

Biomechanische Bewertung von Mini-Implantaten

Wegen ihrer ankyloseartigen Verankerung werden enossale Implantate, insbesondere Mini-Implantate, für die kieferorthopädische Behandlung als Verankerungselemente genutzt. Dr. Paulo G. Coelho (University of Alabama at Birmingham, USA) und Dr. Jose Nilo de Oliveira Freire (Universidade Federal de Santa Catarina, Brasilien) beschäftigten sich mit der Frage, wie die Belastung auf die die Mini-Implantate (Anchorsystem) umgebenden Knochen verteilt ist und wie hoch der Grad der kieferorthopädischen Verankerung ausfällt. Ihre Ergebnisse, die sie mittels der Finite-Element-Analyse gewinnen konnten, stellten die beiden Wissenschaftler u.a. auf dem diesjährigen EOS-Kongress in Aarhus vor.

Der Ersatz fehlender dentaler Organe ist schon seit dem Altertum ein Anliegen gewesen, da archaische Funde geschnitztes Holz, Tierknochen und andere Hartgewebe zu

im Laufe der Zeit einige Verbesserungen erreicht wurden, dauerte es bis in die späten 70er und frühen 80er Jahre des letzten Jahrhunderts, bis die zahnärztliche Implantologie ein etabliertes zahnärztliches Behandlungsverfahren bzw. Fachgebiet wurde, als eine schwedische Gruppe eine Reihe von Forschungsarbeiten veröffentlichte, die die Verträglichkeit von Titan und dessen Legierungen zeigten.²⁻⁴

Einführung und Hintergrund

Obwohl verschiedene Studien das Phänomen der sogenannten Osseointegration (enge Knochenanlagerung an die Implantatoberfläche) enthüllten, werden die Faktoren, die dieses Phänomen beeinflussen, gegenwärtig noch erforscht, und es gab in der veröffentlichten Literatur gravierende Meinungsverschiedenheiten zu vielen Aspekten. Ungeachtet der Streitigkeiten zwischen Grundlagenforschern und klinischen Wissenschaftlern, Akademikern und niedergelassenen Praktikern wurde die zahnärztliche Implantologie auch als

als 95 % nicht ungewöhnlich sind.² Das klassische Protokoll für enossale dentale Implantate setzt sich zusammen aus der chirurgischen Platzierung eines Implantats aus einer geeigneten, biokompatiblen Legierung (für gewöhnlich auf Titanbasis), einer mehr oder weniger willkürlich festgelegten Latenzzeit, um die Osseointegration zu ermöglichen (allgemein abhängig von Knochenqualität/-quantität) und der Herstellung der prothetischen Komponente zur Wiederherstellung der Funktion. Dieses klassische Protokoll hat sich seit seiner breit angelegten Einführung in den frühen 80er Jahren verändert und weiterentwickelt, und eine entscheidende Verkürzung der Latenzzeit (sofortige/frühzeitige Belastung) und deren Einfluss auf die Osseointegration und Behandlungserfolgsraten war eines der Merkmale, über das von Forschungsgruppen in der modernen zahnärztlichen Implantologie am meisten spekuliert wurde. Auch wenn es einige Beweise hinsichtlich des Behandlungserfolgs von sofort und frühzeitig belasteten Implantaten gibt, sind weitere In-vivo-, In-vitro- und kontrollierte klinische Untersuchungen wünschenswert, um die Kinetik der Wundheilung und die Knochenanlagerung um Implantate, die solchen Belastungsbedingungen ausgesetzt sind, besser zu verstehen. Auf Grund der Fähigkeit enossaler Implantate, Belastungen aufzunehmen und somit die Funktion wiederherzustellen, wurde ihre Anwendung auf andere zahnärztliche Fachgebiete wie etwa die maxillofaziale/kraniofaziale Rehabilitation und Kieferor-

