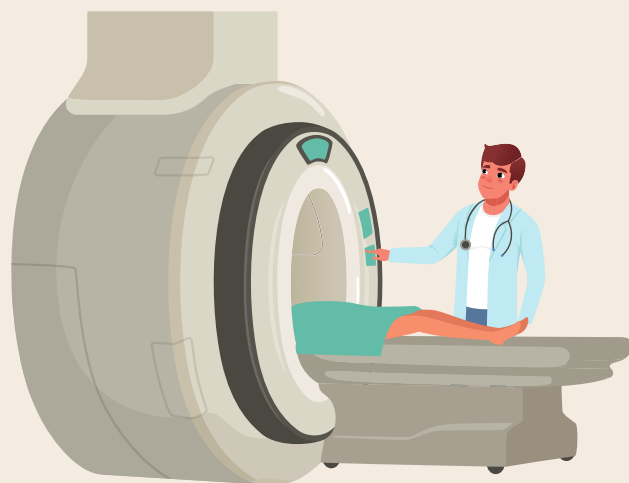


Seguridad en RM: una guía visual

Introducción a la seguridad en resonancia magnética



© SERAM

Contenido, edición y diseño: **Pablo Valdés Solís**

Revisado por: **Alex Rovira**

Diciembre 2021

El material se puede difundir si se cita la fuente.

Las infografías se realizaron con Canva.

Presentación

La resonancia magnética (RM) es una técnica que tiene un excelente rendimiento diagnóstico y que utiliza unas energías que no producen cáncer (al menos, no se ha demostrado hasta ahora).

Es una técnica muy utilizada: en la página web <https://stats.oecd.org/> se publican diferentes estadísticas (médicas y de otros campos) y en ella se estima que en el año 2015 se realizaron más de 103 millones de estudios de RM en todo el mundo.

Los diagnósticos que conseguimos con la RM cada vez son más precisos y fundamentales para el proceso asistencial de un gran número de patologías. De hecho, si no se hacen más estudios de RM es, probablemente, por un tema económico o de gestión.

Se podría pensar que la RM es una técnica sin riesgos, totalmente segura. Y no es así. Prueba de ello es la cantidad de artículos, páginas web y libros que se publican sobre el tema.

De forma clásica, las publicaciones sobre seguridad en RM se centraban en los temas relacionados con los riesgos biológicos. Sobre todo, en los efectos directos de los campos magnéticos y sus posibles efectos indirectos (como el "efecto misil"). También los relacionados con las energías de los sistemas usados, como las posibles quemaduras, o fenómenos más raros como la neuroestimulación. Es decir, lo que más se suele tratar cuando se estudia la seguridad en RM es el posible efecto que los campos magnéticos pueden tener en los dispositivos que tenga el paciente, con su alteración en el funcionamiento y su posible repercusión.

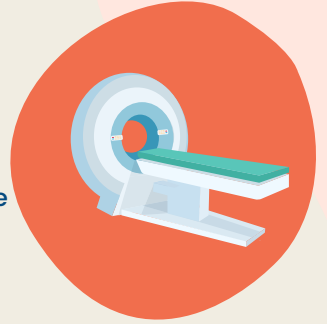
Sin embargo, es poco frecuente que se traten los temas relacionados con el proceso de imagen, con el análisis de aquellos puntos críticos que pueden suponer un problema para el paciente, y cómo debemos actuar para conseguir que nuestras pruebas de RM sean seguras, para los pacientes y para los trabajadores.

Este documento surge como un complemento al curso de "Seguridad en Radiología", editado por la SERAM, para proporcionar material visual al capítulo correspondiente. Se han seleccionado las infografías más ilustrativas y se explican brevemente, aunque el objetivo es que no necesiten explicación. El material incluido pretende ser sencillo y servir de introducción a la seguridad en RM. En la bibliografía se puede ver el material consultado para la realización de las infografías y que son referencia básica para todo el lector interesado en el tema.

Cómo funciona la resonancia magnética (RM)

Lo más básico

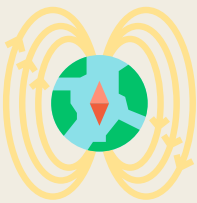
El equipo de RM tiene un imán con un campo magnético muy potente. Para generar este campo, el imán tiene que estar en unas condiciones especiales (baja temperatura), para que actúe como súperconductor. Esto se consigue con un criógeno (helio).



¿Sabías esto?

El campo magnético se mide en Telas (T).

1 T = 10.000 gauss (G)



El campo magnético de la Tierra es de 0,5 G.

Una máquina de RM de 1,5 T trabaja con un campo magnético que es unas 30.000 veces más potente que el campo terrestre.

Los gradientes

Además del imán permanente, la máquina incluye unas bobinas especiales, de gradientes. Estas bobinas generan un gradiente en el campo magnético, que permite la codificación espacial de la señal generada.



La radiofrecuencia

Para generar la señal de RM se dispone de las bobinas de radiofrecuencia (RF), que emiten un pulso de energía que interactúa con los protones. La señal que se devuelve y leen las bobinas de lectura es la señal de resonancia magnética, que se procesa y se convierte en la imagen.



Las energías aplicadas



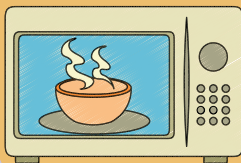
Imán

Se ha demostrado que el campo magnético no induce cáncer ni tiene otros efectos directos.



Bobinas de gradiente

De mucha menos potencia que el campo principal. Generan ruido en el sistema y, con los cambios rápidos, pueden producir neuropatía.



Bobinas de radiofrecuencia

Ondas de alta frecuencia como las de los microondas. Pueden generar calor.

Si se comprenden estos conceptos básicos, se pueden deducir con facilidad los riesgos directos e indirectos de la RM.



No se puede entender la seguridad en resonancia magnética si no conocemos los fundamentos físicos de esta técnica, cómo son los equipos, cómo funcionan, cómo se instalan y cómo son las salas. Conocer esto a fondo se sale de los objetivos de esta obra, por lo que solo se tratarán algunos puntos fundamentales.

