mit der Stabilität von Implantaten nach mehrjähriger funktioneller Belastung korreliert werden können. Daher war das Ziel dieser prospektiven klinischen Studie, die Implantatstabilität mittels PTV und das Niveau des periimplantären krestalen Knochens mit Zahnfilmen zu messen, über einen Nachbeobachtungszeitraum von drei Jahren zu untersuchen sowie Korrelationen zwischen den beiden Parametern herzustellen. Zu diesem Zweck wurden 34 Patienten mit 43 Implantaten versorgt. Die beiden Parameter wurden zum Zeitpunkt der Insertion, nach drei bis sechs Monaten sowie nach einem, zwei und drei Jahren untersucht. Zwischen der Implantatinsertion und dem drei- bis sechsmonatigen Nachuntersuchungszeitpunkt wurde ein signifikanter Rückgang der

Implantatstabilität festgestellt. Darauf folgte nach dem Einjahresintervall eine signifikante Zunahme der Implantatstabilität, welche sich im Verlauf der beiden weiteren Nachuntersuchungszeitpunkte weiter konsolidierte. Zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten wurde eine positive Korrelation zwischen beiden Parametern mit einem hohen Korrelationskoeffizienten festgestellt. Verluste im Bereich des krestalen Knochens waren während der Nachuntersuchung signifikant unterschiedlich und korrelierten mit den PTVs. **Schlussfolgerung:** Der Periotest ist ein zuverlässiges Instrument zur Beurteilung der Implantatstabilität und liefert prädiktive Informationen über Veränderungen des periimplantären marginalen Knochniveaus.

Kim JH, Lim YJ, Kim B, Lee J. **How Do Parameters of Implant Primary Stability Correspond with CT-Evaluated Bone Quality in the Posterior Maxilla? A Correlation Analysis.**

Materials (Basel). 2021 Jan 7;14(2):270.

(»Wie korrespondiert die Primärstabilität von Implantaten mit der mittels CT ermittelten Knochenqualität im Oberkiefer-Seitenzahnbereich? Eine Korrelationsanalyse.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war, Korrelationen zwischen Knochendichte und Implantat-Primärstabilität unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie Alter, Geschlecht und Implantatgeometrie (Design, Durchmesser) zu untersuchen. Von 30 teilbezahnten Patienten wurden die Knochendichten zahnloser Abschnitte im Oberkiefer-Seitenzahnbereich mittels CT in Hounsfield-Einheiten (HU) bestimmt. Die Implantat-Primärstabilität wurde mittels Insertionstorque und RFA ermittelt. Insgesamt wurden die Patienten im Oberkiefer-Seitenzahnbereich mit 60 Implantaten zweier unterschiedlicher Hersteller versorgt. Die Knochendichte zeigte eine signifikante Korrelation mit der Primärstabilität beider Implantattypen. Die Knochenqualität wurde eher durch das Geschlecht als durch das Alter beein-

flusst und die Art des Implantats hatte keinen Einfluss auf die Primärstabilität.

Schlussfolgerung: Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Primärstabilität für die objektive Bewertung der Knochenqualität eignet. Dadurch wird der Einsatz von entsprechend modifizierten chirurgischen Techniken insbesondere in Bereichen mit dem Verdacht einer schlechten Knochenqualität ermöglicht.

Kocak-Buyukdere A, Kayabay G.
Measurement of dental implant stability by two different techniques.

Niger J Clin Pract. 2021
Jul;24(7):973-977.

(»Messung der Implantatstabilität mittels zweier unterschiedlicher Techniken.«)

Um Messungen der Implantatstabilität mittels Periotest (PTVs) und Osstell (RFA) zu vergleichen, wurden je zehn Frauen und Männer mit insgesamt 54 Implantaten mit unterschiedlichen Längen (10,0 mm und 12,0 mm) und Durchmesser (3,3 mm und 4,1 mm) versorgt. Messungen mittels Periotest und Osstell erfolgten am Tag der Implantatinsertion sowie vier Wochen später. Die Mittelwerte betragen $75,90 \pm 5,13$ ISQ für die RFA mittels Osstell und $-4,31 \pm 1,43$ PTVs für den Periotest. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Messung in Abhängigkeit vom Geschlecht. Allerdings zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Verhältnis der prozentualen Veränderung sowohl der PTV- als auch der ISQ-Werte bei den weiblichen Patienten, bei welchen eine starke positive Korrelation zwischen den mittleren prozentualen Veränderungen der PTV- und ISQ-Werte ermittelt werden konnte. Der einzige signifikante Unterschied zwischen ISQ-Werten und Implantatlänge wurde nach vier Wochen beobachtet.

Schlussfolgerung: Obwohl die PTV anfälliger für klinische Einflussparameter zu sein scheinen, sind beide Messverfahren für die Beurteilung der Implantatstabilität geeignet.

Levin BP.