thopädie ausgedehnt. Die ankyloseartige Verankerung (Abwesenheit des parodontalen Ligaments, Unbeweglichkeit) enossaler Implantate machten ihre Anwendung als Verankerungselement für die kieferorthopädische Behandlung wünschenswert, insbesondere mittels Mini-Implantaten, die reduzierte Abmessungen besitzen und praktisch überall in der Mundhöhle (sogar zwischen Zahnwurzeln) gesetzt werden können, da sie theoretisch Schwierigkeiten hinsichtlich der Verankerung bei der kieferorthopädischen Behandlung beseitigen und so die Behandlungzeit für Patienten und Kieferorthopäden verkürzen.⁵ Damit sowohl Patienten als auch Kieferorthopäden maximal profitieren (Verkürzung der Behandlungszeit), ist für kieferorthopädische Mini-Implantate eine frühzeitige/sofortige Belastung wünschenswert.⁵⁻⁶ In dieser Hinsicht wurden mehrere Versuche unternommen, das Implantatdesign zu verbessern, um die Belastungsverteilung zu ändern und so günstigere Bedingungen für die Sofortbelastung zahnärztlicher Implantate zu schaffen.⁷ Die Beurteilung von Belastungsverteilungen in Knochen um Implantate herum wurde klassischerweise anhand der Finite Element Analysis (FEA, Analyse endlicher oder definierter Elemente) durchgeführt, und es sind mehrere Modelle mit unterschiedlichen Feinheitsstufen verfügbar. Es ist wichtig, anzumerken, dass jede Finite Element Analysis in der zahnärztlichen Implantologie nur qualitativer Natur ist, da Eingabedaten (mechanische Eigenschaften und Anisotropie des Gewebes) in der Literatur fehlen, und im Allgemeinen werden einige vereinfachende Annahmen gemacht. Ungeachtet der qualitativen Beschaffenheit der Ausgabedaten der FEA-Software hat sich diese Art der Analyse als nützlich bei der Bestimmung von Belastungsmustern auf den Knochen um Implantate herum erwiesen, bevor und nachdem das Design modifiziert wurde, und sie ist zu einem brauchbaren

Hilfsmittel für Implantatologieforscher geworden. Die FEA ist auch ein noch scharfsinnigeres Hilfsmittel für die Analyse der kieferorthopädischen Verankerung, da die

Materialien und Methoden

Das kieferorthopädische Mini-Implantat wurde unter Verwendung seiner Original-

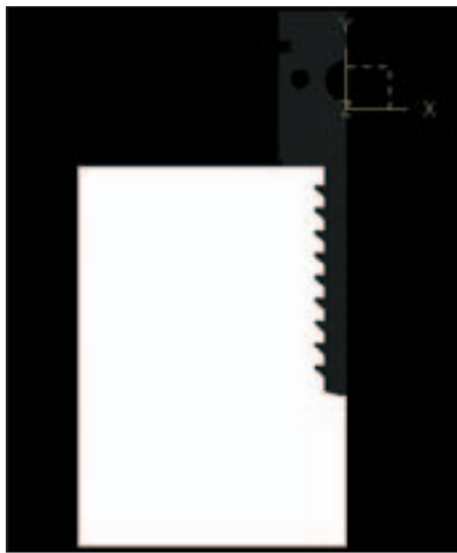


Abb. 1: CAD-Zeichnung des halben Implantats und des halben Knochenbereichs für das achsensymmetrische Modell.

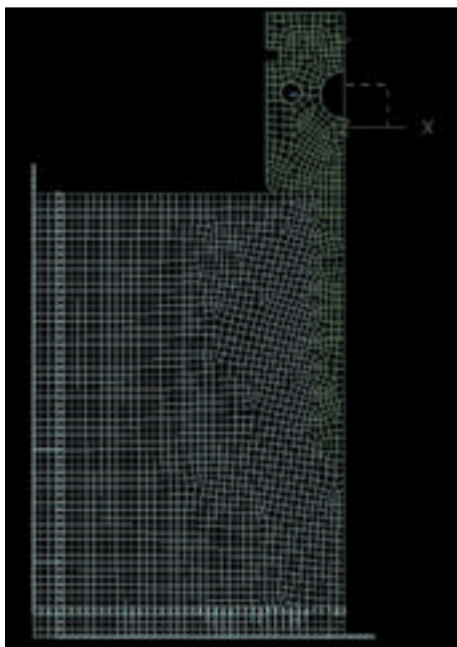


Abb. 2: Zerlegen des Volumens (Gitternetzbildung) für das achsensymmetrische Modell.