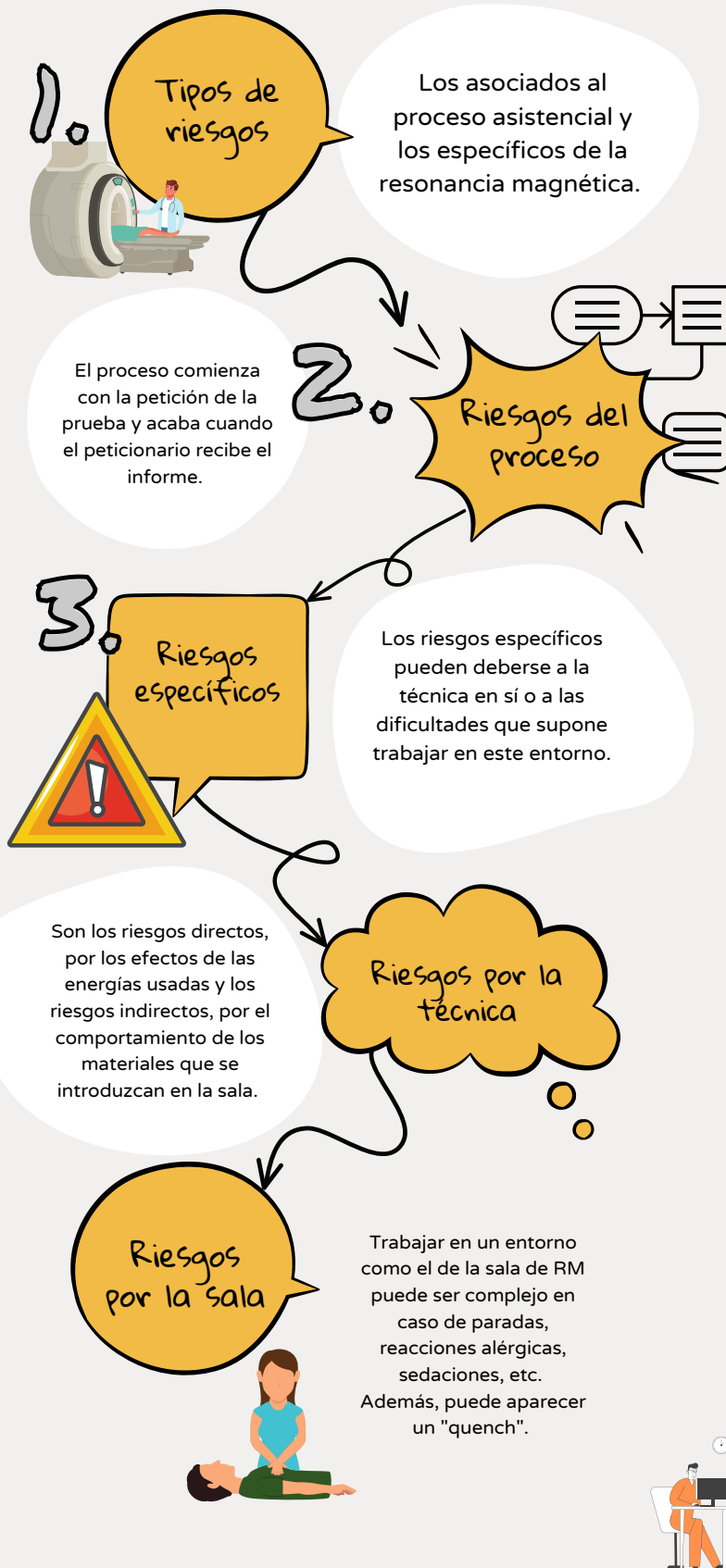
La RM es una técnica de imagen relativamente reciente, pero con una gran historia de investigación. Hay varios premios Nobel relacionados con los descubrimientos en este campo (Isaac Rabi en 1944, Felix Bloch en 1952, E.M. Purcell en 1952 y R. Ernst en 1991, P. Lauterbur y P. Mansfield en 2003). Conforme avanzaron los conocimientos físicos se fueron desarrollando modelos aplicables en el campo clínico. Esto permitió que la RM se autorizara para su uso clínico en el año 1983 en Japón y por la FDA en el año 1984 en los EEUU. En España, el primer equipo se instaló en el Centre Diagnostic Pedralbes (Barcelona) en el año 1983.

En esencia, la RM se basa en analizar la respuesta que los protones del organismo humano hacen ante las variaciones del campo magnético y la excitación por ondas de radiofrecuencia. En los equipos de RM hay un imán de gran potencia (unas 30.000 veces más potente que el campo magnético terrestre). Cuando se introduce el paciente en la máquina, queda dentro de este campo magnético. Además, la máquina tiene unas bobinas especiales, las bobinas de gradiente, que son las que modifican espacialmente el gradiente principal y que permiten que se pueda hacer una codificación espacial de la señal que se genera. Para generar esta señal, se utilizan las llamadas bobinas de radiofrecuencia, que ejercen un pulso de radiofrecuencia en este contexto de campo magnético modificado por los gradientes. Estos pulsos interactúan con el paciente, se ve la respuesta (que leen las bobinas de radiofrecuencia) y la señal generada se digitaliza y se procesa.

En este punto lo que hay que comprender no es cómo se genera la imagen, sino los efectos que estos campos tienen sobre el cuerpo o los elementos que haya en la sala de RM. Así, el imán, con los campos usados en la clínica, no se ha demostrado que tengan efecto cancerígeno, y los gradientes no tienen efectos teratogénicos. Las bobinas de gradiente generan campos magnéticos mucho menos potentes que el imán principal. Sin embargo, las variaciones del campo causan ruido (un tema que puede ser importante) y, si se aplican con cambios muy rápidos, se han descrito casos de neuropatía. Por último, las bobinas de radiofrecuencia actúan en otro rango de frecuencias (similar a las que producen los hornos microondas). En este caso, así, el principal riesgo es las quemaduras en la piel del paciente.

Riesgos en RM

La sala de RM, como cualquier otra del servicio de Radiología, tiene una serie de riesgos.



Riesgos directos

El campo magnético en sí no produce efectos sobre el organismo. Al menos, con los campos usados en la clínica.

