

Nanoroboter steuern erstmals durchs Auge

Wissenschaftler entwickeln speziell beschichtete Nanopropeller, die von außen durch dichtes Gewebe wie den Glaskörper eines Auges gesteuert werden können. Bisher war es lediglich möglich Mikroroboter durch Modellflüssigkeiten zu bewegen - nicht aber durch echtes Gewebe. Die Forschungsarbeit wurde im Fachjournal Science Advances veröffentlicht. Das internationale Forscherteam ist damit dem Ziel einige Schritte nähergekommen, Nanoroboter als minimal-invasive Werkzeugen zu nutzen: eines Tages sollen sie Medikamente genau dorthin transportieren können, wo sie gebraucht werden - ohne einen größeren operativen Eingriff vornehmen zu müssen.

Stuttgart - Wissenschaftler der Forschungsgruppe „Mikro-, Nano- und Molekulare Systeme“ am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart haben propellerförmige Nanoroboter entwickelt, die erstmals in der Lage sind, dichtes Gewebe wie es im Auge vorkommt zu durchbohren. Sie trugen eine Antihaftbeschichtung auf die 500 Nanometer breiten Propeller auf, die so klein sind, dass sie durch die enge molekulare Matrix der gelartigen Substanz im Glaskörper des Auges durchschlüpfen können (500 Nanometer bedeutet, dass die Nanofahrzeuge einen Durchmesser haben, der 200mal kleiner ist als der eines menschlichen Haares.) Ihre schraubenartige Struktur, Größe und schlüpfrige Beschichtung ermöglichen es den Nanopropellern, sich relativ ungehindert durch ein Auge zu bewegen, ohne dabei das empfindliche Gewebe um sie herum zu beschädigen - das erste Mal, dass dies Forschern gelang. Bisher war dies nämlich nur in Modellsystemen oder biologischen Flüssigkeiten möglich. Die Forscher sind damit dem Ziel einige Schritte nähergekommen, Nanoroboter eines Tages als Transportmittel zu nutzen, die Medikamente oder andere Therapeutika genau dorthin bringen können, wo sie gebraucht werden - ohne, dass ein größerer operativer Eingriff nötig wäre.

Molekül-Matrix ein klebriges und engmaschiges Netz

Einen Nanoroboter durch dichtes Gewebe zu steuern, ist eine große Herausforderung. Zunächst wäre da die zähflüssige Konsistenz des Augapfelinneren, die enge molekulare Matrix, durch die die Nanopropeller hindurchschlüpfen können sollen. Sie wirkt wie eine Barriere und verhindert das Eindringen größerer Partikel und Strukturen. Außerdem sorgen die chemischen Eigenschaften der Molekülmatrix dafür, dass sämtliche Partikel stecken bleiben, da es wie ein klebriges Geflecht wirkt. Deswegen haben die Forscher eine ganz besondere, zweilagige Antihaftbeschichtung eingesetzt. Die erste Schicht besteht aus Molekülen, die an die Oberfläche andocken, während die zweite eine flüssige Beschichtung ist, die die Haftung zwischen den Nanorobotern und dem umliegenden Gewebe verringert.

„Bei der Beschichtung haben wir uns von der Natur inspirieren lassen“, erklärt der Erstautor der Studie, Zhiguang Wu. „Wir trugen eine flüssige Schicht auf die Nanopropeller auf, wie sie bei der fleischfressenden Kannenpflanze (Nepenthes) vorkommt. Auf ihren Blättern, die als Fallgruben dienen, sorgt eine rutschige omniphobe Beschichtung dafür, dass Insekten ausrutschen und hineinfallen. So schlüpfrig wie die Teflonbeschichtung einer Bratpfanne. Ohne diese Schicht könnten wir den Roboter nicht durchs Auge steuern. Sie sorgt dafür, dass die Haftung zwischen dem Netz aus Molekülen im Glaskörper des Auges und der Oberfläche unserer Nanoroboter möglichst klein bleibt.“

Nun musste der Nanoroboter noch von außen gesteuert werden können. Der Antrieb funktioniert magnetisch. Bei der Herstellung der Nanopropeller bauen die Forscher Eisen ein, was es ihnen ermöglicht, die Gefährte von außen mit Hilfe von Magnetfeldern zum gewünschten Ziel zu steuern.

„Der magnetische Antrieb der Nanoroboter, ihre ausreichend kleine Größe sowie die rutschige Beschichtung sind nicht nur im Auge, sondern können auch für die Penetration anderer Gewebe im menschlichen Körper nützlich sein“, sagt Tian Qiu, einer der Autoren der Publikation.

Sowohl Qiu als auch Wu sind Mitglieder des internationalen Forscherteams, das an der Publikation gearbeitet hat. Auch Wissenschaftler der Universität Stuttgart, des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung in Heidelberg, des Harbin Institute of Technology in China, der Aarhus University in Dänemark sowie der Augenklinik des Universitätsklinikums Tübingen haben zu der Forschungsarbeit beigetragen. Es war in der Augenklinik in Tübingen, wo die Forscher ihre Nanopropeller an einem seziierten Schweineauge testeten. Sie beobachteten die Fortbewegung der Propeller mit Hilfe der optischen Kohärenztomographie, einer klinisch zugelassenen Bildgebungstechnik, die in der Diagnostik von Augenerkrankungen weit verbreitet ist.