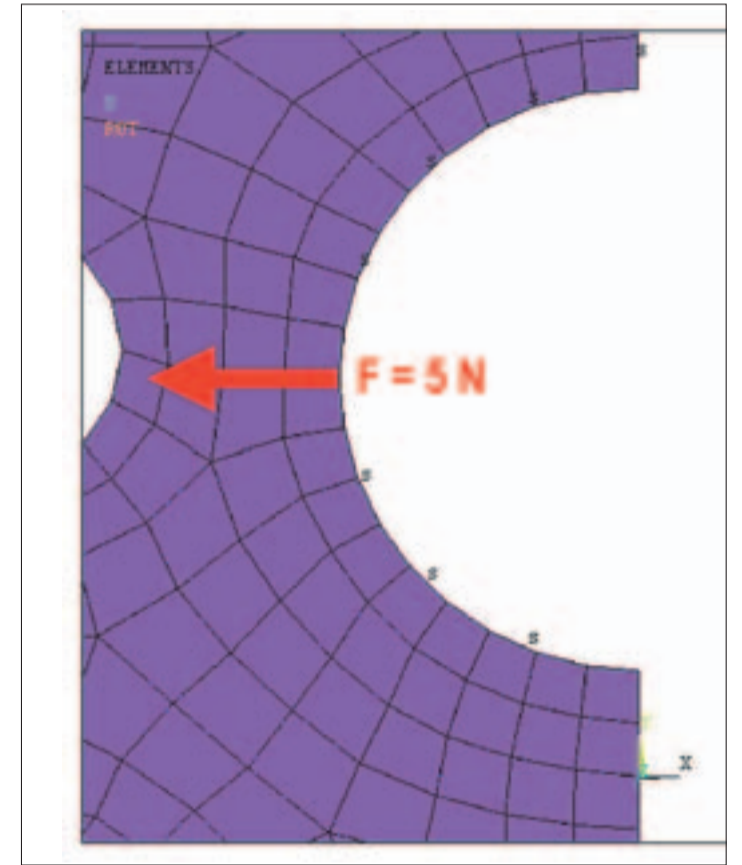


Abb. 3: Applikation der Belastung auf das Verbindungsstück des Mini-Implantats.

Belastungen, denen diese Implantate ausgesetzt sind, statischer Art sind (was im mathematischen Modell einfacher darzustellen ist als dynamische Belastungen, um die es bei Implantaten zum Ersatz von Zähnen geht).⁸ Der Zweck dieser Studie war die biomechanische Bewertung eines kieferorthopädischen Mini-Implantats (ANCHORSYSTEM) mittels der Finite-Elemente-Methode.

Abmessungen in einer computergestützten Zeichensoftware (CAD) gezeichnet und in einen Knochenbereich gesetzt, der ausreichend groß dimensioniert war, um die Lastverteilung ohne Beeinträchtigung des Modells zu ermöglichen. Auf Grund der Längsachsensymmetrie des zylindrischen Implantats und der Knochenregion wurde nur eine Hälfte des Volumens in eine FEA-Software (I-

Tage förderten, als Versuche früherer Zivilisationen, die Kiefer-Gesichtsfunktion wiederherzustellen.¹ Obwohl

erfolgreichstes zahnärztliches Fachgebiet und Implantologiegebiet angesehen, bei dem Erfolgsraten von mehr

