

# Imagen mediante Resonancia Magnética (I): técnica, riesgos y medidas preventivas

*Magnetic Resonance Imaging (I): technical, risks and preventive measures*  
*L'Imagerie par Resonance Magnetique (I): la technologie, les risques et les mesures préventives*

## Autor:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

## Elaborado por:

María Sánchez Fuentes  
Javier Gálvez Cervantes  
CENTRO NACIONAL DE  
NUEVAS TECNOLOGÍAS. INSHT

*Uno de los usos más extendidos de la resonancia magnética es su aplicación como técnica de diagnóstico en medicina. El objetivo de esta NTP es dar a conocer el funcionamiento de un equipo de resonancia magnética de imagen, lo que permitirá comprender los riesgos laborales que puede implicar así como establecer las medidas preventivas más apropiadas.*

*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

Para facilitar la evaluación de los riesgos laborales que pueden encontrarse en los lugares de trabajo donde se realizan exploraciones médicas con la técnica de Imagen mediante Resonancia Magnética (IRM), se elaborarán dos notas técnicas de prevención (NTP).

Esta primera NTP describe los principios físicos de esta tecnología, las partes principales de la máquina y las características de las salas de IRM. Incluye el riesgo de proyección de objetos ferromagnéticos, y los riesgos que no están asociados propiamente a la presencia de campos electromagnéticos, como por ejemplo, la fuga de fluidos criogénicos, el ruido o la manipulación de pacientes.

La segunda NTP sobre este campo abordará los efectos de los campos electromagnéticos para la salud, y las disposiciones de la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos).

Además de los riesgos detallados en estas NTP específicos del trabajo en salas de IRM, la evaluación de riesgos debe incluir los derivados del trabajo en un entorno hospitalario en contacto con pacientes.

## 2. IRM. PRINCIPIOS FÍSICOS

La resonancia magnética nuclear (RMN) es una técnica no destructiva basada en el hecho de que los núcleos atómicos pueden entrar en resonancia con ondas de radiofrecuencia (RF). Esta técnica permite obtener información estructural y estereoquímica de compuestos en un tiempo asequible por lo que tiene múltiples aplicaciones.

Desde que en 1939 Isidor Isaac Rabi diseñara un aparato capaz de evidenciar el comportamiento de un haz molecular en un campo magnético homogéneo al aplicarle ondas de radio, la técnica y conocimientos científicos han progresado llegando a conseguir en 1984 realizar estudios de imagen mediante resonancia magnética (RM)

en humanos, pudiendo en la actualidad proporcionar información antes impensable, como los estudios dinámicos de órganos, estudios de activación cerebral, espectroscopia por RM...

Todos los átomos tienen unas características magnéticas propias ya que las partículas subatómicas cargadas que los componen (electrones y protones) están en movimiento constante. Este movimiento crea corrientes atómicas y con ellas un momento magnético, que es lo que hace que se comporten de forma diferente ante la presencia de campos magnéticos externos (B). Dependiendo de este momento tienen un valor de susceptibilidad magnética  $\chi_m$  concreto, que es un parámetro utilizado para clasificar los materiales.

En función de su  $\chi_m$  los materiales se clasifican en:

- **Diamagnéticos** ( $\chi_m < 0$ ): Crean un campo magnético interno opuesto al campo externo, siendo **repelidos** por imanes permanentes.
  - **Paramagnéticos** ( $\chi_m > 0$ ): Crean un pequeño campo magnético interno a favor del campo externo, **no viéndose afectados** a nivel macromolecular por el campo externo, a no ser que tenga  $\chi_m \gg 0$ .
- Dentro de este grupo están los materiales **ferromagnéticos**, que tienen una alta  $\chi_m$  y poseen una imantación residual; pueden ser imanes permanentes, viéndose **atraídos** por los campos magnéticos externos.

En presencia de un campo magnético estático  $B_0$ , los núcleos atómicos se orientan dependiendo de su  $\chi_m$ . A mayor campo, mayor es el número de protones capaz de orientarse. La figura 1 es una representación esquemática del efecto de  $B_0$  en un conjunto aleatorio de núcleos atómicos. (Ver fig. 1)

Una aplicación del fenómeno de resonancia magnética es la técnica de IRM que permite componer imágenes de estructuras del cuerpo humano y es de utilidad para el diagnóstico médico.

