

Abstract

According to recent studies in the medical field that have investigated the biological mechanisms of bone healing, it is believed, that the mechanical properties of bone fixation plates (particularly the bending stiffness) should be adaptable to the individual needs of the host bone. Furthermore, the implant should reduce its stiffness in the course of the re-consolidation process in order to subsequently introduce load to the buttressed extremity. In consideration of the biological healing mechanisms of bone, an adaptable composite implant was designed for internal fracture treatment in orthopaedics and casualty surgery and tested *in-vitro*. The implant aims at the stabilisation of highly loaded extremities such as the lower limbs.

In order to generate a better understanding of the spectrum within which the bending stiffness and correlated stiffness decay can be adjusted, a finite element model was developed. By means of this design tool, plates with varying fibre volume fraction and laminate architecture can be assessed prior to the actual implant production. Affixing the implant to a bone-like structure its behaviour can be simulated in consideration of specific patient data such as body weight and age. Furthermore, other implant designs like the Limited Contact-Dynamic Compression Plate (LC-DCP) can be modelled and characterised.

In the course of the experimental studies as well as the subsequent simulation work it became evident, that the structural properties of composite implants can be adjusted within a wide window. Consequently these implants provide optimum prerequisites to serve the specific needs of the patient. Incorporating a biodegradable component into the body of the composite implant a gradual stiffness decay and thus a subsequent load transfer from implant to bone was achieved.

Kurzfassung

Nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens in der Medizin ist es im Sinne der biologischen Osteosynthese zur optimalen Förderung der Frakturheilung erforderlich, die mechanischen Eigenschaften des stabilisierenden Implantats (insbesondere die Biegesteifigkeit) an die der zu versorgenden Extremität anzupassen. Darüber hinaus sollte die Platte im Verlauf der Heilung seine Biegesteifigkeit reduzieren, um den frakturierten Knochen wieder sukzessive mit Last zu beaufschlagen. Unter Berücksichtigung der biologischen Heilungsmechanismen ist für den Bereich der Unfallchirurgie und Orthopädie ein adaptives Implantat zur operativen Versorgung frakturierter Gliedmaßen entwickelt und *in-vitro* geprüft worden. Es handelt sich hierbei um ein hochlasttragendes Osteosynthese-Implantat, wie es zur Versorgung von Ober- bzw. Unterschenkelfrakturen verwendet wird.

Zur besseren Beurteilung des Spektrums der einstellbaren Biegesteifigkeiten sowie den korrelierenden Steifigkeitsabnahmen, wurde ein Finite Elemente Modell entwickelt, mittels dessen die mechanischen Eigenschaften des zusammengebauten Implantats und seiner Einzelkomponenten für beliebige Faservolumengehalte und Laminatarchitekturen bestimmt werden können. Durch Simulationen bei denen das Implantat auf einen Röhrenknochen appliziert ist, kann das Verhalten der verschiedenen Implantatvarianten in Abhängigkeit des Körpergewichts des Patienten beurteilt werden. Darüber hinaus lassen sich auch andere Implantatgeometrien, wie zum Beispiel die Limited Contact-Dynamic Compression Plate (LC-DCP) modellieren und charakterisieren.

Bei den experimentellen Untersuchungen sowie den nachfolgenden Simulationen hat sich, gezeigt, daß die Struktureigenschaften faserverstärkter Verbundwerkstoff-Implantate in weiten Bereichen eingestellt werden können und somit optimal an die Bedürfnisse des Patienten anpaßbar sind. Mittels Integration einer biologisch degradierbaren Komponente in das Verbundwerkstoff-Implantat kann darüber hinaus auch eine sukzessive Übertragung der im Frakturbereich auftretenden Lasten auf den heilenden Knochen realisiert werden.