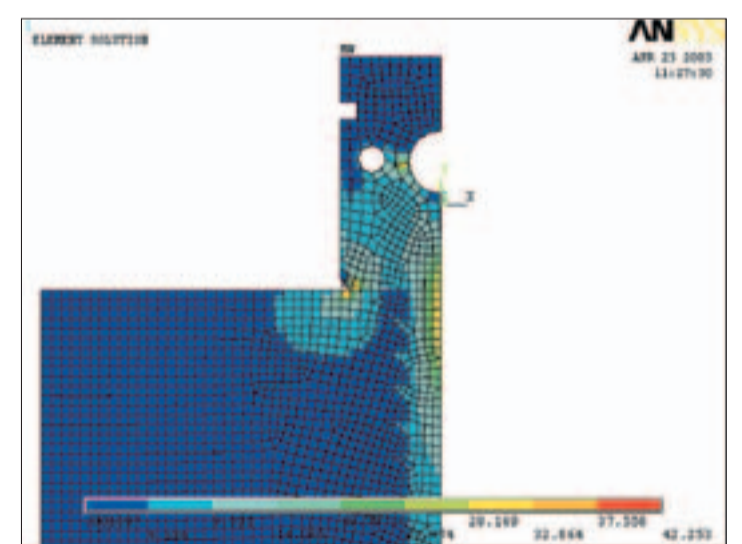


Abb. 4: Nodale Lösung für die horizontale Belastung mit 5 N (Von Mises-Kriterium).

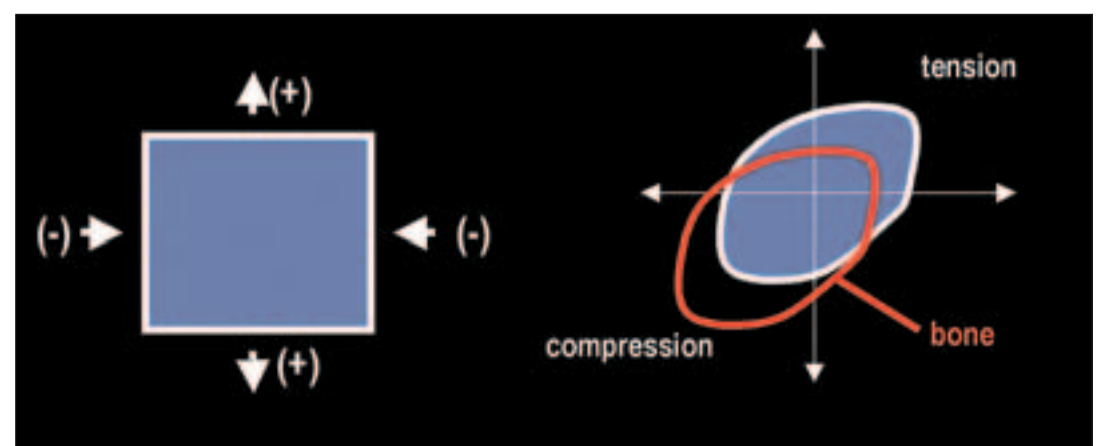


Abb. 5: Das Kriterium für Knochenversagen verschiebt sich wahrscheinlich zur Kompressionsseite, auf Grund der Fähigkeit des Knochens, komprimierende Belastungszustände besser zu ertragen als Zugspannungen.

IMPRESSUM

KIEFERORTHOPÄDIE NACHRICHTEN

Verlag
Oemus Media AG
Holbeinstraße 29
04229 Leipzig
Tel.: 03 41/4 84 74-0
Fax: 03 41/4 84 74-2 90
E-Mail: kontakt@oemus-media.de

Chefredaktion
Priv.-Doz. Dr. Dr. Reiner Oemus (ro) Tel.: 09 11/96 07 20
(v.i.S.d.P.) E-Mail: r.oemus@oemus.de

Redaktionsleitung
Cornelia Sens (cs), M.A. Tel.: 03 41/4 84 74-1 22
E-Mail: c.sens@oemus-media.de

Redaktion
Katja Henning (kh) Tel.: 03 41/4 84 74-1 23
(Redaktionsassistentz) E-Mail: k.henning@oemus-media.de

Eva Christina Börner (eb), M.A. Tel.: 03 41/4 84 74-1 06
(Redaktionsassistentz) E-Mail: e.boerner@oemus-media.de

Projektleitung
Stefan Reichardt (verantwortlich) Tel.: 03 41/4 84 74-2 22
E-Mail: reichardt@oemus-media.de

Anzeigen
Lysann Pohlann (Anzeigendisposition/-verwaltung) Tel.: 03 41/4 84 74-2 08
Fax: 03 41/4 84 74-1 90
ISDN: 03 41/4 84 74-31/-1 40
(Mac Leonardo)
03 41/4 84 74-1 92 (Fritz-Card)
E-Mail: pohlann@oemus-media.de

Abonnement
Andreas Grasse (Aboverwaltung) Tel.: 03 41/4 84 74-2 00
E-Mail: grasse@oemus-media.de

