

KRAFTÜBERTRAGUNG AUF PERIIMPLANTÄRE KNOCHENGEWEBE

Welches biomechanische Verhalten haben Knochen-Implantat-Komplexe?

PD Dr. Karl M. Lehmann, M.Sc., PD Dr. Dr. Peer W. Kämmerer, M.A.

EINLEITUNG

Bei Untersuchungen ergeben sich nunmehr seit Jahrzehnten hohe Überlebensraten implantatgetragener dentaler Restaurationen. Dies basiert initial im Wesentlichen auf der Osseointegration der zu meist verwendeten Titanimplantate. Dieser Verbund zwischen Implantatoberfläche und Knochengewebe ist somit sicherlich der Schlüsselfaktor im Hinblick auf den Langzeiterfolg und ermöglicht dauerhaft die nachfolgende Belastung durch entsprechende prothetische Versorgungen. Neben einer hohen Biokompatibilität, die die Osseointegration fördert, stellt sich jedoch weiterhin die Frage nach den biomechanischen Abläufen bei der entsprechenden Kräfteinleitung. In diesem Zusammenhang ist im Zuge der Herstellung von Komponenten zur Implantatversorgung die Erzielung eines entsprechenden biomechanischen Verhaltens durch ge-

eignete Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren von Bedeutung, um eine Stressreduktion im Bereich des periimplantären Knochengewebes zu erzielen. Trotz hervorragender Überlebensraten implantatprothetischer Versorgungen ergibt sich jedoch auch die Fragestellung nach den Gründen für stattfindende Implantatverluste. Dabei kommen neben biologischen Einflüssen auch mechanische Faktoren infrage, die eine Osseointegration nachteilig beeinflussen oder sogar verhindern können. So kann eine eingeschränkte Mundhygiene Infektionen der periimplantären Weich- und Knochengewebe herbeiführen.

Aber auch mechanische Faktoren, insbesondere eine entsprechende Überbelastung der Versorgungsbestandteile, können zu einer Fraktur oder zum Verlust implantatprothetischer Komponenten führen – oder eben auch zu einem schädigen-

den Einfluss auf das periimplantäre Knochengewebe. Besonders relevant ist hierbei, dass im Gegensatz zum Knochen-Parodont-Zahn-Komplex der Knochen-Implantat-Komplex ein anderes biomechanisches Verhalten aufweist, und der gesamte Ablauf der von der prothetischen Versorgung eingeleiteten Kraft und deren Weiterleitung bis zum alveolären Knochen recht komplex ist. Diese Thematik ist bis dato noch nicht ausreichend wissenschaftlich behandelt worden – wobei sie jedoch gerade im Hinblick auf Implantatverluste, die potenziell durch mechanische Risikofaktoren verursacht werden, in besonderem Maße relevant erscheint.

AKTUELLE STUDIEN

Brune A, Stiesch M, Eisenburger M, Greuling A
Der Effekt unterschiedlicher okklusaler Kontaktsituationen auf die periimplantäre Knochenbelastung – Eine Kontakt-Finite-Elemente-Analyse bei indirekter axialer Belastung

The effect of different occlusal contact situations on peri-implant bone stress – A contact finite element analysis of indirect axial loading
 Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2019; 99: 367–373. doi: 10.1016/j.msec.2019.01.104. Epub 2019 Jan 30.

Studientyp:

Finite-Elemente-Analyse

Materialien und Methoden:

Es wurde bei einer implantatgetragenen Einzelzahnversorgung eine axiale Belastung auf die Okklusalfäche durch eine antagonistische Krone unter Verwendung einer Finite-Elemente-Analyse simuliert. Dabei wurden sowohl eine Dreipunkt- als auch eine Fünfpunktbelastung, unterschiedliche Friktionskoeffizienten zum Antagonisten und verschiedene Höckerneigungen berücksichtigt. Auf diese Art und Weise wurden die Belastungen im kortikalen und spongiösen periimplantären Knochengewebe analysiert.

Wesentliche Ergebnisse:

Die höchste Belastung wurde im Übergang zwischen kortikalem Knochen und spongiösem Knochengewebe ermittelt. Bei maximaler Interkuspitation waren die Belastungen im Bereich des Implantat-

Knochen-Interfaces bei einem vorhandenen Dreipunktkontakt am höchsten.

