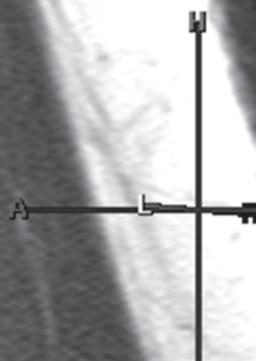


Técnico Superior  
en Imagen para  
el Diagnóstico y  
Medicina Nuclear

# Técnicas de imagen por resonancia magnética

**Coordinadores**

*Miguel A. Pastrana Ledesma  
Concepción González  
Hernando*





# Autores

## Coordinadores

### **Miguel A. Pastrana Ledesma**

Licenciado en Medicina y Cirugía por la Universidad de Valladolid.

Médico Especialista en Radiodiagnóstico. Médico Adjunto del Servicio de Radiología del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

Profesor honorario y colaborador clínico docente de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.

Profesor de la Escuela de Técnicos Especialistas de Radiodiagnóstico / Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico.

Participación como investigador en diferentes proyectos de investigación

### **Concepción González Hernando**

Jefa de Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid.

Radióloga Hospitales de Madrid Montepíncipe.

Jefa de Estudios. Centro de Formación de Técnicos Superiores de Imagen para el Diagnóstico (TSID). Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid.

Profesora de Radiología. Universidad Autónoma de Madrid

## **Autores**

### **Marta Alfageme Zubillaga**

Residente de 4.º año de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **Beatriz Brea Álvarez**

Médico Adjunto de Radiodiagnóstico. Profesor del Centro de Formación de Puerta de Hierro. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **Ana María Crespo Rodríguez**

Médico Adjunto de Radiodiagnóstico. Hospital Clínico San Carlos. Madrid

### **Mojdeh Moeinvaziri**

Residente de 4.º año de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **Miguel A. Pastrana Ledesma**

Médico Adjunto de Radiodiagnóstico. Profesor del Centro de Formación de Puerta de Hierro. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **David Petite Felipe**

Médico Adjunto de Radiodiagnóstico. Profesor del Centro de Formación de Puerta de Hierro. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **M.ª Isabel Rivera Campos**

Médico Adjunto de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

### **Rosa M.ª Ruiz Peralbo**

Residente de 4.º año de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

# Índice

## Capítulo 1

<b>Preparación de la exploración</b> .....	15
1. Interpretación de la solicitud de la exploración .....	16
2. Contraindicaciones absolutas y relativas.....	17
3. Cuestionarios de seguridad en RM.....	26
4. Características de la prueba .....	29
5. Consentimiento informado .....	30
6. Material necesario para la prueba .....	31
7. Estado del paciente.....	40
8. Pacientes especiales.....	42
9. Prevención de riesgos laborales .....	45

## Capítulo 2

<b>Aplicación de técnicas de administración de los medios de contraste</b> .....	63
1. Clasificación de los medios de contraste .....	64
2. Distribución de contraste por el organismo .....	67
3. Vías de administración e indicaciones de uso.....	70
4. Propiedades y usos del contraste .....	79
5. Efectos adversos de los contrastes usados en resonancia magnética.....	84
6. Equipos de administración automática de contrastes.....	88

## Capítulo 3

<b>Realización de la prueba</b> .....	97
1. Interpretación de la solicitud de la exploración .....	98
2. Posicionamiento del paciente en la mesa de exploración.....	98
3. Bobinas de radiofrecuencia .....	99
4. Centrado y colocación definitiva en las posición de exploración.....	102
5. Parámetros de estudio .....	102
6. Protocolos del estudio de la cabeza .....	107
7. Protocolos del estudio del raquis .....	111
8. Protocolos del estudio del cuello .....	113
9. Protocolos del estudio del tórax/corazón .....	114
10. Protocolos del estudio de mama .....	118
11. Protocolos del estudio de abdomen y pelvis .....	119
12. Protocolos del estudio del aparato locomotor.....	127
13. Secuencias localizadoras y programación en tres planos .....	133
14. Ficha de exploración .....	133