Herstellung
Christine Noack (Grafik, Satz) Tel.: 03 41/4 84 74-1 19
E-Mail: ch.noack@oemus-media.de

Die *KN Kieferorthopädie Nachrichten* erscheinen im Jahr 2004 monatlich. Die Beiträge in der „*KN Kieferorthopädie Nachrichten*“ sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck, auch auszugsweise, nur nach schriftlicher Genehmigung der Redaktion. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit von Verbands-, Unternehmens-, Markt- und Produktinformationen kann keine Gewähr oder Haftung übernommen werden. Es gelten die AGB und die Autorenrichtlinien. Bezugspreis: Einzel exemplar: 8 € ab Verlag zzgl. gesetzl. MwSt. und Versandkosten. Jahresabonnement im Inland 75,- € ab Verlag inkl. gesetzl. MwSt. und Versandkosten. Abo-Hotline: 03 41/4 84 74-0. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung (gleich welcher Art) sowie das Recht der Übersetzung in Fremdsprachen – für alle veröffentlichten Beiträge – vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlages. Bei allen redaktionellen Einsendungen wird das Einverständnis auf volle und auszugsweise Veröffentlichung vorausgesetzt, sofern kein anders lautender Vermerk vorliegt. Für unverlangt eingesandte Manuskripte, Bücher und Bildmaterial übernimmt die Redaktion keine Haftung.

„Es sind noch mehr Forschungsarbeiten für ein besseres Verständnis der Knochenkinetik nötig“

Dr. Paulo G. Coelho von der Hochschule für Technik der University of Alabama in Birmingham sprach mit den *KN Kieferorthopädie Nachrichten* über die biomechanische Beurteilung von Mini-Implantaten zur kieferorthopädischen Verankerung anhand der Finite-Element-Analyse.

KN Welchen Wert hat die Verankerung mit Mini-Implantaten, und gibt es Unterschiede? Es gibt offensichtlich Unterschiede, da Mini-Implantate die Mechanik der Behandlung ändern, an die Kieferorthopäden gewöhnt sind. Das Verfahren wird ihrer Lernkurve sicherlich eine neue Variable hinzufügen, da die kieferorthopädischen Implantate praktisch überall im Mund gesetzt werden können. Deshalb werden diese Geräte von Innovationen begleitet werden, sobald sie in größerem Umfang im Handel erhältlich sind.

KN Welche Form der Mini-Implantate hat Ihrer Meinung nach die beste mechanische Verankerungsfunktion? Das ist eine sehr schwer zu beantwortende Frage, da es schwierig ist, mit all den neuen Systemen Schritt zu halten, die auf dem Markt erhältlich sind. Und da die meisten, wenn nicht alle Systeme, weder über mathematische Modelle noch über Tierversuche oder kontrollierte klinische Versuche verfügen, um eine mögliche

Überlegenheit bestätigen zu können. Ihre grundlegenden Merkmale hinsichtlich des Designs sind bemerkenswert ähnlich, und ich glaube, dass die meisten dieser Systeme bei ihren anfänglichen klinischen Versuchen erfolgreich waren. Vielleicht werden uns künftige Untersuchungen ein besseres Verständnis für die Überlegenheit eines bestimmten Designs im Vergleich zu anderen geben.

KN Halten Sie die Sofortbelastung der Knochenschrauben für praktikabel? Absolut. Leider sind noch mehr Forschungsarbeiten für ein umfassenderes Verständnis der Knochenkinetik rund um sofort belastete Implantate im Vergleich zu klassischen Protokollen nötig, bei denen es eine Latenzzeit gibt, die eine Osseointegration ermöglicht.

KN Welche speziellen Merkmale konnten Sie durch Anwendung der so genannten Finite-Elemente-Methode herausfinden? Sie gibt uns eine anfängliche

Vorstellung davon, was während statischer kieferorthopädischer Belastungen im Knochen um das Implantat herum geschieht. Natürlich sind diese Analysen nicht quantitativer Natur, sondern nur qualitativ, aber sie geben uns eine ganz gute Vorstellung der Lastverteilungsmuster auf den Knochen um das Mini-Implantat herum und liefern einige Einblicke, wie der Knochen auf diese Belastungen reagieren kann.

