

Untersuchung des Kapsel-Bandapparates in endoprothetisch versorgten humanen Kniegelenken mit Hilfe eines Gelenksimulators

Eric Kleist¹, Paul Henke², Märuan Kebbach², Christoph Woernle¹, Rainer Bader²

¹ Universität Rostock
Lehrstuhl für Technische Mechanik/Dynamik
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059, Rostock, DE
[eric.kleist | woernle]@uni-rostock.de

² Universität Rostock
Forschungslabor für Biomechanik
und Implantattechnologie
Doberaner Straße 142
18057 Rostock, DE
[paul.henke | maeruan.kebbach
rainer.bader]@med.uni-rostock.de

Kurzfassung

Postoperative Komplikationen in der Knieendoprothetik stellen eine Herausforderung für die Behandlung sowie auch eine finanzielle Belastung für das Gesundheitssystem dar. Voraussetzungen für einen langanhaltenden Behandlungserfolg sind u.a. eine korrekte Implantatpositionierung und eine adäquate Weichteilbalancierung während des chirurgischen Eingriffs. Spaltasymmetrien zwischen Femur- und Tibiakomponente können zu Gelenkinstabilität, einem verringertem Bewegungsumfang und erhöhtem Verschleiß an der Knieendoprothese führen [1].

Es sollen die Einflüsse von Variationen bezüglich der untersuchten Endoprothesen (z.B. unterschiedliche Prothesendesigns, bewusste Fehlstellungen der Prothese) auf die Gelenkkinematik und -dynamik untersucht werden. Dazu wurde ein Prüfstand unter Berücksichtigung des Kapsel-Bandapparates aufgebaut. Als Aktuatorsystem wurde ein AMTI VIVOTM-Gelenksimulator (Abbildung 1) verwendet. Sechs Freiheitsgrade im Kniegelenk können durch diesen jeweils lage- oder kraft/momentengeregelt realisiert werden, so dass eine Ausführung von physiologischen Bewegungsabläufen möglich ist. Weiterhin können bis zu 100 Fasern des Kapsel-Band-Apparates virtuell implementiert werden, wodurch eine realitätsnahe Nachbildung der während einer Bewegung im Gelenk wirkenden Kräfte möglich ist.



Abbildung 1: VIVO-Gelenksimulator mit künstlichem Kniegelenk

Als Grundlage für diesen Versuchsaufbau und als Referenz zu dessen Validierung dient ein Mehrkörpermodell des Kniegelenks [2]. Hierbei wurde eine bicondyläre, kreuzband-erhaltende Knieendoprothese (Multigen Plus Knee System, Lima Corporate, Villanova di San Daniele del Friuli, Italy) in Kombination mit den anatomischen Daten eines Probanden (Geschlecht männlich, Alter 74 Jahre, Größe 176 cm, Gewicht 80 kg) implementiert. Die Kapsel-Band-Modellierung erfolgte nach Wismans [3], die Parameter für Bandansatzpunkte und -Steifigkeiten wurden aus [4] entnommen.

Um die bicondyläre Knieendoprothese im Gelenksimulator integrieren zu können, wurde die femorale Komponente mit Hilfe einer Einbetthilfe an einem Adapterstück befestigt, welches an den oberen Aktuator des Gelenksimulators angeschlossen wird. Die tibiale Komponente wurde mittels eines Koordinatenmessarmes relativ zum Aktuatorssystem eingemessen und am unteren Aktuator befestigt.

Anschließend wurde mit Hilfe des virtuellen Kapsel-Bandapparates der Einfluss der Weichteilbalancierung untersucht. Dabei wurde eine angepasste Form der „balanced resection“-Technik angewendet [5]. Hierfür wurden femorale und tibiale Komponente mit einer definierten Kraft auseinandergezogen, so dass ein Spalt zwischen beiden entstand. In Anlehnung an [1] konnten anschließend die Bandparameter dahingehend verändert werden, dass der Abstand zwischen medialer sowie lateraler Kondyle und dem Tibiaplateau übereinstimmt.

Nach erfolgter Weichteilbalancierung wurde als Lastfall in Anlehnung an [2] eine passive Flexionsbewegung untersucht. Hierbei wurde der Flexions/Extensionswinkel rheonom vorgegeben, und die übrigen Freiheitsgrade (Adduktion/Abduktion, Innen/Außenrotation sowie Relativtranslation zwischen Femur/Tibia) stellen sich kraftgeregelt in Abhängigkeit der Kontaktkräfte sowie der Kräfte durch den virtuellen Kapsel-Bandapparat ein. Die resultierende Kinematik sowie die Gelenkkräfte werden ausgewertet und mit den in vorherigen Untersuchungen erhaltenen Daten [2] verglichen.

Literatur

- [1] E. Anuan, T. Kibsgård, J. Clarke-Jenssen und S. M. Röhrli, „A new method to measure ligament balancing in total knee arthroplasty: laxity measurements in 100 knees,“ *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 132(8), pp. 1173-1181, 2012.
- [2] M. Keibach, R. Grawe, A. Geier, E. Winter, P. Bergschmidt, D. Kluess, D. D'Lima, C. Woernle und R. Bader, „Effect of surgical parameters on the biomechanical behaviour of bicondylar total knee endoprotheses - A robot-assisted test method based on a musculoskeletal model,“ *Scientific Reports* 9(1), pp. 1-11, 2019.
- [3] J. Wismans, F. Veldpaus, J. Janssen, A. Huson und P. Struben, „A three-dimensional mathematical model of the knee-joint,“ *J. Biomech.* 13, pp. 677-685, 1980.
- [4] L. Blankevoort, R. Huiskes und A. de Lange, „The envelope of passive knee joint motion,“ *J Biomech.* 21, pp. 705-720, 1990.
- [5] S. Babazadeh, J. D. Stoney, K. Lim und P. F.M. Choong, „The relevance of ligament balancing in total knee arthroplasty: how important is it? A systematic review of the literature,“ *Orthopedic Reviews* 1:e26, pp. 70-78, 2009.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
D U I S B U R G
E S S E N

Offen im Denken

ub

universitäts
bibliothek

In: Achte IFToMM D-A-CH Konferenz 2022

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/75423

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220222-150315-9



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 Lizenz (CC BY-NC-SA 4.0) genutzt werden.