The Correlation Between Immediate Implant Insertion Torque and Implant Stability Quotient.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2016 Nov/Dec;36(6):833-840.

(»Die Korrelation zwischen dem Insertionstorque und dem Implantat-Stabilitätsquotienten bei Sofortimplantation.«)

In dieser retrospektiven Studie sollte untersucht werden, ob es eine Korrelation zwischen dem Insertionstorque (ITV) und dem Implantat-Stabilitätsquotienten (ISQ) bei Sofortimplantation im Frontzahnbereich gibt. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 59 Implantate bei 52 Patienten unmittelbar nach der Extraktion in die Extraktionsalveolen eingesetzt. Zwischen den Messungen zu beiden Zeitpunkten konnte ein nicht signifikanter Korrelationskoeffizient von 0,06 festgestellt werden. Die Daten deuten darauf hin, dass es in der untersuchten Population keine lineare Korrelation zwischen dem ITV und dem ISQ gibt. Der Autor dieser Studie stellt auf Grundlage der Ergebnisse die Forderung nach übermäßig hohen ITV- und ISQ-Werten für die provisorische Sofortversorgung und als Voraussetzung für die Annahme einer erfolgreichen Osseointegration infrage.

Noguerol B, Muñoz R, Mesa F, de Dios Luna J, O'Valle F.

Early implant failure. Prognostic capacity of Periotest: retrospective study of a large sample.

Clin Oral Implants Res. 2006
Aug;17(4):459-64.

(»Früher Implantatverlust. Die prognostische Leistungsfähigkeit des Periotest: Eine retrospektive Studie in einer großen Stichprobe.«)

Ziel dieser Studie war, die Genauigkeit von Periotest-Messungen bei der Ermittlung der Primärstabilität zum Zeitpunkt der Implantatinsertion zu bestimmen, mit Röntgenbildern während der Einheilphase zu vergleichen und mittels einer multivariaten Analyse die Variablen zu ermitteln, die mit einem frühen Implantatverlust verbunden sind. Die retrospektive Studie wurde über einen Zeitraum von zehn Jahren an 1.084 Brånemark-Implan-

taten durchgeführt, die bei 316 Patienten eingesetzt wurden. Klinische Variablen, Implantatdurchmesser und -länge, Periotest-Werte (PTVs) und radiologische Variablen wurden in bivariaten und multivariaten Studien analysiert, um ihren Einfluss auf einen frühen Implantatverlust zu bestimmen. In der bivariaten Analyse stand das frühzeitige Versagen in signifikantem Zusammenhang mit den Rauchgewohnheiten, PTVs, Implantatmerkmalen sowie der Implantatposition und dem Knochentyp. Im endgültigen multiplen logistischen Modell waren nur das Alter (Odds Ratio (OR)=4,53), die Rauchgewohnheiten (OR=2,5), der Knochentyp (OR=1,93) und das PTV bei der Implantatinsertion (OR=3,01) unabhängig voneinander mit vorzeitigem Implantatverlust verbunden.

Schlussfolgerung: Der Periotest bei Implantatinsertion bietet eine hohe Sensitivität bei der Prognose eines frühen Implantatverlustes und zeigt im Vergleich zur radiologischen Untersuchung eine größere Fähigkeit zur Bewertung der Stabilität während der Osseointegrationsphase.

Salimov F, Tatli U, Kürkcü M, Akoglan M, Oztunç H, Kurtoglu C.

Evaluation of relationship between preoperative bone density values derived from cone beam computed tomography and implant stability parameters: a clinical study.

Clin Oral Implants Res. 2014
Sep;25(9):1016-21.

(»Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den mittels DVT ermittelten, präoperativen Knochendichtewerten und Implantat-Stabilitätsparametern: Eine klinische Studie.«)

Um die Korrelation zwischen mittels DVT ermittelten Knochendichtewerten, dem Insertionstorque und RFA-Werten in Bezug auf die klinischen Variablen Implantatlokalisierung, Geschlecht, Alter, Knochenqualität und Implantatdurchmesser zu untersuchen, wurden insgesamt 65 Implantate bei 17 Patienten eingesetzt. Die Knochendichte der Implantatbereiche wurde präoperativ mittels DVT erfasst. Die Bestimmung

der Knochenqualität erfolgte subjektiv während des Bohrvorgangs anhand der Steifigkeit des Kieferknochens gemäß dem Index nach Lekholm und Zarb. Die Mittelwerte für Knochendichte, Eindrehmoment und Implantat-Stabilitätsquotient aller Implantate betragen 556 ± 80 , $37,4 \pm 3,3$ Ncm und $73,8 \pm 7,2$. Es wurden statistisch signifikante Korrelationen zwischen den DVT-Knochendichtewerten und den Implantat-Stabilitätsparametern in Bezug auf alle Variablen festgestellt.

