

MRT-Sicherheit: Unsichtbare Anziehungskräfte mit enormer Kraft

Teil 2: Das statische Magnetfeld

Autorin: Dorina Petersen, freiberufliche MTRA

Das Magnetfeld des MRT ist immer in aktivem Zustand und immer gefährlich. Das Risiko darf in der Routine, im Notfall und unter Stress niemals vernachlässigt werden. Regelmäßige Schulungen und Bergungsübungen reduzieren die Gefahr, können diese jedoch nicht eliminieren. Patient:innen sollten grundsätzlich aufgeklärt werden. Die Aufklärungsbögen müssen kontrolliert werden. Haben die Patient:innen Implantate im Körper, ist es erforderlich sicherstellen, unter welchen Bedingungen das Implantat dem Magnetfeld ausgesetzt werden kann. Hierfür existieren verschiedene Quellen, die darüber Auskunft geben können. Wenn jedoch Regeln und Warnhinweise eingehalten werden, dann ist und bleibt eine MRT-Untersuchung für alle Beteiligten sicher.

Mit der Einführung der Magnetresonanztomographie (MRT) in den frühen 1980-er Jahren stieg die Exposition der Menschen gegenüber starken statischen Magnetfeldern. Sowohl Patient:innen als auch das Personal sind diesen Magnetfeldern ausgesetzt. Verwendung finden MRT-Systeme in den Bereichen zwischen 0,2-3 Tesla. Bisherige Studien ergaben, dass MRT-Systeme bis zu 8 Tesla kein „signifikantes Risiko“ für erwachsene Patient:innen und Personal darstellen, vorausgesetzt man hält sich an einige wichtige Regeln und Warnhinweise. Zur Wirkung höherer Feldstärken laufen derzeit Forschungsarbeiten.

Statische Magnetfelder wirken auf molekularer, zellulärer Organ- und Gewebeebene, so dass gesundheitliche Probleme wie z.B. Kopfschmerzen, Lichtblitze, Schwindel, Übelkeit, Konzentrationsschwächen, etc. im Zusammenhang mit MRT-Untersuchungen oder dem Arbeiten am Scanner auftreten können. Diese Probleme haben bisher keine beschriebenen, bleibenden Schäden verursacht und sind z.B. abhängig von der Stärke des Magnetfeldes ($3 T > 1,5 T$), der Bewegungsgeschwindigkeit innerhalb des Scanner(raum)s und der Dauer der direkten Exposition.

Das statische Magnetfeld

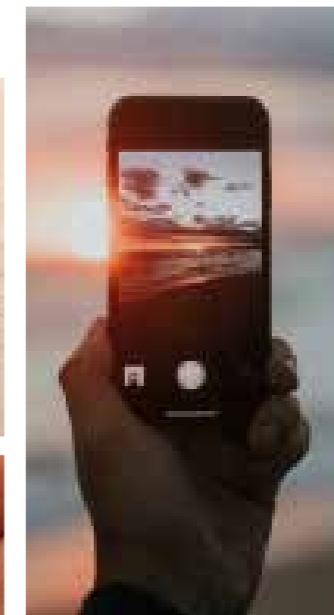
Im statischen Magnetfeld gibt es zwei Arten von Kräften, die auf einen ferromagnetischen Gegenstand einwirken: die Rotation und die Translation. Die Rotationskraft bewirkt, dass sich ein eisenhaltiges Objekt dreht. Es versucht sich in der Richtung des Hauptmag-

netfeldes B0 auszurichten und ist im Isozentrum des Magneten am stärksten. Die Translationskraft führt dazu, dass metallische Objekte ins Isozentrum gezogen werden („Raketeneffekt“). Die Fähigkeit, ferromagnetische Objekte wie z.B. Sauerstoffflaschen, Rollstühle, etc. mit großer Kraft zu gefährlichen Geschossen umzuwandeln, ist ein erhebliches Risiko für Patient:innen, Personen und den Scanner selbst. Dabei können auch sehr kleine Projektile zu erheblichen Schäden führen. Daher sollte es in jedem Institut eine strenge Anordnung geben, wer oder was in den Scanner(raum) gebracht werden darf (Unfallprävention). Zu beachten sind:

- ausreichende Warnhinweise in der unmittelbaren Umgebung des Scanners,
- ausreichende Informationen der Patient:innen über mögliche Gefahren wie z.B. Plakate in Umkleieräumen und
- eine immer geschlossene Tür zum Scanner(raum), um den Eintritt unbefugter Personen zu verhindern.

