

Jani Saunavaara ja Virva Saunavaara

## Milloin vierasesine estää magneettikuvauksen?

Magneettikuvauksen yhteydessä on aina selvitettävä, onko potilaan kehossa vierasesineitä. Implanttien valmistajat tiedostavat nykyisin magneettikuvaukseen liittyvät rajoitteet varsin hyvin, ja uudet tuotteet pyritään valmistamaan materiaaleista, jotka ovat magneettikentässä turvallisia eivätkä vaikuta kuvien laatuun. Vaikka uusimmat implantit ovat vain harvoin ehdoton este magneettikuvaukselle, ne saattavat silti rajoittaa kuvausta huomattavasti. Potilaan kehoon joutunut vierasesine ja osa vanhemmista implanteista voivat toisaalta olla erittäin vaarallisia magneettikuvauksen yhteydessä. Tämän vuoksi on tärkeää, että tieto kaikista vierasesineistä on kirjattu mahdollisimman tarkasti potilaan tietoihin, jotta ne ovat kuvaukseen lähettävän lääkärin tiedossa ja päätyvät myös varsinaiseen läheteeseen.

**M**agneettikuvauksesta on tullut vuosien saatossa merkittävä ja runsaasti käytetty radiologinen tutkimusmenetelmä sekä julkisessa että yksityisessä terveydenhuollossa. Säteilyturvakeskuksen tilaston mukaan magneettikuvauksia tehtiin vuonna 2015 noin 387 000, ja niiden määrä on vuodesta 2011 lisääntynyt 47 % (1). Luvut perustuvat kyselytutkimukseen, joten tutkimusten todellinen lukumäärä voi olla vieläkin suurempi. Tutkimusmäärät lisääntyvät joka tapauksessa nopeasti, ja kehityksen voidaan olettaa jatkuvan samansuuntaisena.

Magneettikuvausta pidetään yleensä potilaalle turvallisena, mutta kuvauksia voivat rajoittaa kehossa olevat vierasesineet. Suurenevien tutkimusmäärien kanssa samaan aikaan lisääntyy myös potilaiden erilaisten lääketieteellisten implanttien määrä, joten erilaisten vierasesineiden ja magneettikuvauksen yhteensopivuutta selvitetäänkin yhä useammin. Kuvaukseen voi liittyä huomattava turvallisuusriski, jos potilaalla on kehossaan esimerkiksi ferromagneettista materiaalia sisältävä vierasesine tai jokin elektroninen laite. Tämän vuoksi kuvaavan yksikön tulee aina selvittää potilaassa olevat vierasesineet ja arvioida niistä mahdollisesti aiheutuva riski. Vierasesineisiin liittyvä turvallisuusselvitys voi viedä aikaa, joten jo läheteessä olisi syytä olla tarkat tiedot vierasesineistä. Käytännös-

sä lukuisia kuvauksia joudutaan kuitenkin vuosittain siirtämään myöhemmäksi, kun vierasesine havaitaan vasta kuvauksen yhteydessä ja tiedot turvallisuusselvityksen tekemiseksi ovat riittämättömät.

On tärkeää myös tiedostaa, että onnistunut aiempi magneettikuvaus ei automaattisesti takaa kuvauksen turvallisuutta, sillä asiaan vaikuttavat esimerkiksi kuvattava kohde ja käytettävä laitteisto. Potilasturvallisuuden vaarantumisen lisäksi vierasesineet voivat aiheuttaa kuviin niin pahoja kuvan vääristymiä eli artefakteja, että kuvauksen mielekkyyttä on syytä harkita.

### Mikä aiheuttaa riskin?

Vierasesineiden aiheuttamat riskit liittyvät magneettikuvauksessa hyödynnettäviin magneettikenttiin (2–5). Nykyisissä laitteissa on yleensä suprajohdemagneetilla tuotettu voimakas staattinen magneettikenttä, jonka voimakkuus on tavallisimmin 1,5 tai 3 teslaa (T). Tämä kenttä pyritään rajaamaan laitteen sisään, mutta käytännössä se ei ole täysin mahdollista. Magneettikenttä heikkenee nopeasti siirryttäessä kauemmaksi laitteesta, mutta se voi silti vaikuttaa herkimpiin vierasesineisiin vielä useiden metrien etäisyydellä.