Sin embargo, la combinación de los campos magnéticos, las variaciones del campo magnético por los gradientes y las bobinas de radiofrecuencia pueden tener algún efecto secundario en el paciente.

Se pueden citar:

Neuroestimulación periférica

- Poco frecuente; se da más en brazos y piernas.
- Sobre todo, cuando hay variaciones importantes y rápidas de los campos magnéticos, como sucede en las imágenes eco-planares.

Calentamiento del paciente

- Por la transmisión de energía, sobre todo de las bobinas de radiofrecuencia

Ruido

- La FDA considera como límite:
 - 140 dB para un sistema de RM
 - 99 dB para un paciente con protección auditiva
- El ruido se debe fundamentalmente a los sistemas de gradiente.
- Las secuencias con más requerimientos de gradientes, como la eco planar, son las más ruidosas, pero incluso éstas están dentro de los límites aceptados.
- Se recomienda dar a todos los pacientes algún sistema protector, como tapones o cascos específicos.
- Se han descrito casos de pérdida auditiva después de realizarse una RM.
- Las nuevas máquinas incluyen sistemas que reducen el ruido

Riesgos indirectos

En una sala de RM hay que comprobar que cualquier material que entra es seguro. Esto quiere decir que:

- No se va a alterar por el campo magnético
- No va a actuar como un proyectil por efecto del campo magnético.

Esto se debe aplicar tanto al material de la sala, a los materiales que se puedan introducir con el paciente o con mesas y sillas, o, lo que probablemente sea todavía más importante, a los dispositivos o materiales que lleve el paciente. El ejemplo más característico son los marcapasos, cuyo funcionamiento se puede alterar por el campo magnético, pero hay que recordar que puede haber muchos otros.

En este sentido, el material se divide en tres grupos (se puede consultar en <http://www.mrisafety.com>):

- Seguro para RM. El objeto o dispositivo es seguro en todos los entornos de RM, sin condiciones. Limitado a objetos no metálicos, no conductores y no magnéticos que no suponen ningún riesgo en ningún entorno de RM.
- No seguro. El objeto o dispositivo supone un riesgo en un entorno de RM. Se refiere fundamentalmente a objetos ferromagnéticos.
- Condicional para RM. El objeto o dispositivo se puede introducir en un entorno de RM siempre que se cumplan las condiciones para un uso seguro. Para ello, se tendrán en cuenta las condiciones de campo magnético y gradientes en las que se ha comprobado el dispositivo, de forma que se asegure que se van a usar unas similares a las que demostraron que el dispositivo es seguro.

Nunca se debe asumir que un dispositivo es condicional para RM si no se tiene clara documentación.

Si no se tiene documentación, se debería hacer un test en un campo magnético fuerte y anotar los resultados.

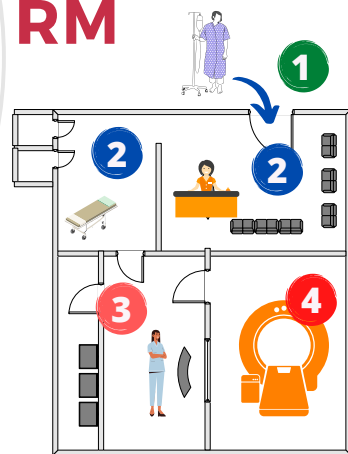
Si no se ha hecho el test, no se debe pasar a la zona III.

ZONAS DE SEGURIDAD EN RM

SEGÚN EL

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY

Para conseguir un entorno seguro es fundamental que las áreas más peligrosas estén debidamente señalizadas y sean de acceso restringido.



ZONA 1

Zona de acceso libre
Para público y personal
Punto de acceso a la unidad
Recepción (administrativo)

ZONA 2

Zona intermedia
Movimiento libre, pero supervisado
Preparación de pacientes

ZONA 3

Zona de acceso restringido
Control estricto
Potencialmente peligroso si material ferromagnético
Sin excepciones

ZONA 4

Sala de la máquina
Dentro de la zona 3
Acceso restringido
Puertas cerradas

1

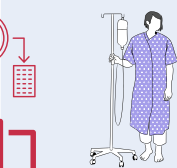
2

3

4



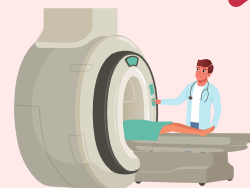
Acceso de los pacientes



Espera



Cuidados específicos
Preparación prueba



Realización de la prueba



Aseos



Taquillas

Cuestionario

Zona I:

- Accesibles para el público general.

Zona II

- Entre la accesible al público y las áreas controladas
- Los pacientes se pueden mover libremente, pero con supervisión
- Es la zona donde se recomienda preparar a los pacientes, hacer entrevistas, etc.

Zona III

- En esta zona, el paso de personal no autorizado o equipamiento ferromagnético puede suponer una lesión grave o una muerte por la interacción con el entorno de la RM.
- Acceso restringido: debería existir un sistema de restricción de entrada (puertas con tarjeta, vídeo- portero, etc).
- No se recomienda el acceso con puertas con código, porque al final los códigos se comparten.
- El personal ajeno al área debe estar supervisado. Debe haber siempre contacto visual (excepto en baños y vestuarios, donde es suficiente con el contacto verbal).
- No se deben permitir excepciones a estas recomendaciones de acceso
- Hay que tener en cuenta el posible efecto del campo magnético no solo en la sala, sino por encima o por debajo del imán.
- En este control vertical de las zonas también se debe tener en cuenta la zona III asociada al #quench.

Zona IV

- La sala donde se localiza el imán.
- Está dentro de la zona III.
- Se aplican las mismas restricciones.
- Debe haber un control permanente del acceso a la zona IV
- Deber avisarse del riesgo, con una luz roja que indique "el imán está siempre activo" (excepto en los sistemas resistivos, en los que habrá un cartel rojo iluminado que diga "el imán está activado").
- La puerta de acceso a la zona IV estará cerrada siempre que sea posible. Si está abierta, es recomendable incluir alguna cinta o plástico que avise a quien vaya a entrar que está cambiando de zona.