Schlussfolgerung:

Die höchsten Belastungen treten bei axialer Belastung im kortikalen Knochenbereich auf, wobei im Wesentlichen Wert auf einen gleichmäßig verteilten okklusalen Fünfpunktkontakt gelegt werden sollte.

Bewertung:

Im Hinblick auf die Relevanz dieser Thematik beleuchtet diese Untersuchung strukturiert unterschiedliche Belastungssituationen bei der implantatprothetischen Einzelzahnversorgung. Dahin gehend wurden praxisrelevante Situationen simuliert, wodurch sich eine hohe Aussagekraft für die klinische Anwendung ergibt. Dabei werden jedoch dringend weiterführende Untersuchungen, insbesondere unter Berücksichtigung weiterer Belastungsmodi in Form von umfangreicheren festsitzenden und auch herausnehmbaren implantatprothetischen Versorgung, benötigt.

Cozzolino F, Apicella D, Wang G, Apicella A, Sorrentino R

Kraftübertragung von Implantat zu Knochen: eine Pilotstudie für eine In-vivo-Dehnungsmessstreifentechnik

Implant-to-bone force transmission: a pilot study for in vivo strain gauge measurement technique
 J Mech Behav Biomed Mater. 2019; 90: 173–181. doi: 10.1016/j.jmbbm.2018.10.014. Epub 2018 Oct 15.

Studientyp:

Klinische Studie

Materialien und Methoden:

Es wurde bei einem Patienten in vivo in Echtzeit an einem osseointegrierten Implantat eine Apparatur mit 3 Dehnungsmessstreifen angebracht, um die Kraftübertragung von Implantat zu Knochen im Zuge von vertikalen und horizontalen okklusalen Belastungen zu untersuchen.

Ergebnisse und Schlussfolgerung:

Die Deformation, die sich durch die Übertragung vom Implantat auf das periimplantäre Knochengewebe ergab, nahm vom koronalen zum apikalen Drit-

tel ab. Horizontalbelastungen ergaben höhere Deformationen im Vergleich zu vertikalen Belastungen. Ab einer Entfernung von 9 mm vom Implantatthals war der Effekt auf den periimplantären Knochen durch die okklusal applizierte Kraft im Vergleich zur Apex-Region zu vernachlässigen.

Bewertung:

Diese Studie zeichnet sich durch einen aufwendigen In-vivo-Versuchsaufbau aus und zeigt eindrucksvoll die Lastverteilung im Bereich des Implantat-Knochens in Abhängigkeit von statischer und dynamischer Belastung. Nachteilig ist die Tatsache, dass lediglich ein Proband in die Untersuchung eingebunden war. Dennoch bestätigt sich die Annahme, dass im kortikalen Knochenbereich die höchsten Belastungen auftreten.

Robinson D, Aguilar L, Gatti A, Abduo J, Lee PVS, Ackland D

Lastverhalten von natürlichen Zähnen und dentalen Implantaten: Eine vergleichende biomechanische Studie

Load response of the natural tooth and dental implant: A comparative biomechanics study
 J Adv Prosthodont. 2019 Jun; 11: 169–178. doi: 10.4047/jap.2019.11.3.169. Epub 2019 Jun 26.

Studientyp:

Finite-Elemente-Analyse

Materialien und Methoden: Es wurde eine Finite-Elemente-Analyse eines Prämolaren mit simuliertem Parodontalapparat und eines Implantats mit jeweils gleichen Okklusalignomentrien und okklusaler Belastung durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Diese Untersuchung zeigt, dass die Belastung eines dentalen Implantats zu einer höheren Belastung im umgebenden Knochen im Vergleich zu einem natürlichen Zahn führt. Weiterhin wurde bei zunehmender Entfernung vom Zentrum der Okklusalfäche auch eine erhöhte Belastung im Knochenbereich festgestellt.

Bewertung: Diese Untersuchung bildet entsprechend ihrem Charakter als Finite-

Elemente-Analyse nicht die klinische Realität ab, was sicherlich als Nachteil erachtet werden kann. Dennoch liefert sie interessante Erkenntnisse zur Belastung des periimplantären Knochens und insbesondere im Vergleich zur natürlichen Dentition mit entsprechender physiologischer Belastung.

Brizuela A, Herrero-Climent M, Rios-Carasco E, Rios-Santos JV, Pérez RA, Manero JM, Gil Mur J

Einfluss des Elastizitätsmoduls auf die Osseointegration dentaler Implantate

Influence of the Elastic Modulus on the Osseointegration of Dental Implants Materials (Basel). 2019; 25; 12. pii: E980. doi: 10.3390/ma12060980.