Kuvaushuoneen koko ja magneettikentän suojaukset pyritään suunnittelemaan siten, että

**TAULUKKO.** Suuntaa antavia ohjeita tavallisimpien vierasesineiden magneettikuvausyhteensopivuudesta.

<b>Implantit ja vierasesineet joihin voi liittyä huomattavia riskejä</b>
Vanha aneurysmaklipsi, jonka tarkkaa tyyppiä ei tunneta (ulkomailla asennetut tai Suomessa ennen vuotta 1995 asennetut klipsit)
Vanha sydämentahdistin
Vanhoja tahdistin- tai stimulaattorijohtoja
Silmäproteesi tai metalliroskaa silmässä
<b>Vaativat lisäselvityksiä tai erityisohjeet kuvaukseen</b>
Sydämentahdistin (myös magneettikuvausyhteensopiva malli)
Hermostimulaattori
Kehonsisäiset valvontalaitteet
Insuliini- tai kipupumppu
Koilit ja uudemmat aneurysmaklipsit
Sisäkorvaproteesi tai kuulolaite
Välikorvaimplantti
Raajaproteesit
Ulkoiset fiksaatiovälineet
Tuntematonta metallia kehon sisällä
<b>Eivät yleensä estä magneettikuvausta</b>
Sydämen tekoläpät
Hammasproteesi tai oikomisraudat
Tatuoinnit tai lävistykset
Nikotiini- tai lääkelaastarit
Kirurgiset klipsit, langat ja kiinnikkeet
Suntit, kanyylit, katetrit ja infuusioportit
Verisuoniproteesit
Verisuoni- ja sepelvaltimotentit
Sterilisaatioklipsi tai kohdunsisäinen ehkäisin

niin sanottu ”sydäntahdistinraja” (0,5 milliteslaa) jäisi kuvaushuoneen sisäpuolelle. Kuvaushuoneen lattiaan pyritään usein merkitsemään myös toinen, 20 milliteslan raja, jota lähemmäs ei saa viedä edes kaikkia ”magneettiyhteensopivia” lääkintälaitteita. Tämä raja kulkee noin metrin päässä laitteesta, ja sen sisäpuolella kenttävoimakkuus suurenee erittäin nopeasti. Voimistuessaan kenttä vetää puoleensa hyvin kookkaatkin ferromagneettiset kappaleet sellaisella voimalla, että ne iskeytyvät kiinni magneettikuvauslaitteen kylkeen tai lentävät laitteen sisään sellaisella nopeudella, että yleisesti puhutaan ”ohjusefektistä”. Mikäli vierasesine osuu tällöin potilaaseen, ovat vakavat vammat mahdollisia. Pahimmassa tapauksessa ferromagneettisen happipullon päätyminen kuvaushuoneeseen on johtanut kuusivuotiaan poti-

laan kuolemaan Yhdysvalloissa vuonna 2001 (6).

Vastaavasti myös potilaassa olevat vierasesineet reagoivat kenttään. Ne voivat liikkua tai kiertyä kentän suuntaan, jolloin potilaan kudokset saattavat vaurioitua. Valitettavasti tiedossa on myös tähän liittyvä kuolemantapaus, jossa potilaalle asennettu ferromagneettinen aneurysmaklipsi liikkui magneettikuvauslaitteen kentässä (7). Kyseisen klipsin turvallisuutta oli kyllä selvitetty ennen kuvausta, mutta potilastiedoissa oli valitettavasti ollut virheellinen merkintä sen mallista.

