

Experimentelle Orthopädie an der MUI

Die Departmentkonferenz der chirurgischen Kliniken der Medizinischen Universität Innsbruck hat unter der Leitung von Univ.-Prof. Martin Krismer ein Konzept vorgelegt, wonach chirurgischen Kliniken jeweils eine experimentelle Einrichtung als Forschungszentrum zugeordnet werden soll.

Am 15. Februar 2009 wurde Univ.-Prof. Mag. Dr. Michael Nogler MAS, MSc als Professor für Experimentelle Orthopädie berufen und mit der Aufgabe betraut, eine Einrichtung zur experimentellen orthopädischen Forschung



M. Nogler, Innsbruck

aufzubauen. Mitte letzten Jahres konnten geeignete Räume in der Salurner Straße 15 gefunden und bezogen werden. Seit Beginn des Sommersemesters 2010 verfügt diese Einrichtung über zehn Stellen, wobei der überwiegende Teil davon über Drittmittel finanziert ist. Überhaupt ist die Finanzierung der Arbeit der Experimentellen Orthopädie eine wesentliche Säule des Konzeptes. So ist es auch eine der klar definierten Aufgaben der Experimentellen Orthopädie, chirurgische Ausbildungsprogramme zu entwickeln und anzubieten.

Ziel des Konzeptes ist es, eine experimentelle Einheit aufzubauen, die in enger Anbindung an klinische Aufgaben und Fragestellungen experimentelle Forschung sowie Lehre und postpromotionelle Ausbildungsprogramme durchführt. Es wurde eine große Palette von Projekten initiiert, die im Rahmen der ÖGO-Sitzung vom 9. April 2010 vorgestellt wurden. Die Experimentelle Orthopädie hat sich zwei Hauptschwerpunkte gesetzt: zum einen die „Computerassistierte or-



S. Klug, Innsbruck

thopädische Chirurgie“, für die mit dem Biologen und Roboterexperten Dr. Sebastian Klug aus Darmstadt ein Experte gewonnen werden konnte, zum anderen einen „Biologisch-infektiologischen Schwerpunkt“ unter der Leitung von Dr. Débora-Cristina Coraça-Huber aus São Paulo, Brasilien, die sich intensiv mit der Bildung von Biofilmen auf Prothesen beschäftigt.

Computerassistierte orthopädische Chirurgie

Eine grundlegende Eigenschaft von Robotern ist ihre Fähigkeit, komplexe Informationen mit physikalischen Aktionen zu verknüpfen, um eine bestimmte Aufgabe zu bewältigen. Zwar ist heutzutage ein chirurgischer Eingriff ohne computerassistierte Erhebung und Aufbereitung von Informationen fast nicht mehr vorstellbar, allerdings werden diese Informationen vor allem für eine präoperative Planung genutzt und sind nicht so eng mit der Ausführung gekoppelt, wie es bei der Bewegungsplanung eines Roboters der Fall wäre.



D.-C. Coraça-Huber, Innsbruck

Roboter im direkten Umfeld des Menschen eingesetzt wird und eine Fehlfunktion vor allem während einer Operation katastrophale Auswirkungen hätte. Nichtsdestotrotz sind viele der im medizinischen Bereich eingesetzten Roboter abgewandelte Industrieroboter.

Gerade in den letzten Jahren sind im industriellen Bereich viele Robotersysteme entwickelt worden, deren mechanischer und regelungstechnischer Aufbau eine direkte Interaktion mit dem Menschen erlaubt und deren Konstruktion sich oft an biologischen Vorbildern orientiert (Abb. 1).

Bionische Robotik

Herkömmliche Industrieroboter erzielen herausragende Leistungen, was Geschwindigkeit und Wiederholungsgenauigkeit von Bewegungen angeht. Jedoch können diese Eigenschaften nur durch die strikte Vermeidung jeglicher Elastizität in der Kinetik des Roboters erreicht werden, was eine entsprechend massive mechanische

Die Anforderungen, die an einen Roboter im Operationssaal gestellt werden, ähneln im Grunde jenen von industriellen Anwendungen. Die wesentlichen Unterschiede ergeben sich vor allem aus den Sicherheitsanforderungen, da der

Konstruktion erfordert. Infolgedessen dürfen sie normalerweise nur in einer strikt vom Menschen abgeschotteten Umgebung eingesetzt werden. Dies steht in auffälligem Kontrast zum leichten und flexiblen Bewegungsapparat biologischer Systeme. Während in Robotern jede Elastizität vermieden wird, zeichnen sich biologische Bewegungssysteme gerade durch ihre Elastizität im Antrieb (den Muskeln) aus.

Die neue Generation von Service-Robotern nimmt das Prinzip der elastisch gekoppelten Antriebe auf und ermöglicht somit eine verzögerungsfreie Nachgiebigkeit, wodurch Kontaktaufgaben und die direkte haptische Interaktion mit dem Benutzer erleichtert werden. Diese Nachgiebigkeit und die damit verbundene hohe Sicherheit und einfache Bedienbarkeit prädestinieren diese Art von biologisch inspirierten Service-Robotern für neue Anwendungsbereiche, nicht nur in der Industrie, sondern auch in der Medizin und im Labor, bei denen eine intensive Interaktion zwischen Roboter und Mensch nötig ist.

