

Fémek az MR-ben

Várallyay György

Az MR-vizsgálat statikus mágneses tér, időben változó mágneses tér és rádiófrekvenciás elektromágneses terek alkalmazásával történik. Ezek hatást gyakorolnak a betegre és a vizsgálóba kerülő fémtárgyakra is. A fémtárgyak elmozdulhatnak, nemkívánatos áramok indukálódhatnak, melegedés jöhet létre. Ma már az implantátumok többsége biztonsággal vihető MR-be, de továbbra is kontraindikált a vizsgálat olyan esetekben, amikor a beteg szervezetében pacemaker, ferromágneses aneurysmaklip, cochlearis implantátum, illetve gyógyszeradagoló pumpa van.

MRI, biztonság, implantátumok

Metal objects in the MR

During magnetic resonance imaging the patient is exposed to three different types of electromagnetic radiation: static magnetic field, gradient or time varying magnetic fields and radiofrequency electromagnetic fields.

The potential risks associated with performing MRI in patients with ferromagnetic implants, materials, or devices are related to the possibility of movement or dislodgement, to the induction of electrical currents and to the heating. The majority of metallic implants are considered to be safe for MRI, but patients with cardiac pacemakers, ferromagnetic aneurysm clips, cochlear implants, implantable drug infusion pumps should not be examined by MRI.

MRI, safety, implants

DR. VÁRALLYAY GYÖRGY (levelezési cím/correspondence): Országos Onkológiai Intézet, Radiológiai Diagnosztikai Osztály/
National Institute of Oncology, Department of Diagnostic Radiology; H-1122 Budapest, Ráth György u. 7-9. E-mail:
varally@freemail.hu

Az MR-berendezés és -vizsgálat veszélyes lehet, ha bizonyos fémtárgyak kerülnek a vizsgálóhelyiségbe. Személyek sérülhetnek: a beteg, a beteg kísérői, az MR-laboratórium személyzete, a látogatók. Súlyos kár érheti az MR-berendezést, ha nagyobb ferromágneses tárgyat ránt magához. Károsodhat maga az MR-be bevitt tárgy is.

Másrészt viszont tudatában kell lenni annak,

hogy számos fémtárgy – elsősorban bizonyos implantátumok – jelenléte nem jelent veszélyt a betegre: ezekkel az MR-vizsgálat elvégezhető. Ez esetben azzal veszélyeztetjük a beteget, ha a kórisme felállításához nélkülözhetetlen MR-vizsgálatot megtagadjuk.

Bizonyos fémtárgyak esetében tehát tilos az MR-vizsgálat, más fémtárgyak viszont nem jelenthetnek kontraindikációt.

FIZIKAI HATÁSOK AZ MR-BEN

Statikus mágneses tér

A 0,2–1,5 Tesla erősségű mágneses tér a ferromágneses anyagokra – alapvetően a vasra és ötvözeteire – vonzást gyakorol. A vonzóerő azonban a fémdarab mágnesközeli részére ható vonzás és a mágnestávoli részére ható taszítás eredője. Nagyobb tömegű tárgyaknál jelentős a mágnes irányába az egész testre vonzásként ható erő. Ha a fémtárgy szabadon elmozdulhat, igen nagy sebességre felgyorsulva repül a mágnes felé. Homogén mágneses térben – cső alakú mágneseknél a vizsgálatra alkalmas, körülbelül fél méteres szakaszon – vonzás már nem érvényesül. Kisebb tömegű tárgyaknál a longitudinális húzóerőnél veszélyesebb lehet a mágneses tér forgató hatása: a ferromágneses fémdarabokat hossz tengelyükkel a tér irányába állítja. Jelentős lehet a forgatónyomaték viszonylag kis tömegű, de hosszú tárgyakkal. Agyi aneurysmára helyezett klip esetében például a klip elforgatása jelenti az érsérülés fő veszélyét. A forgatóhatás a homogén térben is érvényesül mindaddig, míg a tárgy hossz tengelye be nem fordult a mágneses tér irányába.

