

MRT-Sicherheit: Verbrennungen als unterschätzte Gefahr

Teil 1: Das elektromagnetische Hochfrequenzmagnetfeld

Autorin: Dorina Petersen, MTRA

Mit durchschnittlich 13 Millionen Untersuchungen pro Jahr allein in Deutschland gehört die Magnetresonanztomographie zu den wichtigsten und aussagefähigsten Schnittbildgebungstechniken in der Diagnostik. Dennoch gehen Gefahren von ihr aus. Patient:innen müssen vor Verbrennungen geschützt werden.

Die MRT ist bei einigen Indikationen u.a. dem Ultraschall, dem konventionellen Röntgen und der Computertomographie überlegen. Das gilt vor allem in der Darstellung von Weichteilprozessen (Abb. 1). Ein entscheidender Vorteil ist das Fehlen ionisierender Strahlung. Stattdessen werden verschiedene elektromagnetische und magnetische Felder zur Bildentstehung verwendet. Werden alle bekannten Sicherheitsempfehlungen eingehalten, birgt die MRT weder für Personal noch Patient:innen ein gesundheitliches Risiko. Die Radiologie unterscheidet drei Felder im MRT:

- das elektromagnetische Hochfrequenzmagnetfeld,
- das starke statische Magnetfeld und
- das Gradientenmagnetfeld.

Von jedem dieser Felder geht eine potenzielle Gefahr aus. Hier geht es um das elektromagnetische Hochfrequenzmagnetfeld.

Hochfrequenzfelder-Impulse und ihre Einsatzfelder

In der MRT kommt es auf die zeitliche und räumliche Auflösung an. Immer höhere Magnetfeldstärken werden verwendet und benötigt, um diesen Ansprüchen gerecht zu werden. Während der MRT wird die zu untersuchende Person einem zeitlich veränderten elektromagnetischen Feld im Hochfrequenz(HF)bereich, das Ströme induziert (Abb. 2), ausgesetzt. Üblicherweise erstrecken sich diese Felder von 100 kHz bis 300 GHz. Die biologischen Effekte, welche durch das HF-Feld verursacht werden, lassen sich in nicht-thermische Effekte (aufgrund direkter Wechselwirkung des Magnetfeldes mit dem Gewebe) und in thermische Effekte (aufgrund der induzierten Ströme) einteilen.

Der Temperaturanstieg im Gewebe aufgrund der HF-Energieabsorption ist abhängig von den Gewebeeigenschaften, der Art des HF-Impulses, der Wiederholungszeit und der Frequenz selbst. Chemische Elemente im Körper – vor allem Wasserstoff – werden mit einem starken, statischen Magnetfeld magnetisch angeregt und richten sich entlang des Feldes aus. Aufgrund unterschiedlicher Gewebe erfahren nicht alle Elemente die gleiche Energie. Durch das Anlegen eines Hochfrequenzimpulses im Bereich der sogenannten Larmorfrequenz kann eine zusätzliche Energie zugeführt werden. Je höher die Feldstärke, desto höher das gemessene Signal. Ein starkes Signal bedeutet auch, dass sich die Messzeit verkürzt, die Auflösung der Bilder zunimmt und sich das Signal-Rausch-Verhältnis erhöht. Höhere Feldstärken führen jedoch dazu, dass kurzweilige Energien auf den Körper treffen. Sie können unter bestimmten Voraussetzungen zu Verbrennungen führen. Bestimmte Organe wie Augen und Hoden sind aufgrund mangelnder Durchblutung sehr hitzeempfindlich und können geschädigt werden.

Verbrennungsgefahr ist nicht zu unterschätzen

Während einer MRT ist die Temperatur von Patient:innen nicht einfach festzustellen. In den üblichen Sicherheitsnormen, Richtlinien und Leitlinien gibt der SAR-Wert (spezifische Absorptionsrate) Orientierung. Der SAR-Wert sollte mit der Einheit Watt pro Kilogramm (W/kg) für den menschlichen Körper nicht größer als 2 W/kg sein. In Ausnahmefällen können MTRA manuell ins erste Level schalten und so die SAR auf 4 W/KG erhöhen. Das bedeutet aber auch, dass sich die Körpertemperatur bei einer Scandauer von 20 bis 30 Minuten um etwa 0,6°C erhöhen kann.