KN Ist die Methode bereits einsetzbar, um damit eine bessere Analyse bei der Diagnose eines einzelnen Patienten durchführen zu können? Einige Gruppen haben sie im Forschungsmaßstab durchgeführt. Soweit ich weiß, eine in den Vereinigten Staaten und zwei in Europa. Dieses Verfahren für einen einzelnen Patienten ist zeitaufwändig und kann die Behandlungskosten in der kieferorthopädischen Praxis erhöhen. Es ist möglich, wenn man die Ausrüstung zum Importieren des Patienten-CTs in die Finite-Element-Analyse-Software hat und die Mini-Im-

plantate in verschiedenen Positionen anwenden kann, um den besten biomechanischen Ansatz für den jeweiligen Fall zu finden. Es bleibt zu hoffen, dass die Technologie dem niedergelassenen Praktiker in der Zukunft individuelle Analysen von Patienten ermöglicht.

KN Welche weiteren Trends können aus Ihren Ergebnissen abgeleitet werden? Ein interessantes Merkmal der Finite-Element-Analyse für kieferorthopädische Implantate ist, dass die Ergebnisse, obwohl sie qualitativer Art sind, zuverlässiger sind als die für Implantate, die unter dynamischen mastikatorischen Belastungen analysiert werden, da kieferorthopädische Kräfte statischer Natur sind. Es wurde auch, innerhalb der Einschränkungen des von mir verwendeten Modells, gezeigt, dass kieferorthopädische Implantate in der Lage sind, die von der Belastung induzierten Stresskräfte aufzunehmen, und die Sofortbelastung scheint eine praktikable Alternative zu sein. Der nächste Schritt be-

KN Kurzvita



Dr. Paulo G. Coelho

– Ph.D. – Doktor der Philosophie in Materialwissenschaft und Technik, University of Alabama in Birmingham, Hochschule für Technik. Tätig im Labor für Mikrogravitationsverfestigung

– M.S.Mt.E – Master of Science in Materials Engineering, University of Alabama in Birmingham, Hochschule für Technik.
– M.S. – Master of Science in Biomaterialien, University of Alabama in Birmingham, Hochschule für Zahnmedizin.
– B.S. – Bachelor of Science in Materials Engineering, University of Alabama in Birmingham, Hochschule für Technik.
– D.D.S. – Pontificia Catolica Universidade do Parana, Brazil.

Dr. Jose Nilo de Oliveira Freire

– D.Sc. – Implantologie, Universidade Federal de Santa Catarina
– D.D.S. – University of Sao Paulo

steht darin, sich die Histologie aus Tierversuchen und Humanpräparaten anzusehen, um die von mathematischen Modellen gemachten Hypothesen und Behauptungen zu validieren. Ich verfolge gegenwärtig zwei groß angelegte Tierstudien, eine in den USA und die andere in Brasilien, die hoffentlich

wertvolle Informationen hinsichtlich der Knochenreaktion auf verschiedene Belastungen und Implantatformen liefern werden. Diese Studien sollten noch vor Ende des Jahres veröffentlicht werden.

KN Haben Sie vielen Dank für das interessante Gespräch. KN

ANZEIGE

Komfort ist besser

Perfekte Anpassung
Höherer Tragekomfort als bei herkömmlichen GNE-Schrauben durch anatomische Anpassung an das menschliche Palatinum

Gezielte Kraft
Die ergonomische Konstruktion wirkt exakt auf das Widerstandszentrum der Zähne

Optimaler Schutz
Schnellere und komfortablere Gaumennahterweiterung durch den Einsatz von modernen superelastischen Materialien

Intelligente Kraft
Memoryschrauben haben eine integrierte Feder, die für eine konstante Dehnungsreserve und gleichmäßige Krafteinwirkung sorgt

Memory-Anatomic-Expander

Palatinalsplitschrauben






Standard Palatinalsplitschraube

Memory-Anatomic



Neu!



Bernhard Förster GmbH · Westliche Karl-Friedrich-Straße 151 · 75172 Pforzheim · Germany
Phone + 49 7231 459-0 · Fax + 49 7231 459-102 · info@forestadent.com · www.forestadent.com