

Simulation der passiven Kniegelenkmechanik in Experiment und Computer

Citation for published version (APA):

Blankevoort, L., & Huiskes, R. (1992). Simulation der passiven Kniegelenkmechanik in Experiment und Computer. In J. Hassenpflug (Ed.), *Die Blauth-Knieendoprothese* (pp. 46-47). Verlag Hans Huber.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1992

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

6. Simulation der passiven Kniegelenkmechanik in Experiment und Computer

L. Blankevoort, R. Huiskes

Gegenwärtig wird in der Orthopädischen Abteilung der Universität Nijmegen ein Kniegelenkprojekt durchgeführt, das die passiven Bewegungscharakteristiken des menschlichen Kniegelenkes beschreiben soll. Es beruht auf einer kombinierten Anwendung von Experimenten und Computersimulationen. Wesentlicher Aspekt ist, daß unser Vorgehen im Experiment und im Kniemodell individuelle menschliche Kniegelenkpräparate verwendet und nicht auf einer Mittelwertkalkulation der Parameter verschiedener Kniegelenkgruppen beruht. Dadurch können die Beziehungen zwischen den Gelenkstrukturen und ihrem mechanischen Verhalten an einzelnen Subjekten untersucht und miteinander verglichen werden.

In Experimenten wird eine Serie von Beugebewegungen in einem Bewegungs- und Belastungsapparat durchgeführt und gleichzeitig mit Röntgenstereophotogrammetrie (RSP) dokumentiert. Die RSP wird verwendet, um die dreidimensionale Position der Knochen in verschiedenen Beugepositionen des Gelenkes zu vermessen. Die Bewegung des Gelenkes wird entweder als Translation und Eulerrotation oder als finite helicale Achsenbewegung dargestellt. Im Anschluß an die kinematischen Untersuchungen werden die Gelenke präpariert und die Lokalisation der Bandansätze röntgenstereophotogrammetrisch vermessen. Die Geometrie der Gelenkoberflächen wird mit einer Nahaufnahme-Stereophotogrammetrie dokumentiert. Die Längenänderung einzelner Faserbündel der Ligamente während der Bewegungsabläufe wird durch Kombination der Ansatzgeometrie mit den experimentell ermittelten Bewegungsmustern ermittelt. Die helicalen Achsen werden für aufeinanderfolgende Bewegungsschritte in bezug auf die anatomischen Koordinaten der Bandansätze und der Gelenkfächengeometrie dargestellt.

Das mathematische Modell (Abb. 1), das in unserem Knieprojekt verwendet wird, beruht auf einer früher entwickelten Modellvorstellung. Für eine vor-

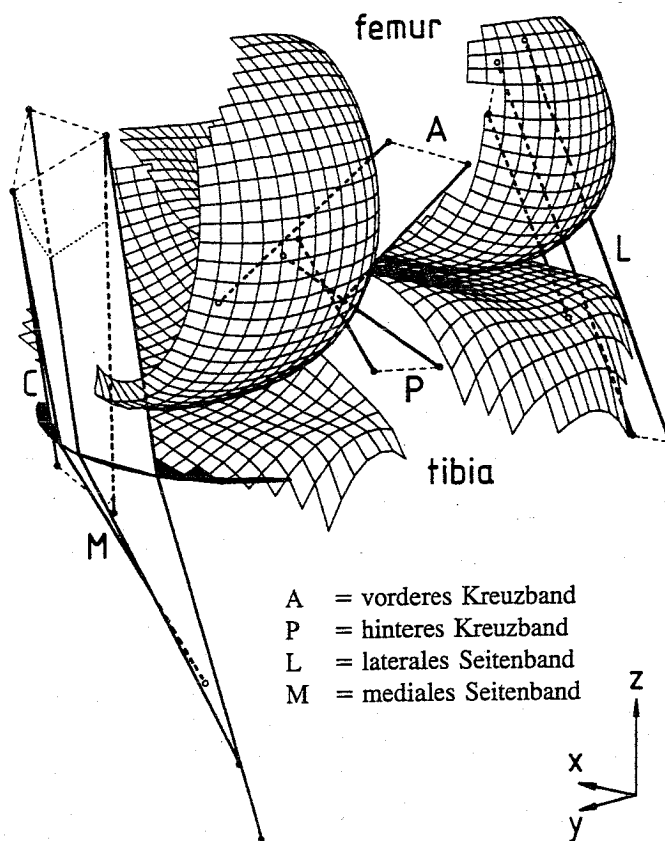


Abbildung 1: Grafische Darstellung des Kniegelenkmodells

gegebene Kombination externer Belastungen und kinematischer Führungen berechnet das Modell die Gleichgewichtsposition zweier starrer Körper, nämlich von Femur und Tibia, die durch Ligamente in Form nicht-linearer elastischer Federn verbunden sind und sich in Kontaktzonen auf den Gelenkoberflächen berühren. Jedes einzelne experimentell untersuchte, individuelle Kniegelenkpräparat wird aufgrund seiner geometrischen Beschreibung von Bandansätzen und Gelenkoberflächen in einem mathematischen Modell erfaßt. Die Gelenkoberflächen sind verformbar, um den Knorpelüberzug zu simulieren. Die mechanischen Eigenschaften der Bänder werden von den im Schrifttum bekannten Daten abgeleitet und mit speziellen Rechenschritten an die Modellkalkulationen und die experimentellen Ergebnisse adap-

Die Untersuchungen wurden teilweise von der Netherlands Organization for Research (NWO/Medigon) unterstützt.

tiert. Das Modell ermittelt dann die Kontaktflächen, ihre Drücke sowie die Kräfte und Spannungen in den Bändern.