Változó mágneses tér

A mágneses képalkotás során a térben fokozatosan változó erősségű mágneses tér alkalmazása teszi lehetővé az egyes térfogatelemek azonosítását. Ezek a grádiens mágneses terek igen rövid idő alatt keletkeznek, fejtik ki hatásukat és szűnnek meg. A gyorsan változó mágneses tér örvényáramokat indukál a vezetőközegekben, tehát a fémekben és a szövetekben is. Ennek hőhatása melegekedést okozhat. A ferromágneses anyagokban az átmágnesesződés folyamán is hő keletkezik. Részben ezek okozzák a túlságosan betakart és hosszan vizsgált beteg testhőmérsékletének emelkedését.

Elektromágneses tér

A gerjesztéskor leadott rádióhullám a vezetőhurokban áramot indukálhat. Megjelenhet indukált áram a beteg szervezetében, összetett kezek vagy combra helyezett kezek esetében az általuk alkotott hurokban. Bár ez csak rendkívül ritkán okoz bajt – összeérő térdek égési sérüléséről már beszámol-

tak –, a beteg elhelyezésénél általában kerülni kell zárt körök kialakulását.

Indukált áram keletkezhet a zárt áramkört képező fémtárgyakban is. Ennek fő veszélye abban rejlik, hogy megzavarja az elektromos működésű eszközöket: pacemakereket, motoros gyógyszeradagolókat.

Az elnyelt és kisugárzott elektromágneses energia különbsége a beteget melegíti és melegekedést okoz a fémekben is¹. A fémek kísérleti körülmények között jelentősen, 20-30 fokkal is melegekedhetnek. In vivo a melegekedés kisebb fokú, mert a véráram és a szövetek elvezetik a hőt.

MR-BE NEM VIHETŐ FÉMTÁRGYAK

Általánosan érvényes, hogy az MR-vizsgálóba ferromágneses tárgyat nem szabad bevinni, mert azokat a mágnes magához rántja. A nagy sebességgel repülő tárgy megüti a beteget, nagyobb tárgy a mágneshez is szoríthatja.

Ilyenkor szükség lehet a mágnes azonnali leállítására (quench), ami szupravezető mágnes esetén a hélium nagy részének elvesztését okozza. Ha nem is történik személyi sérülés, az ilyen balesetek nagy anyagi kárral, a berendezés többnapos leállításával járnak.

A beteg ellátásával kapcsolatos eszközök

A következő tárgyak közül csak azok vihetők be az MR-be, amelyek e célra készültek, tehát MR-kompatibilisak: hordágy, tolószék, járókeret, fémbot, altató-, lélegeztető-, szívóeszközök, pulzoximéter, perfúzor, olló, kocher, tű, fémfecskendő, reszelő, fonendoszkóp, vérnyomásmérő, laringoszkóp.

Nagyobb térerejű MR-készülék mellett speciális, nem mágnesezhető fekvőkocsi szükséges a járóképtelen beteg beszállítására.

Itt említendő, hogy az MR-vizsgálóban nem szabad resuscitációt folytatni. A beteget haladéktalanul biztonságos helyre kell vinni, ahol az újraélesztéshez szükséges fémeszközök nem jelentenek veszélyt.

Zsebben, testfelületen lévő fémtárgyak

Sok kisebb-nagyobb fémtárgy berepülhet a mágnesbe, és a beteg sérülését okozhatja: hajcsat, bics-

ka, olló, biztosítótű, toll, pénz (különösen a százforintos), kulcs, telefon, diktafon, óra, ékszer, pisztoly, bilincs.

Személyi sérülés veszélyét nem jelentik a mágneses adathordozók (mágneskártya, mágneskulcs, flopi és magnószalag), de az erős mágneses térbe kerülve információtartalmuk elvész.

IMPLANTÁTUMOK

Az implantátumok vizsgálatával kapcsolatos irodalom döntő többsége *Shellock* munkásságának terméke. A diagnosztikában alkalmazott különböző térerőknél meghatározta az egyes implantátumok melegedését és ferromágneses viselkedését: a testre ható vonzóerőt és a forgatóhatást. Számos lista, közlemény, zsebkönyv jelent meg *Shellock* vizsgálatai alapján, többször felfrissítve, legutóbb 2002 novemberében². Az adatok mindenki számára hozzáférhetők a Bracco által fenntartott internetes oldalon: www.mrisafety.com. Itt – ingyenes regisztrációt követően – megtudható, hogy egy adott implantátum MR-be vihető-e vagy nem.