EL PERSONAL EN LA SALA DE RM



INCLUYE

ACCESO

FUNCIONES

FORMACIÓN

2 NIVEL 2

1 NIVEL 1

0 AJENO

Personal con formación avanzada en RM y que trabaja en el área.

Personal con formación básica en seguridad en RM, ya sea o no del área.

Personal externo. Incluye otros profesionales (sanitarios o no), público y pacientes.

Todas las zonas de la RM

Todas las zonas de la RM

Acceso supervisado por personal de nivel 2

Trabaja en el área de RM
Supervisa el acceso
Controla la seguridad

Acceso a la zona de RM cuando sea necesario para su función específica

Acceso a la zona de RM cuando sea necesario para su función específica

Formación periódica avanzada en seguridad en RM

Formación periódica básica en seguridad en RM

Sin formación específica



El personal

Además del personal del servicio de radiología, hay que recordar que por la sala pasan muchos trabajadores, incluyendo personal de limpieza y de mantenimiento, celadores, personal sanitario que acompaña a pacientes, etc. Todo este personal debe tener formación específica y disponer de equipamiento adecuado, compatible con los campos magnéticos si van a entrar en la sala.

Competencias y formación

La ACR establece diferentes niveles de personal en el tema de la RM:

- Nivel 1: tienen formación que asegura que pueden trabajar de forma segura en una zona III
- Nivel 2: los que tienen más nivel de formación en RM, de forma que trabajan de forma segura en una sala de RM. Incluye los radiólogos, médicos residentes, TSDI y DUE que tienen actividad en RM.
- Personal ajeno a la RM: todo el que no tiene formación específica. Incluye los pacientes.

La Joint Commission establece las siguientes restricciones de acceso:

- Acceso restringido a las zonas III y IV a todas las personas que no tienen entrenamiento sobre RM o que no hayan sido valoradas por el personal específico del área.
- Asegurar que las zonas restringidas están controladas y supervisadas por personal específico del área.

Como la supervisión del personal ajeno a la RM lleva tiempo, es interesante dar formación específica al personal que va a entrar en la sala. Esto se recomienda en grupos como:

- Personal de mantenimiento
- Personal de almacén
- Celadores
- Personal administrativo que pueda entrar
- Personal del área no familiarizado con la RM
- Personal que vaya a actuar en caso de situación crítica

Una vez confirmada la formación, este personal podría tener acceso no restringido durante un año.

La Joint Commission recomienda un plan de formación anual para todo el personal que trabaja en la sala de RM. Este plan debería incluir formación sobre:

- Criterios para filtrar los pacientes que pueden entrar y los que no (dispositivos)
- Cómo manejar y colocar al paciente en la máquina
- Equipamiento que es seguro en un entorno de RM
- Cómo actuar ante una emergencia
- Sistemas de parada urgente en la sala, lo que incluye los relacionados con el helio.
- Protección auditiva de los pacientes.
- Gestión de la claustrofobia, ansiedad y estrés de los pacientes.

Se deben tener procedimientos y manuales relacionados con estos temas.

FORMACIÓN DEL PERSONAL

PERSONAL AJENO AL SERVICIO Y PERSONAL DE NIVEL 1

Plantear formación específica básica para el personal que vaya a entrar en la sala y evitar la necesidad de supervisión (personal de limpieza y mantenimiento, enfermería, personal sanitario que pueda acceder al área, etc).

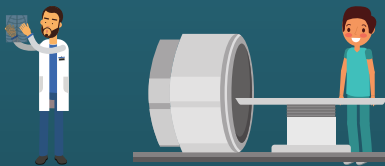


CONTENIDO

Fundamentos de RM. Conocimientos básicos de Seguridad. Descripción del área. Materiales.

PERIODICIDAD

Anual



CONTENIDO

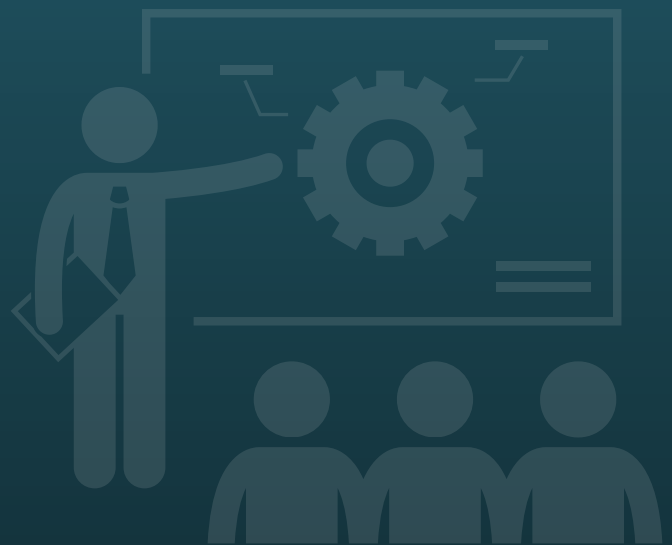
- Criterios para filtrar los pacientes que pueden entrar y los que no (dispositivos)
- Cómo manejar y colocar al paciente en la máquina
- Equipamiento que es seguro en un entorno de RM
- Cómo actuar ante una emergencia
- Sistemas de parada urgente en la sala, lo que incluye los relacionados con el helio.
- Protección auditiva de los pacientes.
- Gestión de la claustrofobia, ansiedad y estrés de los pacientes.

PERIODICIDAD

Anual

PERSONAL DEL ÁREA (NIVEL 2)

Formación específica avanzada en temas de seguridad



Dada la rotación del personal en la sala de RM es fundamental planificar un programa de formación para todo el personal, tanto del área como de fuera del área.

Una vez definidos los niveles del personal, tal como se presentaba en la infografía previa, hay que asegurar que:

- El personal que está en un nivel mantiene el conocimiento y competencia
- Si se contrata nuevo personal, se incluye en los programas de formación.

En nuestro centro se ha diseñado un programa de formación “on line” para todo el personal que tiene o puede tener contacto con la sala de RM. En él participan celadores, auxiliares, TSDI y DUE que pueden rotar acompañar a pacientes y, también, personal del área de radiodiagnóstico se nueva incorporación y que no tienen suficientes conocimientos de RM.