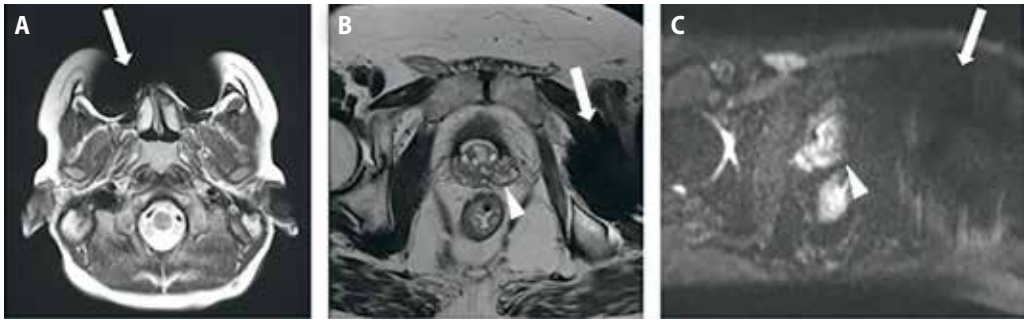
Päämagneettikentän lisäksi kuvauksen aikana hyödynnetään myös nopeasti muuttuvia gradienttikenttiä ja radiotaajuuskenttiä, joiden vaikutukset rajoittuvat kuvauslaitteen sisälle. Nämä kentät ovat selkeästi heikompia kuin ulkoinen kenttä, mutta radiotaajuuskentät voivat normaalitilanteessakin aiheuttaa potilaan kehon lämpenemistä ja gradienttikentät puolestaan ääreishermoston stimulaatioita (2–5). Kehossa olevien vierasesineiden kuten johtojen vuoksi lämpeneminen voi tehostua huomattavasti ja aiheuttaa jopa palovamman (8). Toisaalta aktiivisten implanttien toiminta voi näiden kenttien takia häiriintyä tai aiheuttaa implantin rikkoontumisen.

## Vierasesineiden luokittelu

Vierasesineet luokitellaan magneettikuvauksessa turvallisuuden kannalta kolmeen ryhmään: magneettikuvausturvallisiin, -vaarallisiin ja -ehdollisiin (**TAULUKKO**) (5). Suomessa tosin käytetään hyvin usein alkuperäisiä englanninkielisiä termejä MR safe, MR unsafe ja MR conditional (9).

Valitettavasti erilaisia implantteja pystytään vain harvoin luokittelemaan yksiselitteisesti tiettyyn ryhmään kuuluviksi. Lähes kaikista tuoteryhmistä löytyy ainakin vanhemmista implanteista sellaisia poikkeuksia, jotka vaativat tarkempaa selvittelyä.

**Turvallinen – saa kuvata.** Magneettikuvausturvallisen luokituksen saaneet implantit on valmistettu materiaaleista, jotka eivät aiheuta potilaalle vaaraa kuvauksen aikana. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa muoviyhd-



**KUVA.** Esimerkkejä implanttien aiheuttamista artefakteista. **A)** Hammasraudoista aiheutuva artefakti näkyy pään alueen magneettikuvassa mustana alueena ja geometrisesti vääristyneinä rakenteina (nuoli). **B)** Lonkka-proteesin aiheuttama kuvan vääristymä jää sopivilla kuvaustekniikoilla varsin pieneksi (nuoli), jolloin eturauhasten näkyy kuvissa selvästi (nuolenkärki). **C)** Eturauhasen (nuolenkärki) magneettikuvauksessa tärkeä diffuusiopainotteinen kuvaustekniikka on kuitenkin erityisen herkkä metallista (nuoli) aiheutuville vääristymille, ja siinä proteesista aiheutuva artefakti peittää huomattavasti laajemman alueen. Tässä tapauksessa diffuusiopainotteisia kuvia ei voitu luotettavasti tulkita.

teet, titaani sekä titaani-nikkelimetalliseos nitinoli. Suurin osa kanyyleista, katetreista, sunteista, stenteistä, infuusioporteista, sydämen tekoläpistä, sterilisaatioklipseistä ja kohdunsisäisistä ehkäisimistä ovat materiaaliensa osalta magneettikuvauksen kannalta ongelmattomia.

Näistäkin tuoteryhmistä löytyy kuitenkin implantteja, joissa on elektronisia tai magneettisia komponentteja. Saatavilla on esimerkiksi mittausantureilla varustettuja katetreja ja magneettisäädettäviä suntteja, joiden osalta tarkempi selvittely ennen kuvausta on tarpeen. Muutoinkaan implanttien turvallisuuden luokittelu pelkästään materiaalitiedon perusteella ei ole aivan yksiselitteistä, sillä esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä on olemassa useita erilaisia seoksia, joista osa on ferromagneettisia ja siten mahdollisesti vaarallisia potilaalle.