En IRM se somete lo que se quiere analizar a  $B_0$  y después se aplica una radiofrecuencia. Cuando coincide la frecuencia de esta RF aplicada con la frecuencia de vibración de los protones, éstos absorben energía y entran en resonancia (he aquí la procedencia del térmi-

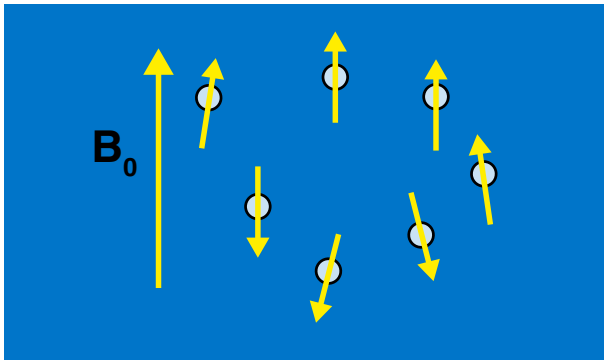


Figura 1. Efecto de un campo magnético sobre núcleos atómicos.

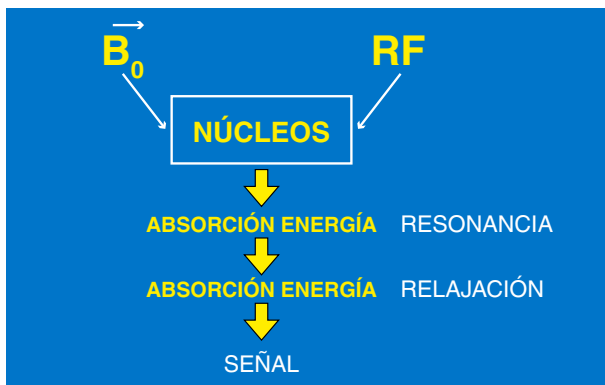


Figura 2. Esquema del proceso de formación de la señal en RM.

no resonancia magnética). Posteriormente, al relajarse, liberan la energía en forma de ondas de RF, permitiendo así la formación de una señal. La figura 2 es un resumen esquemático de este proceso.

En un campo magnético homogéneo, como el creado por el imán principal ( $B_0$ ), todos los protones oscilan con la misma frecuencia haciendo imposible determinar desde qué punto llega cada señal.

Para transformar la señal obtenida de relajación de los núcleos en una imagen con valor diagnóstico es necesaria la existencia de otro campo magnético.

Se consigue localizar las señales de los distintos tejidos al aplicar campos magnéticos locales que, sumados a  $B_0$ , causan distorsiones predecibles de  $B_0$ , variando la frecuencia de oscilación de los protones de la zona seleccionada.

Estos campos magnéticos locales son los llamados gradientes de campo magnético (GR).

A continuación se detallan los componentes del equipo de IRM y su descripción permite identificar los riesgos asociados y cómo prevenirlos.

### 3. COMPONENTES PARA UNA EXPLORACIÓN DE IRM

#### Imán generador de campo magnético estático:

Consigue la alineación de los protones de algunos átomos según su campo magnético  $B_0$ , cuanto mayor es  $B_0$ , más protones son capaces de alinearse.

Para cuantificar la fuerza del imán, es decir, la intensidad del campo magnético principal, se emplea la inducción magnética o densidad de flujo magnético ( $B$ ), que en el SI de unidades se mide en teslas (T), aunque es habitual expresarla en gauss (G) siendo  $1\text{T} = 10.000\text{ G}$ .

Según el origen de su magnetismo se distinguen 3 tipos de imanes:

- **Naturales**, el imán natural más representativo es la tierra, su magnitud en la superficie de la Tierra varía de  $25$  a  $65\mu\text{T}$
- **Permanentes**, compuestos por materiales imantados de forma artificial, esta propiedad magnética puede desaparecer al calentarlos o golpearlos.
- **Electroimanes**, crean un campo magnético al pasar corriente eléctrica por un bobinado enrollado alrededor de un núcleo de hierro.

En la actualidad los imanes de los equipos de IRM pueden ser:

- **Permanentes**,
- **Electroimanes resistivos**,
- **Electroimanes superconductivos**, en la actualidad son los más empleados ya que pueden generar campos magnéticos muy intensos ( $0.5$ - $18\text{T}$ ).