Schlussfolgerung: Die Knochendichtebestimmung mittels DVT ist eine effiziente Methode und korreliert signifikant mit der Implantatstabilität und dem Lekholm- und Zarb-Index. Somit ist es möglich, die Primärstabilität und die Möglichkeit einer Sofort- oder Frühbelastung anhand von DVT-Scans vor der Implantation vorherzusagen.

Sarfraz H, Johri S, Sucheta P, Rao S. **Study to assess the relationship between insertion torque value and implant stability quotient and its influence on timing of functional implant loading.**

J Indian Prosthodont Soc. 2018 Apr-Jun;18(2):139-146.

(»Studie zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Insertionstorque und dem Implantat-Stabilitätsquotienten und dessen Einfluss auf den Zeitpunkt der funktionellen Belastung von Implantaten.«)

Diese Studie wurde durchgeführt, um die Beziehung zwischen dem Insertionstorque (ITV), dem Implantat-Stabilitätsquotienten (ISQ) und dessen Einfluss auf den Zeitpunkt der funktionellen Belastung von Implantaten zu bewerten sowie die Auswirkungen einiger Faktoren auf die Stabilität von Implantaten zu bestimmen. 40 Implantate wurden bei 37 Patienten im Unterkiefer-Seitenzahnbereich inseriert und heilten offen mittels Gingivaförmer ein. Für jedes Implantat wurde der ITV-Wert zum Zeitpunkt der Implantation mit einem manuellen Drehmomentschlüssel gemessen. Der ISQ-Wert wurde mittels RFA bestimmt (Osstell) zum Zeitpunkt der Insertion sowie in der dritten, siebten, elften und fünfzehnten Woche gemessen.

Ergebnisse: Die Korrelation zwischen ITV und ISQ war signifikant. Die Korrelation zwischen dem ITV-Wert bei Implantatinsertion und den in den darauffolgenden Wochen gemessenen ISQ-Werten erwies sich in Woche drei und Woche sieben ebenfalls als statistisch signifikant.

Schlussfolgerung: Aus dieser Studie kann geschlossen werden, dass es eine positive und statistisch signifikante Korrelation zwischen den ITV- und ISQ-Werten gibt.

Sargolzaie N, Samizade S, Arab H, Ghanbari H, Khodadadifard L, Khajavi A.

The evaluation of implant stability measured by resonance frequency analysis in different bone types.

J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg. 2019 Feb;45(1):29-33.

(»Implantat-Stabilitätsmessungen mittels Resonanzfrequenzanalyse in verschiedenen Knochentypen.«)

Die Beziehung zwischen der Knochendichte und der Primär- und Sekundärstabilität von Dentalimplantaten wird nach wie vor diskutiert. Daher war es das Ziel dieser Studie, die mittels RFA gemessene Primär- und Sekundärstabilität von Implantaten in verschiedenen Knochentypen zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der dreimonatigen Einheilzeit zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurden 59 Patienten mit 65 Implantaten mit einem Durchmesser von 3,8 mm oder 4,6 mm und einer Länge von 9,0 mm oder 10,5 mm versorgt. Die Knochenqualität wurde anhand der Lekholm- und Zarb-Klassifikation bewertet. Unmittelbar nach der Implantatinsertion sowie nach einem und nach drei Monaten wurde die Implantatstabilität mittels RFA mit einem Osstell-Gerät gemessen. Bei neun Patienten lag eine Knochenqualität Typ I vor, bei 18 Patienten lag Typ II vor, 20 Patienten wiesen einen Typ III-Knochen auf und zwölf Patienten hatten einen Knochen Typ IV. Drei Implantate gingen verloren. Ein Implantat ging in Knochen der Qualität I verloren und zwei Implantate gingen in Knochen des Typs IV verloren. Die Stabilitätswerte nahmen im ersten Monat ab, stiegen aber in den folgenden zwei Monaten bei allen Knochentypen an. Die statistische Analyse ergab zu keinem Messzeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den RFA-

Werten der verschiedenen Knochentypen. **Schlussfolgerung:** Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie wurde die Implantatstabilität nicht durch die Knochendichte beeinflusst. Eine sichere Aussage über die Auswirkung der Knochendichte auf die Implantatstabilität ist nicht einfach zu treffen, da die Stabilität von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird.

Sim CP, Lang NP.

Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Osstell mentor during implant tissue integration: I. Instrument positioning, bone structure, implant length.

Clin Oral Implants Res. 2010 Jun;21(6):598-604.