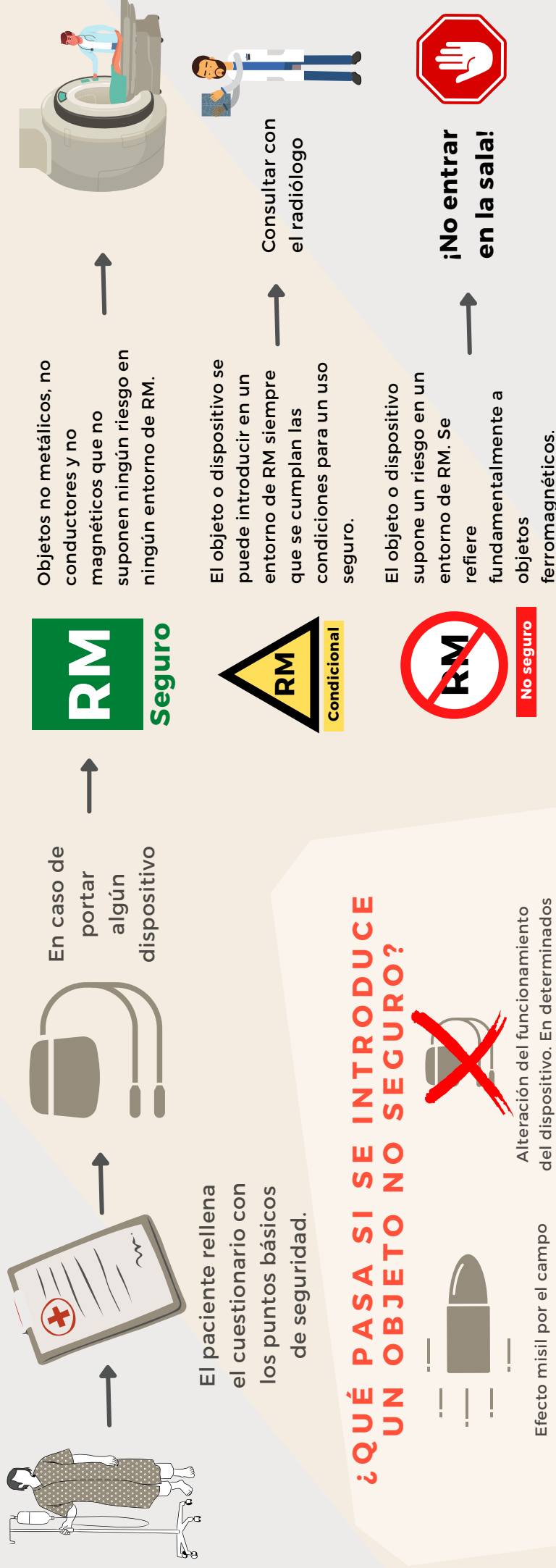
En este curso se incluyen conceptos básicos de seguridad, del funcionamiento de la máquina y de los campos magnéticos. Su objetivo es concienciar a los trabajadores de la importancia de cumplir, sin excepción, las recomendaciones básicas de seguridad.

Además, es importante, y así lo recomiendan las diferentes sociedades científicas, que se haga formación específica para el personal del área de RM. Esta formación avanzada, también de carácter anual, debería incluir temas de actualización en compatibilidad de dispositivos, temas relacionados con las nuevas secuencias que se incluyan y su potencial impacto en el paciente, cómo manejar situaciones de estrés del paciente, complicaciones o manejo de emergencias (como un “quench”).

Toda esta formación debería estar reglada y acreditada, y se debería disponer de material de consulta y procedimientos específicos para el personal.

¿PUEDO ENTRAR EN LA SALA DE RM?

Conceptos básicos sobre los riesgos indirectos



¿QUÉ PASA SI SE INTRODUCE UN OBJETO NO SEGURO?



Efecto misil por el campo magnético. Puede herir al personal o quedar adherido al imán.



Alteración del funcionamiento del dispositivo. En determinados casos (como marcapasos), puede tener consecuencias inmediatas.

OTRAS SITUACIONES

TATUAJES



Pueden contener elementos metálicos y calentarse durante el estudio.
Se puede hacer la RM. Controlar la temperatura local.

MAQUILLAJE



Se debe entrar en la sala sin maquillaje (que puede tener elementos metálicos)

"PIERCING"



Según su composición, tamaño y localización, pueden calentarse o moverse. Hay que analizar cada caso.

CUERPOS EXTRAÑOS EN EL OJO



Un paciente nunca debe entrar en la sala si hay sospecha o confirmación de cuerpo extraño ocular. Si no está claro, hacer RX.

Para ver si se puede entrar en la sala

Antes de que el paciente entre en la sala, se debe comprobar si porta material (marcapasos, estimuladores, prótesis, etc) que pueda ser incompatible con el campo magnético. Este material se divide en tres grupos:

Seguros

El objeto o dispositivo es seguro en todos los entornos de RM, sin condiciones. Limitado a objetos no metálicos, no conductores y no magnéticos que no suponen ningún riesgo en ningún entorno de RM.

No seguros

El objeto o dispositivo supone un riesgo en un entorno de RM. Se refiere fundamentalmente a objetos ferromagnéticos.

Condicionales

El objeto o dispositivo se puede introducir en un entorno de RM siempre que se cumplan las condiciones para un uso seguro. Para ello, se tendrán en cuenta las condiciones de campo magnético y gradientes en las que se ha comprobado el dispositivo, de forma que se asegure que se van a usar unas similares a las que demostraron que el dispositivo es seguro.

(Se recomienda revisar la página <http://www.mrisafety.com>)

Hay que recordar que **algunos modelos de marcapasos se pueden introducir en la máquina de RM, en coordinación con los cardiólogos**, que los manejan antes y después del estudio.

Restricciones:

Todos los dispositivos metálicos o con componentes metálicos que están en el paciente o externos a él deben anotarse como no seguros o condicionales. antes de que se permita su introducción en la zona III.

En ocasiones, se puede permitir el paso de objetos no seguros para RM en la zona III., pero solo bajo el control de personal designado previamente, que esté familiarizado con el dispositivo. Y siempre que se haya justificado la necesidad de su introducción en la zona III.