Están basados en la propiedad que tienen determinadas aleaciones metálicas, que al encontrarse a temperaturas próximas al cero absoluto ( $-273^\circ\text{C}$ ) no ofrecen resistencia al paso de la corriente eléctrica, adquiriendo características de superconductividad.

Para conseguir esta superconductividad los equipos de IRM utilizan un fluido criogénico, habitualmente helio líquido a  $-269^\circ\text{C}$  (además de agua comprimida o nitrógeno para disminuir la evaporación del helio). Con ello se mantiene el metal superconductor a una temperatura muy baja y se consigue la conducción de altas corrientes, lo que produce un campo magnético extremadamente estable y de intensidad muy alta.

#### Gradientes de campo magnético (GR)

Para generar los GR se conectan y desconectan unos electroimanes ubicados a lo largo del imán. Las fuerzas electromotrices asociadas a estas conexiones y desconexiones hacen que los ensamblajes de los electroimanes vibren, golpeando la estructura donde están ubicados y produciendo el ruido característico durante la exploración. El nivel de este ruido puede superar los  $99\text{ dBA}$  en el túnel de exploración.

Cuanto mayor es la intensidad del campo magnético principal mayor tiene que ser la potencia de los gradientes, por ello el ruido generado en los equipos aumenta con la potencia de la máquina, aunque también depende de otros factores como pueden ser el tipo de secuencia a utilizar o el peso del paciente.

Estos gradientes consumen una gran cantidad de corriente eléctrica trifásica.

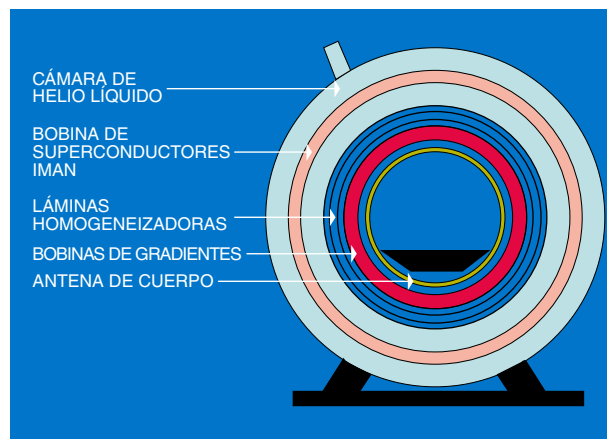


Figura 3. Esquema de un equipo de MRI.

## Antenas emisoras y receptoras de RF

Las antenas de RF emiten pulsos que consiguen que los protones absorban energía cuando coinciden sus frecuencias. Cuando finalizan las emisiones los protones tienden a buscar el equilibrio, cediendo la energía absorbida en forma de señal eléctrica (del orden de microvoltios), que es recibida por la antena.

Se utilizan distintos tamaños de antena, dependiendo de lo que se quiera estudiar.

## Consola de operaciones

Las señales, tras registrarse en la antena, se digitalizan y mediante cálculos matemáticos se obtienen las imágenes de la zona explorada, que se muestran en la consola de operaciones, ubicada fuera de la sala del imán.

## Medios de contraste

En muchas exploraciones es necesario administrar al paciente una sustancia de contraste caracterizada por la presencia de un ión metálico con propiedades magnéticas, consiguiendo con esto una imagen con información adicional a la obtenida sin contraste.

## 4. RIESGOS ASOCIADOS A LA IRM Y SUS MEDIDAS PREVENTIVAS

La mayoría de los riesgos laborales presentes en las salas de IRM están asociados a la presencia de campos electromagnéticos ya sea de forma directa o indirecta. Como se ha explicado el ruido es debido al movimiento de las bobinas de gradientes o los fluidos criogénicos que son necesarios para mantener el campo magnético.

La permanencia en la sala durante las exploraciones debería limitarse a las situaciones excepcionales en las que alguien del equipo debe permanecer en su interior. Por ejemplo, el caso del anestesista durante los estudios cardíacos con sedación, en los que se necesita someter al paciente a apnea cada vez que se dispara una secuencia.

### Riesgos relacionados con los fluidos criogénicos

#### Rotura del tanque o fuga

La rotura del tanque de fluidos criogénicos es el accidente más grave en salas de IRM, ya que puede producir un incendio o explosión.

