

Imagen mediante resonancia magnética (II): efectos para la salud y RD 299/2016

Magnetic Resonance Imaging (II): health effects and RD 299/2016
L'Image par Résonance Magnétique (II): effets d'une exposition et RD 299/2016

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT)

Elaborado por:

María Sánchez Fuentes

Javier Gálvez Cervantes

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSSBT

Esta NTP, junto con la NTP 1.063, permiten establecer las medidas preventivas apropiadas en trabajos en salas de imagen mediante resonancia magnética.

Se detallan los potenciales efectos para la salud de los campos electromagnéticos utilizados, y se comentan los artículos más relevantes del RD 299/2016 para estas instalaciones.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Una vez identificados los principales factores de riesgo presentes en los lugares de trabajo donde se realizan exploraciones médicas con la técnica de Imagen mediante Resonancia Magnética (IRM), (véase NTP 1063), en esta NTP se abordan los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) en el cuerpo humano.

Se han considerado los estudios realizados por la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), ya que es el organismo de referencia a nivel mundial sobre campos electromagnéticos, y también se han consultado estudios de otros organismos públicos encargados de la seguridad y salud de los trabajadores.

Para finalizar se contempla este tipo de trabajo desde la perspectiva del RD 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.

2. EFECTOS DE LOS CEM Y SUS MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Previamente a la exposición de una persona a CEM es preciso tener información sobre su estado de salud y si es portador de algún implante pasivo (por ejemplo, clip cerebral) o activo (por ejemplo, marcapasos) que pueda verse afectado por los campos; los efectos descritos en este apartado son referidos a trabajadores sin condiciones médicas incompatibles con CEM.

No hay peligro para las personas que se someten a exploraciones de IRM ya que los equipos se configuran en cada exploración para cada paciente, y su exposición es diferente de la que puede tener un trabajador que está durante varias horas al día operando con estos equipos.

Efectos asociados al magnetismo del imán

A continuación se describen los posibles efectos sobre la salud producidos por la exposición a un campo magnético estático.

Hay que tener en consideración que en la actualidad no existen datos científicos concluyentes que establezcan un nexo causal entre la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos y sus efectos a largo plazo. En la fecha de publicación del RD 299/2016 no hay evidencia de efectos adversos graves para la salud en exposiciones a campos de hasta 8T.

Inducción magnética

- Debido al campo magnético estático, sin movimiento del trabajador, se produce una interacción electrodinámica con los electrolitos en movimiento, como es el flujo sanguíneo, cuyo resultado son diferencias de potencial asociadas al movimiento de la sangre. Un estudio detallado de los efectos de estos campos en la función cardiaca muestra que campos de hasta 8T es improbable que afecten al ritmo cardíaco o a otras funciones vitales.
- Debido al movimiento dentro del campo magnético estático se inducen campos y corrientes eléctricas; las frecuencias asociadas al movimiento habitual son inferiores a 10 Hz, cuanto más rápido es el movimiento mayor es la magnitud del campo eléctrico y la corriente inducida. A estos campos y corrientes inducidos se asocian casos de vértigos y otras percepciones sensoriales, como náuseas, magnetofosfenos y sabor metálico en la boca experimentados por los trabajadores.
 - Los vértigos y náuseas son debidos a que el campo eléctrico inducido al realizar movimientos de cabeza en un campo magnético estático superior a 2T afecta al sistema vestibular encargado del equilibrio.

- Los magnetofosfenos son una sensación visual de ligeros destellos, debido a los campos eléctricos inducidos en la retina al realizar movimientos de cabeza en un campo magnético.
- El sabor metálico ha sido explicado mediante dos mecanismos para la estimulación eléctrica del gusto: el primero es la estimulación directa del nervio, y el segundo es un proceso de electrolisis en la saliva, que son independientes de la presencia de empastes o implantes dentales.

Los vértigos, náuseas, magnetofosfenos y el notar sabor metálico no son peligrosos en sí, pero pueden ser molestos y distraer a los trabajadores.