Zu beachten ist, dass das SAR bei 3 Tesla etwa viermal so hoch ist wie bei 1,5 Tesla. Daher sollte auf keinen Fall bei kleinen Kindern, Schwangeren, instabilen und fieberigen Patient:innen mit Implantaten ins erste Level geschaltet werden. Es ist abzuwägen, ob diese Patient:innen besser bei 1,5 Tesla als bei 3 Tesla untersucht werden. Eine genaue Indikationsprüfung ist erforderlich, die Grenzwerte sind einzuhalten. Viele Softwareprogramme stoppen den Scan automatisch oder geben einen Hinweis, dass es für Patient:innen zu warm werden kann. Ist dies der Fall, sollte die Untersuchung unter den angegebenen Parametern fortgesetzt werden (Abb. 3). Selbst wenn der SAR-Grenzwert immer eingehalten wird, kann es zu „Hot Spots“ bei Patient:innen kommen. Die Gefahr einer Verbrennung ist nie zu unterschätzen.

Metallfasern in Kleidung und Armbändern

Kommen Patient:innen zum MRT, denken sie in erster Linie an die Enge, den Lärm und ggfls. irrtümlicherweise an ionisierende Röntgenstrahlung. Die Wenigsten kennen den Unterschied zwischen MRT und CT. Viele meinen, Bescheid zu wissen, da sie schon einmal in der Röhre lagen. Selbst bei Patient:innen, die sich anscheinend auskennen, dürfen Anamnese und Aufklärung niemals zu kurz kommen. Man muss sich vergewissern, dass

- die Taschen wirklich leer sind,
- alle Metallteile vom Körper entfernt wurden,
- die Kleidung, welche die Patient:innen anlassen möchten, wirklich keine gefährlichen Fasern enthält.

Die meisten Menschen achten auf ferromagnetische Metalle wie Eisen, Nickel und Kobalt, die dem Magneten auf keinen Fall zu nahe kommen dürfen. Halsketten, Ringe und Piercings werden jedoch schnell vergessen. Auch Medikamentenpflaster und Metallfasern, die in den Nähten der Kleidung, Identifikations- oder Fixierungsbändern der Patient:innen sowie Festivalarmbändern stecken, können sehr gefährlich werden.