Bakterielle Biofilme und orthopädische Prothesen

Periprothetische Infektionen entstehen meistens im Zusammenhang mit einem Biofilm, der aus Bakterien besteht und sich auf der Prothese und dem anliegenden Gewebe ablagert. Bakterielle Biofilme setzen sich aus Mikrokolonien von Bakterien zusammen, die in einer extrazellulären polymerischen Matrix eingelagert sind, und weisen dadurch eine hohe Resistenz gegen antibiotische Behandlungen und gegen das Immunsystem des Wirtes auf. Ein Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Modells des Biofilms in vitro zum besseren Verständnis der Interaktion des Biofilms mit einer orthopädischen Prothese.

Ein weiteres Ziel dieser Studie sind die Kultivierung und die Charakterisierung von bakteriellen Biofilmen in Petrischalen, die von Patienten mit einer periprothetischen Infektion stammen. Diese gezüchteten Zellkulturen werden auf eine

Hüftprothese, bestehend aus einer Titanlegierung, übertragen, anschließend werden deren biologische Aktivität sowie Struktur analysiert. Nach der Kultivierung von Biofilmen auf der Oberfläche der Prothese werden die minimale inhibitorische Konzentration (MIK) und die antimikrobielle Viabilität gemessen und mithilfe des Elektronenrastermikroskops und der konfokalen Fluoreszenzmikroskopie deren Struktur analysiert. Auch die Übertragung auf andere Prothesen, künstliche Herzklappen oder Katheter wäre möglich (Abb. 2).

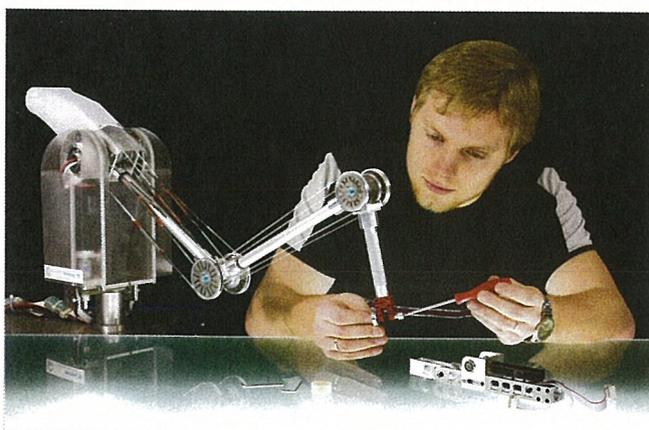


Abb. 1: Service-Roboter als sprichwörtlich „dritte Hand“

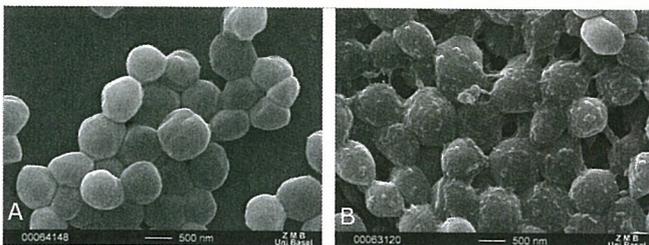


Abb. 2: REM-Aufnahmen einer gewöhnlichen Zellkolonie (A) und von Zellen in einer Biofilmstruktur (B) (aus: Trampuz, Andrej 2010)

Knochenbeschichtung

Knochentransplantationen sind häufig notwendig, um Knochendefekte oder Hohlräume bei Prothesen zu beheben oder um Trümmerfrakturen, Zysten oder Defekte aus Knochenerkrankungen zu behandeln. Knochentransplantate müssen bestimmten Grundanforderungen genügen, wobei biomechanische und mikrobiologische Aspekte von gleicher Bedeutung sind. Autologe Knochenimplantate erfüllen diese Anforderungen und bleiben daher weiterhin die beste Wahl für Transplantate. Jedoch sind autologe Knochenimplantate mit einem erhöhten Krankheitsrisiko verbunden und Infektionen, Wundhämatome

oder Schmerzen treten regelmäßig auf. Oft kann auch nicht genügend geeignetes Material entnommen werden, vor allem bei älteren Patienten oder bei Kindern. Allogene Knochen sind die nächstliegende Alternative. Jedoch hängt ihr Einsatz von ihrer Verfügbarkeit in der Knochenbank ab. Des Weiteren sind Kontaminationen eines der häufigsten Probleme bei der Gewinnung der Transplantate und ihrer Aufbereitung. In Abhängigkeit von der Entnahmekategorie und -methode können Verschmutzungsraten von 1–37% auftreten. Das Einfrieren ist zurzeit die beste

Methode zur Konservierung von Allotransplantaten, da es das immunisierende Potenzial verringert und gleichzeitig die biomechanischen und osteoinduktiven Eigenschaften erhält.

Um die Qualität der Knochenproben für die Kryokonservierung (−80°C) zu verbessern, gibt es die Idee, eine antibakterielle Beschichtung zu entwickeln, welche die Entwicklung von Mikroorganismen auf den Knochenproben verringert. Mithilfe von mikrobiologischen Tests und HPLCs wird in einer angehenden Studie die antibiotische Wirkung der Beschichtung geprüft. Da auch die Menge an morphogenetischen Proteinen des Knochens für die Knochenimplantation von Bedeutung ist, werden die Untersuchungen auch den Nachweis und die Kennzeichnung von Proteinen umfassen.

Autoren:

M. Nogler, S. Klug, D.-C. Coraça-Huber

Korrespondierender Autor:

Dr. Sebastian Klug

Experimentelle Orthopädie

Universitätsklinik für Orthopädie
Medizinische Universität Innsbruck

Salurner Straße 15

6020 Innsbruck

E-Mail: sebastian.klug@i-med.ac.at

ort100364