Die wesentlichsten und interessantesten Ergebnisse dieses Projektes sind das Konzept des «envelope of passive knee joint motion», also des passiven Bewegungsrahmens des Kniegelenkes (Abb. 2), produzierbare und gleichförmige Drehachsen für bestimmte Gelenkbewegungen (Abb. 3), die Dokumentation der Längenänderung der Kniebänder, sowie die Verifikation und Validation des dreidimensionalen mathematischen Kniegelenkmodells (Abb. 1), eine Analyse der Zusammenhänge zwischen Bandfunktion und Geometrie der Gelenkoberflächen, und schließlich die Anwendung des Kniegelenkmodells, um verschiedene Verfahren zur vorde- ren Kreuzbandrekonstruktion zu überprüfen.

Zusammen mit kinematischen Untersuchungen hat das Modell sich als ein sehr wertvolles analytisches Werkzeug erwiesen. Die Weiterentwicklung sieht die Erweiterung und Anpassung des Modells für den klinischen Unterricht und Studentenunterricht vor. Weitere Untersuchungen zielen darauf ab, das Kniegelenk zur Analyse von diagnostischen und operativen Verfahren zu verwenden, die eine Bewegungsanalyse voraussetzen. Schließlich ist das Modell hilfreich, um Konstruktionscharakteristiken von Knieprothesen und von künstlichen Bändern zu entwickeln.

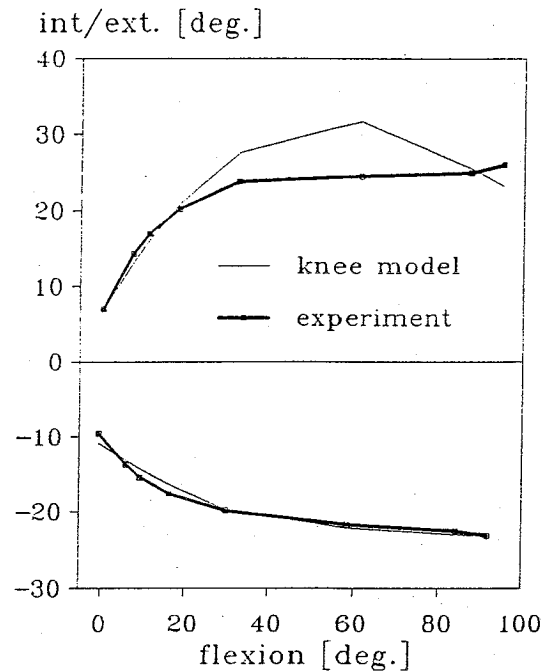
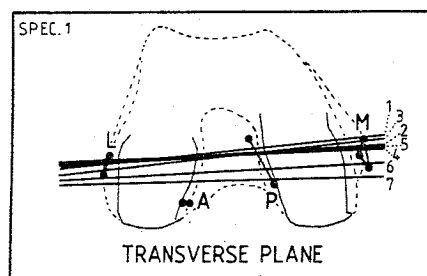
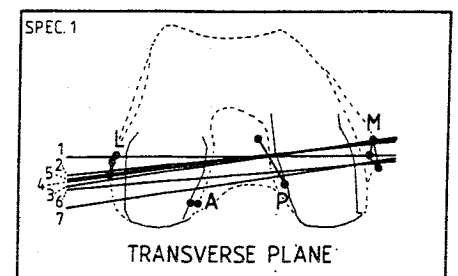


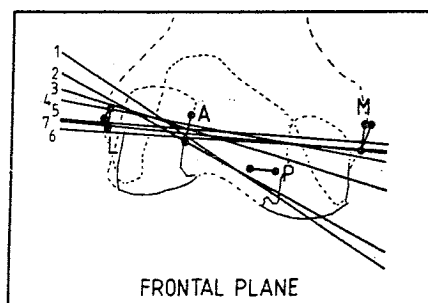
Abbildung 2: Axiale Rotation des Kniegelenkes als Funktion des Beugewinkels. Die Ergebnisse der Experimente und des Computer-Simulationsmodells eines Kniegelenkes zeigen die Kurven mit einem Innendrehmoment mit 3 Nm und einem Außendrehmoment von -3 Nm.



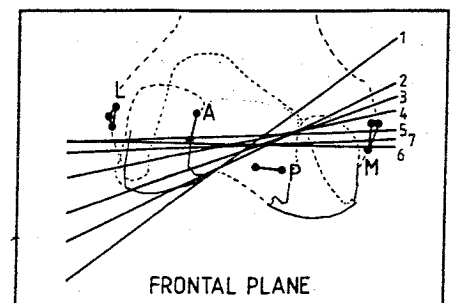
external motion pathway



internal motion pathway



10 mm



10 mm

Abbildung 3: Drehachsen für schrittweise Beugebewegungen mit einem Außendrehmoment (external motion pathway) und einem Innendrehmoment (internal motion pathway) von 3 Nm.