En caso de fuga de criógenos hay riesgo de:

- Asfixia y congelación: Ni el helio ni el nitrógeno son tóxicos, pero pueden provocar la muerte por asfixia debida al desplazamiento del oxígeno. El helio es menos denso que el aire, en caso de fuga asciende, reemplaza al aire, y, si es respirado, produce asfixia y congelación. El nitrógeno es más pesado que el aire por tanto permanece en el suelo.
- Quemaduras: Causadas por contacto con gas a muy baja temperatura.
- Explosión: La transformación del helio en estado líquido a estado gaseoso supone el aumento de 760 veces su volumen. Los cristales que separan la sala del imán de la sala del operador pueden romperse en este caso.
- Imposibilidad de evacuación de personas: Una deficiente evacuación del helio da lugar al aumento de la presión del interior de la sala que impide abrir las

puertas de acceso. Por este hecho, en la actualidad, todas las puertas de las instalaciones nuevas se abren hacia el exterior de la sala.

#### Situaciones de extinción brusca del campo magnético (Quench)

En todo centro de IRM que contenga equipo superconductor tiene que estar establecido un protocolo de emergencia para situaciones de extinción de campo magnético. En estas instalaciones existen dos pulsadores a este fin, claramente señalizados y convenientemente protegidos para que no sean accionados involuntariamente.

Para detener el funcionamiento del imán y así bajar el campo se realiza la maniobra conocida como *quench*, en la que se desaloja de forma controlada el fluido criogénico, así la bobina conductora se calienta induciendo resistencia al paso de la corriente eléctrica y disminuyendo el campo magnético. El gas se expande rápidamente siendo conducido por medio de chimeneas al exterior de la instalación.

Los únicos casos en los que se debe provocar el *quench* son:

- Cuando la integridad física de una persona corre peligro, debido a un atrapamiento por un objeto ferromagnético muy pesado.
- Cuando hay un incendio en la sala del imán y se requiere la acción inmediata y el acceso a la sala por parte del servicio de emergencias.

Fuera de estos supuestos, para realizar una reducción de intensidad del campo magnético de forma controlada, se contacta con el servicio técnico. El servicio técnico suele interponer una resistencia eléctrica externa al imán y a temperatura ambiente, que convierte la electricidad usada para generar el campo magnético en calor, forzando la pérdida progresiva y controlada de la intensidad del campo magnético sin prácticamente producir pérdidas del fluido criogénico.

Si lo que se necesita es separar del imán algún objeto atraído por el campo, habitualmente se recurre a procedimientos mecánicos (grúas, polipastos...), evitando el gasto económico y el tiempo de parada que supone el restablecimiento del campo magnético.

Antes de proceder a la extinción brusca del campo magnético debe tenerse en cuenta:

- La extinción del campo magnético se produce cuando el nivel de fluido criogénico decrece lo suficiente como para que el metal que genera el campo magnético pierda la condición de superconductividad debido al incremento de temperatura. **Transcurren más de 30 segundos desde que se activa el pulsador de extinción del campo magnético hasta que se nota una disminución del mismo.**
- El fluido criogénico se reconduce al exterior de la instalación mediante una chimenea, produciendo silbidos o siseos.
- El fluido emerge hacia el exterior y produce una nube de vapor debido a la formación de nubes blancas por condensación del aire.
- Los servicios de emergencia deben ser alertados de la existencia, origen y composición de la misma.
- Si se produce una situación de *quench* y falla el sistema de evacuación del fluido criogénico (ventilación y evacuación de gases...), el fluido criogénico se libera a la sala de exploración, con los mismos riesgos que conlleva la fuga de criogénicos.

El personal debería conocer y diferenciar perfectamente los diferentes interruptores, tanto los de desconexión de

la parte eléctrica: interruptor de apagado del equipo e interruptor de apagado del sistema eléctrico de la sala, como los de bajada del campo magnético (*quench*).

Los equipos de desconexión eléctrica se manejan con los mismos criterios que cualquier aparato eléctrico ante incendios, descargas eléctricas, inundaciones, etc. Se tendrá en cuenta que el equipo está sometido a alta y baja tensión.

#### Medidas preventivas debidas a los fluidos criogénicos

Muchos fabricantes instalan dentro de la sala del imán un sensor que detecta la cantidad de oxígeno y extractores de aire.

