RADIOLOGISCHE EINSATZFELDER

Im Test erfolgreich: Neues Bildgebungsverfahren für kontrollierte Gefäßerweiterung ohne Röntgenstrahlung

Dr. Stefan Herz

Die permanente technische Weiterentwicklung in der Radiologie zeigt sich in der ständigen Verbesserung bestehender Technologien wie Röntgen, Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) sowie in der Erforschung neuer bildgebender Methoden. Ein vielversprechendes, noch recht junges tomografisches Verfahren ist das Magnetic Particle Imaging, kurz MPI – übersetzt: Magnetpartikelbildgebung. Die deutschen Physiker Dr. Bernhard Gleich und Professor Jürgen Weizenecker beschrieben das Prinzip erstmals 2005 im Fachjournal „Nature". Seitdem wurden an wenigen Forschungsstätten weltweit unterschiedliche Labor-Prototypen entwickelt und gebaut. Seit 2014 sind auch erste kommerzielle MPI-Geräte für die präklinische Forschung verfügbar. Beim MPI werden sogenannte superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikel, kurz SPIOs (superparamagnetic iron oxide nanoparticles), durch ein Magnetfeld angeregt, das Antwortsignal lokalisiert und daraus die Bildinformation berechnet. Das Verfahren ist sehr schnell und sensitiv – und erlaubt eine Vielzahl interessanter Anwendungen. Im medizinischen Bereich soll das innovative, strahlungsfreie Verfahren vor allem bei der Erkennung von Gefäßerkrankungen und in der Krebs-Diagnostik eine neue Dimension detaillierter Diagnostik ermöglichen. Dr. Stefan Herz, angehender Radiologe am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Würzburg, hat jetzt untersucht, wie gut sich das MPI-Gerät für die begleitende Sichtkontrolle während einer Gefäßerweiterung (Angioplastie) mittels eines kathetergeführten Ballons (Ballondilatation) eignet.

Herr Dr. Herz, Wodurch zeichnet sich das Magnetic Particle Imaging aus?

MPI bietet im Vergleich zu etablierten Verfahren wie MRT oder CT viele Vorteile. Zum einen ist es sehr schnell. Innerhalb von wenigen Millisekunden habe ich ein komplettes Bild bei gleichzeitig guter Auflösung – ganz ohne Röntgenstrahlen. Darüber hinaus sind die Aufnahmen, im Gegensatz beispielsweise zur MRT, vollkommen hintergrundfrei. Das heißt: ohne Überlagerung von anderen Organen. Denn die Methode zeigt tatsächlich nur die Verteilung der im Kontrastmittel enthaltenen superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikel, auch SPIOs genannt. Mit MPI lassen sich besonders gut dynamische Vorgänge in Echtzeit, beispielsweise die Durchblutung von Gefäßen, einschließlich möglicher Engstellen, darstellen und beobachten.

Was sind das für Partikel – die SPIOs?

Superparamagnetisch bedeutet, dass sich die Eisenoxid-Partikel durch ein Magnetfeld stark magnetisieren lassen, aber nach Abschalten des Magnetfeldes keine

Restmagnetisierung mehr aufweisen. Ihre Größe liegt im Bereich von etwa fünf bis dreißig Nanometer, umgerechnet 0,000005 bis 0,00003 Millimeter, für das menschliche Auge nicht sichtbar. Das Kontrastmittel ist unproblematisch für den Menschen. Es war bereits für MRT-Untersuchungen der Leber zugelassen, hat sich aber in diesem Bereich nicht durchgesetzt.

Um was genau ging es bei Ihrer MPI-Studie?

Ganz verkürzt gesagt: Unsere Idee war, zu erproben, ob die klassische Behandlung von Engstellen in Gefäßen mittels Ballondilatation auch unter Magnetic-Particle-Imaging-Sicht durchzuführen ist – analog zur bisher eingesetzten, konventionellen Angiografie. Denn die belastet sowohl den Patienten wie auch den Untersucher mit Röntgenstrahlung. Deswegen tragen bei dieser Methode auch die behandelnden Ärzte Bleischürzen, um sich zu schützen.

