

Erfolgsaussichten exakt vorausberechnen

Finite Elementberechnungen im Kontaktbereich Knochen / Implantat

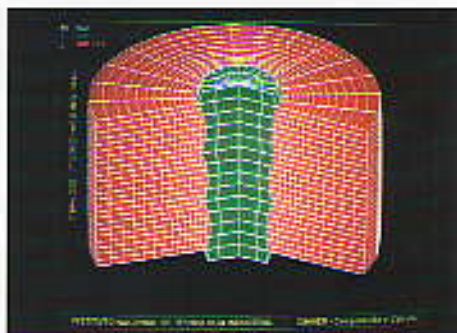
Mit Hilfe finiter Elementberechnungen lassen sich auch in der Implantologie exakte Voraussagen treffen, hier demonstriert am Beispiel der K.S.I.-Bauer-Schraube.

Durch finite Elementberechnungen läßt sich beispielsweise abschätzen, welche Wechselwirkungen zwischen Implantat und Knochen auftreten, welche mechanischen Verhältnisse in der direkten Umgebung des Implantats existieren und welche Einflüsse der Knochen auf das Implantat hat. Neben dem Tierversuch und spannungsoptischen Untersuchungen gestatten finite Elementberechnungen quantitative Aussagen hinsichtlich des mechanischen Kräfte- und damit Spannungsverhaltens im Bereich der Kontaktfläche Implantat/Knochen, bei der Kompressions-schraube auch im Falle der Platzierung.

Im vorliegenden Fall wurde ein bilineares elastoplastisches Modellverhalten zugrunde gelegt. Dies ist ein wesentlicher Vorteil zu spannungsoptischen Methoden. Im plastischen Bereich läßt dieses Modell zum Beispiel rechnerisch eine Änderung der Knochenvolumina zu.

Welche Belastungsverhältnisse liegen bei der Platzierung vor?

Zunächst hat sich gezeigt, daß sich alle wesentlichen Deformationen und Spannungsspitzen in den oberen drei Gewindengängen abspielen.



Um komplexe Beanspruchungsverhältnisse berechenbar zu machen, werden sowohl Implantat als auch umgebender Knochen in kleinste bestimmbar (finite) Elemente aufgeteilt. Dann erfolgt die Beanspruchungssimulation jedes einzelnen Elements in Wechselwirkung mit seinen Nachbarelementen. So etwas geht nur mit Computern hoher Rechenleistung.

Wie zu erwarten ist, verursacht das Einschrauben des Implantats ein radiales Druckspannungsfeld im umgebenden Knochen. Die Druckspannung nimmt ab, je mehr man sich vom Implantat entfernt. Die sich ergebende durchschnittliche Druckspannung von 104,0 MPa liegt knapp über der Elastizitätsgrenze des Knochens, das heißt, der umgebende Knochen wird minimal geschädigt, im wesentlichen hat man es mit einer elastischen Knochenverformung zu tun.

Die tangentialen Zugspannungen bewegen sich deutlich im elastischen Bereich, genau wie die Verformung in Richtung der Schraubenachse, sprich der vertikalen Rich-

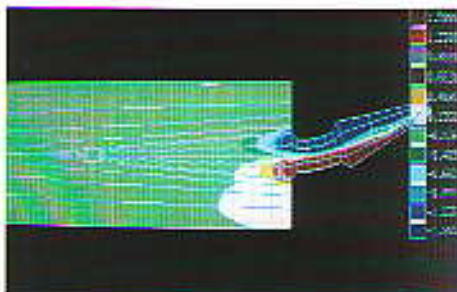
tung. Der Knochen wird komprimiert, plastische Verformung in geringem Ausmaß erkennt man im Bereich des ersten Gewindenganges.

Faßt man die genannten Ergebnisse zusammen, so läßt sich sagen:

1. Das Implantat wird an keiner Stelle überbelastet.
2. Die Verformung des umgebenden Knochens ist denkbar gering. Der plastische Verformungsbereich überschreitet die Reichweite von 0,1 mm nicht.

