

EMI unterstützt orthopädische Chirurgie mit virtuellen Studien zu Kreuzbandverletzungen

Das Fraunhofer EMI konnte mit virtuellen Menschmodellen und Berechnungen zur qualitativen Lastverteilung im Knie belegen, dass es bei der operativen Behandlung einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes nicht unbedingt ausreichend ist, nur das Kreuzband selbst und das anterolaterale Ligament (ALL) zu restaurieren. Die Erkenntnisse dieser Studie sind von führenden Medizinern und Kniespezialisten für weitere Forschungsarbeiten aufgegriffen worden.

Ruptur des vorderen Kreuzbandes als schwerer Sportunfall

Rupturen des vorderen Kreuzbandes gehören zu den besonders schweren Sportunfällen, die nicht selten das Ende einer wettkampforientierten Sportlerkarriere bedeuten oder zumindest mit der ab dato gegebenen verstärkten Gefahr einer erneuten Ruptur und einer langen Regenerationsphase einhergehen. Bei Rupturen des vorderen Kreuzbandes (VKB) wird häufig das in Mitleidenschaft gezogene und in der Regel irreversibel geschädigte Band mit einem körpereigenen Ersatzmaterial rekonstruiert. Dabei müssen unter gegebenen Umständen, das heißt beim Vorliegen bestimmter medizinischer Indikatoren, nicht nur das Kreuzband selbst, sondern auch weitere möglicherweise in Mitleidenschaft gezogene Ligamente des Knies behandelt werden. Solche extraartikulären Strukturen unterstützen das Kreuzband bei der Lastaufnahme, wenn das Knie beispielsweise einer Rotation des Unterschenkelknochens (Tibia) gegenüber dem Oberschenkelknochen (Femur) ausgesetzt ist. Eine besonders prominente, unterstützende Struktur ist das sogenannte anterolaterale Ligament (ALL), welches das Femur auf der Knieaußenseite mit der Tibia verbindet. Es wird sehr häufig zur zusätzlichen Stabilisation im Rahmen der VKB-Chirurgie rekonstruiert.

Kritische Betrachtung der Rolle des anterolateralen Ligaments

Die Arbeitsgruppe von Dr. Fabian Blanke der Orthopädie der Schön-Klinik München konnte in Zusammenarbeit mit der Hessing-Klinik Augsburg unter Leitung von Professor Stephan Vogt und dem Universitätsklinikum Rostock unter Leitung von Professor Thomas Tischer sowie der Arbeitsgruppe Human Body Dynamics am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Freiburg nun zeigen, dass das ALL in bestimmten Verletzungsmechanismen nicht unter vermehrte Last gesetzt wird und es das vordere Kreuzband nicht ausreichend stabilisiert beziehungsweise schützt. Nach Ansicht der Mediziner darf das ALL daher nicht als »Allzweckwaffe der VKB-Chirurgie« betrachtet werden, sondern muss differenzierter, also im Kontext der Anamnese und der Untersuchungsbefunde berücksichtigt werden.

Studie des Fraunhofer EMI zur qualitativen Lastverteilung mittels Berechnungsmodellen

Um zu dieser Erkenntnis zu gelangen, konnte die Arbeitsgruppe Human Body Dynamics am Fraunhofer EMI einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie unter Leitung von Dr. Matthias Boljen mithilfe von Berechnungsmodellen zeigen konnte, wie sich die Lastverteilung in den Ligamenten des Knies bei bestimmten Belastungen entwickelt. Hierzu wurde das menschliche Knie aus dem Gesamtkörper-Menschmodell des GHBM C M50-P (englisch: 50th percentile male pedestrian) isoliert und virtuellen Belastungen ausgesetzt, die zu einer starken Rotationsbelastung des Knies führen.

Bei den Untersuchungen stand die qualitative Lastverteilung im Fokus; die aufgebrachte Belastungsintensität wurde derart gewählt, dass davon ausgegangen werden kann, dass keine Beschädigungen beziehungsweise Verletzungen auftreten würden.

In der Studie wurden neben dem bereits erwähnten ALL noch drei weitere Ligamente untersucht. Es wurde herausgefunden, welche Ligamente unter welchen Bedingungen besonders starken Anteil bei der Unterstützung des VKB haben. Die vier Ligamente, die im Fokus der Untersuchung standen, mussten für die Studie zunächst in Absprache mit den Chirurgen geometrisch und konstitutiv dem Finite-Elemente(FE)-Modell hinzugefügt werden, weswegen die Ergebnisse nicht einfach mit dem kommerziell erhältlichen Menschmodell nachsimuliert werden können. Die Ergebnisse der numerischen Analysen haben gezeigt, dass je nach Drehsinn der Rotation nicht nur das ALL, sondern auch noch weitere Ligamente daran beteiligt sind, das VKB durch die Aufnahme eigener Lastanteile zu stabilisieren.

Zusätzliche wissenschaftlich fundierte Indikatoren gewonnen

Die Ergebnisse dienen nun dazu, Mediziner:innen für die eigenen Forschungsarbeiten zusätzliche wissenschaftlich fundierte Indikatoren zur Verfügung zu stellen, um zu belegen, dass neben dem ALL auch weitere Ligamente im Knie eine Berücksichtigung bei der operativen Behandlung erfahren müssen. Das Projekt hat gezeigt, wie spannend und gewinnbringend die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ingenieur:innen und Mediziner:innen ist und wie universell virtuelle Menschmodelle, die ihren Ursprung eigentlich in der Unfallforschung und Crashberechnung haben, in der Kurzzeitdynamik eingesetzt werden können.

Die Forschungsarbeiten wurden von einer Publikation in der Zeitschrift »The Knee« (Volume 29, March 2021, Pages 381-389) begleitet:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968016021000739>