Pacemaker

Pacemakeres beteget nemcsak az MR-vizsgálóba, hanem annak kijelölt körzetébe sem szabad vinni. A régebben gyártott készülékekre jelentős mágneses erő hat, amely elmozdíthatja a pacemakert. Az újabbak kisebb méretűek, kevés bennük a ferromágneses anyag, így a mágneses erő kicsi, elmozdulástól nem kell tartani. A pacemaker működését elsősorban a rádióhullám zavarja: előfordul, hogy a beállítottnál lényegesen nagyobb pulzusfrekvenciát diktál. Elektródája jelentősen melegedhet³. Természetesen nemcsak a beültetett, hanem a külső pacemakerek sem vihetők az MR közelébe.

Több közlemény jelent meg pacemakeres betegek MR-vizsgálatának lehetőségeiről. Külső pacemakerrel és fémelektroda helyett száloptikás elektródával végezhető MR-vizsgálat⁴. Komplikációmentes végtagvizsgálatot végeztek pacemakeres betegen 0,2 teslás készülékkel⁵. Nagyobb térerejű mágnesben is történtek már vizsgálatok, a pacemaker speciális beállításával, monitorozással, sürgősségi készültséggel. Jelenleg azonban még általános szabálynak kell tekinteni, hogy pacemakerrel nem vizsgálható a beteg.

Elektromotoros gyógyszeradagolók, egyéb elektronikus implantátumok

Ezeket a készülékeket is tilos az MR-be vinni. Nemcsak átmenetileg zavarja a működésüket az MR, hanem végleg elromolhatnak.

Traumatológiai, ortopédiai implantátumok

A traumatológiában, ortopédiában használt újabb implantátumok – csont rögzítéshez használt szögek, lemezek, csavarok, drótok, valamint az ízületi protézisek – már nem ferromágnesesek és így MR-be vihetők. A régebbi nagy volumenű ferromágneses implantátumok nem vihetők MR-be. A kis volumenűek, például szögek, drótok, csavarok, nem jelentenek veszélyt, de környezetükben értékelhetlenné teszik a képet. Sok esetben az MR-vizsgálat el sem indul, mert a berendezés az inhomogénná tett mágneses térben nem képes elvégezni a hangolást. A modern, nem ferromágneses implantátumok is adnak műterméket, de a kép általában értékelhető. A gerinc csatorna megítélését például a lemezes-csavaros implantátumok kevésbé zavarják az MR-képeken, mint a CT-képeken.

Csontokban lévő fémimplantátumoknál néha előfordul, hogy a beteg melegedésre vagy fájdalomra panaszkodik. Ilyenkor rövidíteni kell a vizsgálatot, súlyosabb panasz esetén megszakítani.

Agyban elhelyezett aneurysmaklipek

E klipeknek számos fajtája van, amelyek alakban, méretben és anyagban különböznek egymástól. Némelyek hosszabbak 2 cm-nél. A régebbi aneurysmaklipek ferromágnesesek voltak, de a legújabbak között is van ferromágneses⁶. A klip az aneurysma nyakának leszorítására szolgál. Ha a mágneses tér iránya eltér a klip tengelyének irányától, a mágneses tér elfordítja a klipet, és azzal együtt az aneurysmanyakat lecsavarhatja az érről. Ez intracranialis artériás vérzést eredményez, és végzetes következménnyel jár⁷.

A fentiek értelmében aneurysmaklippel általában tilos a beteget az MR-be vinni. Csak akkor vizsgálható a beteg, ha a klip dokumentáltan nem ferromágneses⁸.