Efectos magneto-mecánicos

- Orientación magnética: Dependiendo de la susceptibilidad magnética de las diferentes moléculas, estas se orientan según el campo magnético. En general, estas fuerzas son demasiado pequeñas como para afectar a la materia biológica, aunque campos magnéticos muy fuertes (>17T), en estudios con embriones de ranas, han mostrado ser capaces de producir reorientación del aparato mitótico, estructura que es esencial para el reparto del material genético durante la división celular.
- Traslación magneto-mecánica en material biológico: Los estudios actuales hacen pensar que el efecto a 10 T de las fuerzas traslacionales producidas por el imán no son suficientes para afectar el flujo sanguíneo sistémico de humanos.

El grado de conocimiento actual sobre estas fuerzas ha servido para descartar posibles repercusiones en el cuerpo humano.

Interacciones electrón-espín

Algunas reacciones metabólicas precisan de una interacción en la que intervienen pares de radicales con sus espines correlacionados. Actualmente no están claras sus implicaciones biológicas y por lo tanto no se ha constatado que estos procesos afecten a la salud de las personas expuestas.

Medidas de prevención

Las salas y equipos de IRM actuales cuentan con sistemas de homogeneización del campo (*shimming*), con sistemas de pantallaje magnético (*shielding*), y con pantallaje eléctrico (jaula de Faraday).

De esta forma no interfieren en su funcionamiento campos externos y se consigue además disminuir enormemente el campo electromagnético fuera del túnel de exploración; así pues, en el interior del túnel el valor de

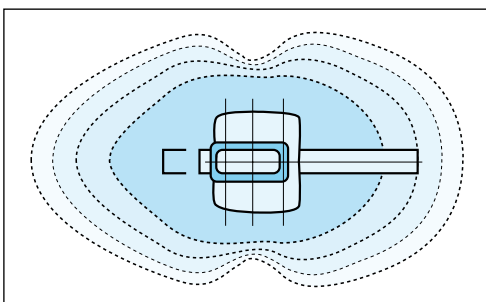


Figura 1. Dispersión del campo magnético.

campo magnético es máximo, pero decrece rápidamente con la distancia.

El campo magnético tiene su influencia en una zona con forma elíptica alrededor del imán, cuyo tamaño depende de la intensidad del campo magnético y de su apantallamiento.

Ya que los trabajadores están menos expuestos cuanto más alejados estén del túnel de exploración, se recomienda en primer lugar realizar todas las tareas posibles fuera de la sala del imán, y permanecer en esa zona el menor tiempo posible.

Además, es aconsejable señalar en el suelo la zona en la que el valor del campo magnético es de 5 G (0'0005T), y realizar fuera de esa línea todos los trabajos que no hayan podido realizarse en el exterior de la sala.

Efectos asociados al magnetismo de los gradientes (GR)

Debidos al campo magnético variable

Los GR se producen al conectarse y desconectarse rápidamente unos imanes situados en el túnel de exploración (en el futuro puede ser que se incorporen a algunas antenas). Debido a esto se produce un campo magnético variable en el espacio y en el tiempo, cuyos valores son característicos de cada equipo y de las secuencias aplicadas en cada ocasión.

Los gradientes utilizados en IRM pueden inducir campos eléctricos, que estimulan las células nerviosas al provocar un cambio de voltaje en su membrana; como resultado de esto puede percibirse una sensación de cosquilleo.

La estimulación eléctrica de los tejidos (músculos o nervios) se traduce en contracciones musculares periféricas, arritmias cardíacas o magnetofosfenos.

Para que se produzca este efecto en un trabajador tiene que tener alguna parte de su cuerpo muy próxima o dentro del túnel de exploración, durante la aplicación de la secuencia.

Medidas de prevención

Los trabajadores no deben permanecer dentro de la sala del imán cuando se estén realizando las exploraciones, a fin de evitar la exposición.

Para no favorecer la inducción eléctrica es necesario que no haya líquidos en la mesa de exploración o zonas húmedas del paciente (debidas a la sudoración, hidratación artificial...).