Lonkkaproteesit, ydinnaulat ja monet muut passiiviset implantit on jo pitkään valmistettu materiaaleista, jotka eivät aiheuta potilaalle vaaraa, joten ne luokitellaan turvallisiksi. Hammaspaikat, -proteesit ja -implantit sekä kiinteästi asennetut oikomiskojeet eivät yleensä estä kuvausta, mutta irrotettavat proteesit kuten tekohampaat on kuitenkin syytä poistaa ennen kuvauksen alkua.

Turvallisiksi luokitellut implantitkin voivat aiheuttaa huomattavia artefakteja kuviin ja siten heikentää niiden laatua (**KUVA**). Osa magneettikuvaustekniikoista on herkempiä kuvien vääristymille, jolloin tekniikoiden hyödyntäminen ei

ole mahdollista, jos kuvattava kohde on lähellä implanttia. Aivan implantin vieressä kuva saattaa vääristyä kaikilla kuvaustekniikoilla.

Tatuoinnit ja lävistykset ovat yleensä turvallisia, mutta täysin yksiselitteistä ohjeistusta ei niistäkään voida antaa. Lävistysten turvallisuus riippuu lähinnä materiaalista, ja varman päälle toimittaessa lävistykset kannattaa poistaa ennen kuvausta, jos se vain on mahdollista. Tatuointien yhteyteen taas on raportoitu syntyneen palovammoja. Ilmeisesti ongelmatapaukset liittyvät joidenkin väriaineiden sisältämään rautaoksidiin. Näissäkin tapauksissa kuviin aiheutuva artefakti voi paljastaa vaarallisen väriaineen, mutta viimeistään potilaan tuntema kuumotus kuvauksen aikana varmistaa asian.

**Vaarallinen – ei magneettiin (tai ainakin tarkasti harkittava).** Mikäli potilaalta löytyy magneettikuvauksenvaaralliseksi luokiteltu vierasesine tai implantti, tulisi hänet periaatteessa pitää kuvaushuoneen ulkopuolella ja mahdollisuuksien mukaan hyödyntää muita kuvantamismenetelmiä.

Korvaavat kuvantamismenetelmät eivät kuitenkaan yleensä pysty tarjoamaan vastaavaa informaatiota kuin magneettikuvauksella, ja viime vuosina on tarkoin valvotuissa olosuhteissa kuvattu Suomessakin yhä useammin potilaita, joilla tiedetään olevan kehossaan vaaralliseksi luokiteltu vierasesine. Tällöin kuvauksessa vaaditaan erityistä varovaisuutta ja kuvauksen hyvää valmistelua.

## Ydinasiat

- » Asennettavasta implantista tulisi kirjata mahdollisimman tarkat tiedot potilaskertomukseen.
- » Lähetteessä olisi syytä olla tieto vierasesineistä tai implanteista.
- » Vierasesine estää magneettikuvauksen harvoin, mutta se on silti huomioitava kuvauksen toteutuksessa.
- » Tarkat kuvausohjeet on usein määritelty implantin valmistajan ohjeistuksissa.
- » Aiempi onnistunut magneettikuvaus ei automaattisesti takaa uuden kuvauksen turvallisuutta.

Hyvä esimerkki tästä ovat nopeasti yleistyneet sydämentahdistinpotilaiden magneettikuvaukset (10,11). Kaasalainen ym. esittelevät tässä numerossa HUS:ssa kehitettyä toimintamallia tahdistinpotilaiden kuvauksiin, ja muissakin suurimmissa sairaaloissa on kardiologian ja radiologian yksiköiden yhteistyönä otettu käyttöön vastaavia protokollia. Nämä mahdollistavat ainakin osalle sydäntahdistinpotilaista pääsyn magneettikuvaukseen, jos kuvausaihe on riittävän painava. Viime vuosina ovat yleistyneet myös magneettikuvausyhteensopivat tahdistimet, mutta niihinkin liittyy usein rajoitteita kuvauksen toteutuksen osalta (Kaasalainen ym. tässä numerossa).