MR-vizsgálatra küldött eszméletlen betegek esetében elsősorban az aneurysmaklip lehetősége miatt szükséges nagy óvatosság. Egyre gyakoribb,

hogy súlyos állapotú betegnél MR-t kérnek első képképző vizsgálatként. Ez szakmailag elfogadható, de a biztonsági szempontokat nem szabad figyelmen kívül hagyni. Ha nem egyértelmű, hogy a betegnek nem volt korábban aneurysmaműtétje, az MR előtt jól értékelhető, nem alulexponált röntgenfelvétel vagy CT-vizsgálat szükséges.

Dura mater klipek

A koponyaműtétek során behelyezett duraklipek többnyire nem ferromágnesesek. Kis tömegűek, rövidek, a durához rögzítettek. Ezért, még ha ferromágnesesek is, veszélyt jelentő elmozdulás nem következik be. A képen műterméket okoznak. A duraklipek nem jelentenek MR-kontraindikációt.

Fémvarratok mellkasban, hasban

A fémvarratokkal rendelkező betegek vizsgálhatók, mert e varratok nem ferromágnesesek, és kis volumenűek.

Coilok, filterek, stentek

A vascularis implantátumokat néhány hét alatt beborítja az intima. Tömegük kicsi. Így, még ha kissé ferromágnesesek is, beültetés után hat héttel MR-be vihetők⁹. Az éren belül már nem képesek elmozdulni, az egész ér elmozdításához a mágneses erő kicsi. Érvényes ez a coronariastentekre is. Kis fémes műterméket adhatnak.

Szívbillentyűk

A fémtartalmú műbillentyűk egy része enyhén ferromágneses. Az intravasculáris stentekhez hasonlóan gyorsan rögzülnek. Tömegük kicsi. A billentyűre ható mágneses erő lényegesen kisebb, mint a szívizom ereje, így kóros elmozdulástól nem kell tartani. Hat héttel a beültetés után a beteg vizsgálható MR-rel, de ismernünk kell a műbillentyű típusát^{10, 11}.

Fülészeti implantátumok

A kivehető hallókészülék az MR-vizsgálat előtt eltávolítandó.

Cochlearis implantátumok nem vihetők MR-be, mert minimális elmozdulásuk is olyan nyomásváltozást okoz a belső fül folyadékterében, ami óriási hangingeret és maradandó belsőfül-károsodást okozhat. Egyéb ferromágneses fülészeti implantátumok sem vihetők MR-be. A nem ferromágnesesek vizsgálhatók¹². Minden fülészeti implantátumot azonosítani kell, és csak az engedélyezett típusok vizsgálhatók MR-rel.

Szemészeti implantátumok

A műszemmel rendelkező beteg MR-be vihető, ha a röntgenfelvételen nincs fémárnyék. Ha fémtartalmú az implantátum, a típus megadásával a megfelelő listából kiolvasható, hogy mehet-e a beteg az MR-be. Vannak ugyanis olyan implantátumok, amelyek elmozdulhatnak a mágneses térben, és orbitális sérülést okozhatnak¹³.

Fogászati implantátumok

Fennáll az elvi lehetősége annak, hogy az MR-vizsgálat során létrejött indukált áram hatására az amalgámtömésekből elektrolízis révén mérgező higanyvegyületek szabadulnak fel. A gyakorlatban ennek nincs jelentősége.

MR-vizsgálat előtt minden kivehető fogpótlást el kell távolítani.

A fogszabályozók, hidak, csapok, koronák lehetnek ferromágnesesek. Ezek elmozdulásától nem kell tartani, a beteg vizsgálható MR-rel. A fémes műtermékek viszont igen kifejezetten lehetnek, a koponya egy részének megítélése olykor lehetetlen. Ha az MR-vizsgálat ebben a régióban feltétlenül szükséges, indokolt az implantátum eltávolítása.

Kis számban vannak eleve mágneses fogászati implantátumok. Ezeknek MR-be vitele nem ajánlott.

Lövedékek, szilánkok

Háborús sérülések, balesetek következtében is juthat a szervezetbe fém idegen test. Ezek többsége ferromágneses. A régóta a csontban, az izomban, subcutan szövetben lévő idegen test általában nem jelent kontraindikációt. A szemben, az orbitában lévő apró vasdarab viszont sérülést okozhat az erős mágneses térben. Mellkasban, hasban lévő idegen

testek esetén az idegen test alakja, mérete, helyezete, valamint a sérülés óta eltelt idő alapján kell mérlegelni, hogy MR-be vihető-e a beteg.