(»Einflussfaktoren auf die mittels Osstell bestimmte Resonanzfrequenzanalyse während der Einheilphase von Implantaten: I. Positionierung des Messinstruments, Knochenstruktur und Implantatlänge.«)

Das Ziel der Studie war die Entwicklung der Implantatstabilität von SLA Straumann Tissue-Level-Implantaten mithilfe der RFA im Längsschnitt zu verfolgen und den Einfluss der Instrumentenpositionierung, der Knochenstruktur und der Implantatlänge auf die RFA-Werte zu bestimmen. Dazu wurden 32 gesunde erwachsene Patienten entweder mit 8,0 mm, v4,1 mm Straumann Standard Plus Tissue Level Implantaten (n=16: Gruppe A) oder 10,0 mm, v4,1 mm Straumann Standard Plus Tissue Level Implantaten (n=16: Gruppe B) versorgt. Während der Einheilung wurde in den Wochen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 und 12 eine RFA durchgeführt. Außerdem wurden die Sondierungstiefe sowie der Plaque- und Blutungs-Index untersucht. Die Positionierung des Osstell-Mentorgehätes hatte keinen Einfluss auf die ISQ-Werte. Die ISQ-Werte stiegen während der Einheilung kontinuierlich von einem Mittelwert von 65,1 auf 74,7 an (signifikant von Woche 0 zu den Wochen 6, 8 und 12). Eine geringere Knochendichte (Typ III oder IV) führte zu signifikant niedrigeren ISQ-Werten bis zu Woche 8. Die Implantatlänge beeinflusste den Anstieg der ISQ-Werte im Laufe der Zeit. Während bei 10,0 mm langen Implantaten kein signifikanter

Anstieg beobachtet wurde, stiegen die ISQ-Werte bei 8,0 mm Implantaten von Woche 0 bis zu den Wochen 6, 8 und 12 signifikant an.

Schlussfolgerung: Bei Verwendung des Osstell-Mentors sind die ISQ-Werte unabhängig von der Positionierung des Instruments reproduzierbar. Die ISQ-Werte werden von der Knochenstruktur und der Implantatlänge beeinflusst. Daher können der Implantatstabilität keine prädiktiven Werte zugeschrieben werden.

Soylu E, Cosgunarslan A, Çelebi S, Soydan D, Demirbas AE, Demir O. **Fractal analysis as a useful predictor for determining osseointegration of dental implant? A retrospective study.**

Int J Implant Dent. 2021 Feb 25;7(1):14.

(»Ist die Fraktalanalyse ein nutzbringender Vorhersageparameter für die Bestimmung der Osseointegration von Dentalimplantaten? Eine retrospektive Studie.«)

Das Ziel der vorliegenden Studie war, die Wirksamkeit der Fraktalanalyse (FA) bei der Bestimmung der Osseointegration von Dentalimplantaten zu evaluieren. Dazu wurden 39 Patienten im Unterkiefer-Seitenzahnbereich implantologisch versorgt. Vor der Implantation (t0), eine Woche nach dem Eingriff (t1) und nach einem (t2) bzw. zwei Monaten (t3) wurden Übersichtsröntgenaufnahmen aufgenommen. Mittels der Fraktalanalyse wurden mesial, distal und apikal der Implantate Analysen mit dem Box-Counting-Algorithmus nach der Methode von White und Rudolph durchgeführt. Die Mittel-, Minimal- und Maximalwerte der mesialen (roi1), distalen (roi2) und apikalen (roi3) Oberflächen wurden verglichen. Die Werte der fraktalen Dimension (FD) von t1 waren im Vergleich zu t0 signifikant niedriger, da sie in der ersten Woche abnahmen. Die FD-Werte stiegen nach der ersten Woche allmählich an, überstiegen jedoch nie die FD-Werte von t0. Auch der Unterschied zwischen den mittleren FD-Werten von t0 und t3 erwies sich als statistisch signifikant.

Schlussfolgerung: FA ist eine vielver-

sprechende und nicht-invasive Methode zur Vorhersage der Osseointegration eines Zahnimplantats auf der Grundlage von Röntgenaufnahmen. Sie kann zur Verkürzung der Gesamtbehandlungszeit beitragen.

Triches DF, Alonso FR, Mezzomo LA, Schneider DR, Villarinho EA, Rockenbach MI, Teixeira ER, Shinkai RS.

Relation between insertion torque and tactile, visual, and rescaled gray value measures of bone quality: a cross-sectional clinical study with short implants.

Int J Implant Dent. 2019 Feb 11;5(1):9.

(»Der Zusammenhang zwischen dem Insertionstorque, der taktil und der visuell mittels einer Grauwerte-Reskalierung erhobenen Knochenqualität: Eine klinische Querschnittstudie mit kurzen Implantaten.«)

In dieser Studie wurde der Zusammenhang zwischen dem Insertionstorque und der Knochenqualität untersucht. Diese wurde präoperativ visuell mittels einer Reskalierung der mittleren Grauwerte anhand von standardisierten axialen, koronalen und sagittalen CT-Schnitten bestimmt und intraoperativ taktil anhand der Klassifizierung der Knochentypen nach Lekholm und Zarb sowie mittels des Insertionstorque ermittelt. Zu diesem Zweck wurden 20 konsekutive Patienten mit insgesamt 45 Implantaten im Seitenzahnbereich versorgt. Es konnten Zusammenhänge zwischen allen Messparametern und insbesondere zwischen der visuell und der mittels Insertionstorque bestimmten Knochenqualität ermittelt werden. Die mittleren Grauwerte variierten in Abhängigkeit vom Kiefer, der Zahnregion, dem Insertionsdrehmoment und den Knochentypen.

