

Neue Magnetpartikelbildgebung erstmals am Menschen in Würzburg eingesetzt

Magnetpartikelbildgebung (MPI) zeigt Gefäßstrukturen und Blutfluss in Echtzeit ohne Strahlenbelastung

Forschenden der Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU) und des Universitätsklinikums Würzburg (UKW) ist ein wichtiger Schritt für die medizinische Bildgebung gelungen. Sie setzten die Magnetpartikelbildgebung (Magnetic Particle Imaging, MPI) erstmals in vivo am Menschen ein. Das Verfahren ermöglicht eine strahlungsfreie Darstellung von Blutgefäßen in Echtzeit. In der Machbarkeitsdemonstration führten die Forschenden eine Gefäßdarstellung am Arm eines gesunden Probanden durch.

Würzburg. Vor 131 Jahren entdeckte der Physiker Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg die nach ihm benannten Strahlen und ermöglichte damit völlig neue Verfahren zur Darstellung des menschlichen Körpers. Nun hat in Würzburg ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Physik und Radiologie einen weiteren wichtigen Meilenstein in der medizinischen Bildgebung erreicht. Die Forschenden demonstrierten erstmals am Menschen eine neuartige Technologie: die Magnetpartikelbildgebung (MPI, englisch: Magnetic Particle Imaging).

Während Röntgen im Dezember 1895 die Hand seiner Frau Bertha ablichtete, hielt der Physiker Dr. Patrick Vogel, der am Lehrstuhl für Experimentelle Physik 5 der Julius-Maximilians-Universität Würzburg (JMU) tätig ist, seinen Arm als gesunder Proband in den MPI-Scanner. Vogel war maßgeblich an der Entwicklung dieser Technologie beteiligt und führte das Experiment gemeinsam mit Dr. Viktor Hartung vom Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Uniklinikums Würzburg (UKW) durch.

„Wenn man eine neue Bildgebung erstmals am Menschen erprobt, möchte man natürlich selbst erfahren, wie sich das anfühlt. Für mich war es daher selbstverständlich, auch als erster Proband zur Verfügung zu stehen“, berichtet Patrick Vogel.

MPI: Bildgebung mit magnetischen Nanopartikeln

MPI gehört zu einer neuen Generation bildgebender Verfahren. Anstelle von Röntgenstrahlung oder radioaktiven Tracern nutzt MPI winzige magnetische Eisenoxid-Nanopartikel als Kontrastmittel. Diese werden in die Blutbahn injiziert und anschließend mit speziellen Magnetfeldern detektiert.

Das Besondere daran ist: MPI detektiert ausschließlich die Nanopartikel selbst, das umliegende Gewebe erzeugt kein Hintergrundsignal. Dadurch entstehen besonders kontrastreiche Bilder mit hoher zeitlicher Auflösung. Gleichzeitig kommt das Verfahren vollständig ohne ionisierende Strahlung aus.

Meilenstein nach fast 20 Jahren Entwicklung - Übergang von der präklinischen Forschung zur klinischen Machbarkeitsstudie

Mit der ersten Anwendung von MPI am Menschen erreicht die Technologie einen wichtigen Meilenstein in ihrer Entwicklungsgeschichte. Seit rund 20 Jahren arbeiten die Teams in Würzburg

an der Entwicklung der Magnetpartikelbildgebung – von den ersten physikalischen Konzepten über den Bau experimenteller Scanner bis hin zur Integration der Technologie in ein klinisches Umfeld.

„Dass wir diese Technologie nun erstmals am Menschen demonstrieren konnten, ist ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur klinischen Anwendung der Magnetpartikelbildgebung“, kommentiert Patrick Vogel den Beginn der translationalen Entwicklungsphase. „Damit zeigen wir, dass MPI nicht nur im Labor funktioniert, sondern auch unter realen klinischen Bedingungen eingesetzt werden kann.“

Erste MPI-Angiographie beim Menschen zur Gefäßdarstellung am Arm

Im Rahmen der Studie führten die Forschenden eine Gefäßdarstellung am Arm durch. Dazu injizierten sie klinisch zugelassene Eisenoxid-Nanopartikel und nahmen deren Verteilung mit einem speziell entwickelten MPI-Scanner auf.

