

WISSENSCHAFT

Neue Möglichkeiten der Biomechanik

Fast so gut wie die Natur

ANDREA LEIBER

Welche sind die neuesten Möglichkeiten der Behandlung bei Gelenkproblemen, bei Lücken im Gebiss oder bei krankhaft verengten Blutgefäßen? Die Biomechanik gibt überraschende Antworten. 2500 internationale Experten präsentierten kürzlich auf dem 5. Weltkongress in München aktuelle Forschungsergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten.

Aus der Verzahnung von Biologie, Medizin, Physik, Chemie, Mechanik, Informatik, Mathematik und der Industrie entstehen, so war in München zu erfahren, weit gefächerte, praxisnahe Ansätze. Die wichtigsten Anwendungsgebiete für den Menschen sind die Zahn-, Gefäß-, Herz- und Neurochirurgie, das Feld künstlicher Organe, die Sportmedizin, die Orthopädie und die Unfallforschung. „In den letzten Jahrzehnten erfuhr unsere Disziplin eine dramatische Weiterentwicklung“, berichtet Professor Dieter Liepsch von der FH München, der den Kongress federführend organisierte. „Sie beschäftigt sich heute mit komplexen Fragen zur Einwirkung von Kräften auf den menschlichen und tierischen Organismus bis hin zu Problemen der Zellforschung. Es wird immer wahrscheinlicher, dass die biomechanischen Verhältnisse im Nanobereich der Zellen ein Schlüssel für das Verständnis von Lebewesen und ihren Krankheiten sind.“ So fand man beispielsweise heraus, dass die Gewebesteifigkeit auf Molekülebene darüber entscheiden kann, ob sich eine Zelle gut oder bösartig weiterentwickelt.

Auch die Robotik und die Ergonomie stützen sich auf Erkenntnisse aus der Biomechanik. Selbst die Unterhaltungsindustrie profitiert: Der Trickfilm-Kassenschlager „Findet Nemo“ beeindruckte mit naturnahen dreidimensionalen Simulationen aus der Unterwasserwelt. Das Aussehen und Schwimmverhalten der dargestellten Fische entsprachen in vielen Zügen der Wirklichkeit. Die Produktionsfirma Pixar hatte das für ihre Computeranimateure nötige Know-How bei einem Spezialisten eingekauft.

Auch Malcolm Gordon interessiert sich dafür, wie Fische schwimmen. Er lehrt an der University of California, wo er am Beispiel des Kofferfisches ökologisch optimale Strömungswiderstände und Fortbewegungsmodelle untersucht. Die US-Navy beauftragte den Meeresbiologen, ihr bei der Konstruktion kleiner automatischer Unterwasser-Vehikel zur Seite zu stehen. Diese sind in Friedenszeiten für die Inspektion von Schiffsunterseiten nützlich. Aber auch die Entwickler und Designer der Autoindustrie verwenden regelmäßig biomechanische Parameter. „Bald nachdem wir unsere Studien zum spektakulär niedrigen Strömungswiderstand des Kofferfisches veröffentlicht hatten, brachte Mercedes das Konzeptauto Bionic-Car heraus, das sich auf den Kofferfisch stützt“, erzählt Malcolm Gordon amüsiert.

Würde die Atomreaktor-Katastrophe von Tschernobyl heute geschehen, müsste man zur Aufklärung, anders als noch vor zwanzig Jahren, keine Menschen mehr in das Katastrophengebiet schicken. „Winzige künstliche Flugkörper, ausgerüstet mit Sensoren und Minirechnern, könnten Daten über die ausgetretene Strahlung und die Bauschäden sammeln“, erklärt Graham Taylor, der in Oxford die Flugdynamik von Vögeln und Insekten erforscht. Ein auf dem Kongress in München präsentierter Film nähert sich in atemberaubenden Bildern empirisch der Frage, wie große Vögel im freien Flug manövrieren. Die Aufnahmen lieferte eine 15 Gramm leichte, an einem Adler befestigte Videokamera. Taylor und seine Kollegen beeindruckt darüber hinaus noch etwas anderes. Ein einziger Wert, die sogenannte Strouhal-Zahl, reicht aus, um die Fortbewegung von fliegenden und schwimmenden Tieren zu beschreiben. Die Zahl entsteht aus der Frequenz des Flügelschlages oder der Flossenbewegung, deren Amplitude und der Vorwärtsgeschwindigkeit. „Es ist höchst erstaunlich, dass derselbe Wert für Fische, schwimmende Säugetiere, Vögel und Insekten, also für so grundsätzlich verschiedene Tiere wie beispielsweise Motten und Wale, zugleich gilt.“