Vaarallisiin implanteihin kuuluu sydämentahdistinten lisäksi muun muassa lääkeainepumppuja, hermostimulaattoreita, sisäkorva-implanteja, aneurysmaklipsejä, ulkoisia fiksaatiovälineitä ja katetreja. Elektroniikkaa tai magneettisia osia sisältävät implantit on aina oletettava mahdollisesti magneettikuvausyhteensopimattomiksi, ja yleensä riski on sitä suurempi, mitä vanhemmasta implantista on kyse. Valitettavasti juuri vanhimpien vierasesineiden osalta potilaskertomusten tiedot ovat usein puutteellisia tai niitä ei ole saatavilla.

Potilaskohtaisesti selvitettäviin tapauksiin kuuluvat myös kehoon päätyneet metallinsirpa-

leet, sillä niiden materiaalista ei ole välttämättä mitään tietoa. Turvallisuusselvityksen yhteydessä onkin usein otettava röntgenkuvat, jotta voidaan arvioida kuinka vaarallisessa paikassa (esimerkiksi valtimoiden tai hermojen kannalta) sirpale on. Tämän perusteella arvioidaan riskin suuruus sellaisessa tapauksessa, että sirpale liikkuu magneettikentässä.

**Ehdollinen – kuvaus suoritettavissa tietyn rajoituksen.** Magneettikuvausohdollisiin vierasesineisiin liittyy rajoitteita, joita noudattamalla magneettikuvaus on turvallista. Tähän ryhmään kuuluvia vierasesineitä on runsaasti, ja ne jakautuvat useampaan alaluokkaan. Näihin esineisiin voi esimerkiksi kohdistua magneettikentässä pieniä voimia, jotka eivät kuitenkaan turvallisuustestien perusteella aiheuta vaaraa. Toisinaan kuvauksen edellytykset voidaan toteuttaa melko helposti, sillä esimerkiksi uusimpia insuliini- tai kipupumppuja käyttävien potilaiden kuvaamisen edellytykset voivat täytyä sammuttamalla tai poistamalla pumppu ennen kuvausta. Tarvittaessa järjestetään korvaava lääkitys kuvauksen ajaksi käyttämällä magneettikuvausyhteensopivaa järjestelmää.

Ehdollisen ryhmän vierasesineiden osalta on usein tarpeen tutustua valmistajan ohjekirjoihin tai internetsivustoon tarkempien kuvausohjeiden selvittämiseksi. Tyypillisesti kuvausta varten voidaan rajoittaa kuvauslaitteen kenttävoimakkuutta, kuvauksen kestoa ja gradientti- tai radiotaajuuspulssien käyttöä. Varsinkin tämän ryhmän esineiden osalta on tärkeää muistaa, että onnistunut aiempi magneettikuvaus ei ole tae kuvauksen turvallisuudesta.

Yksi tavallisimmista kuvaukseen liittyvistä rajoitteista ovat SAR-rajoitukset (specific absorption rate). SAR kuvaa tehoa, jolla kudokset lämmetä magneettikuvauksessa hyödynnettävien radiotaajuuskenttien seurauksena. Tyypillinen vaatimus on pysytellä kuvauksen ajan ”normal mode” -tilassa, jolloin tavallisessa tilanteessa potilaan kehon lämpötila voisi nousta korkeintaan 0,5 °C kuvauksen aikana. Aktiivisten implanttien tapauksessa tämä rajoitus voi kuitenkin olla selvästi tiukempi, jopa alle 10 % normaalisti sallitusta rajasta. Käytännössä tämä pidentää kuvausaikoja ja rajoittaa käytössä olevia kuvaustekniikoita. Mahdollisuuksien

mukaan kannattaa käyttää 1,5 T:n laitetta 3 T:n laitteen sijaan, koska lämpeneminen on heikommissa kentässä selvästi vähäisempää.

Joissakin tapauksissa kuvauksen rajoitukset voivat olla hyvin tiukat esimerkiksi käytettävän kuvauskelan osalta. Tilanne, jossa potilaalla ja lähettävällä lääkärillä on käsitys, että pään magneettikuvaus olisi implantista huolimatta mahdollinen, on valitettavan tavallinen. Asian tarkempi selvittely voi kuitenkin paljastaa, että pään kuvaus onnistuu vain 1,5 T:n kentässä ja vaatii niin sanotun lähetin-vastaanotinkelan käyttöä. Tällöin sopiva magneettikuvauslaite ja kuvauskela löytyvätkin vain harvoista kuvantamisyksiköistä.