Nunca se debe asumir que un dispositivo es condicional para RM si no se tiene clara documentación.

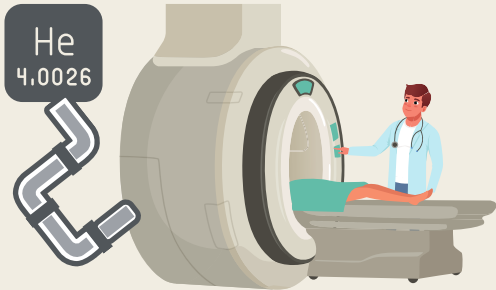
Si no se tiene documentación, se debería hacer un test en un campo magnético fuerte y anotar los resultados. Si no se ha hecho el test, no se debe pasar a la zona III. En la práctica habitual y en nuestros centros, estas pruebas no se hacen y es algo con lo que no deberíamos contar. Por otra parte, es excepcional no encontrar referencias del dispositivo en la página mencionada.

Es importante recordar que la instalación puede alterar el funcionamiento de determinados dispositivos.

Además, en la infografía se incluyen algunas situaciones frecuentes que pueden plantear dudas a los pacientes y al personal con respecto a la compatibilidad con el campo magnético.

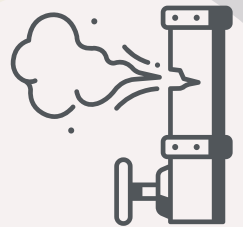
EL "QUENCH"

Fundamentos



El imán de la RM necesita trabajar a muy bajas temperaturas para ser súper-conductor. Para conseguir estas temperaturas se usa un criógeno (helio),

Por una avería o de forma voluntaria, el helio puede salir del circuito. Esto produce una fuga del gas y el imán deja de ser súperconductor, por lo que se pierde el campo magnético.



Consecuencias

Pérdida del campo magnético



La pérdida del campo puede ser total o parcial, según el gas fugado y puede tardar más de un minuto.

Salida brusca del gas

Quemaduras por frío



Aumento de presión en la sala



Puede impedir abrir la puerta

Nubes de gas



Dificulta la visibilidad

Fuego



Excepcional

Alteración del aire de la sala



El nitrógeno y el helio desplazan al O₂ y producen una atmósfera no respirable.



20 %

% de O₂ no recomendable



10%

% de O₂ peligroso



La asfixia por falta de oxígeno suele ser rápida y el paciente puede no apreciarla hasta fases avanzadas.

Prevención y actuaciones



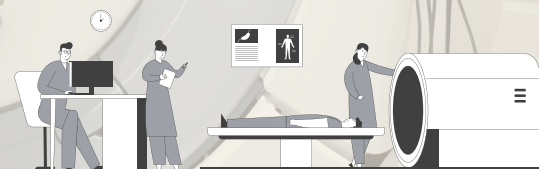
Tener procedimientos específicos y formar al personal.



Conocer la instalación y seguir las recomendaciones del fabricante



Comprobar los mecanismos de seguridad antes de forzar un "quench"



Dentro de los temas de seguridad, no se puede no hablar del "quench". Todos usamos este anglicismo, que se puede traducir por "aplar", "sofocar" o "enfriar".

Como hemos comentado, los sistemas de RM tienen un imán súperconductor. Es decir, para que el imán funcione tiene que trabajar con unas temperaturas muy bajas. Si la temperatura sube, se rompen las condiciones y el campo magnético cae rápidamente.

Para conseguir esto, los núcleos de los imanes tienen helio. Las instalaciones incluyen un circuito de helio y un sistema de emergencia para evacuación del helio en caso de que haya una fuga. Estos sistemas son eficaces, por lo que las situaciones que se van a describir ahora son excepcionales (aunque hay que conocerlas).

El quench es, precisamente, esta situación en la que hay una fuga del helio y el campo magnético cae de forma rápida. Es una emergencia y una amenaza de seguridad por los siguientes motivos:

- La fuga puede ser brusca y alterar las presiones dentro de la sala. Esto puede impedir que se abra la puerta.
- El helio forma una nube que dificulta la visión
- El helio desplaza al oxígeno

Por estos motivos, en las salas de RM debe haber:

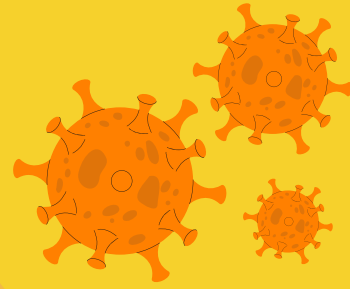
- Un circuito para la evaluación del nivel de helio
- Un sistema de medida del oxígeno en la sala

El quench puede aparecer por un fallo del sistema o lo podemos provocar nosotros cuando necesitamos que el campo magnético desaparezca (en situaciones en las que un objeto haya sido atraído al imán y no lo podamos despegar o cuando un objeto metálico ha actuado como proyectil y está presionando a un paciente). En estos casos, se presiona el botón correspondiente y el quench se puede hacer controlado.

Es importante recordar que, si un paciente presenta una reacción alérgica o una parada, no debemos hacer un quench para que caiga el campo magnético y atender al paciente sin el campo. Esto no es seguro, porque el campo puede tardar más de un minuto en desaparecer. En estos casos, hay que trabajar en un entorno con campo magnético o bien sacar al paciente de la sala.

En todos los servicios se debe disponer de un procedimiento de actuación ante un quench.

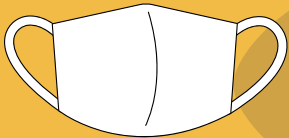
DESINFECCIÓN E HIGIENE EN RM



En situaciones de pandemia, realiza solo las RM estrictamente necesarias

Diseña procedimientos específicos para la higiene y desinfección de la sala de RM y para el uso de EPIs en la sala.

Comprueba con el fabricante del equipo los desinfectantes que se pueden usar.



Se deben usar mascarillas sin elementos metálicos, ya que pueden producir quemaduras.

No se deben usar purificadores de aire, ya que pueden producir interferencias.



Estudia la renovación del aire de la sala y haz un procedimiento para los casos en que se haga un paciente con alta probabilidad de contaminación aérea de la sala.