Die wachsenden Kosten im Gesundheitswesen sind eine globale Herausforderung. „Nur durch die Weiterentwicklung aller verfügbaren Techniken können wir sie in den Griff bekommen“, sagt Arturo Natali. Er untersucht die Kräfte, die für degenerative Prozesse im Kieferbereich verantwortlich sind. Hierfür entwickelt er numerische Methoden, mit denen das biomechanische Verhalten von Knochen und Knorpelgewebe analysiert werden kann. Solche Verfahren sparen als Mess- und Interpretationsmethode Untersuchungskosten, indem sie experimentelle Entscheidungsprozesse abkürzen. In der Biomechanik sind sie weit verbreitet. „Die Bereitstellung von Zahnersatz ist nicht zuletzt eine soziale Frage“, findet der Professor aus Padua. „Wir verbessern die mechanische Funktion von Implantaten unter Einbeziehung neuer Materialien deshalb immer auch mit dem Ziel, Kosten zu senken.“

Innovative Materialien werden zunehmend durch Tissue Engineering erzeugt. „Dieser Begriff steht für die externe Züchtung von künstlichen oder patienteneigenen Geweben im Labor. Das Tissue Engineering spielt heute in vielen Bereichen der Medizin eine zentrale Rolle“, meinen die Spezialisten Robert Nerem vom Georgia Institute of Technology, USA und Maasaki Sato von der Tohoku University in Japan. „Antrieb ist der Wunsch, erkrankte Teile des menschlichen Körpers auszutauschen, ohne dessen Immunsystem herauszufordern.“ Ein weiterer Vorteil ist, dass für Testzwecke hergestelltes Gewebe bestimmte Tierversuche überflüssig machen kann.

Die Biotechnologie ist eine potente Wachstumsbranche. Wirtschaftsprognostiker nehmen mittlerweile an, dass das Tissue Engineering in Zukunft eine vergleichbare kommerzielle Bedeutung wie die heutige Gentechnik erlangen wird. Bisher ist es gelungen, Haut und Knorpelgewebe sowie Blutgefäße bis zur kommerziellen Anwendung zu züchten. Heute ist es bereits möglich, kleinflächig fehlenden Knorpel bei Sportverletzungen oder Arthrose zu ersetzen. Eng verbunden mit dem Tissue Engineering ist die Regenerative Medizin, deren Schwerpunkt aber eher

auf der Unterstützung körpereigener Regenerations- und Reparaturprozesse liegt. Beide Gebiete werden kritisch diskutiert, weil sie mit dem Einsatz von Stammzellen arbeiten.

Herkömmliche Implantate will die Nanotechnik optimieren. Nahezu jedes Gelenk im menschlichen Körper ist heute austauschbar. In Form von Schrauben, Stiften, Metallverbindungen, Platten oder Drahtgeflechtem festigen Implantate gesplittete Knochen, dichten Löcher in Schädel oder Kiefer ab und halten Blutgefäße offen. Biologisch wirksame Beschichtungen sollen Entzündungen verhindern oder umliegende Zellen stimulieren, so dass die Prothese besser mit dem körpereigenen Gewebe verwächst.

„Solange es noch keine gezüchtete Lunge gibt, müssen wir die künstliche verbessern“, sagt Joseph Zwischenberger von der University of Texas. Sein Typ, der von einer deutschen Firma produziert wird, ist nicht größer als eine Coladose. Zwischenberger setzt auf die Zusammenarbeit mit deutschen Partnern, nicht zuletzt deshalb, weil kulturelle Unterschiede in der internationalen Forschung eine Rolle spielen: „In den USA können wir die nötigen Tierversuche mit Schafen durchführen. In Deutschland würde das kaum toleriert. In Deutschland hat man hingegen kein ethisches Problem damit, den Körper an eine Maschine zu hängen, was für Amerikaner nur schwer vorstellbar ist.“

(Copyright: Andrea Leiber, 2006)