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 Feb;78(2):262-72.

(»Beurteilung zweier unterschiedlicher Geräte zur Resonanzfrequenzanalyse der Implantatstabilität: Eine klinische Studie.«)

Hintergrund: Die Resonanzfrequenzanalyse (RFA) ermöglicht eine nichtinvasive Bewertung der Implantatstabilität. Das etablierte RFA-Gerät verwendet elektronische Technologie, während ein kürzlich entwickeltes Gerät eine magnetische Technologie verwendet. Ziel dieser klinischen Studie war der Vergleich von Implantat-Stabilitätsmessungen während der frühen Einheilphase nach Implantatinsertion, die durch ein neu entwickeltes, magnetisches Gerät oder durch ein elektronisches RFA-Gerät erhoben wurden. Die Messungen erfolgten an 34 offen einheilenden Implantaten, die bei 17 Patienten inseriert worden waren. Die Stabilitätsmessungen wurden zum Zeitpunkt der Insertion sowie über einen Zeitraum von sechs Wochen bis zur Eingliederung der provisorischen Versorgung einmal wöchentlich sowie nach zwölf Wochen im Zusammenhang mit der definitiven prothetischen Restauration durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Implantatinsertion betrug der mittlere ISQ bei Messung mit dem elektronischen Gerät 61,9 und mit dem magnetischen Gerät 70,9. Nach zwölf Wochen stieg der mittlere ISQ, gemessen mit dem elektronischen Gerät, auf 63,2 und mit dem magnetischen Gerät auf 75,9. Bei beiden Implantaten wurde zwischen der ersten und dritten Woche nach Insertion ein Verlust der Implantatstabilität sowie eine signifikante Stabilitätszunahme zwischen der sechsten und zwölften Woche beobachtet. Zwischen beiden Geräten wurde eine signifikante Korrelation der gemessenen ISQ-Werte ermittelt.

Schlussfolgerung: Diese Studie zeigt, dass die Messwerte der Implantatstabilität des magnetischen Geräts eine gute Korrelation mit den elektronisch erhobenen ISQ-Werten aufwiesen. Beide Geräte bestätigten die anfängliche Abnahme der Implantatstabilität nach Insertion. Sie zeigten eine Zunahme der Stabilität während der ersten sechs Wochen unter funktioneller Belastung.

Vale Souza JPD, Melo Neto CLM, Piazenza LT, da Silva EVF, Moreno ALM, Penitente PA, Brunetto JL, Santos DMD, Goiato MC.

Relation Between Insertion Torque and Implant Stability Quotient: A Clinical Study.

Eur J Dent. 2021 Jul 7. [Epub ahead of print]

(»Beziehungen zwischen dem Insertionstorque und dem Implantat-Stabilitätsquotienten: Eine klinische Studie.«)

Um die Beziehung zwischen dem Insertionstorque und dem ISQ zum Zeitpunkt der Implantatinsertion sowie nach sechs Monaten zu untersuchen, wurden 25 Patienten nach Zahnextraktion mit je einem Implantat gleicher Länge und gleichen Durchmessers (11,5 x 3,75 mm) versorgt. Die Messungen erfolgten anhand von RFA-Messungen mittels Osstell Mentor-Gerät. Es bestand eine positive Korrelation zwischen dem Insertionstorque und dem ISQ-Wert unmittelbar nach Implantatinsertion. Zwischen dem Insertionstorque und dem ISQ konnte demgegenüber nach sechs Monaten keine Korrelation mehr festgestellt werden.

Influence of transducer orientation on Osstell stability measurements of osseointegrated implants.

Clin Implant Dent Relat Res. 2007 Mar;9(1):60-4.

(»Der Einfluss der Ausrichtung des Schallkopfs bei der Messung der Stabilität osseointegrierter Implantate mittels Osstell.«)

Die vorliegende Studie verfolgte zwei Untersuchungsziele: 1) Den Einfluss der Ausrichtung des Schallkopfs auf die Werte der RFA und 2) die Übereinstimmung zwischen der Schallkopfausrichtung und dem krestalen periimplantären Knochen-niveau. Zu diesem Zweck wurden neun Patienten mit zahnlosem Oberkiefer drei Jahre vor Beginn der Untersuchung mit insgesamt 55 Implantaten versorgt. Die Messungen wurden mit dem Schallkopf in bukkaler (B), distaler (D), palatinaler (P) und mesialer (M) Position durchgeführt. Alle Implantate waren klinisch stabil. Signifikante Unterschiede ergaben sich

zwischen den Messungen senkrecht zum Alveolarkamm (B, P) und parallel zum Alveolarkamm (M, D). Es wurde eine tendenziell negative Korrelation zwischen dem marginalen Knochen-niveau und den Messungen des ISQ festgestellt, welche jedoch statistisch nicht signifikant war.