Aplica las normas de seguridad del centro, adaptadas a la situación específica.



Comprueba que los EPIs cumplen los requisitos para su uso en la sala de RM

Con la pandemia COVID-19 vivimos una situación en la que nos planteamos una exigencia de limpieza y desinfección que, probablemente, no teníamos antes. Además, el uso de mascarillas en pacientes y personal supone un riesgo añadido por el material metálico que pueden incluir.

Por estos motivos, se deben diseñar procedimientos específicos para la limpieza y el uso de mascarillas en las salas de RM en las situaciones de alerta por riesgo infeccioso.

Hay una serie de puntos básicos:

- El primer punto es recordar la necesidad de hacer solo los procedimientos que sean estrictamente necesarios.
- Recordar que se deben hacer protocolos específicos y coordinados con el fabricante.
- El uso de mascarillas puede producir quemaduras.
- Se deben usar mascarillas sin elementos metálicos
- No se deberían usar equipos de purificación del aire en las salas de RM, debido a que interfieren en el campo magnético.
- Asegurar que todo el material de protección (EPI) del personal no tiene ningún elemento metálico ni ferromagnético.
- De nuevo, hay que recordar la importancia de tener procedimientos específicos sobre este tema.

1 INDICADORES DEL PROCESO

INCIDENCIAS



Se registran todas las incidencias en la sala relacionadas con todas las fases del proceso en una herramienta electrónica segura (Dopanning).

CONTRAINDICACIONES

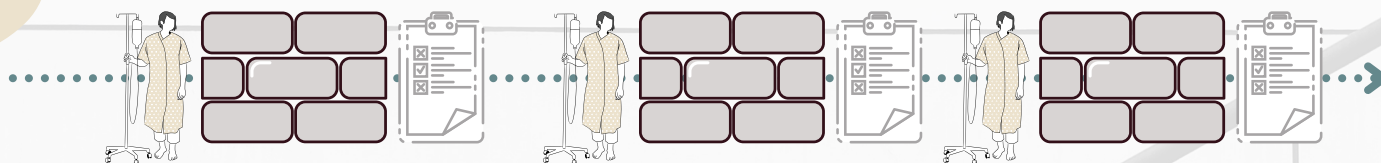
Se registran todos los casos de pacientes que llegan a la sala y tienen contraindicación a la prueba. Se evita un estudio peligroso y se analizan los peticionarios para mejorar las indicaciones.



ACCESOS NO AUTORIZADOS

Existe un procedimiento específico para el control de accesos del personal no autorizado y se registran todos los incumplimientos.

2 TRIPLE FILTRO



El paciente rellena el cuestionario de seguridad

Revisión por el personal técnico

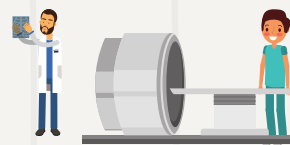
Segunda revisión por el personal técnico

3 FORMACIÓN

Todo el personal que va a entrar en la sala en algún momento recibe formación específica.



Formación básica (curso anual "on line") para personal no asistencial y asistencial externo al área.



Formación avanzada, en función de las competencias, para el personal de nivel 2

4 COMPETENCIAS



Todo el personal tiene un nivel competencial y unas responsabilidades que se evalúan periódicamente.

ESTOS SON ALGUNO DE LOS SISTEMAS QUE SE UTILIZAN PARA CONSEGUIR UNA ACTIVIDAD SEGURA EN LA SALA DE RM. PERO HAY MUCHOS MÁS.



Todo lo anterior no vale para nada si no lo incluimos en nuestro proceso asistencial de forma estructurada.

En todas las fases del proceso puede haber errores y un plan de seguridad deben minimizarlos. Así, una prueba no indicada y realizada, una mala identificación del paciente, una mala gestión de un hallazgo inesperado, etc son situaciones potencialmente peligrosas para el paciente y que pueden ser más peligrosas que otras a las que habitualmente se les presta más atención.

Como hemos comentado, en el caso de la RM, se recomienda disponer de **formularios específicos que registren una serie de datos básicos sobre el paciente**. Estos formularios varían de unos centros a otros, pero básicamente deberían recoger datos de filiación del paciente, si se ha realizado estudios previamente, sin o con contraste, si porta elementos potencialmente peligrosos, si puede estar embarazada, etc.

Habitualmente, este formulario es entregado por el personal que recibe al paciente (administrativo). Sin embargo, **se recomienda que exista un triple filtro**: cuando el paciente pasa a la unidad de RM (antes de entrar en la sala), el personal técnico lee el formulario, comprueba que esté bien relleno y confirma la información con el paciente. En este momento, además, se aclaran posibles dudas. Se recomienda que quede identificado qué técnico hace este procedimiento, así como la fecha. El tercer filtro sería el radiólogo, que intervendría en caso de que exista la mínima duda en cuanto a seguridad una vez valorado el formulario.

Estos formularios, aunque no son en sentido estricto consentimientos informados, sí pueden tener implicaciones legales, por lo que **se recomienda que sean archivados y estén disponibles junto con el resto de documentos de la historia clínica del paciente**. El radiólogo debe revisar este documento antes de hacer el informe de la prueba, e incluir en el informe cualquier comentario que considere adecuado referido a la información del formulario.

Se recomienda definir una serie de **indicadores básicos relacionados con la seguridad del proceso** y que permiten monitorizar los resultados y evaluarlos a lo largo de los años. Cada unidad definirá los indicadores que considere convenientes. Como ejemplos:

- **“Pacientes con contraindicación absoluta para realización de RM”**. Este indicador muestra dos datos. Por una parte, la capacidad de la unidad de RM de filtrar los pacientes con contraindicación y, por otra, los conocimientos sobre seguridad de RM de los facultativos que solicitan estudios de resonancia. En caso de registrarse muchos casos deberían tomarse medidas de formación del personal que solicita la prueba.
- **“Registro de accesos incontrolados”**. Se deben registrar todos los accesos no autorizados o no controlados a la sala, tanto de personal de la empresa como de población general y pacientes.