Si se produce una fuga disminuye el  $O_2$  y salta una alarma acústica. Esta alarma es tan sensible que en ocasiones, también salta debido a un aumento de la temperatura en la sala o por avería del propio sistema.

Debería realizarse, para asegurar la instalación, la revisión periódica de todos los sistemas de seguridad, detectores, elementos de extracción de emergencia de la camilla del paciente, sistema de elevación y expulsión de la mesa, equipo de alarma, etc., de forma que contemple el uso habitual que se realiza de ellos..

Los fabricantes recomiendan limpiar el sistema extractor de gases e inspeccionarlo a menos una vez al año para cerciorarse de que cumple con la velocidad de corriente de aire especificada y así asegurar su correcto funcionamiento.

En ningún caso se obstaculizará el funcionamiento de los sistemas anteriores con otros elementos tales como almohadillas, sábanas o mantas. Por la misma razón, la puerta de escape de la sala nunca estará bloqueada por camas, camillas o carros, etc..

El plan de evacuación y actuación para el caso de que se produzca una fuga de fluidos criogénicos se estudia en la segunda NTP sobre IRM.

#### Riesgo debido a la interacción del campo magnético con objetos ferromagnéticos

Los objetos ferromagnéticos pueden convertirse en proyectiles que dañen al trabajador, paciente o cualquier elemento que haya en su camino. La susceptibilidad magnética de estos objetos es tan alta que experimentan movimientos de torsión para alinearse con las líneas de campo magnético y movimientos de translación, dirigiéndose hacia el imán.

La fuerza de esta atracción depende de la potencia del campo magnético, la masa del objeto, su susceptibilidad magnética, distancia al imán y orientación respecto al campo.

El campo magnético estático puede hacer que los implantes activados eléctrica, magnética o mecánicamente dejen de funcionar correctamente.

#### Medidas preventivas frente a la atracción por el campo magnético estático

- Formación e información

Todo el personal adscrito a la sala de IRM debe conocer los riesgos presentes en su lugar de trabajo y cómo prevenirlos. Se recomienda la asistencia periódica a alguna jornada técnica o reunión informativa sobre el uso seguro de equipos de IRM.

El personal de emergencia externo debe estar capacitado para actuar en estas salas de forma segura, conociendo el porqué de la prohibición de introducir

equipos ferromagnéticos y dónde están ubicados los interruptores de apagado de emergencia del imán y de los sistemas eléctricos.

- Señalización

La señalización de seguridad es una medida preventiva complementaria. En el caso de las salas de IRM debe prevenir de la exposición al campo magnético, tanto de los trabajadores como de objetos que puedan verse atraídos por el imán.

Es preciso que haya señalización en las zonas colindantes, no solamente en la puerta de acceso a la sala del imán.

En la entrada a la sala del imán debe estar señalizada la prohibición de introducir objetos que puedan ser atraídos por el campo magnético, con un cartel como el que se muestra en la figura 4.



Figura 4. Ejemplo de cartel de señalización a la entrada de la sala de RMI.

Para que la señalización sea eficaz debe llamar la atención. Por eso, además de los carteles en la puerta y zonas adyacentes, en algunas instalaciones se colocan carteles plastificados en el suelo, ya que, al ser una ubicación inusual para la señalización, llama más la atención.

En muchas máquinas hay dibujada una línea que delimita la zona en la que el campo es superior a 5 gauss, por lo que la ubicación en esa zona interior de equipos compatibles, aunque no sean ferromagnéticos, puede alterar el correcto funcionamiento de los equipos (respiradores, monitorizadores, bombas de infusión, etc.) y producir artefactos en la imagen.

Para los trabajadores es más seguro permanecer fuera de esa línea, y lo apropiado es realizar ahí toda maniobra de tipo sanitario o técnico que no pueda hacerse en el exterior de la sala.

- Acceso restringido

Los trabajadores de esta instalación deberían haber sido seleccionados cuidadosamente. La exposición al campo magnético puede suponer un riesgo para su

salud si llevan marcapasos, válvulas cardíacas, prótesis auditivas u otro tipo de prótesis no compatible con RM, implantes metálicos, sean o no ferromagnéticos, DIU y algunos tatuajes que contengan tintes férricos. En la web de MRIsafety.com puede consultarse la compatibilidad electromagnética de un gran número de prótesis.