Studientyp:

Tierversuch

Materialien und Methoden:

Aus unterschiedlichen Titanlegierungen mit entsprechend verschiedenen Elastizitätsmodulen wurden formgleiche Implantate hergestellt und in den zahnlosen Schweinekiefer implantiert. Nach erfolgter Osseointegration wurden die Knochen-Implantat-Kontaktraten (BIC) ermittelt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung:

Es ergab sich bei abnehmendem Elastizitätsmodul eine höhere Knochen-Implantat-Kontaktrate; d.h. bei zunehmend elastischen Legierungen erhöhte sich die Qualität der Knochen-Implantat-Verbindung.

Bewertung:

Diese aufwendig durchgeführte Studie arbeitet hervorragend den mechanischen Einfluss des Materials dentaler Implantate heraus. Durch die Herstellung formgleicher Implantatkörper und die Untersuchung im Tiermodell können somit gezielt Erkenntnisse zu dem Einfluss des Implantatmaterials im Hinblick auf sein biome-

chanisches Verhalten gewonnen werden, wodurch ein Teilaspekt bei der Betrachtung der okklusalen Kraftableitung hochwertig beleuchtet wurde. Allerdings wurde die Kaubelastung der Implantate in dieser Arbeit vernachlässigt.

CONCLUSIO

Die hier vorgestellten Untersuchungen zeigen deutlich die Relevanz erforderlicher Kenntnisse der auf den Implantatkörper und das benachbarte Knochengewebe einwirkenden Kräfte bei implantatprothetischen Versorgungen. Jedoch ergibt sich bei der Betrachtung der zahlreichen Implantatuntersuchungen in der Literatur, dass Studien, die sich mit der hier behandelten Thematik beschäftigen, deutlich unterrepräsentiert sind. Aufgrund der mittlerweile sehr hohen Erfolgsraten implantatprothetischer Konzepte stellt sich sicherlich die Frage, inwieweit eine Ausweitung solcher Studien sinnvoll erscheint. Wobei zu vermuten ist, dass diesbezüglich insbesondere das Kollektiv der verloren gegangenen Implantate möglicherweise partiell auch von solchen Erkenntnissen profitiert hätte. Die hier vorgestellten Studien zeigen, dass diese Thematik sowohl im Zuge der implantatprothetisch hygienischen Nachsorge als auch im Sinne einer funktionsanalytischen Nachsorge durch Kontrolle der statischen und dynamischen Okklusionskontakte eine erhebliche Rolle spielt. So ergibt sich aus den hier vorgestellten Studien, dass grundsätzlich eine implantatprothetische Versorgung im Vergleich zum natürlichen Zahn das Knochengewebe stärker belastet. Dabei findet die höchste Belastung im periimplantären kortikalen Knochenbereich statt, wobei diese mit zunehmender Entfernung zum Implantat abnimmt. Dabei scheinen Implantate, die aus Legierungen mit niedrigerem Elastizitätsmodul hergestellt werden, die Osseointegration positiv zu beeinflussen.

Im Hinblick auf die prothetische Versorgung empfiehlt es sich daher, soweit eben umsetzbar, einen ausgeglichenen Fünfpunktkontakt bei der statischen okklusalen Belastung einzustellen; allerdings ist zu beachten, dass mit zunehmender Entfernung vom Zentrum der Okklusalfäche die Belastung im Knochenbereich steigt. Bezüglich der dynamischen Kontaktsituation ist zu sagen, dass grundsätzlich auf eine Vermeidung von Horizontalbelastungen, wie sie zum Beispiel bei dynamischen Störkontakten entstehen, geachtet werden soll. Dieser Aspekt ist jedoch auch deshalb von besonderer Bedeutung, da dies eben nur bedingt bei implantatgetragenen Einzelzahnversorgungen im Eckzahnbereich mit entsprechender dynamischer Führungsfunktion umsetzbar ist. ■



→ PD DR. KARL M. LEHMANN
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und
Werkstoffkunde der Universitätsmedizin Mainz
karl.lehmann@unimedizin-mainz.de



→ PD DR. DR. PEER W. KÄMMERER
Leitender Oberarzt und stellv. Klinikdirektor;
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie – Plastische Operationen –
der Universitätsmedizin Mainz
peer.kaemmerer@unimedizin-mainz.de