

Neue Ansätze in der roboterunterstützten Chirurgie

Die technischen Möglichkeiten der Chirurginnen und Chirurgen haben sich in den letzten Jahrzehnten markant erweitert. Dies erlaubt es ihnen, immer komplexere Eingriffe auszuführen oder Operationen weniger invasiv durchzuführen. Unterstützung erhalten die Ärztinnen und Ärzte bei ihrer Arbeit zunehmend von sogenannten Operationsrobotern, welche chirurgische Arbeiten präziser ausführen können als Menschen oder über grosse Distanzen. Forschende der ETH Zürich und der Universität Zürich haben nun kürzlich zwei Ansätze vorgestellt, welche neue Perspektiven in der roboterunterstützten Chirurgie eröffnen.

Operieren über 9300 Kilometer Distanz

Den Forschenden der ETH Zürich gelang zusammen mit Partnern der chinesischen Universität Hongkong erstmals eine magnetische Endoskopie mittels Fernsteuerung an einem lebenden Schwein.

Die Forschenden steuerten dabei die Sonde von Zürich aus, während das Tier in Hongkong auf dem Operationstisch lag.

Zwischen dem Operationssaal in Hongkong und dem Raum in Zürich, von dem aus die ETH-Forscher das Endoskop steuerten, lagen über 9300 Kilometer. Gesteuert wurde das Endoskop von Alexandre Mesot, Doktorand am Multi-Scale Robotics Lab von ETH-Professor Bradley Nelson. Er überwachte die Operation live auf einem Bildschirm und steuerte das Gerät in Hongkong mit einem Joystick eines Playstation-Controllers. Mit nur gerade rund 300 Millisekunden Verzögerung führte er die vier Millimeter dünne Sonde durch den Magen eines lebenden, aber betäubten Schweins im Operationssaal in Hongkong. Mit der Kamera an der Spitze der Sonde untersuchte Mesot die Magenwand des Tieres und entnahm mit einem winzigen Greifarm Gewebeproben. Damit gelang ihm die erste ferngesteuerte magnetische Endoskopie.



Der Operationsaal in Hongkong. Am Bildschirm in der Mitte sieht man die Live-Schaltung nach Zürich. (Bild: ETH Zürich)

14 FORSCHUNG – MEDIZIN

Für den Erfolg waren zwei Dinge entscheidend: Ein an der ETH Zürich entwickeltes Navigationssystem mit magnetisch steuerbarem Endoskop und eine sichere und schnelle Internetverbindung in den Operationssaal.

Der ferngesteuerte Eingriff wurde im Operationssaal von Chirurginnen und Chirurgen der Medizinischen Fakultät der Universität Hongkong begleitet und überwacht. Diese führten das magnetische Endoskop durch den Mund in den Magen des Schweins ein. Bevor Mesot in Zürich die Navigation der Sonde übernehmen konnte, wurde sie von einem Team des Multi-Scale Robotics Labs und von den Hongkonger Chirurgen im Operationssaal getestet.

Das Endoskop wird über ein Magnetfeld gesteuert, das von Navion, einem von Bradley Nelson und seinem Team entwickelten chirurgischen Navigationssystem erzeugt wird. «Durch einen magnetischen Kopf kann das Endoskop nicht nur in alle Richtungen gebogen werden, es ist auch kleiner und einfacher zu steuern als herkömmliche Geräte», erklärt Mesot.

Magnetische Endoskopien sind weniger belastend

Auf Grund der grossen Beweglichkeit des magnetischen Endoskops konnte Mesot problemlos eine sogenannte Retroflexion im Magen des Tieres durchführen. Dabei wird das Endoskop nach dem Eintritt in die Magenhöhle um 180 Grad nach hinten gebogen, um den Mageneingang zu inspizieren. Dieser komplexe Eingriff zeigt, dass sich magnetische Endoskope aus der Ferne mindestens genauso flexibel navigieren lassen wie Standardgeräte.

Darüber hinaus kann das kleinere Endoskop bei Menschen auch über die Nase eingeführt werden, anstatt über den Mund, so wie das bei herkömmlichen Endoskopien üblich ist. Das ist weniger belastend, da Patientinnen und Patienten dafür nicht vollständig sediert werden müssen und während dem Eingriff ansprechbar bleiben. Das magnetische Endoskop ist potenziell auch für einen Einsatz bei Kindern geeignet, wo herkömmliche Sonden zu gross sind.

Bradley Nelson denkt bereits weiter: «Im nächsten Schritt unserer Forschung hoffen wir eine Tele-Endoskopie am menschlichen Magen durchzuführen. Es steckt viel Potenzial in dieser Technologie. Ich denke da an minimalinvasive Eingriffe im Magen-Darm-Trakt, wie beispielsweise Krebsvorsorgeuntersuchungen.»

Shannon Melissa Chan, Assistenzprofessorin in der Abteilung für Chirurgie an der CU Medicine, weist zudem darauf hin: «Die teleoperierte Endoskopie kann nicht nur für die chirurgische Ausbildung eingesetzt werden, sondern auch für die diagnostische und chirurgische Versorgung in abgelegenen Gebieten, insbesondere wenn es an lokalem Fachwissen mangelt. Aus der Distanz könnten wir sogar geschulte Krankenschwestern anweisen, das Verfahren anzuwenden.»