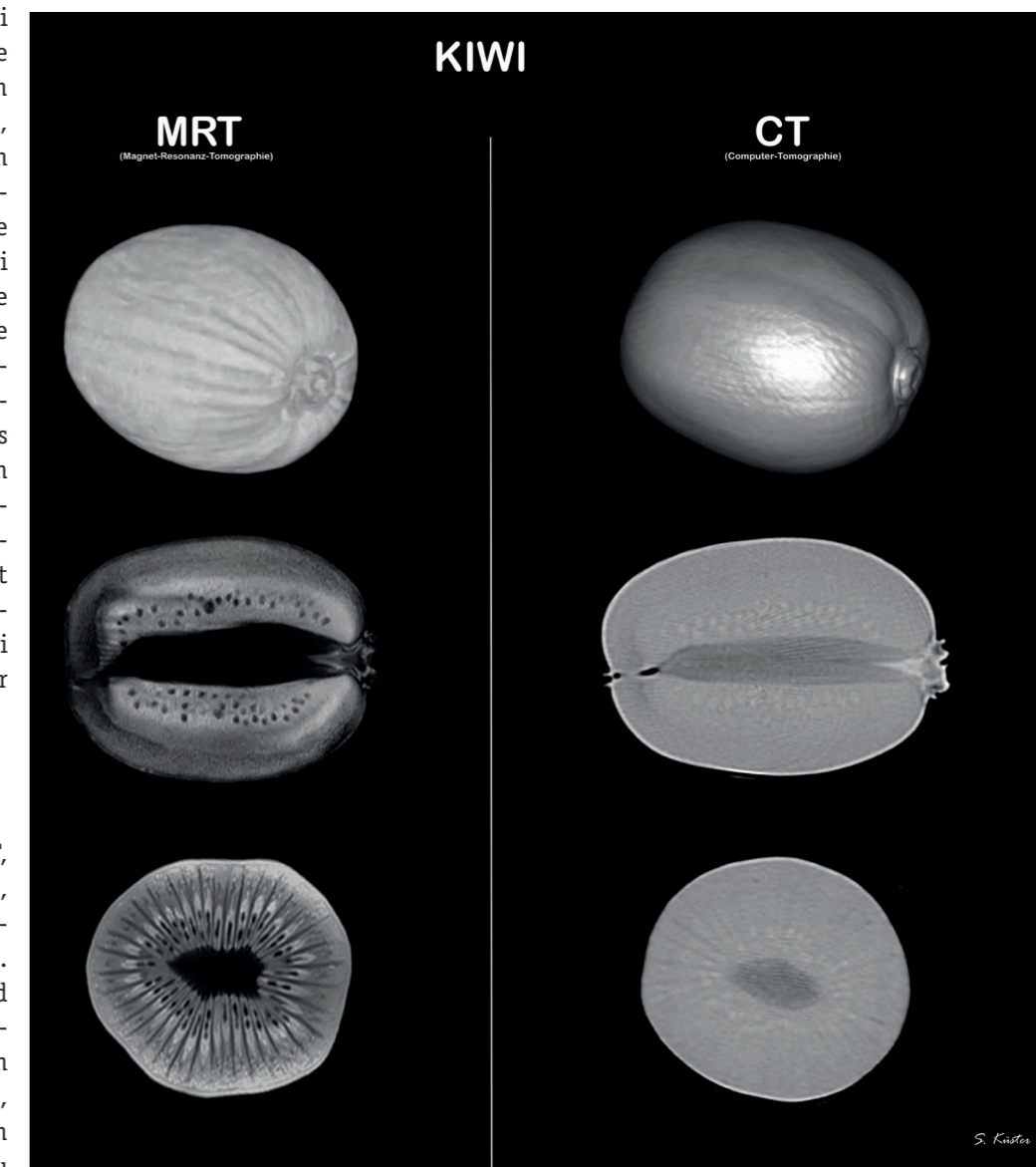


Abb. 1: Unterschiede zwischen MRT und CT in der Weichteildarstellung einer Kiwi-Frucht



Abb. 2: Im MRT erfolgt eine Induktion von Strömen auch ohne eine eingeschaltete Stromversorgung

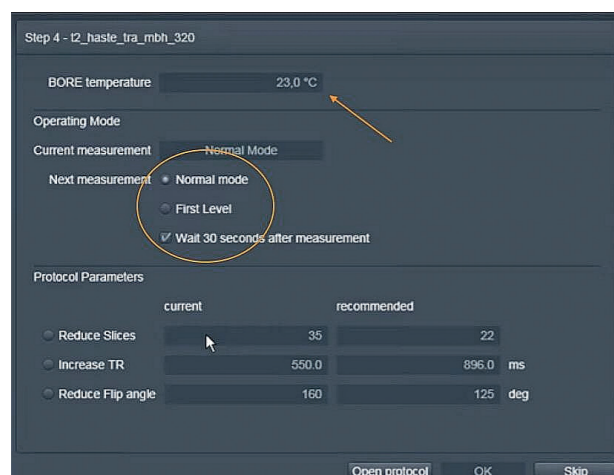


Abb. 3: Warnhinweis

Je höher der HF-Impuls, desto kurzweiliger die Energie. Deshalb ist Gewebe in der Nähe von Implantaten gefährdet. Grund sind die Leitfähigkeitsunterschiede an Grenzflächen. Sie führen zu einem erhöhten Widerstand, was zu einem Temperaturanstieg führen kann. Potenziell gefährdet sind auch adipöse, stark schwitzende Patient:innen, weil sie sich nicht optimal im Gerät lagern lassen.

Patient:innen schützen, Verbrennungen verhindern

Wann immer es um die MRT geht, wird mit Nachdruck erwähnt, dass der Scanner-Raum mit Sauerstoffflaschen, Rollstühlen, Betten, Tragen und anderen metallhaltigen Dingen nicht betreten werden darf. Auf Implantate wie Herzschrittmacher, Medikamentenpumpen und Prothesen muss ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Vernachlässigt werden häufig die Gefahren, die von Patient:innen selbst ausgehen oder durch Unwissen bzw. Unachtsamkeit entstehen. Dazu zählen:

- Adipositas
- Hautkontakt an Beinen und Armen
- suboptimale Lagerung in der Spule oder im Tunnel
- Berührung der Tunnelwand oder direkter Hautkontakt mit der Spule
- Schweiß, nasse Kleidung, nasse Haare, nasse Windelhosen
- EKG Leitungen, Pulsoximetrie, Medikamentenpflaster
- Verbände
- Fieber
- Tattoos und /oder Permanent Make Up (die Eisenoxide enthalten können)

Viele Patient:innen wissen nicht, wie viel Wärme im MRT normal ist und wann die Gefahr einer Verbrennung besteht. Sie melden sich nicht, zumal sie angewiesen wurden, still zu liegen. Daher ist es so wichtig, dass MTRA im Vorfeld aufmerksam sind. Auf folgendes ist zu achten:

- Patient:innen sollten MRT-taugliche Kleidung tragen. Bestenfalls sind dies spezielle Kasacks mit langen Armen und langen Hosenbeinen, um Haut-zu-Haut-Kontakt zu vermeiden. Die Kleidung darf keine Anteile enthalten, die aus Metall, Metalllegierungen, kunststoffbeschichtetem Metall, metallbeschichtetem Kunststoff oder aus einem vollständig mit Metall ummantelten Kern bestehen. Metallhaltige Fasern sind antistatisch und kommen in Woll- und Strickprodukten vor. Sie werden als Zierde eingesetzt oder wegen ihrer antimikrobiellen Wirkung in Sport-, Winter- und Alltagskleidung mit Baumwoll-, Synthetik-, und Nylonfasern verzwirrt. Da sich die Kleidung durch elektromagnetische Impulse erhitzen kann, können bei Patient:innen im MRT Verbrennungen auftreten. Sogar die Kleidung selbst kann Feuer fangen.
- Halsketten, Armbänder und Schlüsselanhänger sind abzulegen. Nikotin- und Schmerzplaster müssen entfernt werden. Sollten Patient:innen dazu nicht bereit sein, sollte ihr Widerstand schriftlich dokumentiert und von ihnen unterschrieben werden.
- Die Haut sollte keinen direkten Kontakt mit der Spule (Body, Flex, Spine...) haben. Zwischen Haut und HF-Spule muss immer eine mindestens 1 cm dicke Schicht aus Isoliermaterial oder Luft sein. Werden Abdomen oder Becken untersucht, ist es ratsam, die Arme über den Kopf zu nehmen oder ein Polster zwischen Arm und Spule zu platzieren. Auf jeden Fall sollten die Arme nicht die Spule berühren, wenn sie neben dem Körper liegen. Gleiches gilt für den Tunnelrand. Sind Patient:innen adipös, dann werden die nackten Arme häufig zwischen Spule und Tunnelwand eingeklemmt – ebenfalls ein Verbrennungsrisiko.
- Das Gewebe eines Menschen ist leitfähig, daher kann es S-, U- oder kreisförmige Leiterschleifen bilden. Diese Gefahr besteht, wenn Patient:innen die Beine übereinanderschlagen oder die Hände verschränken. Das ist ebenso wie der Ohr-zu-Oberarm-Kontakt in der Superman-Position unbedingt zu vermeiden. Bei korpulenten Patient:innen schützen Tücher oder Polster zwischen den Oberschenkeln oder in den Achselhöhlen.
- Lange Prothesen, Nägel oder Implantate können an den Enden überwärmen. Dieser Effekt ist bei Werten größer als 3 Tesla höher als bei 1.5 Tesla. Daher sollten lange Implantate eher bei 1.5 Tesla untersucht werden.
- Werden für die Untersuchung Überwachungsmodalitäten benötigt, sollten diese MRT-sicher sein. So sind z. B. die EKG-Leitungen mit Tüchern, Krepppapier oder Mullplatten zu unterpolstern, so dass es weder einen Hautkontakt noch einen direkten Kontakt mit der HF-Spule gibt. EKG-Elektroden müssen antimag-

netisch und die Hautoberfläche gereinigt und trocken sein. Die EKG Kabel dürfen sich nicht kreuzen.

- Vor der Untersuchung muss geprüft werden, ob die Isolierung aller Kabel, Spulenkabel, Spulen und Gehäuse unversehrt ist. Nicht verwendete Spulen oder elektrisch leitfähige Materialien sind zu entfernen.
- Patient:innen sollten nicht mit nassen Haaren, nasser Kleidung oder stark schwitzend ins MRT gelegt werden. Windelhosen inkontinenter Patient:innen müssen trocken sein.
- Patient:innen mit Tattoos oder Permanent Make Up sollten für mögliche Wärmeentwicklungen sensibilisiert werden. Es dürfen keine nassen Tupfer auf die Augen oder auf das Tattoo gelegt werden. Bei Wärmeentwicklung wird die MRT-Untersuchung abgebrochen (Abb. 4).
- Auch wenn es kalt im MRT ist, sollten Patient:innen nicht warm eingepackt werden. Ein dünnes Laken ist möglich, eine Decke nicht.
- Patient:innen mit Fieber sollten nicht im MRT untersucht werden, da ihre Temperatur sich zusätzlich erhöhen kann – auch bei einem Standardscan mit „normalen“ Sequenzen und Parametern. Eine genaue Indikationsprüfung ist erforderlich.
- Patient:innen mit eitrigen oder stark infizierten Wunden sollten nicht ins MRT, da Entzündungen sich durch Wärme verschlimmern können. Wenn es nicht anders geht, dann nur kurz.

Zeichen für eine Verbrennung

Verbrennungen verursachen Schmerzen. Drückt jemand während des Scans den Notfallknopf, ist es häufig schon zu spät. Dann ist der Schmerz bereits so stark wie bei der Berührung einer heißen Herdplatte. Dies kann z. B. beim Erhitzen der EKG-Leitungen entstehen.