Nanoroboter auf dem Weg zur Netzhaut

Mit einer kleinen Nadel injizierten die Forscher Zehntausende ihrer schraubenförmigen Roboter in den Glaskörper des Auges. Mit Hilfe umliegender Magnetspulen, die die Nanopropeller drehen und damit nach vorne bewegen, schwammen die kleinen Propeller dann zielgerichtet zur Netzhaut, wo der Schwarm landete.

Es war das Ziel der Forscher, den Schwarm in Echtzeit präzise in Richtung der Retina steuern zu können. Sie haben es geschafft, doch das ist erst der Anfang: Das Team arbeitet bereits daran, die Nanofahrzeuge eines Tages als Transportmittel für Medikamente einzusetzen. „Das ist unsere Vision“, sagt Tian Qiu. „Wir wollen unsere Nanopropeller als Werkzeuge für die minimal-invasive Behandlung von Krankheiten aller Art einsetzen können, bei denen der Problembereich schwer zugänglich und von dichtem Gewebe umgeben ist. Nicht allzu weit in der Zukunft werden wir sie mit Medikamenten beladen können.“

Für die Stuttgarter Wissenschaftler ist es nicht der erste Nanoroboter, den sie der Fachwelt vorstellen. Schon seit mehreren Jahren fertigen sie verschiedene Ausführungen mit Hilfe eines speziellen 3D-Nanofabrikationsprozesses an, den die Forschungsgruppe „Mikro-, Nano- und Molekulare Systeme“ unter der Leitung von Professor Peer Fischer selbst entwickelt hat. Milliarden von Nanorobotern können in nur wenigen Stunden hergestellt werden, indem Siliziumdioxid und andere Materialien, einschließlich Eisen, unter hohem Vakuum auf einen Siliziumwafer verdampfen und sich dieser dabei dreht. So entsteht die Helix-Struktur.

Sehen Sie sich das Video an, das die Fertigungstechnik erklärt:

<https://www.youtube.com/watch?v=XCTPWW7XSS0>

Die vollständige wissenschaftliche Arbeit finden Sie hier: “A swarm of slippery micropropellers penetrates the vitreous body of the eye”, Zhiguang Wu, Jonas Troll, Hyeon-Ho Jeong, Qiang Wei, Marius Stang, Focke Ziemssen, Zegao Wang, Mingdong Dong, Sven Schnichels, Tian Qiu, Peer Fischer, Science Advances, 2018, DOI/10.1126/sciadv.aat4388

<http://advances.sciencemag.org/content/4/11/eaat4388>

Über uns:

Das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme hat sich zum Ziel gesetzt, die Prinzipien von Wahrnehmen, Handeln und Lernen in autonomen Systemen zu verstehen. Aus diesem Verständnis

heraus wollen die Wissenschaftler künstliche intelligente Systeme entwickeln. An seinen zwei Standorten in Stuttgart und Tübingen verbindet das Institut Spitzenforschung in Theorie, Software und Hardware.

Der Standort in Stuttgart beherbergt führende Expertise in den Bereichen Mikro- und Nano-Robotik, Haptik, Mensch-Maschine-Interaktion, bio-hybride Systeme sowie Medizinrobotik. Am Standort Tübingen wird mittels Forschung in den Bereichen Maschinelles Lernen, Maschinelles Sehen und Robotik untersucht, wie intelligente Systeme Informationen verarbeiten, um wahrnehmen, handeln und lernen zu können.

www.is.mpg.de

Dr. Zhiguang Wu promovierte 2015 am Harbin Institute of Technology, China, in Chemieingenieurwesen und Technologie. Von 2013 bis 2015 war er Gaststudent in der Abteilung Nanoengineering der University of California, San Diego. Wu war, als er die oben genannte Publikation abschloss, Humboldt-Forschungsstipendiat am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in der Forschungsgruppe „Mikro-, Nano- und Molekulare Systeme“. Aktuell forscht er als Postdoktorand am California Institute of Technology.

Dr. Tian Qiu ist Leiter der Biomedical Microsystems Group innerhalb der Forschungsgruppe „Mikro-, Nano- und Molekulare Systeme“ am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart. Er promovierte an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Schweiz. Er ist assoziiertes Mitglied des Max Planck ETH Center for Learning Systems und Dozent der International Max Planck Research School for Intelligent Systems (IMPRS-IS). Er gewann den National Award for Outstanding Self-financed Chinese Student Abroad und den Best Microrobot Design Award beim Hamlyn Symposium on Medical Robotics.

Prof. Dr. Peer Fischer leitet die unabhängige Forschungsgruppe „Mikro-, Nano- und Molekulare Systeme“ am Max-Planck-Institut für intelligente Systeme in Stuttgart. Er ist zudem Professor für Physikalische Chemie an der Universität Stuttgart. Peer Fischer erwarb einen BSc. in Physik am Imperial College London und einen PhD an der University of Cambridge. Er war NATO Postdoctoral Fellow an der Cornell University und leitete fünf Jahre lang ein interdisziplinäres Forschungslabor am Rowland Institut der Harvard University. Im Jahr 2011 wechselte er mit seinem Labor an das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Stuttgart. Peer Fischer ist Mitglied des Max Planck - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Center for Molecular Nanoscience and Technology sowie des Max Planck ETH Center for Learning Systems. Fischer erhielt 2011 ein ERC Starting Grant, 2016 den World Technology Award, und 2018 einen ERC Advanced Grant. Er ist Fellow der Royal Society of Chemistry.

Originalpublikation:

<http://advances.sciencemag.org/content/4/11/eaat4388>

Weitere Informationen:

<https://is.mpg.de/de/news/nanorobots-propel-through-the-eye>