Ein chirurgischer Roboter mit Sinnen

In eine ganz andere Richtung geht ein Roboter, der von der Universitätsklinik Balgrist gemeinsam mit internationalen Forschungspartnern entwickelt wurde. Es handelt sich um einen Prototyp eines chirurgischen Roboters mit menschenähnlichen Sinnen. Dieser soll bald komplexe chirurgische Aufgaben autonom bewältigen können.

Chirurginnen und Chirurgen nutzen bei schwierigen Operationen alle ihre Sinne. Ist die Anatomie nicht gut zu sehen, hilft ihnen ihr Tastsinn weiter oder sie achten auf akustische Signale, um beispielsweise festzustellen, wann sie mit Bohren aufhören müssen. Die Fähigkeit, zu hören und zu tasten, haben Operationsroboter bisher noch nicht. Bisher folgten sie wie ein Autopilot einem vordefinierten Pfad, der auf medizinischer Bildgebung basiert. Wenn dieser Pfad den tatsächlichen Gegebenheiten nicht gerecht wurde, fehlte ihnen die nicht-visuelle Sinneswahrnehmung, und das Operationsteam musste übernehmen. Solche Schwierigkeiten treten oft bei komplexen Operationen auf, zum Beispiel wenn die Wirbelsäule versteift werden muss. Bei solchen Operationen müssen zahlreiche Schrauben millimetergenau im Umfeld des Rückenmarks platziert werden.

Sehen, hören, fühlen, tasten

Die internationale Forschungskooperation hat nun im Rahmen des Horizon-2020-Projekts FAROS (Functionally Accurate RObotic Surgery) einen Prototyp eines chirurgischen Roboters entwickelt, der auch komplexe und hochpräzise Operationsschritte eigenständig durchführen kann. Der chirurgische Roboter lernt das Gewebe zu scannen, er kann tasten, hören, fühlen, interpretieren und entsprechend handeln.

«Im Moment handelt es sich noch um einen Forschungs-Prototyp, der noch nicht im klinischen



Der Chirurg Mazda Farshad von der Universitätsklinik Balgrist testet den Prototyp in einer der Integrationswochen. (Bild: Universitätsklinik Balgrist)

Alltag eingesetzt werden kann», erklärt Mazda Farshad, Chefarzt Wirbelsäulen Chirurgie und Direktor des Universitären Wirbelsäulenzentrums an der Universitätsklinik Balgrist und Ordinarius für Orthopädie an der Universität Zürich. «Zunächst braucht es noch einige Validierungsschritte und Safety-Untersuchungen im Rahmen von Studien. Das System würde aktuell noch nicht genug sicher funktionieren, wenn die Anatomie aussergewöhnlich komplex ist.»

Computer-assistierte Chirurgie-Roboter bringen heute bei der Wirbelsäulen Chirurgie noch keinen klinisch relevanten Mehrwert. «Es bedarf smarter Robotersysteme, welche einen echten Mehrwert schaffen, vor allem dann, wenn das Resultat sehr stark vom chirurgischen Talent und Können abhängt», erklärt Farshad. «Nur so lässt sich der Durchschnitt der chirurgischen Qualität auch tatsächlich mit einem Roboter erhöhen.» Den Mensch als Operateur werde es nach wie vor brauchen. «Computer-assistierte Chirurgie-Roboter können dereinst für gewisse operative Schritte eingesetzt werden, aber nicht für die gesamte Operation», ist Farshad überzeugt.

Europäisches Horizon-2020-Projekt

Studienleiter des internationalen Forschungsprojekts FARO war Philipp Fürnstahl, Professor für Orthopedic Computer Science an der Universität Zürich

und Leiter der Forschungsgruppe «Balgrist Research in Orthopedic Computer Science». «Die Kompetenzen der beteiligten Partner aus Belgien, Frankreich und England haben sich gut ergänzt, wir konnten gegenseitig sehr viel voneinander lernen und profitieren.» Obwohl die Forscher aus verwandten Forschungsdisziplinen wie der Robotik, Sensorik oder der Computer-gestützten Chirurgie kamen, habe es doch länger gedauert als erwartet, bis sie in allen Bereichen eine gemeinsame Fachsprache gefunden hätten, erzählt Fürnstahl.

Als grösste Herausforderung entpuppte sich die letzte Phase, als die einzelnen Komponenten des Systems zu einem funktionierenden Gesamtsystem verbunden werden mussten. Dazu wurde das gesamte Forschungsteam mehrmals für sogenannte Integrationswochen eingeflogen. Der fertige Prototyp wurde schliesslich im Forschungs- und Trainingscenter OR-X an der Universitätsklinik Balgrist getestet.

Dieser Artikel basiert auf Medienmitteilungen der ETH Zürich und der Universität Zürich:

<https://www.news.uzh.ch/de/articles/news/2024/faros.html>

<https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2024/08/medienmitteilung-operieren-auf-9300-km-distanz.html>