FELADATOK AZ MR-VIZSGÁLATOK BIZTONSÁGA ÉRDEKÉBEN

Ipar

Az implantátumokat gyártó cégek gyorsan alkalmazkodtak az MR támasztotta követelményekhez. Az implantátumok többsége ma már nem ferromágneses, így nem jelent veszélyt az MR-ben. Kíváncsús, hogy minden implantátumon tüntessék fel, hogy ferromágneses-e vagy nem.

Implantáló orvos

A fémimplantátumot behelyező orvosnak a zárójelentésben meg kell adnia az implantátum típusát. Tudatnia kell a beteggel, hogy ezek után MR-rel vizsgálható lesz-e vagy nem.

Háziorvos

A háziorvosnak tudnia kell a beültetett implantátumról, és ha az MR-kontraindikációt jelent – hasonlóan például a gyógyszerérzékenységhöz –, fel-tűnő helyen dokumentálnia kell.

Beutaló orvos

Nem szabad MR-be utalni a beteget, ha az anamnézis felvétele és az előző dokumentációk alapján megállapítható, hogy MR-inkompatibilis implantátuma van. Kétes esetben a beutaló orvos konzultáljon az MR-laboratóriummal, és a beutaló szövegében tüntesse fel az implantátumot, írja le annak típusát.

Vizsgáló orvos, MR-személyzet

A beteg kikérdezése és írásbeli nyilatkozata alapján meg kell győződni arról, hogy nincs veszélyt jelentő fém a betegben. Kérdéses esetben röntgen- vagy CT-felvétel készíten-dő. Különösen érvényes ez eszméletlen vagy zavart betegre. A repülőtéri bizton-

AZ MR-VIZSGÁLAT SZEMPONTJÁBÓL KÉRDÉSES TÁRGYAK

Tilos MR-be vinni:

Pacemaker.
Ferromágneses vagy azonosítatlan agyi aneurysmaklip
Cochlearis vagy egyéb ferromágneses fülészeti implantátum.
Azonosítatlan fémes szemészeti implantátum.
Motoros, elektronikus implantátum.
Nagy tömegű ferromágneses ortopédiai, traumatológiai implantátum.
Kritikus helyen lévő lövedék, szilánk.

Szabad MR-be vinni:

Fémmentes implantátumok.
Fémes, de dokumentáltan nem ferromágneses implantátumok.
Duraklipek.
Szívbillentyűk, a beültetés után hat héttel.
Coilok, stentek, filterek, a beültetés után hat héttel.
Mellkasi, hasi varratok.
Subcutan, intramuscularis szilánkok.

sági ellenőrzés letapogatójához hasonló fémregisztráló eszköz hasznos lehet ruhában lévő fémek vagy fémimplantátumok kimutatásában, de nem megbízható agyi aneurysmaklip esetén. Nem képes továbbá különbséget tenni ferromágneses és nem ferromágneses fém között. A mágnesezhetőséget bizonyíthatjuk érzékeny iránytűvel: a tájoló mutatója elmozdul, ha ferromágneses tárgyhoz közelítjük. Egyértelmű kizáró értéke azonban ennek sincs.

Fémimplantátumok típusának azonosítása után a rendelkezésre álló listából (www.mrisafety.com) eldönthető, hogy vizsgálható-e a beteg az MR-ben vagy nem. Bizonytalan esetekben nem vihető az MR-vizsgálóba a beteg.

Az MR-személyzet feladata a betegkísérők, mentők, aneszteziológusok, MR-képzésben részt vevők, egyéb látogatók figyelmeztetése és ellenőrzése is.

Törvény

Fenti feladatok törvényi szabályozást igényelnek. Különösen fontos volna azt előírni, hogy minden betegnél legyen pontos dokumentum az implantátum típusáról.