Efectos asociados al movimiento dentro de la sala del imán

Al realizar movimientos dentro de un campo magnético estático, este se convierte en variable debido a los propios movimientos. Cuando un trabajador se desplaza dentro de la sala de IRM, aunque no esté funcionando el equipo, también está haciendo que el campo magnético que llega a su cuerpo varíe, y con ello pueden aparecer campos eléctricos inducidos.

Medidas de prevención

Para minimizar campos eléctricos inducidos por el movimiento es importante que los desplazamientos sean lentos y que los trabajadores permanezcan lo más alejados

posible del imán, ya que con esto los campos que se induzcan serán menores.

Con el fin de evitar la inducción de campos y corrientes eléctricas cuando se realicen maniobras de desplazamiento dentro de la sala de resonancia, estas se harán de forma lenta. Es aconsejable que sean los imprescindibles, es decir, solo aquellas maniobras que no se puedan realizar en el exterior, por ejemplo, las vías para administrar contrastes deben ser colocadas en el exterior de la sala.

Efectos asociados a los campos magnéticos de las radiofrecuencias (RF)

El efecto biológico más importante producido por las RF es el aumento de la temperatura corporal. El parámetro usado para cuantificarlo es la tasa de absorción específica o SAR (*Specific Absorption Rate*). Los equipos de IRM tienen este efecto en cuenta y el paciente está seguro, ya que cada exploración se configura según sus parámetros corporales.

Existe riesgo de calentamiento y quemaduras cutáneas locales sobre todo en los puntos de contacto (producidos por conducción de corrientes eléctricas) o debidas a objetos metálicos colocados interna o externamente (corrientes de torbellino). Estas quemaduras no aparecen de forma inmediata, y pasa un tiempo hasta que la persona es consciente de la lesión sufrida.

Actualmente, los estudios llevados a cabo no han demostrado relación causa-efecto entre las RF y diversas patologías, tales como dolores de cabeza, problemas de concentración, calidad del sueño, funciones cognitivas, efectos cardiovasculares, etc.

Medidas de prevención

Para evitar los efectos nocivos de las radiofrecuencias la medida más sencilla es no exponerse a ellas; como ya se ha indicado, los trabajadores no deben estar dentro de la sala durante las exploraciones. Si esto no es posible, tendrán cuidado de no tener ninguna parte de su cuerpo dentro del túnel de exploración, ni estar en contacto con los bordes de la camilla.

3. APLICACIÓN DEL REAL DECRETO 299/2016

El Real Decreto 299/2016 es la trasposición de la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2013 sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos); esta directiva aborda los efectos biofísicos directos conocidos y los efectos indirectos provocados por los CEM, pero no sus posibles efectos a largo plazo, ya que actualmente no existen datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal.

Las magnitudes físicas, los valores límite de exposición (VLE) y los niveles de acción (NA) establecidos se basan en las recomendaciones de la ICNIRP, que ha utilizado consideraciones biofísicas y biológicas, en particular, sobre la base de efectos directos agudos y a corto plazo comprobados científicamente, como por ejemplo los efectos térmicos y la estimulación eléctrica de los tejidos.

En la práctica, al considerar un puesto de trabajo en una sala de IRM, se deberá tener en cuenta especialmente lo establecido en los artículos 11, 4 y 5 del RD 299/2016.

Artículo 11

Para aplicar el RD 299/2016 de una sala de IRM de uso médico es importante el artículo 11 "Excepciones", ya que indica en su apartado a) lo siguiente:

"la exposición podrá superar los valores límite de exposición si está relacionada con: la instalación, el ensayo, el uso, el desarrollo, el mantenimiento o la investigación de equipos de imagen por resonancia magnética (IRM) para pacientes en el ámbito sanitario, siempre y cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1.ª que la evaluación de riesgos realizada de conformidad con el artículo 6 haya demostrado que se han superado los valores límite de exposición,
- 2.ª que, habida cuenta del estado de la técnica, se hayan aplicado todas las medidas técnicas y/o de organización,
- 3.ª que las circunstancias justifiquen debidamente la superación de los valores límite de exposición,
- 4.ª que se hayan tenido en cuenta las características del lugar de trabajo, el equipo de trabajo o las prácticas de trabajo, y
- 5.ª que el empresario demuestre que los trabajadores siguen estando protegidos contra los efectos adversos para la salud y contra los riesgos para la seguridad. En particular asegurándose de que se siguen las instrucciones de uso seguro facilitadas por el fabricante de conformidad con la normativa aplicable".