Schlussfolgerung: Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der RFA-Messung mit dem Osstell-Gerät berücksichtigt werden muss, dass die Ausrichtung des Schallkopfs die Messung beeinflusst. Es erscheint daher ratsam, die Ausrichtung zu standardisieren.

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 May-Jun;23(3):525-30.

(»Die Messung der Implantatstabilität mittels Resonanzfrequenzanalyse und Dämpfungskapazität: Der Vergleich beider Messverfahren in einer klinischen Studie.«)

Die RFA mittels Osstell und die Messung der Dämpfungskapazität mittels Periotest sind zwei nicht-invasive Messverfahren zur Ermittlung der Implantatstabilität. Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der Korrelation beider Verfahren im Rahmen einer klinischen Studie. Dazu wurden RFA- und Periotest-Messungen bei 213 klinisch stabilen und funktionell belasteten sowie nicht-belasteten, einzeitig inserierten Implantaten (65 Patienten) durchgeführt. Der mittlere ISQ betrug bei der RFA-Messung $57,66 \pm 8,19$ und $-5,08 \pm 2,02$ für den Periotest. Die Korrelation der beiden Messverfahren betrug $-0,64$ (Pearson) und $-0,65$ (Spearman). Die Intraclass-Korrelationskoeffizienten der Einzelmessungen für die ISQ- und Periotest-Werte betragen $0,99$ bzw. $0,88$. Es konnte keine signifikante Korrelation der Implantatlänge mit der RFA oder dem Periotest festgestellt werden. Es wurde jedoch eine signifikante Korrelation des Implantatdurchmessers mit beiden Techniken gefunden. Die Korrelation der beiden Messsysteme

ist mäßig bis gut. Es scheint, dass der Periotest anfälliger für klinische Messvariablen ist als das Osstell-Gerät. Die Werte der Intraclass-Korrelation deutet auf eine geringere Messgenauigkeit des Periotest-Verfahrens hin. Außerdem wichen die Periotest-Werte stärker von der Normalverteilung ab als die ISQ-Werte.



Marwa Abdel AAL, El Far M, Sheta NM, Fayyad A, El Desouky E, Nabi NA, Ibrahim M.

Correlation of Implant Stability Between Two Noninvasive Methods Using Submerged and Nonsubmerged Healing Protocols: A Randomized Clinical Trial.

J Oral Implantol. 2020 Dec 1;46(6):571-579.

(»Korrelationen zweier nicht-invasiver Methoden zur Messung der Implantatstabilität bei gedeckter oder offener Einheilung: Eine randomisierte klinische Studie.«)

In dieser klinischen, randomisierten Studie wurde eine allgemeine Korrelation zwischen der mit dem Osstell- und dem Periotest-Gerät aufgezeichneten Implantatstabilität am Tag der Implantatinsertion und drei Monate nach der Einheilung für das submerse und das nicht submerse Belastungsprotokoll ermittelt. Zu diesem Zweck wurden 80 vollständig zahnlose Patienten rekrutiert, die zwischen 50 und 69 Jahre alt waren. Diesen wurde in der Mittellinie des Unterkiefers ein Einzelimplantat gesetzt. Unmittelbar nach der Insertion wurde der ISQ an der bukkalen Oberfläche aufgezeichnet und anschließend mit dem Periotest M-Gerät der Dämpfungseffekt (PTV) des installierten Implantats mithilfe des auf das Implantat geschraubten SmartPegs gemessen. Die Patienten wurden anschließend nach dem Zufallsprinzip entweder der Gruppe mit geschlossener oder offener Einheilung zugewiesen. Bei Korrelation des ISQ mit dem PTV ergab sich eine

mäßig negative, statistisch signifikante Korrelation zwischen den beiden Messwerten. Nach drei Monaten war keine signifikante Korrelation zwischen ISQ und PTV mehr in beiden Gruppen zu beobachten. In der Gruppe der weiblichen Teilnehmer konnte eine statistisch signifikante negative Korrelation zwischen den beiden Geräten in beiden Einzelgruppen ermittelt werden. In der männlichen Gruppe konnten keine statistisch signifikanten Korrelationen beobachtet werden.

Schlussfolgerung: Korrelationen zwischen dem Ostell- und dem Periotest-Gerät bleiben umstritten. Die vorliegende Studie kam zu dem Schluss, dass bei der Messung der Implantatstabilität eine signifikante, negative Korrelation zwischen den beiden Geräten besteht. Nach drei Monaten unter Belastung und bei Messung der Sekundärstabilität der Implantate geht diese offensichtlich verloren. Auch das Geschlecht wirkt sich auf die Erfassung der Implantatstabilität aus, was hauptsächlich auf die unterschiedliche Knochendichte von Männern und Frauen zurückzuführen ist.



