

Resonancia Magnética

Una imagen por resonancia magnética (IRM), también conocida como tomografía por resonancia magnética (TRM) o imagen por resonancia magnética nuclear (NMRI, por sus siglas en inglés), RM, resonancia es una técnica no invasiva que utiliza el [fenómeno de la resonancia magnética \(RM\)](#), para obtener información sobre la estructura y composición del cuerpo a analizar.

A diferencia de la [TAC](#), no usa radiación ionizante, sino campos magnéticos para alinear la magnetización nuclear de (usualmente) átomos de hidrógeno del agua en el cuerpo. Los campos de radiofrecuencia (RF) se usan para sistemáticamente alterar el alineamiento de esa magnetización, causando que los núcleos de hidrógeno produzcan un campo magnético rotacional detectable por el escanner. Esa señal puede ser manipulada con adicionales campos magnéticos y así construir con más información imágenes del cuerpo.

La RM es la técnica preferida para el diagnóstico, la planificación del tratamiento y el seguimiento de los pacientes con lesiones neoplásicas en el Sistema Nervioso Central (SNC).

Resonancia magnética convencional

La RM convencional, con captación de contraste basados en gadolinio, se utiliza cada vez más en combinación con técnicas avanzadas, como la RM funcional para ofrecer información morfológica, metabólica y fisiológica (Essig y col., 2011).

Tipos

RM de 1,5 teslas

[RM de 3 teslas](#)

Funcionamiento

Esquema de una unidad de IRM de imán superconductor Equipo de IRM Los equipos de IRM son máquinas con muchos componentes que se integran con gran precisión para obtener información sobre la distribución de los átomos en el cuerpo humano utilizando el fenómeno de RM. El elemento principal del equipo es un imán capaz de generar un campo magnético constante de gran intensidad. Actualmente se utilizan imanes con intensidades de campo de entre 0.15 y 7 teslas. El campo magnético constante se encarga de alinear los momentos magnéticos de los núcleos atómicos básicamente en dos direcciones, paralela (los vectores apuntan en la misma dirección) y anti-paralela (apuntan en direcciones opuestas).[2] La intensidad del campo y el momento magnético del núcleo determinan la frecuencia de resonancia de los núcleos, así como la proporción de núcleos que se encuentran cada uno de los dos estados.

Esta proporción está gobernada por las leyes de la estadística de Maxwell-Boltzmann que, para un átomo de hidrógeno y un campo magnético de 1.5 teslas a temperatura ambiente, dicen que apenas un núcleo por cada millón se orientará paralelamente, mientras que el resto se repartirán equitativamente entre ambos estados, ya que la energía térmica de cada núcleo es mucho mayor que la diferencia de energía entre ambos estados. La enorme cantidad de núcleos presente en un pequeño volumen hace que esta pequeña diferencia estadística sea suficiente como para ser detectada.

El siguiente paso consiste en emitir la radiación electromagnética a una determinada frecuencia de resonancia. Debido al estado de los núcleos, algunos de los que se encuentran en el estado paralelo o de baja energía cambiarán al estado perpendicular o de alta energía y, al cabo de un corto periodo de tiempo, re-emitarán la energía, que podrá ser detectada usando el instrumental adecuado. Como el rango de frecuencias es el de las radiofrecuencias para los imanes citados, el instrumental suele consistir en una bobina que hace las veces de antena, receptora y transmisora, un amplificador y un sintetizador de RF.

Debido a que el imán principal genera un campo constante, todos los núcleos que posean el mismo momento magnético (por ejemplo, todos los núcleos de hidrógeno) tendrán la misma frecuencia de resonancia. Esto significa que una señal que ocasione una RM en estas condiciones podrá ser detectada, pero con el mismo valor desde todas las partes del cuerpo, de manera que no existe información espacial o información de dónde se produce la resonancia.

Para resolver este problema se añaden bobinas, llamadas bobinas de gradiente. Cada una de las bobinas genera un campo magnético de una cierta intensidad con una frecuencia controlada. Estos campos magnéticos alteran el campo magnético ya presente y, por tanto, la frecuencia de resonancia de los núcleos. Utilizando tres bobinas ortogonales es posible asignarle a cada región del espacio una frecuencia de resonancia diferente, de manera que cuando se produzca una resonancia a una frecuencia determinada será posible determinar la región del espacio de la que proviene.

En vez de aplicar tres gradientes diferentes que establezcan una relación única entre frecuencia de resonancia y punto del espacio, es posible utilizar diferentes frecuencias para las bobinas de gradiente, de manera que la información queda codificada en espacio de fases. Esta información puede ser transformada en posiciones espaciales utilizando la transformada de Fourier discreta.