Por otra parte, cualquier suceso centinela se deberá registrar para analizarlo. Ejemplos de sucesos centinela en la unidad de RM son la realización de la prueba en un paciente con contraindicación (porque sea portador de un marcapasos, por ejemplo) o que alguna persona (como el de limpieza o mantenimiento) entre en la sala con objetos metálicos. El análisis de los sucesos centinelas tiene su propia metodología, como los análisis causa raíz. Para que se puedan llevar a cabo estas medidas, es fundamental que exista un registro adecuado de todos los incidentes de seguridad. Esto solo se puede llevar a cabo:

- Si hay colaboración de todo el personal
- Si existe una política de seguridad no punitiva, de forma que se promueva la publicación y conocimiento de todos los fallos de seguridad. Estas medidas son las únicas que permiten detectar los errores y, sobre todo, analizarlos y poner en marcha medidas que eviten que se puedan repetir en el futuro.

Lo expuesto hasta ahora son solo algunas de las medidas que se deberían poner en marcha en las secciones de resonancia magnética, a ser posible, antes de su propia inauguración. Sin embargo, todas ellas solo serán útiles si la organización vive inmersa en una cultura de calidad, con participación de todo el personal y compromiso con la calidad asistencial y la seguridad.

Esto supone un esfuerzo continuado, en el que debe haber implicación de la dirección del área y del centro, de forma que con el tiempo se asuman los conceptos de calidad asistencial y seguridad por parte de todos los trabajadores implicados.

Consideramos que solo cuando todas estas ideas se asumen como básicas se puede conseguir que lo que se verá en la segunda parte de esta lección (es decir, las medidas concretas de seguridad en resonancia magnética) pueden ser realmente útiles.

Algunas referencias



Existe mucha bibliografía relacionada con la seguridad en resonancia magnética, que cubre todos los aspectos del proceso y otros que no se han incluido en estas infografías. Se recomienda revisar los fundamentos físicos de la resonancia magnética, lo que permite comprender mejor las medidas de seguridad.

Guías generales

- ACR Manual on MR Safety Version 1.0 2020 ACR Committee on MR Safety. Disponible en: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Radiology-Safety/MR-Safety/Manual-on-MR-Safety.pdf> Consultado el 11/12/2021.
- Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use. V 4.3, febrero 2021. Disponible en https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/958486/MRI_guidance_2021-4-03c.pdf (consultado el 11 de diciembre de 2021).

Algunos artículos

- Artunduaga M, Liu CA, Morin CE, Serai SD, Udayasankar U, Greer M-LC, et al. Safety challenges related to the use of sedation and general anesthesia in pediatric patients undergoing magnetic resonance imaging examinations. *Pediatr Radiol*. 1 de mayo de 2021;51(5):724-35.
- Capelastegui A, Fernández-Cantón G, Fernández-Ruanova B. [The safety of magnetic resonance imaging: an analysis based on a review of incidents at the Osatek Center]. *Radiologia*. agosto de 2006;48(4):225-34.
- Delfino JG, Krainak DM, Flesher SA, Miller DL. MRI-related FDA adverse event reports: A 10-yr review. *Med Phys*. diciembre de 2019;46(12):5562-71.
- Goolsarran N, Martinez J, Garcia C. Using near-miss events to improve MRI safety in a large academic centre. *BMJ Open Qual*. 1 de abril de 2019;8(2):e000593.
- Lipton ML. Keeping it safe: MRI site design, operations, and surveillance at an extended university health system. *J Am Coll Radiol*. octubre de 2004;1(10):749-54.
- Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al; Expert Panel on MR Safety. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *J Magn Reson Imaging* 2013;37(3):501-530
- Shellock FG, Crues JV. MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. *Radiology*. 1 de septiembre de 2004;232(3):635-52.
- Shellock FG, Woods TO, Crues JV. MR Labeling Information for Implants and Devices: Explanation of Terminology. *Radiology*. 1 de octubre de 2009;253(1):26-30.
- Tsai LL, Grant AK, Morteale KJ, Kung JW, Smith MP. A Practical Guide to MR Imaging Safety: What Radiologists Need to Know. *Radiographics*. octubre de 2015;35(6):1722-37.

Sobre los efectos de los campos magnéticos

- Alonso Fustel E, García Vázquez R, Onainia Olalde C. Campos electromagnéticos y efectos en salud. Subdirección de Salud Pública de Bizkaia. Noviembre 2011. Disponible en: https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_amb_campos_electrom/es_def/adjuntos/ce_m_es.pdf Consultado el 11/12/2021.
- Protection IC on N-IR. GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO STATIC MAGNETIC FIELDS. *Health Physics*. abril de 2009;96(4):504-14

Otras referencias:

- Página web de seguridad en RM del American College of Radiology: MR safety. <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Radiology-Safety/MR-Safety>
- Real Decreto 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. <https://www.boe.es/boe/dias/2016/07/29/pdfs/BOE-A-2016-7303.pdf>
- Página web <http://www.mrisafety.com/> (referencia para consultar la compatibilidad de dispositivos)

Libros:

- Roth CK, Seeram E. *Rad Techs Guide to MRI: Imaging Procedures, Patient Care, and Safety*. 2001. 208 p.
- McRobbie, D. (2020) *Essentials of MRI Safety*. 1st edn. Wiley
- Shrivastava D, Vaughan JT. *Safety and Biological Effects in MRI*. Chichester, West Sussex; Hoboken; 2020. 520 p.

Las salas de resonancia magnética se suelen considerar seguras, especialmente porque en ellas no hay radiaciones ionizantes. Sin embargo, una sala mal diseñada, unos procedimientos mal implementados o un personal poco competente pueden convertir esta sala en un riesgo muy grave para el paciente. Hay bibliografía excelente sobre seguridad en resonancia magnética. Muchas veces asume unos conocimientos previos de física o de gestión de calidad que no todo el mundo tiene. Por ello, el objetivo de este pequeño libro es hacer una introducción, básica y muy visual, de los principales aspectos de la seguridad en resonancia magnética. Esperamos que sea de utilidad.

© **SERAM**

Contenido, edición y diseño: **Pablo Valdés Solís**

Revisado por: **Alex Rovira**

Diciembre 2021

El material se puede difundir si se cita la fuente.

Las infografías se realizaron con Canva.