Das war die Kurzfassung – jetzt bitte etwas ausführlicher.

Bei der konventionellen Angiografie wird unter Röntgendurchleuchtung ein Kontrastmittel in die Arterien injiziert und so das Gefäßsystem sichtbar gemacht. Erkennt der Arzt im dargestellten Gefäßbaum eine Engstelle, eine Stenose, kann er sofort therapieren. Für solche Fälle hat sich das minimalinvasive Verfahren der Ballondilatation, die sogenannte PTA, als Standardbehandlung etabliert: PTA steht für perkutane (durch die Haut) transluminale (durch das Gefäß) Angioplastie (Gefäßerweiterung). Dabei wird ein zu Beginn noch zusammengefalteter kleiner Ballon über einen biegsamen Führungsdraht in das Gefäß eingebracht. An der Engstelle angekommen, wird der Ballon aufgeblasen und auf diese Weise das Blutgefäß geweitet. So werden heutzutage standardmäßig Herzinfarkte oder auch die arterielle Verschlusskrankheit behandelt.

Wie sind Sie bei Ihrem Versuch vorgegangen?

Das Gerät für unsere Grundlagenforschung hat Dr. Patrick Vogel, ein Physiker, mit dem ich sehr eng zusammenarbeite, konstruiert. Das Gerät wurde für die Bildgebung bei einer Maus entwickelt. Allerdings arbeiten wir aktuell noch mit Gefäßmodellen. Für unseren Versuch haben wir eine Stenose aus Kunststoff gebaut und die im ersten Schritt ganz konventionell unter Röntgen-Durchleuchtung aufgedehnt. Für den MPI-Angiografie-Test beschichteten wir Führungsdraht und Ballonkatheter mit einem Lack, dem wir SPIOs, wie sie auch im MPI-Kontrastmittel enthalten sind, beigemischt hatten. So konnten wir in der MPI-Darstellung genau erkennen, an welcher Stelle man mit den Instrumenten im Gefäßsystem hantiert – und sie kontrolliert zur Engstelle führen. Dort haben wird dann unter MPI-Sichtkontrolle eine Ballondilatation durchgeführt.

Und welches Ergebnis hat Ihr Vergleich der zwei Verfahren?

Unsere Versuche zeigen, dass es, erst einmal im Gefäßmodell, technisch möglich ist, eine Ballondilatation adäquat per MPI-Gerät strahlenfrei und in Echtzeit erfolgreich durchzuführen – analog zur konventionellen Methode unter Röntgendurchleuchtung. Bezüglich Dauer und Endergebnis der Intervention unterscheiden sich beide Verfahren in unserer Studie nicht wesentlich. Und auch wenn die konventionelle Angiografie als Referenzmethode noch deutlich schärfere Bilder liefert, empfiehlt sich MPI als vielversprechender Ansatz für eine strahlenfreie Alternative.

Wann könnte Magnetic Particle Imaging zum Einsatz beim Patienten kommen?

Das ist noch ein langer Weg. Zurzeit sind noch viele Hürden zu bewältigen – es gibt viele Forschungsfelder. So wird beispielsweise daran gearbeitet, die Eisenoxid-Nanopartikel für das Kontrastmittel weiter zu optimieren. Auch kann man so ein Kleintier-Gerät nicht einfach auf Menschengröße skalieren. Man braucht hierfür deutlich stärkere Magnetspulen.

Wo steht Deutschland bezüglich der MPI-Erforschung im weltweiten Vergleich?

Deutschland spielt hier eine herausragende Rolle! Entwickelt wurde die Technologie bereits von zwei deutschen Physikern im Philips Research Laboratory in Hamburg. Darüber hinaus gibt es hierzulande sehr viele Forschungsgruppen, die alle sehr stark sind, etwa eine Gruppe am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und an der Universität zu Lübeck sowie die Arbeitsgruppe von Professor Dr. Volker C. Behr an der Universität Würzburg, der ich angehöre. International leistet vor allem die University of California in Berkeley hervorragende MPI-Forschung.