## Capítulo 4

<b>Aplicación de ajustes de calidad de la imagen</b> .....	143
1. Identificación de imágenes en T1, T2 y DP.....	144
2. Tipos de secuencias .....	149
3. Elementos que influyen en la calidad de la imagen .....	154
4. Secuencias: elementos que determinan la calidad de la imagen.....	156
5. Clasificación de los artefactos.....	161
6. Principales medidas para corregir y/o evitar los artefactos .....	170
7. Sistema de archivo e impresión.....	172

## Capítulo 5

<b>Identificación de los riesgos asociados a la adquisición de imágenes de resonancia magnética</b> .....	183
1. Riesgos asociados al manejo de equipos en resonancia magnética.....	184
2. Señalización de seguridad en las salas de resonancia magnética.....	188
3. Daños derivados de campos magnéticos estáticos.....	191
4. Riesgos derivados de la activación de los gradientes del campo magnético..	193
5. Riesgos asociados a la emisión de pulsos de radiofrecuencia.....	194
6. Contraindicación de las exploraciones por resonancia magnética .....	194
7. Complicaciones médicas .....	201
8. Normas generales de seguridad en los equipos de resonancia magnética ....	202

## Capítulo 6

<b>Caracterización de las pruebas de resonancia magnética funcional e intervencionista</b> .....	213
1. Indicaciones médicas de estudios mediante resonancia magnética .....	214
2. Características de los equipos de resonancia magnética y limitaciones para el desarrollo de las técnicas .....	218
3. Ventajas de la resonancia magnética frente a técnicas que emplean radiaciones ionizantes.....	224
4. Flujo en resonancia magnética. Angiografía por resonancia magnética .....	225
5. Estudios angiográficos por resonancia magnética .....	226
6. Estudios del corazón por resonancia magnética .....	230
7. Neurología avanzada.....	231
8. Intervención y terapia por resonancia magnética.....	239
9. Otras aplicaciones de resonancia magnética .....	240
<b>Soluciones “Evalúate tú mismo”</b> .....	246



capítulo

3

## REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

*M.<sup>a</sup> Isabel Rivera Campos,  
David Petite Felipe,  
Beatriz Brea Álvarez*

### Sumario

1. Interpretación de la solicitud de la exploración
2. Posicionamiento del paciente en la mesa de exploración
3. Bobinas de radiofrecuencia
4. Centrado y colocación definitiva en la posición de exploración
5. Parámetros de estudio
6. Protocolos del estudio de la cabeza
7. Protocolos del estudio del raquis
8. Protocolos del estudio del cuello
9. Protocolos del estudio del tórax y del corazón
10. Protocolos del estudio de mama
11. Protocolos del estudio de abdomen y pelvis
12. Protocolos del estudio del aparato locomotor
13. Secuencias localizadoras y programación en tres planos
14. Ficha de exploración

En el presente capítulo veremos **cómo deben realizarse los estudios de resonancia magnética**, teniendo en cuenta aspectos como la interpretación de la solicitud, la colocación y centrado adecuado del paciente en la mesa de exploración, el tipo y selección de las bobinas de radiofrecuencias, los parámetros óptimos para obtener una imagen de calidad, la importancia de las secuencias localizadoras, los protocolos de estudio habituales según la región anatómica a estudiar, así como los datos a reflejar en la ficha de exploración.

## 1. INTERPRETACIÓN DE LA SOLICITUD DE LA EXPLORACIÓN

Como en cualquier prueba de imagen a realizar, el primer paso es leer y realizar una interpretación adecuada de la solicitud de la exploración. A diferencia de otras técnicas de imagen, la exploración de resonancia magnética suele estar limitada a **una zona anatómica** y requiere unas **secuencias específicas** en función de la patología a estudiar.

Es labor del radiólogo y del Técnico en Imagen para el Diagnóstico **conocer y aplicar el protocolo más adecuado** en cada momento, que va a depender del equipo de resonancia magnética, de las características del paciente y de la patología a estudio.

## 2. POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE EN LA MESA DE EXPLORACIÓN

El paciente se colocará en **posición de decúbito supino o prono**, en función de la exploración, bien con la cabeza o con los pies primero. Se debe colocar **la zona a estudiar lo más cerca posible del isocentro del imán**, la bobina en el centro de la zona anatómica a estudiar y utilizar los elementos de sujeción que sean necesarios.