Por lo tanto, se debe verificar el cumplimiento de estas condiciones; para ello:

- Condición 1ª.- A la hora de demostrar si se cumplen o no los VLE, se plantea la necesidad o no de realizar mediciones.
El artículo 6 "Evaluación de los riesgos" indica en su apartado 2 que el empresario identificará y evaluará los CEM en el lugar de trabajo teniendo en cuenta los niveles de emisión de CEM comunicados por los fabricantes de equipos, por lo que, si viene indicado su valor en la información facilitada por el fabricante o instalador, no será imprescindible la realización de la medición de los campos.
El Anexo II A) del RD 299/2016 indica en su tabla 1 que, para un campo magnético de 0 Hz, el VLE relacionado con efectos sensoriales en condiciones de trabajo normales es de $B_0=2T$.
En una sala de IRM de $B_0=3T$ esto facilita la evaluación de riesgos, pues no es necesario medir para obtener un dato ya conocido, ya que sólo con este dato se superan los VLE dentro del túnel de exploración.
En salas de IRM de $B_0<2T$ sería necesario consultar o realizar mediciones para poder determinar si durante las exploraciones llegan a superarse los valores límite de exposición para otro rango de frecuencias.
Los valores de CEM que se producen son característicos de cada instalación de IRM y de las secuencias empleadas; si se realiza una estimación utilizando datos de otra instalación, hay que tener esto en cuenta, ya que puede estar mejor o peor apantallada electromagnéticamente.
- Condiciones 2ª, 4ª y 5ª.- Estas condiciones se cumplen en las salas de IRM si se adoptan las medidas técnicas y organizativas descritas en esta NTP y en la NTP

1.063, adaptándolas a las características del lugar de trabajo en concreto en que se aplican.

- Condición 3ª.- La exposición a este campo está justificada ya que es necesario que sea tan elevado para poder obtener imágenes de alta resolución y contraste.

Artículo 4

En el artículo 4 "Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición", en su apartado 2 indica: "...cuando se superan los NA pertinentes, el empresario elaborará y aplicará un plan de acción que incluya medidas técnicas y/o de organización destinadas a evitar que la exposición supere los VLE relacionados con efectos para la salud o los VLE relacionados con efectos sensoriales..., el plan de acción prestará especial atención a los siguientes aspectos:

- la adopción de métodos de trabajo que conlleven una exposición menor a campos electromagnéticos;
- la elección de equipos que generen campos electromagnéticos menos intensos, teniendo en cuenta el trabajo al que se destinan;
- medidas técnicas para reducir la emisión y exposición, incluyendo, cuando sea necesario, el uso de sistemas de bloqueo, blindajes o mecanismos similares de protección de la salud;
- medidas adecuadas de delimitación y acceso, como señales, etiquetas, marcas en el suelo, barreras para limitar o controlar el acceso;
- en caso de exposición a campos eléctricos, medidas y procedimientos para controlar las corrientes de contacto y las descargas en forma de chispa, mediante métodos técnicos y formación de los trabajadores;
- programas adecuados de mantenimiento de los equipos de trabajo, y de los lugares de trabajo y los puestos de trabajo;
- el diseño y la disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- la limitación de la duración e intensidad de la exposición;
- la disponibilidad de equipos adecuados de protección individual".

