Neue Methode ermöglicht kabelloses Echtzeit-Tracking im Körperinneren

In der Medizin der Zukunft sollen winzige Roboter selbstständig durch den menschlichen Körper navigieren. Wissenschaftler vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) haben nun ein drahtloses Sensorverfahren auf Basis eines oszillierenden Magneten erfunden, das solche medizinischen Anwendungen deutlich verbessern kann.

Was bis vor kurzem noch nach Science-Fiction klang, ist heute in der Entwicklung weit fortgeschritten: Winzige Roboter, die sich selbstständig durch den Körper bewegen, sollen Medikamente transportieren, Messungen in Geweben vornehmen oder chirurgische Eingriffe durchführen.

Zwar wurden bereits magnetisch angetriebene Mikro- oder Nanoroboter entwickelt, die durch den Muskel, den Glaskörper des Auges oder das Blutgefäßsystem navigieren können. Doch mangelt es an ausgereiften Systemen, mit denen die Aktivitäten der Roboter tief im Körpergewebe in Echtzeit mitverfolgt und kontrolliert werden können. Herkömmliche bildgebende Verfahren sind nur bedingt geeignet. Die Magnetresonanztomographie (MRT) etwa hat eine zu geringe zeitliche Auflösung, die Computertomographie (CT) ist mit einer Strahlenbelastung verbunden und beim Ultraschall limitiert die starke Streuung der Schallwellen die räumliche Auflösung.

Echtzeit-Tracking

Mit einer neu entwickelten Methode beschreibt das Team um Tian Qiu von DKFZ, Standort Dresden, einen Lösungsansatz für dieses Problem. Das winzige Gerät, das die Wissenschaftler entwickelt haben, basiert auf einem magnetischen Oszillator, also einem mechanisch schwingenden Magneten, der sich in einem millimetergroßen Gehäuse befindet. Ein äußeres Magnetfeld kann den Magneten mechanisch zur Schwingung anregen. Wenn die Schwingung abklingt, kann dieses Signal mit Magnetsensoren erfasst werden. Das Grundprinzip ist vergleichbar mit der Kernspinresonanz in der MRT. Die Forscher bezeichnen die Methode als "Small-Scale Magneto-Oscillatory Localization" (SMOL).

Mit SMOL kann die Position und Orientierung des kleinen Gerätes in großer Entfernung (über 10 cm), sehr genau (weniger als 1 mm) und in Echtzeit bestimmt werden. Im Gegensatz zu Tracking-Verfahren, die auf statischen Magneten basieren, kann SMOL Bewegungen in allen sechs Freiheitsgraden, also allen Raum- und Winkelkoordinaten, erfassen – und das mit deutlich höherer Signalqualität. Da das Gerät nur schwache Magnetfelder erzeugt und benötigt, ist es für den Körper unbedenklich. Zudem arbeitet es kabellos und ist mit vielen herkömmlichen Geräten und bildgebenden Verfahren kompatibel.

Markierung von Tumoren für eine präzise Therapie

„Es gibt viele Anwendungsmöglichkeiten für die SMOL-Methode", sagt Felix Fischer, Erstautor der Publikation. „Wir haben das System bereits in Miniaturroboter und Instrumente für die minimalinvasive Chirurgie integriert. Denkbar wäre eine Kombination mit Kapselendoskopen oder die Markierung von Tumoren für eine sehr präzise Therapie. Auch für vollautomatisierte Operationsroboter oder Augmented-Reality-Anwendungen könnte unsere Methode einen entscheidenden Vorteil bringen."

SMOL benötigt nur eine vergleichsweise einfache technische Ausstattung. „Aufgrund seiner Abmessungen im Millimeterbereich lässt sich der Oszillator in viele bestehende medizinische Instrumente integrieren, und der Tracker kann noch weiter miniaturisiert werden. Unsere Technik hat dank ihrer präzisen räumlichen und zeitlichen Auflösung das Potenzial, viele interventionelle Verfahren in Zukunft deutlich voranzubringen", erklärt Tian Qiu, der Seniorautor der Publikation.

Publikation:
F. Fischer, C. Gletter, M. Jeong, T. Qiu: Magneto-oscillatory localization for small-scale robots. npj Robotics 2024, DOI: https://doi.org/10.1038/s44182-024-00008-x

Pressemitteilung

02.04.2024
Quelle: Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)

Weitere Informationen

- Deutsches Krebsforschungszentrum