Riesgos para la salud

Debido a la complejidad de un equipo de IRM, existen muy diversas maneras en las que este puede afectar a la salud de una persona. Se puede clasificar estas maneras en tres grupos:

Riesgos inmediatos evitables

Riesgos inmediatos inevitables

Riesgos a largo plazo

Riesgos inmediatos evitables

Son riesgos derivados la introducción de un objeto o material en la sala donde se encuentra el equipo que interactúe de alguna manera con éste. Estos riesgos son evitables en la mayor, si no en la totalidad, de los casos, si el personal que maneja el equipo tiene una formación apropiada y la información sobre el paciente es completa.

La mayor parte de efectos negativos que puede tener sobre la salud un examen de IRM provienen de los efectos directos que el campo electromagnético puede ejercer sobre materiales conductores de la electricidad o ferromagnéticos o sobre dispositivos electrónicos.

Debido al potente campo magnético que rodea al equipo de IRM permanentemente, cualquier material ferromagnético, como el hierro, se verá atraído con mucha fuerza hacia la pared interior del hueco donde se sitúa el paciente, a menudo "volando" a través del espacio que lo separa de este lugar. Una vez pegado a la pared, extraerlo puede requerir mucha fuerza, si no se desea apagar el

imán primario. En el caso de que algún otro objeto se interponga entre el imán y el material ferromagnético, se pueden producir graves daños, tanto al equipo de IRM como a los pacientes y personal presentes en la sala o en el interior equipo.

Los materiales conductores también representan un cierto peligro. Aunque estos materiales no se verán atraídos por el campo magnético permanente del imán primario, reaccionarán a cualquier cambio en el campo magnético estático oponiéndose a este cambio, según la ley de Lenz. Un cambio en el campo magnético se produce, por ejemplo, cuando se encienden las bobinas de gradiente y estas empiezan a emitir campos magnéticos con diversas frecuencias. La consecuencia de esto es la aparición de una corriente eléctrica que, gracias a la resistencia del material, producirá un calentamiento, pudiendo llegar a causar quemaduras a cualquier objeto en contacto con él .

El tercer tipo de peligro directo para la salud provocado por un examen de IRM es para los dispositivos electrónicos o mecánicos que puedan ser introducidos en la sala donde se encuentra el equipo de diagnóstico. Debido tanto al campo magnético permanente como a las ondas de radio y a los gradientes normales durante un examen de IRM, cualquier dispositivo mecánico con alguna parte metálica podría no funcionar bien en el interior de la sala. Este es el caso de algunas válvulas cardíacas. Un equipo electrónico mal blindado de las radiaciones electromagnéticas podría dejar de funcionar o hacerlo incorrectamente durante o después de un examen de IRM. El marcapasos es el ejemplo típico de problemas derivados de este efecto,[5] aunque hoy en día existen técnicas, métodos y dispositivos que posibilitan un examen con IRM a un paciente con un marcapasos o similar.

Riesgos inmediatos inevitables

Los campos EM también interactúan con los seres humanos, ya que interactúan con cualquier partícula cargada, y esto puede derivar, principalmente, en corrientes en el interior de los tejidos y en calentamiento del cuerpo. Estos efectos presentan un riesgo bajo y controlado.

En medicina se suele utilizar un análisis de riesgo-beneficio para valorar si un paciente debe someterse o no a un examen de IRM. En el caso de que el riesgo inevitable sea mayor que el normal, el examen solo se realizará si es absolutamente necesario. Este es el caso de mujeres embarazadas, por ejemplo.

Riesgos de una exposición prolongada a campos EM [editar]Durante los últimos años se ha iniciado un debate en los foros públicos y científicos sobre los posibles efectos adversos para la salud de la exposición prolongada a campos electromagnéticos. Este tipo de riesgo afecta principalmente al personal sanitario que trabaja en las instalaciones de IRM, al personal de mantenimiento que debe realizar reparaciones o trabajo directamente sobre el equipo y a cualquier otra persona que deba encontrarse a menudo en las proximidades de un equipo de IRM.

Los efectos de exposiciones prolongadas podrían derivar de los efectos conocidos mencionados en la sección anterior (calentamiento del cuerpo y corrientes en el interior de los tejidos) o podrían derivar de efectos no conocidos que, a largo plazo, causaran enfermedades mortales tales como cáncer. A día de hoy no existe ninguna evidencia que sostenga esta última afirmación y la mayoría de los estudios que la apoyan no presentan una correlación estadísticamente significativa entre campos EM y cáncer.

La directiva europea 2004/40/CE [editar]Al respecto de los efectos conocidos y sus posibles consecuencias a causa de exposiciones prolongadas, la Comisión Europea aprobó en abril de 2004 la directiva 2004/40/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos)[7] que establece límites de exposición (exposure limits) para las densidades de

corriente y los coeficientes de absorción específica en el interior del personal que trabaja en una instalación que emite campos EM (incluyendo equipos de IRM). Estos límites siguen las recomendaciones de la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP por sus siglas en inglés) en su guía 7/99.[8]

Medir estas magnitudes en el interior de una persona no es posible. Como mucho puede utilizarse un maniquí en el interior del cual sea posible introducir las sondas para medir la corriente y la absorción específica o crear un modelo matemático del equipo de IRM y de la persona para obtener valores numéricos.