Bei der Vorbereitung von Patient:innen sind konkrete Empfehlungen zu beachten, die nicht oft genug wiederholt werden können:

- Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass Zuweiser:innen, Personal, Patient:innen, etc. die Untersuchungsmodalitäten (Röntgen, CT und MRT) voneinander unterscheiden können. Eine Aufklärung ist obligat.
- Der Aufklärungsbogen für Patient:innen muss in Sprache und Form verständlich sein. Patient:innen,



Beispiele für potentielle Gefahrenquellen, die durch Patient:innen in den Scanner(raum) eingebracht werden können



© Adobe Stock

die den Bogen nicht selbstständig ausfüllen können, brauchen Hilfe, z.B. von Angehörigen oder Dolmetscher:innen.

- Es muss sichergestellt sein, dass Patient:innen den Aufklärungsbogen verstanden haben. Dazu gehört auch das korrekte Übersetzen der Texte, z.B. durch Angehörige. Ob alles verstanden wurde, lässt sich im Gespräch überprüfen, indem Fragen aus dem Aufklärungsbogen wiederholt werden. Das bietet sich insbesondere an, wenn Fragen durchgängig mit „Nein“ oder „Ja“ beantwortet wurden oder keine persönlichen Angaben gemacht wurden.

Notfalldiagnostik mittels MRT

Eine Notfalldiagnostik ist eine Herausforderung, insbesondere bei intensivpflichtigen Patient:innen. Notfallmäßige MRT-Untersuchungen sollten nur bei schwer erkrankten Patient:innen, die von der Untersuchung profitieren, erfolgen. Wichtig kann z.B. sein, eine vital relevante Diagnose mit anschließendem Therapiebeginn zu stellen oder auszuschließen. Dabei ist in den Köpfen der Zuweiser:innen die Theorie verankert, dass auf eine Aufklärung bei Notfällen verzichtet werden kann. Per Definitionem ist ein Notfall, der eine Aufklärung in der Radiologie hinfällig macht, eine für die Person beste-

hende vitale Bedrohung. Diese Patient:innen müssen jedoch zum einen mit entsprechenden Überwachungsmöglichkeiten zur MRT-Untersuchung kommen und erfordern zum anderen teilweise aufwendige Untersuchungssettings mit unterschiedlichen Fachexpertisen, interdisziplinärer Zusammenarbeit, etc. Dementsprechend muss bei der Notfalldiagnostik während der kompletten Untersuchungszeit mindestens eine behandelnde ärztliche Person vor Ort sein, um bei einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes eingreifen zu können. Es gibt also keinen Grund, warum bei einer MRT-Untersuchung als Notfalldiagnostik auf eine Aufklärung verzichtet werden sollte.

Worauf ist bei einer MRT-Untersuchung zu achten?

Patient:innen oder Personen, die in der Vergangenheit von einem metallischen Fremdkörper oder Gegenstand wie z.B. einer Kugel, einem Schrapnell, etc. verletzt wurden, sollten vor einer MRT-Untersuchung gründlich untersucht werden. Personengruppen mit einer potentiellen Gefahr für metallische Fremdkörper sind z.B. Kriegsflüchtlinge, Schweißer:innen, Stahlarbeiter:innen, etc. Die Anamnese auf metallische Fremdkörper ist besonders wichtig, da schwere Ver-

Beispiele für potentielle Gefahrenquellen aus dem Krankenhaus, die in den Scanner(raum) eingebracht werden können



© Adobe Stock

letzungen durch die Bewegung des Fremdkörpers im Körper der Person auftreten können, weil das statische Magnetfeld an dem Fremdkörper „zieht“. Darüberhinaus kann es zu einer übermäßigen Erwärmung kommen. Das relative Verletzungsrisiko ist abhängig von den ferromagnetischen Eigenschaften des Fremdkörpers, der Geometrie und der Größe des Objekts, der Stärke des statischen Magnetfeldes, der Stärke des magnetischen Feldes des räumlichen Gradienten sowie von der Kraft, mit der das Objekt im Gewebe „fixiert“ wird. Vor der MRT-Untersuchung ist auch auszuschließen, dass Patient:innen Implantate im Körper haben oder Kontraindikationen bestehen. Daher ist zu beachten:

- Gibt es keinen Angehörigen, keine Voraufnahmen oder Möglichkeiten, mit den Patient:innen selbst zu sprechen, sollten Zuweiser:innen oder Radiolog:innen auf dem Aufklärungsbogen unterschreiben. Es muss die Verantwortung für die MRT-Untersuchung durch eine ärztliche Person übernommen werden, nicht durch eine:n MTRA!
- Aus Sicherheitsgründen ist zu empfehlen, dass die Patient:innen „alles“ bis auf die Unterwäsche ablegen. Ein Untersuchungshemd kann angeboten werden. Es verhindert das Einbringen von versteckten metallischen Objekten.
- Stationäre Patient:innen dürfen nur mit nicht-ferromagnetischen Rollstühlen oder Liegen ins

MRT gebracht werden. Es muss geprüft werden, ob Patient:innen ferromagnetische Objekte an sich oder bei sich tragen oder ob welche unter der Bettdecke sind.

- Auch für Begleitpersonen wie Angehörige gelten die gleichen Regeln, so dass diese ebenfalls gründlich kontrolliert werden müssen, um etwaige Gegenstände zu entfernen, bevor sie den MRT-Scanner(raum) betreten.
- Personal wie Honorarkräfte und Aushilfen, die zeitlich begrenzt vor Ort sind oder regelmäßig bzw. als Reaktion auf einen Notfall in die MRT-Umgebung eintreten müssen, sollten geschult werden sowie gegebenenfalls die Maßnahmen kennen, die im Notfall zu ergreifen sind.
- Regelmäßige Schulungen helfen, das potentielle Risiko zu senken. Dazu gehören MRT-Sicherheitsbelehrungen von Personen, die neu eingestellt werden oder neu am Arbeitsplatz sind, sowie von Personen, die Kontakt zum MRT haben könnten. Die Belehrungen sollten einmal im Jahr wiederholt, die Teilnahme dokumentiert werden.
- Wenn im MRT eine Nadel gelegt oder ein vorhandener Zugang (PORT) angestochen werden muss, ist sicherzustellen, dass die verwendeten Materialien antimagnetisch sind.
- Zudem ist sicherzustellen, dass sauerstoffpflichtige Patient:innen entsprechend versorgt werden können. Auf keinen Fall dürfen ferromagnetische Sauerstoffflaschen in der MRT-Umgebung liegen bleiben, denn ein Anreichen im Notfall kann eine Katastrophe verursachen. Daher sollten antimagnetische Sauerstoffflaschen in jedem Institut mit einem MRT vorhanden sein. Sie sollten sich farblich deutlich von magnetischen Flaschen abheben.
- Bergungsübungen helfen, bei einem Notfall das Richtige zu tun.

Bergungsübungen

Es kann Leben retten, einen bewusstlosen, reanimationspflichtigen oder eingeklemmten Patienten so schnell wie möglich vom Tisch zu bekommen. Notfallknöpfe wie die Home-Taste, zur Arretierung des Tisches oder der Quencknopf sollten den Kolleg:innen am Gerät bekannt sein. Arbeitsabläufe im Falle einer Rettung müssen koordiniert, stressfrei und routiniert ablaufen. Optimal ist, wenn die Person vom Tisch geborgen wird und sich bereits außerhalb des Scanner(raum)s befindet, wenn externes Personal, dem möglicherweise die Kenntnisse fehlen, zur Hilfe eintrifft. Reanimationen sollten immer außerhalb der MRT-Umgebung begonnen werden, da viele Materialien zur Reanimation nicht MRT-fähig sind.

Bei potentiell gefährdeten Patient:innen empfiehlt es sich, ein Tragetuch unter ihnen auf dem Tisch zu

platzieren. So kann die Person im Falle einer Bergung schnell von zwei oder besser vier Kräften aus dem Scanner(raum) getragen werden.