## Suosituksia hoitavalle ja lähettävälle lääkärille

Suuntaa antava tyyppillisten vierasesineiden luokittelu esitetään **TAULUKOSSA**, mutta on ensiarvoisen tärkeää, että tiedot kaikista vierasesineistä päätyvät potilaskertomukseen ja tarvittaessa myös riskitietoihin. Jo toimenpiteiden yhteydessä on syytä kirjata mahdollisimman yksityiskohtaiset tiedot asennetuista implantteista, sillä esimerkiksi tahdistimien ja stimulaattorien yhteydessä myös johtojen ja elektrodien tiedot tarvitaan turvallisuusarvioon. Nykyisin tämä ohjeistus on saatu hyvin toimenpiteitä suorittavien yksiköiden tietoon, mutta varsinkin vanhemmista leikkauskertomuksista on usein vaikeaa löytää tarvittavia tietoja. Mikäli asennetaan väliaikainen implantti, on tärkeää lisätä tieto myös sen poistosta.

Sirpaleet, haulit, luodit ja muut tarkemmin tuntemattomat vierasesineet ovat erityisen ongelmallisia, ja niitä arvioitaessa joudutaan usein olettamaan, että esine saattaa liikkua magneettikenttään joutuessaan. Jos potilas osaa kertoa tarkemmin tilanteesta, jossa vierasesine on kehoon päätenyt, siitä voi turvallisuusselvittelyssä kuitenkin olla hyötyä. Vanhat lyijyhaulit eivät esimerkiksi ole ongelma, mutta uudemmat teräshaulit voivat olla, joten tieto onnettomuuden ajankohdastakin voi auttaa.

Lähetettä kirjoitettaessa tulisi ottaa huomioon myös vierasesineen sijainti kuvattavaan kohteeseen nähden. Vaikka implantin kuvaami-

nen olisikin turvallista, tulee muistaa, että osa implanteista aiheuttaa kuviin merkittävän artefaktin. Pahimmillaan kiinnostuksen kohteesta ei siis saada kuvaa lainkaan. Kuvaavan yksikön asiantuntijat pystyvät minimoimaan artefaktien suuruutta valitsemalla oikean kuvauslaitteen (1,5 T vs 3 T), sopivan protokollan tai muokkaamalla kuvaussekvenssejä, mutta tarkat ennakkotiedot implantista auttavat kuvaukseen valmistautumisessa.

Erilaisten implanttien turvallisuutta arvioitaessa valmistajien ohjeet ja internetsivustot ovat hyviä lähteitä, mutta erityisen hyvänä tietolähteenä voidaan suositella [www.mrisafety.com](http://www.mrisafety.com)-sivustoa, jonne on kerätty tiedot tuhansien erilaisten implanttien magneettiyhteensopivuudesta. Myös sivuston ylläpitäjän vuosittain toimittama kirja toimii hyvänä yleisteoksena (12). Toinen varsin kattava sivusto on [www.securmri.com](http://www.securmri.com), jonka etuna voidaan pitää suoria linkkejä useimpien tuotteiden tarkempiin turvallisuusohjeisiin. Jos implantin valmistaja ja tyyppi ovat tiedossa, voidaan listausten avulla nopeasti varmistaa, onko magneettikuvaus mahdollista. Näitä tietoja tarvitaan erityisesti magneettikuvausehdollisia esineitä selvittäessä.

Potilaalle on lisäksi hyvä kertoa, että nikotiini- tai muu lääkelaastrari joudutaan mahdollisesti poistamaan ennen kuvausta. Lääkelaastrareihin voi liittyä ohjeistus, että samaa laastaria ei saa enää kiinnittää uudestaan iholle.

## Lopuksi

Kun implanttitekniikat kehittyvät ja väestö ikääntyy, magneettikuvaukseen saapuvien potilaiden erilaisten vierasesineiden määränkin vain lisääntyy. Magneettikuvaus aiheuttamat rajoitteet pyritään varmasti huomioimaan jatkossakin tuotteita kehitettäessä, ja toivottavasti lista magneettikuvaus estävistä vierasesineistä säilyy lyhyenä. Kuvauksiin liittyvistä rajoituksista on kuitenkin mahdotonta päästä kokonaan eroon, joten tieto kaikista vierasesineistä on tulevaisuudessakin saatava kuvauksen suorittavan yksikön tietoon potilasturvallisuuden varmistamiseksi. Sähköisissä potilastietojärjestelmissä tämä onnistuu helpoiten pitämällä potilaan implantti- ja riskitiedot ajan tasalla.