Welche Verhältnisse liegen vor, wenn das Implantat von außen belastet wird?

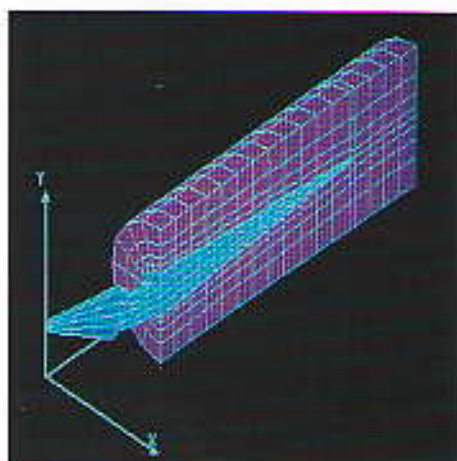
Die gleichen Überlegungen lassen sich für ein von außen belastetes Implantat anstellen. Was geschieht, wenn Druckbelastungen oder Biegebelastungen auftreten? Dies wurde für zwei Implantat-Typen durchgerechnet: zum einen für ein Implantat ohne Biegezone, zum anderen für ein Implantat mit Biegezone (14 Grad gebogen). Die rechnerische Betrachtungsweise läßt wegen des Belastungsfalls folgende Voraussetzung zu: ein elastisches Verhalten von Knochen und Implantat, da es sich



Belastung des platzierten Implantats mit 30 kg auf die Achse des Implantatkopfs; „roter“ Implantatbereich: Zugbelastung; „blauer“ Implantatbereich: Druckbelastung; „weißer“ Knochenbereich: leichte Zugbelastung; „grüner“ Knochenbereich: leicht Druckbelastung (vgl. Skala auf der rechten Bildseite).

um einen spannungsrelaxierten Knochen handelt (diese Voraussetzung gilt in praxi etwa fünf Tage nach der Implantation).

Für Implantate ohne Biegezone wurden seitliche Belastungen (90 Grad) von 8 kg und Druckbelastungen von 30 kg gerechnet. Diese werden gleichmäßig elastisch im Knochen abgebaut. Das wird durch die relativ große Auflagefläche der Kompressionsschraube bedingt.



Finite Elementdarstellung eines gebogenen Schraubenimplantats

Für Implantate mit Biegezone wurden folgende Belastungen simuliert:

- in die Schraubenrichtung des Implantats mit 30 kg
- seitlich mit 8 kg
- direkt auf die Achse des gebogenen Implantatkopfs mit 30 kg.

Der letztgenannte Fall kommt der Realität am nächsten. Dadurch, daß die einwirkende Kraft sich in eine reine Biegekomponente und eine reine Druckkomponente aufspaltet, erhält man ein asymmetrisches Bild der Spannungsverteilung. In keinem der gerechneten Fälle trat eine plastische Verformung des Knochens ein. Es gibt sicherlich noch eine Reihe von offenen Fragen, wie zum Beispiel plastische Grenzberechnungen. Untermuert wird durch die Ergebnisse dieser Untersuchung das Konzept der einstufigen, rasch belastbaren Schraubenimplantate. Insbesondere wird die sonst nicht zeigbare geringe Knochenschädigung während der Platzierung nachgewiesen.

K.S.I.-Schraubenimplantat GmbH
Eleonorenring 14 · 61231 Bad Nauheim

GARANTIEERKLÄRUNG

Der Hersteller der K.S.I.-Implantatschrauben garantiert

für alle gelieferten Schrauben

die Verwendung des Werkstoffes

Titan 6Al-4V ELI nach ASTM-F-136-84

für medizinische Zwecke

(gemäß Spezifikation unseres Lieferanten)

und die Durchführung einer Reinigung

und Oberflächenpassivierung nach

ASTM-F-86-68

jedoch ohne Sterilisation

Korrespondenzadresse:

K.S.I.-Bauer-Schraube

Eleonorenring 14
D-61231 Bad Nauheim
Tel. 0 60 32 / 3 19 12
Fax 0 60 32 / 45 07