Die meisten schwerwiegenden Vorfälle ereignen sich durch Personen, die sich der Kräfte des Magnetfeldes nicht bewusst sind. Ein Beispiel: Im Juli 2001 ereignete sich ein tödlicher Unfall in den USA. Laut mehreren Zeitungsberichten erlitt der kleine Junge Michael Colombini durch eine Sauerstoffflasche einen tödlichen Schlag auf den Kopf. Sie war einem Arzt in einem 1,5-Tesla-MRT-System aus der Hand geflogen und wurde zu einem nicht aufzuhaltenden Projektil.

Implantate und MRT-Untersuchungen

Viele Implantate, Materialien, Geräte und Objekte sind für MRT-Verfahren und die MRT-Umgebung getestet. MRT-gesteuerte Biopsien sowie therapeutische und minimalinvasive chirurgische Eingriffe sind wichtige und häufige klinische Anwendungen. Problematisch sind auch hier metallische, chirurgische Instrumente und andere Geräte, die nur teilweise antimagnetisch sind oder durch Bearbeitung magnetisiert werden können. Verschiedene Hersteller haben „schwach“ ferromagnetische oder nichtmetallische Materialien entwickelt, um spezielle Instrumente für interventionelle MRT-Verfahren anzubieten. Andere Medizinprodukte und Geräte enthalten metallische Komponenten, die entweder vollständig nicht ferromagnetisch und nichtleitend sind, oder aus Metallen mit geringer magnetischer Empfindlichkeit bestehen. Dazu gehören Titan und nichtmagnetische Edelstahllarten. Sie sind für den Einsatz in der MRT-Umgebung akzeptabel. Aber: Dass ein Gerät, ein Implantat oder ein Gegenstand in einem 3-Tesla-Magneten kein Sicherheitsrisiko darstellt, heißt nicht automatisch, dass dies auch bei einem 1,5-Tesla-Magneten sicher ist oder umgekehrt.

MRT-Kennzeichnungen

MRT sicher (MR Safe): Gegenstände, die für Patient:innen zur MRT-Untersuchung oder für Personen in der MRT-Umgebung unter besonderer Bezugnahme auf die höchste statische Magnetfeldstärke, die für den MRT-Sicherheitstest verwendet wurde, keine Gefahr darstellen. Unter Verwendung der aktuellen Terminologie dürfen MRT sichere Gegenstände keine leitenden, metallischen oder magnetischen Komponenten enthalten, sondern nur antiferromagnetische Komponenten wie z.B. Kunststoff, Silikon und Glas.

MRT bedingt sicher (MR conditional): Gegenstände, die für Patient:innen zur MRT-Untersuchung oder für Personen in der MRT-Umgebung nur bedingt sicher sind. Dies ist abhängig von den spezifischen Be-



Beispiele für potentielle Gefahrenquellen, die am oder im Körper von Patient:innen in den Scanner(raum) eingebracht werden können



© Adobe Stock, privat

dingungen. Diese Bedingungen umfassen die statische Magnetfeldstärke, den räumlichen Gradienten, zeitveränderliche Magnetfelder (dB/dt), Hochfrequenzfelder (RF) und die spezifische Absorptionsrate (SAR).

MRT nicht sicher (MR unsafe): Ein Gegenstand wird als MRT unsicher betitelt, wenn ein potenzielles, realistisches Risiko oder eine Gefahr für Patient:innen oder Personen in der MRT-Umgebung existiert. Dies gilt hauptsächlich aufgrund der Bewegung oder Verschiebung ferromagnetischer Komponenten. Diese dürfen auf keinen Fall in die MRT-Umgebung eingebracht werden.

Zu beachten ist, dass externe magnetische Geräte kein Risiko darstellen, wenn sie nicht in die MRT-Umgebung eingebracht werden. Sind also keine Informationen zum eingebrachten Fremdkörper zu finden, dann wird die MRT-Untersuchung nur durchgeführt, wenn eine ärztliche Person die Verantwortung übernimmt und diese per Unterschrift bestätigt.

Quellen:
MRT Einstelltechnik und Protokolle – Dorina Petersen
MRI-Safety
ESUR Guideline 10.0
Applied MR Physics Excellence Cluster (AMPEC) Zürich