

Erik Schkommodau

**Modellbasierte Multiparameteroptimierung
für die Planung und Durchführung
gelenkerhaltender Umstellungsosteotomien**



Helmholtz-Institut
für Biomedizinische Technik
an der RWTH Aachen

Shaker Verlag
D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3847-6

ISSN 1430-7316

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Modellbasierte Multiparameteroptimierung für die Planung und Durchführung gelenkerhaltender Umstellungsosteotomien

Knochenverändernde Operationen stellen an den orthopädischen Chirurgen eine große Herausforderung dar, da sie mehrere Freiheitsgrade in den Strukturen sowie funktionelle Konsequenzen im Stütz- und Bewegungsapparat aufweisen. In der vorliegenden Arbeit wurden informationstechnische Methoden und Modelle zur Optimierung von Umstellungsosteotomien an den unteren Extremitäten entwickelt. Schwerpunkte bilden dabei die systematische Adaption von Optimierungsverfahren der Informationstechnik auf die morphologische Modellierung der knöchernen Struktur. Der vorgestellte computerunterstützte Lösungsansatz wurde in einem chirurgischen Planungs- und Navigationssystem verwirklicht und im Labor sowie am anatomischen Präparat überprüft.

Die Problematik der Planung und navigierten Durchführung der Osteotomie besteht in der Positionierung und räumlichen Ausrichtung von Schnittführungen und Knochenfragmenten unter teilweise gegenläufigen Optimierungsbedingungen und komplexen medizinischen Randbedingungen. Die dreidimensionale quantitative Bestimmung der individuellen knöchernen Morphologie für die Umstellungsplanung der unteren Extremität ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Planung und bisher nur mit Einsatz von Computertomographie oder anderen aufwendigen Verfahren möglich. Im Rahmen der Arbeit wurde ein geometrisches Modell entwickelt, welches zunächst weitgehend unabhängig von der Datenquelle generierbar ist. Die dann durchgeführte individuelle Modelladaption beruht auf der Verwendung intraoperativer Röntgenbilder und kinematischen Prinzipien. Mit der Einführung des geometrischen Modells wurde eine definierte Schnittstelle zwischen der mathematischen Parameteroptimierung und der konventionellen medizinischen Betrachtungsweise geschaffen. Nach Identifikation der individuellen Anatomie und Festlegung der Korrekturparameter liegt für die Schnittfestlegung und Ausrichtung der Knochenfragmente ein mehrdimensionales Optimierungsproblem mit einer Reihe von Nebenbedingungen zugrunde. Dieses wurde mit Hilfe unterschiedlicher Optimierungsverfahren untersucht. Die medizinischen Forderungen nach einer Wiederherstellung der physiologischen anatomischen Strukturen wurden als Optimierungsziele algorithmisch umgesetzt. Die Forderungen nach einer intraoperativen wenig traumatisierenden Umsetzung mit geringer Komplikationsrate und schneller Rehabilitation spiegeln sich in den Optimierungsnebenbedingungen wieder. Neben der mathematischen Beschreibung von Operationsvorschriften und anatomisch geometrischen Randbedingungen wurde die Einbindung des medizinischen Expertenwissens und dessen Umsetzung durch geeignete Interaktionsdialoge berücksichtigt. Die Evaluierung des entwickelten Systems erfolgte im Labor und am anatomischen Präparat. Dabei zeigte sich die Möglichkeit einer objektiven und reproduzierbaren Modellgenerierung der knöchernen Strukturen aus intraoperativen Röntgenbildern in Kombination mit der Methode der kinematischen Knieachsenbestimmung. Des Weiteren ist eine sichere Ableitung von konventionellen Beschreibungen aus dem geometrischen Modell möglich und das Optimierungsverfahren findet mit einer hohen Genauigkeit Lösungen für die Schnittführung und die Ausrichtung der Knochenfragmente mit einer für intraoperative Planungssysteme ausreichenden Geschwindigkeit.

Bei biomechanischen Defiziten der Gelenke kann gerade bei jüngeren Patienten die Korrekturosteotomie eine Alternative zur Totalendoprothetik darstellen. Mit Unterstützung der computerunterstützten Chirurgie ergeben sich neue Möglichkeiten für eine sichere räumliche Planung und Umsetzung.