Irodalom

1. *Shellock FG.* Radiofrequency energy-induced heating during MR procedures: a review. *J Magn Reson Imaging* 2000;12(1):30-6.
2. *Shellock FG.* Magnetic resonance safety update 2002: implants and devices. *J Magn Reson Imaging* 2002; 16(5):485-96.
3. *Achenbach S, Moshage W, Diem B, Bieberle T, Schibgilla V, Bachmann K.* Effects of magnetic resonance imaging on cardiac pacemakers and electrodes. *Am Heart J* 1997; 134(3):467-73.
4. *Greatbatch W, Miller V, Shellock FG.* Magnetic resonance safety testing of a newly-developed fiber-optic cardiac pacing lead. *J Magn Reson Imaging* 2002;16(1):97-103.
5. *Shellock FG, O'Neil M, Ivans V, Kelly D, O'Connor M, Toay L, et al.* Cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators are unaffected by operation of an extremity MR imaging system. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172(1):165-70.
6. *Kanal E, Shellock FG, Lewin JS.* Aneurysm clip testing for ferromagnetic properties: clip variability issues. *Radiology* 1996;200(2):576-8.
7. *Klucznik RP, Carrier DA, Pyka R, Haid RW.* Placement of a ferromagnetic intracerebral aneurysm clip in a magnetic field with a fatal outcome. *Radiology* 1993;187(3):855-6.
8. *Kanal E, Shellock FG.* Aneurysm clips: effects of long-term and multiple exposures to a 1.5-T MR system. *Radiology* 1999;210(2):563-5.
9. *Shellock FG, Shellock VJ.* Metallic stents: evaluation of MR imaging safety. *Am J Roentgenol* 1999;173(3):543-7.
10. *Shellock FG, Morisoli SM.* Ex vivo evaluation of ferromagnetism, heating, and artifacts produced by heart valve prostheses exposed to a 1.5-T MR system. *J Magn Reson Imaging* 1994;4(5):756-8.
11. *Shellock FG.* Prosthetic heart valves and annuloplasty rings: assessment of magnetic field interactions, heating, and artifacts at 1.5 Tesla. *J Cardiovasc Magn Reson* 2001;3(4):317-24.
12. *Shellock FG, Schatz CJ.* Metallic otologic implants: in vitro assessment of ferromagnetism at 1.5 T. *AJNR. Am J Neuro-radiol* 1991;12(2):279-81.
13. *Yuh WT, Hanigan MT, Nerad JA, Ehrhardt JC, Carter KD, Kardon RH, et al.* Extrusion of eye socket magnetic implant after MR imaging: potential hazard to patient with eye prosthesis. *J Magn Reson Imaging* 1991;1(6):711-3.

LÉLEK IMRE-PÁLYÁZAT

A Magyar Radiológiában megjelent, hévizi Lélek Imre Ultrahang Napokon való részvétel támogatására kiírt pályázati felhívásra hét érvényes pályázat érkezett a megadott határidőig. A pályázatok formailag és tartalmilag is megfeleltek a követelményeknek, így a társaság elnöksége úgy döntött, hogy *valamennyi* jelentkezőt támogatásra érdemesnek tartja. A nyertesek és támogatóik névsora:

Dr. Csete Mónika, Orosháza Városi Kórház Röntgenosztály – Tyco Healthcare Kft.

Dr. Kovács Gabriella, Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvosi Kar, Radiológiai Klinika – Tyco Healthcare Kft.

Dr. Bagi Róbert, Szentes Városi Kórház Röntgenosztály – Tyco Healthcare Kft.

Dr. Makula Éva, Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvosi Kar, Radiológiai Klinika – GE Medical Hungary.

Dr. Erdélyi Gabriella, Debreceni Egyetem, Orvos- és Egészségtudományi Centrum, Általános Orvosi Kar, Radiológiai Klinika – GE Medical Hungary.

Dr. Forgács Balázs, Semmelweis Egyetem, Általános Orvosi Kar, Radiológiai Klinika – Amersham Health.

Dr. Szabó Tünde, Szentes Városi Kórház Röntgenosztály – Amersham Health.

Az MRT elnöksége