Para facilitar la tarea, la directiva europea y la guía de la ICNIRP establece también lo que se denominan valores de actuación (action values) para los valores del campo eléctrico, campo magnético, flujo magnético, potencia, corriente de contacto y corriente en tejido. Estas magnitudes pueden ser medidas fácilmente, utilizando sondas extracorporales, y tratan de extrapolar los valores establecidos por los límites de exposición, de manera que si los valores de actuación nunca son superados, los límites de exposición tampoco lo sean. En el caso de que los valores de actuación sean superados, es necesario realizar un estudio detallado para determinar si los límites de exposición están siendo rebasados y, en caso afirmativo, corregir la situación.

La forma en la que la ICNIRP ha realizado la extrapolación no está exenta de polémica.[9] Así, los límites de exposición de la ICNIRP y de la IEEE son iguales, pero no así los valores de actuación que ambas instituciones han establecido. Igualmente, la manera en la que los gobiernos nacionales y regionales han realizado la transposición a la legislación local, a menudo dividiendo los valores de actuación arbitrariamente, es un tema controvertido.

En lo relativo a la IRM, diversos estudios indican que los campos EM presentes en un equipo de IRM pueden superar tanto los valores de actuación como los límites de exposición para el personal sanitario[10] [11] de manera que algunas prácticas en el interior de la sala de IRM pasarían a ser constitutivas de crimen por parte del empleador de ser llevadas a cabo.

A día de hoy las agencias gubernamentales y la Comisión europea han formado un grupo de trabajo para examinar las implicaciones de la directiva para la IRM y para tratar el problema de las exposiciones individuales a los campos EM de IRM.

Secuencias

[Secuencia spin echo](#)

[Secuencia potenciada en T1](#)

[Secuencia potenciada en T2](#)

[Secuencia en T2 con anulación de la señal del líquido normal \(T2 FLAIR\)FLuid Attenuated Inversion Recovery](#)

[Secuencias de susceptibilidad paramagnética](#)

[Coeficiente de difusión aparente](#)

[Espectroscopía por resonancia magnética](#)

[Resonancia magnética funcional](#)

Perfusión por resonancia magnética

Difusión

Tensor de difusión y tractografía

Bibliografía

Essig, M. et al., 2011. MR Imaging of Neoplastic Central Nervous System Lesions: Review and Recommendations for Current Practice. AJNR. American Journal of Neuroradiology. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22016411>

Squire, Lucy Frank; Novelline, Robert A. (1997). Squire's fundamentals of radiology, 5ª edición, Cambridge: Harvard University Press. ISBN 0-674-83339-2. ↑ En realidad solo los núcleos con spin 1/2, como el de hidrógeno, tienen dos estados posibles. Núcleos con mayor spin pueden tener alinearse en cuatro o más estados diferentes bajo la influencia de un campo magnético ↑ Chaljub, Gregory et al. (2001). «Projectile Cylinder Accidents Resulting from the Presence of Ferromagnetic Nitrous Oxide or Oxygen Tanks in the MR Suite». American Journal of Roentgenology (177). ISSN , 27-30. <http://www.ajronline.org/cgi/content/full/177/1/27>. ↑ MF. Dempsey, B. Condon, D. (2001). «Thermal injuries associated with MRI». Clinical Radiology (6). 457-465. ↑ Rozner MA, Burton AW, Kumar A.. «Pacemaker complication during magnetic resonance imaging». Journal of the American College of Cardiology 45 (1). PMID: 15629394, 161-162. [http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735-1097\(04\)01934-5](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735-1097(04)01934-5). ↑ E. Martin et al.. «Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-Tesla». Journal of the American College of Cardiology 43 (7). PMID: 15063447 , 1315-1324. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109703016401>. ↑ Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 ↑ ICNIRP (1998). «Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)». Health Physics 74 (4). 494-522. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>. ↑ David G. Norris (2006). «Playing it too safe?». Nature Physics (2). doi:10.1038/nphys329 358-360. <http://npg.nature.com/nphys/journal/v2/n6/full/nphys329.html>. ↑ Bassen, H. et al. (2005). «IEEE Committee on Man and Radiation (COMAR) technical information statement "Exposure of medical personnel to electromagnetic fields from open magnetic resonance imaging systems"». Health Physics 89(6): pp. 684-689. ↑ HSE 2007,RR570:Assessment of electromagnetic fields around magnetic resonance (MRI) equipment. MCL-T Ltd, London Ito, Y et al. (2001). «Magnetic resonance (MR) imaging-induced deep second-degree burns of lower extremities by conducting loop». Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology 21 (8). 10.1111/j.1468-3083.2006.02126.x , 1140-1141.

From:

<https://neurosurgerywiki.com/wiki/> - **Neurosurgery Wiki**

Permanent link:

https://neurosurgerywiki.com/wiki/doku.php?id=es:magnetic_resonance_imaging

Last update: **2025/05/17 12:02**