La ropa de trabajo también debe ser seleccionada. Es imprescindible que no tenga hebillas, pasadores ni refuerzos que puedan ser atraídos por el imán, con el fin de evitar que se desprendan y puedan herir o dañar al paciente o al operador. De igual forma se prohibirá el uso de horquillas, pasadores, pinzas de pelo, relojes o incluso bolígrafos que pudieran tener componentes ferromagnéticos. En ocasiones algunos pendientes causan un aumento de temperatura, aunque estén colocados en zonas ocultas. Además se evitará el uso de fonendoscopios o laringos normales, pinzas, tijeras u otros elementos que se lleven en el bolsillo sin haber supervisado previamente que no contienen elementos ferromagnéticos.

La puerta de acceso a la sala debe estar situada de forma que el operador siempre vea lo que entra a la misma y pueda intervenir si no ha autorizado el acceso, y así evitar accidentes. Debe existir un protocolo normalizado para garantizar la seguridad de todo equipo que entre en la sala.

Para verificar la presencia de partes metálicas, a veces, se recurre a arcos de alta sensibilidad que pueden detectar objetos metálicos de uso tan habitual que el portador no sea consciente de ellos. Su eficacia como medida preventiva no es total ya que tienen sensibilidad variable y dependen de la habilidad de los operadores, pudiendo no detectar fragmentos de metal ferromagnético de 2x3 mm, y no distinguiendo si son objetos o implantes metálicos.

Adicionalmente, un objeto no ferromagnético puede verse afectado por el campo magnético, y esta es la razón por la que se debe prohibir que el personal adscrito a esa sala lleve cualquier elemento metálico en general. Lo que sí se recomienda es tener un pequeño imán en la sala de operaciones, donde verificar si objetos dudosos van a ser afectados por el campo magnético, como por ejemplo unas gafas.

## Riesgo relacionado con los gradientes

### Ruido

Aunque ya existen aparatos de IRM silenciosos, en la mayoría de los que funcionan en la actualidad los niveles de ruido dentro de la sala del imán pueden superar los 90 dB(A), y dependiendo de la insonorización de la misma, llegan a ser percibidos, aunque en menor intensidad, en la sala de los operadores.

El artículo 5 del RD 286/06 establece como valor inferior de exposición que da lugar a una acción  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A), valor que se sobrepasa durante las exploraciones de IRM, llegando a superar el valor superior de exposición que da lugar a una acción  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A), por lo que es preciso adoptar medidas preventivas.

Se recuerda que, según el artículo 25 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario garantizará de manera específica la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo, por lo que se recomienda consultar el mencionado RD 286/2006 y su guía técnica.

En el caso de que haya una trabajadora embarazada en la sala de IRM se recomienda consultar además, el RD 289/2009 por el que se modifica el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

### Medidas preventivas frente al ruido

Es preciso usar los equipos de protección individual adecuados a cada una de las máquinas, que serán elegidos por el técnico de prevención, teniendo en consideración las instrucciones del fabricante sobre el tipo de protección a utilizar para cada instalación concreta.

En todo caso hay que tener mucho cuidado con la compatibilidad electromagnética de los medios de protección, tanto para que no originen artefactos en las imágenes, como para que no causen daños, lo que puede suceder si se calientan o si se ven atraídos por el imán.

### Riesgo eléctrico: incendio

Debido a la gran cantidad de corriente trifásica necesaria para el funcionamiento de los GR en algunos casos se han producido pequeños incendios en los equipos de IRM, por lo que, a la hora de hacer la evaluación de riesgos, hay que considerar que existe riesgo eléctrico, como establece el apartado 1, d) del Anexo I del RD 614/2001 ya que son incendios originados por la electricidad cuyo origen puede ser una utilización indebida (en condiciones diferentes a las previstas) o un defecto de las instalaciones o de los receptores.

### Medidas preventivas frente al riesgo de incendio

Los equipos de IRM están dotados de un sistema de refrigeración de GR, si aparece algún aviso de alerta en ese sistema debe contactarse con el servicio de mantenimiento para que revisen el sistema.

Debe respetarse el protocolo para la realización de cada exploración para evitar sobrecalentamientos, algunos equipos paran la exploración si detectan un aumento de temperatura en el sistema de GR.

