

Mathematische Hilfe für die Medizin

Ein Forschungsprojekt an der Technischen Hochschule Nürnberg unterstützt die Medizin, indem es eine Simulation für Umbauprozesse am Knochen entwickelt. In der Zukunft könnte das dabei helfen, Komplikationen besser zu verstehen und die richtigen Therapiemethoden zu finden.

Wenn Knie-, Hüft- oder Schulterprothesen versagen, ist das für die Patient*innen ein schmerzhaftes Problem. In einer immer älter werdenden Bevölkerung kommt es häufig vor, dass Implantate sich über die Jahre lockern – schuld sind beispielsweise Knochenveränderungen durch Osteoporose. Ein Forschungsprojekt an der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm (Ohm) unterstützt die Medizin, indem es eine Simulation für solche Umbauprozesse am Knochen entwickelt. In der Zukunft könnte das dabei helfen, Komplikationen besser zu verstehen und die richtigen Therapiemethoden zu finden.

Das Modell und die Simulation für das Projekt OSTEO-MuMo („Ein erweitertes Multiskalen-Modell zur numerischen Analyse von Knochenumbauprozessen in Hinblick auf Versagen von Implantaten“) kommen von der Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik der Ohm. Man darf Knochen nicht als ein homogenes technisches Material begreifen: „Knochen ist lebendes Material und ein hochgradig heterogenes Gewebe“, erklärt Prof. Dr. Areti Papastavrou. Wenn man ein digitales Modell von ihm erstellen will, bringt das einige Herausforderungen mit sich. Expertise auf diesem Gebiet haben die Professorin und ihre Forschungsgruppe in mehreren vorausgehenden Projekten gesammelt.

Um simulieren zu können, wie degenerative Erkrankungen wie Osteoporose sich auf den Knochen auswirken, muss das Modell des von der Staedtler Stiftung Nürnberg geförderten Projekts viele Aspekte beachten. Knochen weisen im Ganzen (Makroebene), etwas tiefer in der Struktur (Mesoebene) und auf der Mikroebene unterschiedliche Strukturen auf, die sich je nach Funktion unterscheiden. Zum Beispiel sind im Inneren so genannte spongiöse Strukturen zu finden, die man sich wie eine dreidimensionale Fachwerkkonstruktion aus kleinen Bälkchen vorstellen kann, während die äußere Schicht des Knochens viel kompakter aufgebaut ist.

Das Multiskalen-Modell ermöglicht es, Veränderungen im Knochen auf Makro-, Meso- und Mikroebene gleichermaßen zu betrachten – das ist eine Neuerung. Dazu kommt, dass Knochen sich lebenslang verändern und der umgangssprachliche Knochenschwund durch unterschiedliche Faktoren begünstigt wird. „Wir modellieren und simulieren, wie verschiedene Stimuli, zum Beispiel Bewegung und mechanische Belastung, eine Minderversorgung mit Nährstoffen oder ein Hormonmangel sich auf die Knochendichte und -festigkeit auswirken“, erklärt Papastavrou.

Wenn sich durch degenerative Erkrankungen wie Osteoporose die Knochenstruktur ändert und ein Implantat, zum Beispiel an der Schulter, dann nicht mehr optimal mit dem Knochen zusammenpasst, führt das zu Komplikationen. Diese Umbauprozesse kann man zwar durch wiederholte Computertomografie-Aufnahmen beobachten. Doch das Verfahren ist strahlungsintensiv und beinhaltet damit bei zu häufiger Anwendung ein Gesundheitsrisiko für die Patient*innen.

Wenn Mediziner*innen also zukünftig mithilfe einer Simulation eine fortschreitende Osteoporose besser einordnen könnten, wäre das nützlich. Außerdem könnten in diesem Virtual-Reality-Rahmen

verschiedene Optimierungen der Implantate oder Behandlungen an den Problemstellen zwischen Knochen und Implantat analysiert werden.

Um das Multiskalen-Modell auf seine Validität zu prüfen, werden im Projekt OSTEO-MuMo weitere Fachgebiete eingebunden: Expert*innen aus der Orthopädie des Klinikums Nürnberg und vom Lehrstuhl für Technische Mechanik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg sowie weitere internationale Expert*innen aus Medizin, Biomechanik und Mathematik. Das Modell wird mit anderen Knochenmodellen und klinischen Befunden aus der Praxis verglichen. Geplant ist, die Forschung anhand von anonymisiertem Bildmaterial aus dem Klinikum Nürnberg fortzusetzen.