El paciente debe estar **cómodo y estable**, siendo importante colocar almohadillas de posicionamiento y seguridad (en ángulo bajo las rodillas, brazo, pie, cabeza, etc.).

Al paciente se le debe proporcionar **luz, aire, un avisador e instrucciones** sobre su uso, así como entregarle auriculares o tapones (para hacer más soportable el ruido de la resonancia magnética).



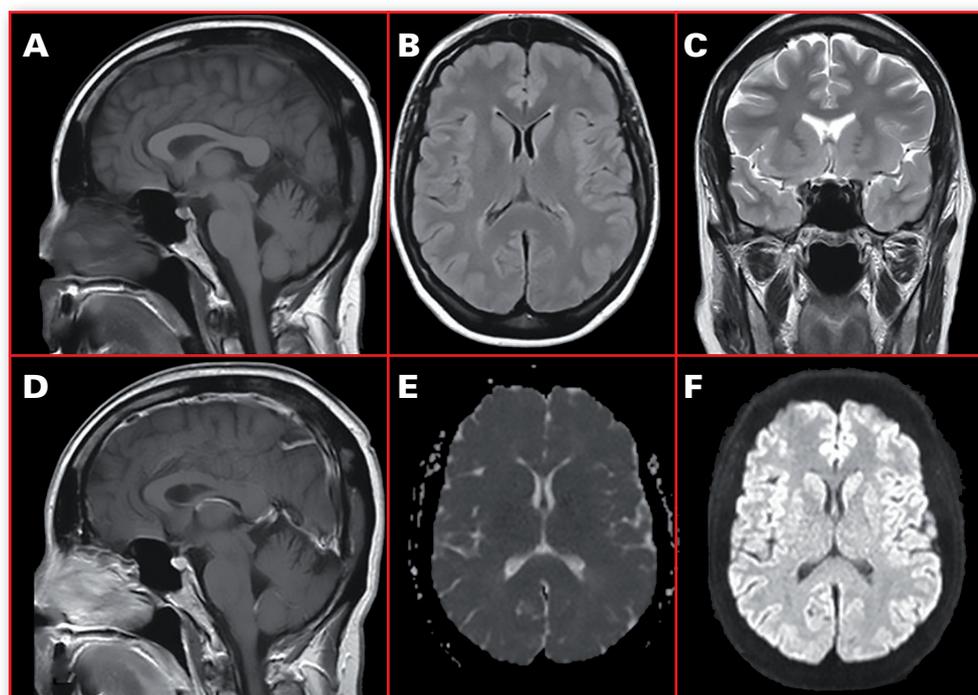
*Se debe colocar la zona a estudiar lo más cerca posible del isocentro del imán.*

- ▶ Añadimos un estudio T1-SE con contraste en los tres planos del espacio cuando sospechamos que hay una patología inflamatoria, infecciosa o tumoral (Tabla 3).

TABLA 3

Protocolos de RM de cabeza

RM DE CABEZA					
	RM cráneo	RM hipófisis	RM CAI	RM base cráneo	RM órbitas
Posición	Decúbito supino, cabeza primero				
Centraje	En la frente				
Bobina	Bobina de cráneo				
Secuencias	– T1 TSE, sagital – T2 TSE, axial y coronal – FLAIR, axial o coronal – Estudio de difusión (*) (**) 	– T1 sin/con CIV sagital y coronal – T2 coronal 	– T1 sin/con CIV, axial y coronal – TSE T2, axial 	– T1 SE, sagital – T2 TSE HR, axial y coronal – T1 TSE, axial – T1 TSE con CIV en los tres planos 	– T1 TSE SG y T2 axial (opcional SG) – T1 y STIR coronal – T1 TSE SG con CIV en los tres planos 
(*) En los casos de hemorragia y alteración de la sustancia blanca añadiremos secuencias T2 EG oT2*. (**) En estudio de tumores e inflamación añadiremos secuencias T1 con CIV en los tres planos.					



**Figura 2.** RM cerebral. A. Plano sagital T1. B. Plano axial FLAIR. C. Plano coronal T2. D. Plano sagital con gadolinio. E y F. Estudio difusión.