En caso de producirse el incendio debe desconectarse la parte eléctrica de la instalación que pueda verse afectada, y proceder a su extinción utilizando un extintor compatible con RM.

### Uso de pantallas de visualización de datos

Los técnicos operadores de las salas de IRM habitualmente y durante una parte relevante de su trabajo normal utilizan un equipo con pantalla de visualización de datos. Al cumplir esas condiciones les es de aplicación el RD 488/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización, ya que según el mismo son usuarios de pantallas de visualización, y es preciso asegurar el cumplimiento de las condiciones que establece.

### Administración de contrastes y otras tareas sanitarias

Al administrar contraste intravenoso al paciente, al insertar catéteres o realizar punciones, se produce la manipulación de objetos cortopunzantes. Una buena prevención de riesgos laborales en una sala de IRM debe incluir un

protocolo para realizar esta tarea, cumpliendo todas las especificaciones derivadas de la Directiva 2010/32/UE que aplica el Acuerdo marco para la prevención de las lesiones causadas por instrumentos cortantes y punzantes en el sector hospitalario y sanitario, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Orden ESS/1451/2013.

Frecuentemente hay que manipular a los pacientes al colocarlos para la exploración. Para proteger a los trabajadores de lesiones se les debe proporcionar los conocimientos sobre manipulación manual, ya que así realizarán esta tarea de forma ergonómica.

### Cambio de condiciones ambientales

La sala del imán, para el correcto funcionamiento del equipo y proteger la seguridad de los pacientes, debe estar a una temperatura ambiente inferior a 24 °C y una humedad relativa inferior al 60 %.

Se recomienda a los trabajadores que tengan en cuenta la posible diferencia de condiciones ambientales entre esta sala y el exterior, y si esto supone discomfort térmico para ellos utilicen ropa adecuada para entrar a dicha sala.

En cualquier caso, los trabajadores no deben permanecer en la sala del imán durante periodos prolongados de tiempo y el área que debe estar acondicionada térmicamente para los trabajadores es la sala en la que está la consola de operaciones, zona en la que permanecen la mayor parte de su jornada laboral.

## 5. CONCLUSIONES

La experiencia en este campo, de más de 30 años de uso clínico, muestra que la mayoría de las incidencias registradas son debidas al desplazamiento de objetos metálicos.

Dada la gravedad de los efectos de un escape de fluidos criogénicos es muy importante controlar esa parte de la instalación.

Si una persona excepcionalmente debe permanecer en la sala durante la exploración, aunque no esté dentro del túnel, deberá utilizar protección auditiva.

Hay que recordar que los trabajadores de las salas de IRM están expuestos a los riesgos del entorno hospitalario y son usuarios de PDV, además de realizar algunas tareas sanitarias.

## BIBLIOGRAFÍA

REAL DECRETO 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

REAL DECRETO 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. BOE nº 97 23-04-1997.

ORDEN ESS/1451/2013, de 29 de julio, por la que se establecen disposiciones para la prevención de lesiones causadas por instrumentos cortantes y punzantes en el sector sanitario y hospitalario.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

**Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.**

FUNDACIÓN DIM

**Curso teórico-práctico de técnicas de neuroimagen con resonancia magnética. 2013.**

GE MEDICAL SYSTEMS

**Guía de seguridad para RM, 2003.**

J. GÁLVEZ, E. ALFAYATE

**Recomendaciones preventivas generales en el uso de equipos de Resonancia Magnética de alto campo (1,5 y 3 Teslas) para aplicaciones clínicas.**

*Seguridad y Salud en el trabajo 2010, nº 60, p. 20-27.*

Á. ALBERICH BAYARRIA, L. MARTÍ BONMATÍA, B. J. LAFUENTEC Y E. GUIBELALDE DEL CASTILLO

**Utilización segura de la resonancia magnética. Recomendaciones prácticas para el personal que trabaja con resonancia magnética.**

*Radiología 2013, 55(2):99-106.*

E. KANAL, A. J. BARKOVICH ET AL.,

**ACR Guidance Document on MR Safe Practices.**

*JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING 2013, nº37, p. 501-530.*

F.G. SHELLOCK Y E. KANAL

**Magnetic Resonance, Safety and Patient Management.**

*Raven Press. New York 1996 (2ª Ed).*