Tritt eine Körperschleife auf oder berühren sich Haut und Haut oder Haut und HF-Spule, bemerken die Patient:innen die Verbrennungen häufig nicht während des Scans. Grund könnte sein, dass diese punktuellen Verbrennungen häufig im Fettgewebe direkt unter der Haut stattfinden. Dort sind keine Schmerzrezeptoren. Die Patient:innen bemerken die Verbrennungen häufig erst zu Hause, etwa durch einen Juckreiz an Waden, Oberarmen, Händen oder Ohr. Sollten Patient:innen ein Jucken erwähnen, muss die

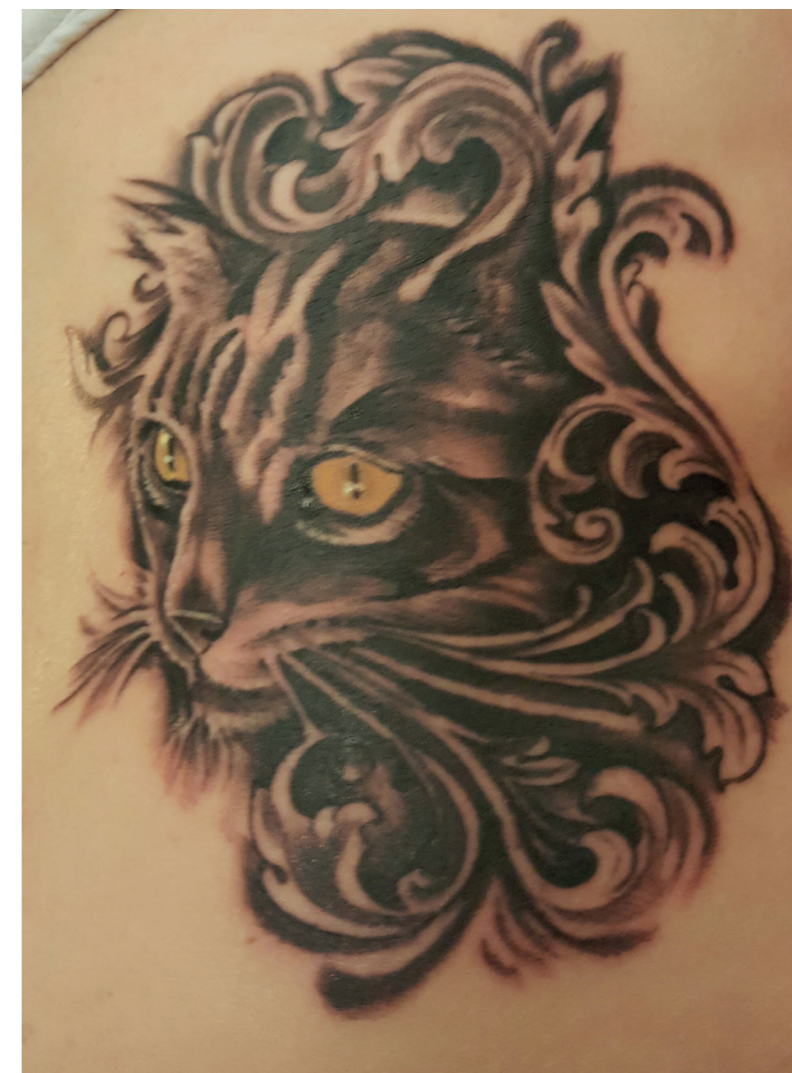


Abb. 4: Tattoo mit Entzündung

untersuchende Person hellhörig werden. Innerhalb von etwa 30 bis 40 Minuten kann ein harmlos wirkender Juckreiz zu Blasen und Verbrennungen 1. bis 2. Grades werden. Besondere Vorsicht ist bei sedierten oder geistig eingeschränkten Patient:innen geboten, weil sie sich nicht gut äußern oder Gefahren nicht richtig deuten können.

Eine gute Vorbereitung ist das A und O

Das MRT ist und bleibt eine der wichtigsten modernen Bildgebungstechniken mit einem qualitativ hochwertigen Bildergebnis. Werden alle Sicherheitsmaßnahmen korrekt angewendet, ist eine sichere Bildgebung problemlos möglich. Auch im Alltag, in Stresssituationen und während der Routine sollten wichtige Sicherheitsaspekte niemals aus den Augen verloren und Patient:innen stets ernst genommen werden. Eine gute Vorbereitung ist das A und O.

Weiterführende Literatur:

www.mrisafety.com
leitlinien.dgk.org