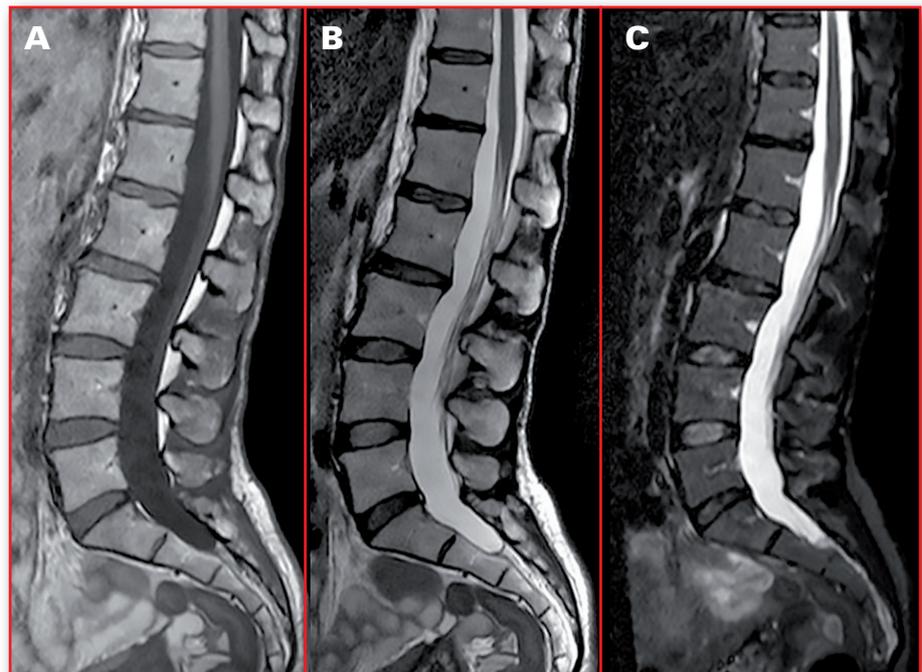
**RECUERDA QUE**

*Cuando realizamos un estudio con gadolinio debemos disponer al menos de una secuencia basal idéntica sin contraste.*

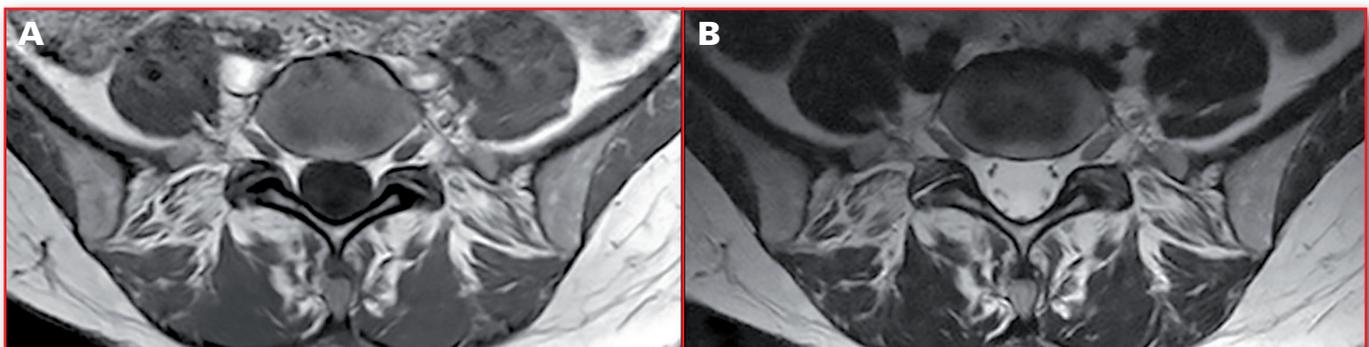
y en la cresta iliaca para la columna lumbar. En el estudio de la columna lumbar colocaremos un reposapiernas debajo de los miembros inferiores del paciente de modo que apoye mejor la columna. El protocolo básico incluye secuencias T1 TSE y T2 TSE en los planos sagital y axial (Figuras 6 y 7).

En los casos en los que queremos **valorar edema** (fracturas, metástasis) añadiremos secuencias STIR en el plano sagital y/o coronal.