Para tener en consideración los aspectos señalados en los apartados del artículo 4.2 el plan de acción debe incluir:

- La obtención de imágenes de IRM en la actualidad precisa el empleo de CEM; se justificará que los CEM generados son lo menos intensos posible para realizar cada exploración en concreto.
- Los equipos de IRM ya cuentan con estas medidas; debe cuidarse que la puerta de la sala del imán esté cerrada habitualmente, abriéndose sólo para entrar o salir.
- Para establecer las medidas de delimitación y acceso es útil y sencillo utilizar la clasificación en zonas que propone el American College of Radiology (ACR). (ver tabla 1).
En el interior de la zona 4 es aconsejable marcar en el suelo la línea a partir de la cual el campo magnético estático es de 5G.
- Hay que cuidar que no haya líquidos vertidos y los pacientes estén secos.
- Verificar la compatibilidad con IRM de los equipos de trabajo, favoreciendo en su ubicación la lejanía respecto al imán.
- Distribuir el material que deba permanecer en la sala del imán lo más alejado posible de este.

ZONA 1: Área de libre acceso para el público en general. Está normalmente fuera del entorno de RM, es generalmente la zona de acceso.

ZONA 2: Área donde los pacientes son recibidos.

ZONA 3: Área controlada bajo la supervisión de personal de RM.

ZONA 4: Área en la que se encuentra el equipo de RM propiamente dicho.

Tabla 1. Clasificación en zonas según ACR

- Formación a los trabajadores para que realicen todas las tareas posibles fuera de la sala del imán, y las imprescindibles que deban realizarse dentro que sean fuera de la línea de 5G. Los movimientos serán lentos con lo que se disminuye la exposición a CEM. Al incidir en este aspecto durante la formación, los trabajadores serán conscientes de que, al realizar las tareas fuera de la sala del imán, están limitando la duración de la exposición y, al alejarse del imán, están limitando la intensidad.
- Los equipos de protección individual frente a CEM disponibles en la actualidad no son apropiados para el trabajo en salas de IRM.

En la tabla 2 se muestra un ejemplo del contenido de un plan de acción.

Si algún trabajador informa de trastornos transitorios, como percepciones sensoriales, vértigo o náuseas, el apartado 4.8 establece que se actualizará, si fuera necesario, la evaluación de riesgos y las medidas de prevención.

El artículo 4 también hace referencia a los trabajadores especialmente sensibles, los efectos indirectos, la señalización y la limitación de acceso, aspectos que se contemplan en las recomendaciones que se aportan en esta NTP y en la NTP 1.063.

Artículo 5

El artículo 5 "Valores límite de exposición y niveles de acción" contempla una serie de situaciones en las que puede admitirse una exposición laboral en la que se superen los citados niveles. Para poder justificar el cumplimiento de estos requisitos en una sala de IRM es preciso seguir las actuaciones indicadas en la NTP 1.063 y en esta NTP.

Otros artículos relevantes

Es imprescindible el cumplimiento de los artículos 8, 9 y 10, referidos a la información y formación, consulta y participación de los trabajadores y vigilancia de la salud.

Es importante que reciba formación todo el personal que pueda tener acceso a la sala: técnico operario del equipo, personal de mantenimiento y limpieza, personal de emergencias/seguridad, etc.

Una formación completa tendría una parte general, igual para todos los trabajadores, explicando los CEM que intervienen en la IRM, y una parte específica, adaptada a los diferentes puestos de trabajo, indicando los efectos que pueden notar y cómo actuar.

Conclusiones

La información de que se dispone en la actualidad no indica que, en exposiciones a campos magnéticos de hasta 8 T, se produzca ningún efecto grave en la salud, pero pueden producirse efectos molestos sensitivos, como vértigo, si se mueve la cabeza o el cuerpo.

El RD 299/2016 establece unas condiciones especiales para proteger a los trabajadores de salas de IRM, de forma que pueda desarrollarse este tipo de trabajo en condiciones de seguridad y salud.

En caso de superar los VLE, el artículo 11 contempla como excepción a la aplicación de los mencionados VLE

las salas de IRM de uso médico. Por otra parte, si se cumplen los VLE pero no los NA, el artículo 5 permite la superación de los NA, siempre y cuando se cumplan algunos requisitos. En el artículo 4 se recogen las medidas de acción a tener en cuenta si se superan los NA pero no los VLE.