Tietojärjestelmien kehittyminen on johtanut myös siihen, että monissa sairaanhoitopiireissä ainakin suunnitellaan käytäntöä, jossa lähettävä lääkäri tai yksikkö hoitaa kuvausajan varaamisen magneettikuvauslaitteelta. Tällöin lähettävän tahon rooli myös kuvauksen turvallisuuden varmistamisessa korostuu. Viimeistään tällaisen käytännön myötä on syytä valmistella yh-

teistyössä kuvantavan yksikön kanssa potilaan täytettäväksi jonkinlainen esitietolomake, joka auttaa arvioimaan tarkemman turvallisuusselvityksen tarvetta. Tarkempi selvittely on syytä hoitaa yhteistyössä kuvantamisyksikön tai sairaalafysiikon kanssa, jotta kuvauksen suorittamisen valmiudet voidaan varmistaa. ■

**JANI SAUNAVAARA, sairaalafysiikko, FT**

**VIRVA SAUNAVAARA, sairaalafysiikko, FT**

TYKS, lääketieteellinen fysiikka

#### **SIDONNAISUUDET**

Kirjoittajilla ei ole sidonnaisuuksia

#### **KIRJALLISUUTTA**

1. Suutari J, toim. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2015. STUK-B 207. Helsinki: Säteilyturvakeskus 2016.
2. Sherlock FG, Crues JV, toim. MRI bioeffects, safety, and patient management. Playa Del Rey USA: Biomedical Research Publishing Group 2014.
3. Kim SJ, Kyung AK. Safety issues and updates under MR environments. *Eur J Radiol* 2017;89:7–13.
4. Tsai LL, Grant AK, Morteale KJ, ym. A practical guide to MR imaging safety: what radiologists need to know. *Radiographics* 2015;35:1722–37.
5. Alanko T, Tiikkaja M, Toppila E, ym. Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimitatavat magneettikuvaustyössä. Helsinki: Työterveyslaitos 2015.
6. Chen DW. Boy, 6, dies of skull injury during MRI; oxygen tank becomes fatal missile in hospital. *New York Times* 31.7.2001.
7. Klucznik RP, Carrier DA, Pyka R, ym. Placement of ferromagnetic intracerebral aneurysm clip in magnetic field with a fatal outcome. *Radiology* 1993;187:855–6.
8. Dempsey MF, Condon B, Hadley DM. Investigation of the factors responsible for burns during MRI. *J Magn Reson Imaging* 2001;13:627–31.
9. Sherlock FG, Woods TO, Cruess III JV. MR Labeling information for implants and devices: explanation of terminology. *Radiology* 2009;253:26–30.
10. Kaasalainen T, Pakarinen S, Kivistö S, ym. MRI with cardiac pacing devices – safety in clinical practice. *Eur J Radiol* 2014;83:1387–95.
11. Kaasalainen T, Pakarinen, Kivistö, ym. Sydämentahdistinpotilaiden magneettikuvaus – turvallinen toimintamalli. *Duodecim* 2015;131:737–43.
12. Sherlock F, toim. Reference manual for magnetic resonance safety, implants, and devices, 2017 edition. Playa Del Rey, USA: Biomedical Research Publishing Group 2017.

#### **SUMMARY**

##### **When is a foreign object a contraindication for magnetic resonance imaging?**

Every patient undergoing a magnetic resonance imaging (MRI) study should always have a comprehensive screening procedure to determine if they have any foreign objects in their body. Implant manufacturers are well aware of the limitations imposed by MRI studies and generally use materials that are safe in strong magnetic fields and do not affect image quality. Newer implants rarely prevent the performance of MRI studies completely, but some can still severely limit the study protocol. In addition, accidental foreign objects and some of the older implants can be very dangerous near an MRI scanner. It is thus essential that accurate information about foreign objects is available in the patient records, so that the referring physician can include it in the MRI referral.