En los estudios de **tumores, patología inflamatoria, infecciosa**, etc., añadiremos secuencias T1 tras la administración de gadolinio sin o con saturación grasa en los planos axial y sagital. En el caso de utilizar secuencias con saturación grasa necesitaremos al menos una secuencia basal son saturación grasa sin contraste.



**Figura 6.** RM de la columna lumbar. Planos sagitales T1 (A), T2 (B) y STIR (C).



**Figura 7.** RM de la columna lumbar. Planos axial T1 (A) y T2 (B).

## 8. PROTOCOLOS DEL ESTUDIO DEL CUELLO

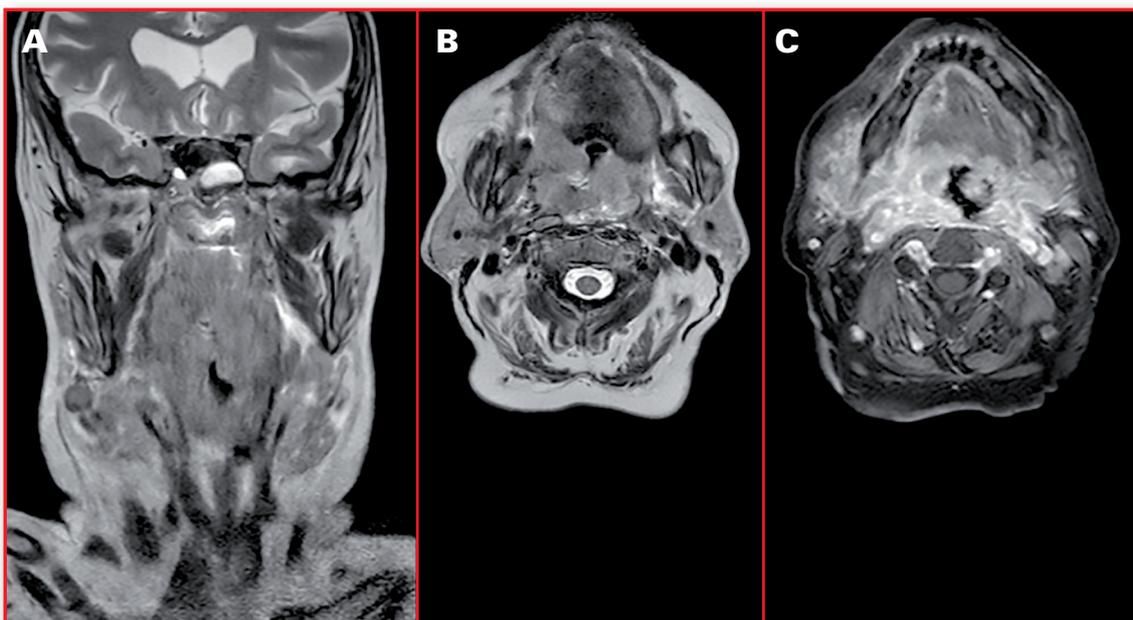
### 8.1. Cuello

Está indicado en el estudio de **tumores** y **patología inflamatoria**. El plano axial debería estar orientado paralelo al paladar duro y el coronal, perpendicular al mismo. Como en el cuello existen muchas estructuras anatómicas y contenido graso, en ocasiones es necesario incluir en la RM de cuello secuencias con saturación grasa. El estudio habitual incluye las siguientes secuencias (Figura 8):

- › Secuencias T1 SE en el plano sagital.
- › Secuencias T1 TSE HR sin saturación grasa en plano axial.
- › Secuencias T2 TSE HR en los planos axial y coronal.
- › Secuencias T2 TSE con saturación grasa en el plano axial (de forma opcional).
- › Estudio de difusión en el plano axial. Estudio T1 con gadolinio en los planos axial y coronal (este puede ser sin o con saturación grasa).



*Como en el cuello existen muchas estructuras anatómicas y contenido graso, en ocasiones es necesario incluir en la RM de cuello secuencias con saturación grasa.*



**Figura 8.** RM de cuello. Plano coronal (A) y axial T2 (B). Plano axial T1 con saturación grasa y gadolinio (C), en el que se visualiza una afectación difusa de la orofaringe y espacios cervicales adyacentes.