Zum direkten Vergleich führten sie zusätzlich eine digitale Subtraktionsangiographie (DSA) durch, die derzeitige Standardmethode zur Darstellung von Blutgefäßen mittels Röntgenstrahlung.

Die Ergebnisse zeigen: Mit MPI konnten die wichtigsten oberflächlichen und tiefen Venen des Arms einschließlich ihrer Verzweigungen sichtbar gemacht werden. Die Bildrate lag bei zwei Bildern pro Sekunde und damit im Bereich klinischer Angiographieverfahren.

Neue Möglichkeiten für interventionelle Eingriffe - ohne Strahlenbelastung

„Die Bilder zeigen, dass wir die relevanten Gefäßstrukturen und den Blutfluss in Echtzeit darstellen können“, erklärt der Radiologe Viktor Hartung. „Das eröffnet perspektivisch neue Möglichkeiten für interventionelle Eingriffe – ohne Strahlenbelastung.“ Um die Sicherheit, Wirksamkeit und den klinischen Nutzen jedoch systematisch zu untersuchen, sind weitere präklinische und klinische Studien erforderlich.

Aus klinischer Sicht hat die Magnetpartikelbildgebung laut Prof. Thorsten Bley großes Potenzial. Der Direktor des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie am UKW betont: „Wenn es gelingt, Gefäße in Echtzeit ohne ionisierende Strahlung darzustellen, könnte das langfristig neue Möglichkeiten für interventionelle Verfahren eröffnen.“

Enge Zusammenarbeit zwischen Physik und klinischer Medizin

Aufgrund der engen Zusammenarbeit zwischen Physik und Medizin war es möglich diese Studie durchzuführen. Während die physikalischen Grundlagen und Scannertechnologien in der Experimentellen Physik entwickelt werden, bringt die Radiologie ihre Erfahrung in der klinischen Bildgebung und interventionellen Verfahren ein.

„Solche Entwicklungen entstehen nur im engen Austausch zwischen Grundlagenforschung und klinischer Anwendung“, meint Prof. Volker Behr, Leiter der MPI-Arbeitsgruppe am Lehrstuhl für Experimentelle Physik 5 (Biophysik) an der JMU. „Unser Ziel ist es, neue physikalische Konzepte so weiterzuentwickeln, dass sie langfristig einen echten Mehrwert für die medizinische Diagnostik und Therapie bieten.“

Süddeutsches Zentrum für Magnetic Particle Imaging (SMPI)

Die Anwendung am Menschen ist Teil einer größeren Forschungsstrategie der JMU. Erst kürzlich wurde der Aufbau eines Süddeutschen Zentrums für Magnetic Particle Imaging (SMPI) an der JMU bewilligt, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird. Das Zentrum unter

der Leitung von Volker Behr soll eine Infrastruktur schaffen, um MPI von der Grundlagenforschung bis hin zu medizinischen Anwendungen weiterzuentwickeln.

Preprint:

Ein Preprint der zugehörigen wissenschaftlichen Veröffentlichung ist unter folgender URL abrufbar: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2603.12010>

Der Artikel befindet sich derzeit noch im wissenschaftlichen Peer-Review-Prozess.

Hinweis für Patienten und Interessierte

Die hier gezeigten Ergebnisse basieren auf einer frühen Machbarkeitsdemonstration am Menschen. Die Technologie tritt gerade erst in die translationale Entwicklungsphase ein und ist derzeit weder für die klinische Routineanwendung noch für Patientenbehandlung oder für therapeutische Entscheidungen vorgesehen. Weitere präklinische und klinische Studien sind erforderlich, um Sicherheit, Wirksamkeit und klinischen Nutzen systematisch zu untersuchen.