Andreotti AM, Goiato MC, Nobrega AS, Freitas da Silva EV, Filho HG, Pellizzer EP, Micheline Dos Santos D. **Relationship Between Implant Stability Measurements Obtained by Two Different Devices: A Systematic Review.**

J Periodontol. 2017 Mar;88(3):281-288.

(»Beziehungen der Messergebnisse nach Implantat-Stabilitätsmessung mittels zweier unterschiedlicher Methoden: Ein systematischer Review.«)

Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit war die Bewertung der Beziehung zwischen zwei Messmethoden zur Beurteilung der Implantatstabilität und die Untersuchung des Grades der Übereinstimmung. Zu diesem Zweck wurde eine

Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed und Scopus durchgeführt. Einschlusskriterien waren englischsprachige, prospektive, retrospektive und randomisierte kontrollierte klinische Studien, die die Implantatstabilität mithilfe der Resonanzfrequenzanalyse (RFA) und der Dämpfungskapazitätsanalyse (DCA) bewerteten. Sechs Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Obwohl es eine signifikante numerische Korrelation zwischen den mit beiden Methoden ermittelten Werten gab, zeigten die Daten, dass weniger als die Hälfte (46,0 %) der Fälle in Bezug auf die Klassifizierung der Implantatstabilität übereinstimmen.

Schlussfolgerung: Es kann davon ausgegangen werden, dass es nicht immer einen Konsens und eine Standardisierung bei der Klassifizierung der Implantatstabilität in Bezug auf die mit RFA- und DCA-Geräten ermittelten Werte gibt, was zu Unstimmigkeiten und Missverständnissen unter Zahnärzten führen könnte.

Aparicio C, Lang NP, Rangert B. **Validity and clinical significance of biomechanical testing of implant/bone interface.**

Clin Oral Implants Res. 2006 Oct;17 Suppl 2:2-7.

(»Verlässlichkeit und klinische Bedeutung der biomechanischen Testung des Implantat-Knochen-Interface.«)

Ziel der Übersichtsarbeit war die Sichtung der Literatur zur RFA und zum Periotest, um die Verlässlichkeit und den prognostischen Wert beider Verfahren zur Vorhersage eines Implantatverlustes zu überprüfen. Zu diesem Zweck erfolgte in der Datenbank PubMed eine Literaturrecherche, anhand welcher eine begrenzte Anzahl nicht randomisierter klinischer Studien gefunden werden konnte. Daher wurde nur ein narrativer Überblick über allgemeine Aspekte der Techniken, Faktoren, die die Messungen beeinflussen, und die klinische Relevanz der Techniken erstellt.

Schlussfolgerung: Faktoren wie Knochendichte, Lokalisation (Ober- oder Unterkiefer) und die Länge des Abutments oder des Implantats scheinen sowohl

die RFA- als auch die Periotest-Messungen zu beeinflussen. Die Daten deuten darauf hin, dass hohe RFA- und niedrige Periotest-Werte auf erfolgreich integrierte Implantate hindeuten. Niedrige/abnehmende RFA- und hohe/steigende Periotest-Werte können Anzeichen für eine Auflösung des Knochen-Implantat-Kontakts und/oder marginale Knochenverluste sein. Einzelne Messwerte mit einer der Techniken sind jedoch nur von begrenztem klinischen Wert. Der prognostische Wert der RFA- und Periotest-Techniken zur Vorhersage des Verlusts der Implantatstabilität ist in prospektiven klinischen Studien zu ermitteln.

Cehreli MC, Karasoy D, Akca K, Eckert SE.

Meta-analysis of methods used to assess implant stability.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Nov-Dec;24(6):1015-32.

(»Metaanalyse der Methoden zur Messung der Implantatstabilität.«)

Das Ziel der Studie war die Untersuchung von Korrelationen zwischen Periotest-Messungen, Insertionstorque und/oder dem Ausdrehmoment anhand RFA-Messungen. Dazu erfolgten Literaturrecherchen in den Datenbanken Pubmed, Embase, Ovid, Cochrane Library und Handsuchen in zehn Fachzeitschriften. Es wurden 50 Artikel identifiziert, drei Studien wurden aufgrund von Einschränkungen im Studiendesign ausgeschlossen. Die Studien, die die Einschlusskriterien erfüllten, fielen in eine Vielzahl von Kategorien (elf Kadaverstudien am Menschen, 16 klinische Studien, 15 tierexperimentelle Studien und fünf In vitro-Studien). Die Analyse der gepoolten p-Werte ergab signifikante Korrelationen zwischen dem Insertionstorque und der RFA- sowie der Periotest-Messung. Zwischen dem Ausdrehmoment und den RFA-/Periotest-Messungen wie auch zwischen der Periotest- und der RFA-Messung selber konnte keine signifikante Korrelation ermittelt werden. Insertionstorque und RFA zeigten eine statistisch signifikante und direkte Beziehung von 55,4 %. Ein statistisch signifikanter und direkter Zusammenhang von 87,6 % wurde zwi-

schen dem Insertionstorque und dem Ausdrehmoment festgestellt.