En la RM de mama existen dos tipos fundamentales de indicaciones: el estudio del cáncer de mama y el estudio de prótesis de mama.

## 10. PROTOCOLOS DEL ESTUDIO DE MAMA

El paciente se coloca en decúbito prono con la cabeza primero. Los brazos según la comodidad del paciente hacia abajo, pegados al cuerpo o hacia arriba a los lados de la cabeza. La antena se centra en la línea media de la mama. Se deben utilizar bobinas específicas de mama e incluir ambas mamas y axilas en el estudio. Existen dos tipos fundamentales de indicaciones: el estudio del **cáncer de mama** y el estudio de **prótesis de mama**, que van a tener protocolos de estudio diferentes.

### 10.1. Estudio diagnóstico de cáncer de mama

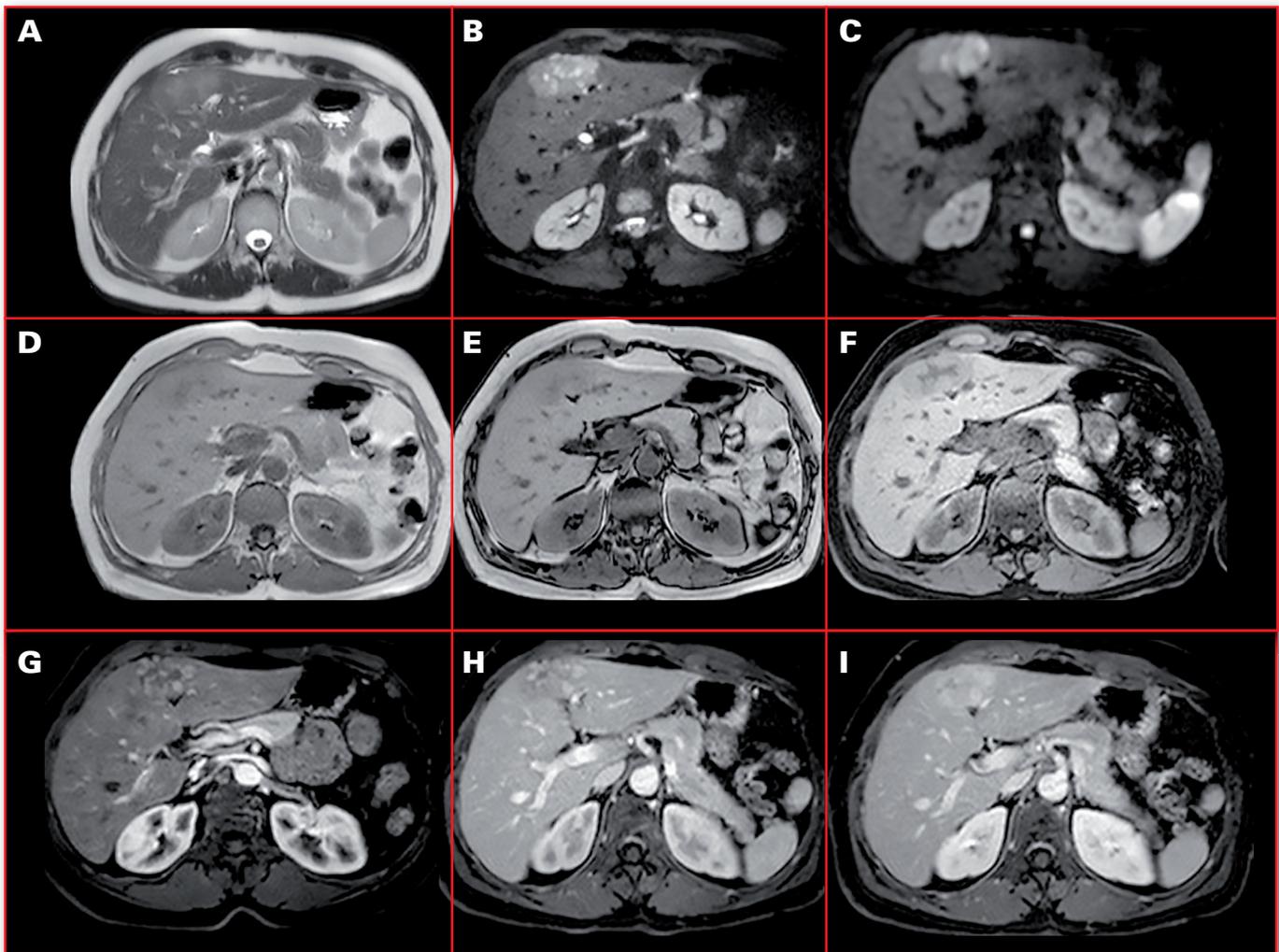
El estudio habitual incluye las siguientes secuencias (Tabla 6):