- I Clasificación en zonas
- II Señalización
- III Orden y limpieza
- IV Actuaciones por parte de los trabajadores:
 - Previa a la entrada del paciente
 - Cuestionario previo
 - No objetos ferromagnéticos
 - En la sala del imán
 - Solo personal formado
 - Protección auditiva
 - Verificar no líquidos vertidos
 - Movimientos lentos
 - Situarse fuera línea de 5G
 - Comprobaciones periódicas de los equipos
 - Nivel y Presión de Helio
- V Actuación en caso de accidente
 - Si se introducen elementos ferromagnéticos, por descuido o mala praxis, al adherirse algún objeto al equipo de RM:
 - Si no hay atrapamiento de personas, se desaloja la sala y se avisa al servicio técnico.
 - Si hay un atrapamiento de personas, es imprescindible bajar el campo electromagnético mediante un Quench y después realizar las tareas de auxilio.
 - Incendio: Plan similar al del resto de la zona de radiología, incluyendo la consideración de utilizar extintores no ferromagnéticos.
 - Desconectar parte eléctrica.
 - Avisar servicios de extinción.
 - Desalojar la sala.
 - Emplear medios de extinción compatibles.
 - Fuga de Helio: Es imprescindible que exista un plan de evacuación y actuación para el caso de que se produzca una fuga de fluidos criogénicos. Este plan tiene que incluir las siguientes medidas:
 - El operador parará inmediatamente el equipo.
 - Desalojar la instalación, sacando al paciente. Esta maniobra debe tener en cuenta que el aumento de la presión que se produce en el interior de la sala del imán podría provocar el cierre brusco de la puerta, por lo que es imprescindible que, al entrar, la puerta se mantenga totalmente abierta.
 - Hay que abandonar también inmediatamente la sala del operador, puesto que, si la presión de la sala aumenta y el sistema de extracción forzado de aire no funcionara, podrían saltar los cristales de los ventanales de visualización.
 - Avisar inmediatamente al servicio técnico de mantenimiento de la casa comercial correspondiente.
- VI Programa de mantenimiento

Tabla 2. Ejemplo de contenido de un plan de acción en salas de IRM.

BIBLIOGRAFÍA

www.icnirp.org

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.
Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields.
Health Phys 96:504 –514; 2009.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.
Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static, magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1Hz.
Health Phys 106(3):418 –425; 2014.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.

Health issues associated with millimeter wave whole body imaging technology.

Health Phys 102(1):21-82; 2012.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.

Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients.

Health Phys 87:197-216; 2004.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.

Amendment to the ICNIRP Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients.

Health Phys 97(3):259-261;2009.

DIRECTIVA 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos) (vigésima Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE), y por la que se deroga la Directiva 2001/40/CE.

REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

CAVIN, I. D., GLOVER, P. M., BOWTELL, R. W. AND GOWLAND, P. A. (2007),

Thresholds for perceiving metallic taste at high magnetic field.

J. Magn. Reson. Imaging, 26: 1357-1361.

EXPERT PANEL ON MR SAFETY: KANAL, E., BARKOVICH, A. J., BELL, C., BORGSTEDE, J. P., BRADLEY, W. G., FROELICH, J. W., GIMBEL, J. R., GOSBEE, J. W., KUHN-KAMINSKI, E., LARSON, P. A., LESTER, J. W., NYENHUIS, J., SCHAEFER, D. J., SEBEK, E. A., WEINREB, J., WILKOFF, B. L., WOODS, T. O., LUCEY, L. AND HERNANDEZ, D. (2013),

ACR guidance document on MR safe practices: 2013.

J. Magn. Reson. Imaging, 37: 501-530.

KAUL G.

Was verursacht "elektromagnetische Hypersensibilität"? Individuelle Wahrnehmung oder reaktiv ausgelöste Empfindlichkeit auf elektromagnetische Felder.

Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. 2009.

STAM, R. (2008)

The EMF Directive and protection of MRI workers,

RIVM Report 610703001/2008, RIVM, Bilthoven, Paises Bajos.

STAM, R. (2014)

The revised electromagnetic fields directive and worker exposure in environments with high magnetic flux densities,

Ann Occup Hyg, Vol. 58, No 5, pp. 529 541.