Schlussfolgerung: Diese Meta-Analyse von 47 Studien zeigte eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Insertionstorque und der RFA.

Chen MH, Lyons KM, Tawse-Smith A, Ma S.

Clinical Significance of the Use of Resonance Frequency Analysis in Assessing Implant Stability: A Systematic Review.

Int J Prosthodont. 2019 Jan/Feb;32(1):51-58.

(»Die klinische Bedeutung des Einsatzes der Resonanzfrequenzanalyse bei der Überprüfung der Implantatstabilität: Ein systematischer Review.«)

Um Korrelationen zwischen der RFA und anderen klinischen Messungen und Veränderungen des marginalen Knochenlevels zu untersuchen, erfolgte eine systematische Recherche in den elektronischen Datenbanken Pubmed, Embase und Cochrane. Die meisten der 62 in die Analyse einbezogenen Artikel berichteten über einen allgemeinen Anstieg der ISQs während des Beobachtungszeitraums; es wurden jedoch widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Beziehungen zwischen RFA-Messungen, dem marginalen Knochenverlust und anderen Parametern gefunden.

Schlussfolgerung: Eine endgültige Schlussfolgerung konnte nicht gezogen werden, da in den wenigen Artikeln, die über signifikante Assoziationen und Korrelationen zwischen RFA-Messungen und

marginalen Knochenverlust berichteten, uneinheitliche Ergebnisse aufgelistet wurden. Die Heterogenität zwischen den Studien erschwerte die Interpretation zusätzlich. RFA-Messungen können für die Bewertung der Implantatstabilität nach wie vor wertvoll sein, wenn sie als ergänzendes Instrument zur Röntgendiagnostik und anderen klinischen Untersuchungen eingesetzt werden.

Lages FS, Douglas-de Oliveira DW, Costa FO.

Relationship between implant stability measurements obtained by insertion torque and resonance frequency analysis: A systematic review.

Clin Implant Dent Relat Res. 2018 Feb;20(1):26-33.

(»Der Zusammenhang zwischen der Messung der Implantatstabilität mittels Insertionstorque oder Resonanzfrequenzanalyse: Ein systematischer Review.«)

Die Primärstabilität von Zahnimplantaten kann mithilfe des Insertionsdrehmoments (IT) und der RFA bewertet werden. Um Zusammenhänge zwischen dem IT und der RFA zu untersuchen, wurde eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Web of Science, Scopus, Cochrane Library, Ovid und Scielo durchgeführt und mit Handsuchen in relevanten Fachjournals ergänzt. Zwölf Studien wurden in die systematische Überprüfung einbezogen. Es gab keine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem mittels RFA ermittelten ISQ und dem IT.

Schlussfolgerung: IT und RFA sind von-

einander unabhängige und nicht vergleichbare Methoden zur Messung der Primärstabilität. Für die klinische Anwendung ist es wichtig, nur eine Messmethode zu verwenden.

Manzano-Moreno FJ, Herrera-Briónes FJ, Bassam T, Vallecillo-Capilla MF, Reyes-Botella C.

Factors Affecting Dental Implant Stability Measured Using the Ostell Mentor Device: A Systematic Review.

Implant Dent. 2015 Oct;24(5):565-77.

(»Einflussfaktoren auf die mittels des Ostell Mentor-Gerätes ermittelte Implantatstabilität: Ein systematischer Review.«)

Um Faktoren zu bestimmen, welche die mit dem Ostell Mentor-Gerät ermittelte Implantatstabilität beeinflussen können, wurde eine systematische Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed, Scopus und Cochrane durchgeführt. Aus 264 Artikeln wurden insgesamt 39 RCT und CCT für die Analyse ausgewählt. Die Auswertung der Studien ergab, dass viele Faktoren die mit dem Ostell-Mentor-Gerät gemessene Stabilität von Implantaten beeinflussen können.

Schlussfolgerung: Ostell Mentor kann ein nützliches Instrument sein, um den Zeitpunkt der Implantatbelastung zu bestimmen. Es sind jedoch weitere Forschungsarbeiten erforderlich, um die Zuverlässigkeit und Vorhersagbarkeit der nach wie vor umstrittenen RFA für die Implantat-Osseointegration zu ermitteln. ●

In der nächsten Ausgabe **pip** 6/2021: Faktoren der Implantatstabilität

Wollen Sie mehr zu einer bestimmten Arbeit wissen?

Nutzen Sie unseren Volltext-Service auf www.frag-pip.de, senden Sie ein Fax an **08025-5583** oder eine E-Mail an leser@pipverlag.de. Wir recherchieren die Gesamtkosten bei den einzelnen Verlagen bzw. Textservices, Sie erhalten eine Gesamtkostenübersicht und können über uns bestellen.

Für **pip**-Abonnenten sind Recherche, Handling und Versand der Texte kostenlos!