- › Secuencias T2-TSE en el plano axial. Debe incluir toda la mama y la axila.
- › Secuencias T2-TSE con supresión grasa o STIR en el plano axial.
- › Imágenes potenciadas en difusión en el plano axial.
- › Secuencias T1-TEG-3D con supresión grasa sin y tras administración de gadolinio. Se deben obtener de 6 a 8 dinámicos tras la administración de gadolinio (Figura 10).

TABLA 6

Protocolo de RM de mama

RM de mama		
Posición	Decúbito prono	
Centraje	Línea media mama	
Bobina	Específica de mama	
Secuencias	Cáncer de mama	Estudio de prótesis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– T1 TSE axial</li> <li>– T2 TSE SG axial</li> <li>– Difusión axial</li> <li>– Estudio dinámico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– T1 TSE axial</li> <li>– Supresión de silicona axial</li> <li>– T2 TSE SG sag</li> </ul>



**Figura 11.** RM hepática. Plano axial T2 (A), STIR (B), difusión (C), T1 en fase (D) y en oposición de fase (E). RM hepática. Estudio dinámico sin contraste (F) en fase arterial (G), venosa (H) y tardía (I). Se visualiza una lesión hiperintensa en T2 con realce de progresión centripeta compatible con hemangioma.

## II.2. RM pancreática

Vamos a utilizar el mismo protocolo que en la RM hepática incluyendo siempre un estudio T1-TEG con saturación grasa.

## II.3. Estudio de la vía biliar (colangio RM)

El motivo más frecuente de estudio de la vía biliar es la búsqueda de **litiasis biliar** o **variantes anatómicas**. En caso de sospecha de neoplasia añadiremos al estudio el protocolo de RM hepática.

## RESUMEN

- ✓ La exploración de resonancia magnética suele estar limitada a una **zona anatómica** y requiere unas secuencias específicas en función de la patología a estudiar.
- ✓ Al paciente se le colocará en posición de **decúbito supino o prono** en función de la exploración, con la zona a estudiar **lo más cerca posible del isocentro del imán**. Además el paciente debe estar cómodo y estable.
- ✓ La mayoría de los sistemas de resonancia magnética utilizan una **bobina básica transmisora y emisora** (llamada bobina de cuerpo) que se encuentra fija al imán.
- ✓ Una imagen óptima, diagnóstica y de calidad es la que, con un determinado contraste, obtiene un **equilibrio entre la relación señal-ruido y la resolución espacial**, en un tiempo de adquisición aceptable, evitando el mayor número de artefactos.
- ✓ El **protocolo básico de la cabeza** incluye secuencias T1 en el plano sagital, secuencias T2 en los planos axial y coronal, secuencias FLAIR en plano axial o coronal y estudio de difusión (ver Tabla 3).
- ✓ Los **protocolos de CAI e hipófisis** utilizan cortes finos centrados en la zona anatómica a estudiar.
- ✓ Los **protocolos de órbitas, base de cráneo y cuello** utilizan secuencias de alta resolución y secuencias con saturación grasa, dadas las múltiples estructuras anatómicas y de pequeño tamaño a estudiar.
- ✓ Los **protocolos de columna** usan básicamente secuencias T1 y T2 en los planos sagital y axial (ver Tabla 4).
- ✓ Debido a las limitaciones técnicas (artefactos respiratorios, de flujo y latido cardiaco) y a la mayor resolución del TC, la resonancia magnética tiene **pocas indicaciones en el estudio de la patología torácica** (ver Tabla 5).
- ✓ Las dos principales **exploraciones torácicas** son los estudios angiográficos de aorta y los estudios de RM cardiaca.

## G L O S A R I O

---

**Bobina de recepción:** bobina encargada de transformar la señal emitida por los tejidos en señal eléctrica.

**Bobina de transmisión:** bobina encargada de emitir el/los pulso/s de radiofrecuencia.

**Bobina de transmisión-recepción:** bobina emisora y receptora.

**Decúbito prono:** boca abajo.

**Decúbito supino:** boca arriba.

## A B R E V I A T U R A S

---

**3D:** 3 dimensiones.

**Balanced FFE:** *balanced fast field echo*.

**BW:** ancho de banda.

**C:** contraste.

**CIV:** contraste intravenoso.

**FA:** *flip angle*.

**FLAIR:** *fluid-attenuated inversion recovery*. Secuencia de inversión recuperación del líquido cefalorraquídeo.

**FOV:** *field of view* o campo de visión.

**HASTE:** *half-fourier acquisition turbo spin echo*.

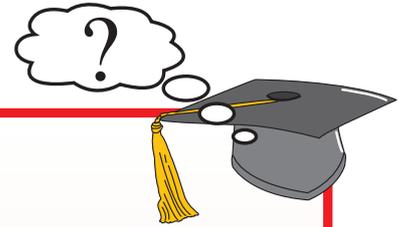
**Nex:** número de excitaciones.

**Np:** número de pasos de codificación de fase.

**RE:** resolución espacial.

**SNR:** relación señal-ruido.

**STIR:** *short TI inversion recovery*.



## EJERCICIOS

### › E1. Estamos ante un paciente de 50 años al que vamos a realizar una exploración RM renal para caracterización de una masa renal:

- En cuanto a la colocación del paciente en la mesa de la exploración, señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
  - El paciente se colocará en decúbito supino (V/F).
  - Se colocará con los pies primero (V/F).
  - Le proporcionaremos luz, aire, un avisador e instrucciones sobre su uso (V/F).
- ¿Qué bobina vamos a utilizar?
- ¿Dónde vamos a centrar la exploración?:
  - a) En la apófisis xifoides.
  - b) En el ombligo.
  - c) En la región suprepúbica.

### › E2. El protocolo habitual en este paciente va a incluir un estudio vascular para planificación quirúrgica:

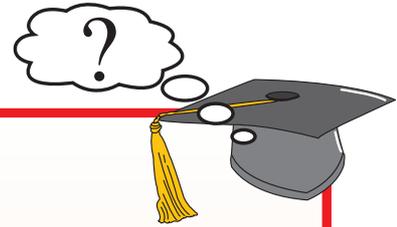
- ¿En qué plano vamos a adquirir el estudio?
- ¿Qué contraste vamos a utilizar?
- ¿Cuántas y qué fases vamos a adquirir?

### › E3. Se solicita un estudio de entero RM por sospecha de enfermedad inflamatoria intestinal para un paciente de 22 años:

- El paciente requiere una preparación previa similar a la de la colonoscopia. ¿En qué consiste?
- Al paciente se le suele administrar un contraste oral y una droga espasmolítica. ¿Conoces sus nombres?
- ¿En qué posición se colocará el paciente?
- ¿En qué plano se suele adquirir el estudio?

### › E4. Para estos estudios utilizamos antenas multielemento:

- Señala si las siguientes afirmaciones son verdades o falsas:
  - Son bobinas emisoras y receptoras (V/F).
  - Están compuestas por un grupo de dos o más bobinas dentro de las mismas (V/F).
  - Son solo bobinas receptoras (V/F).
  - Se usan en las técnicas de adquisición en paralelo (V/F).
- ¿Qué sabes sobre las bobinas de superficie?



» **E5. Se solicita una RM de columna lumbar por la sospecha de hernia discal a un paciente de 38 años:**

- En cuanto a la colocación y centraje del paciente en la mesa de la exploración, señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
  - El paciente se colocará en decúbito supino (V/F).
  - Se colocará con los brazos separados del cuerpo (V/F).
  - El centraje se realiza en el mentón (V/F).
  - El centraje se realiza en la zona media del esternón (V/F).
  - Colocaremos un reposapiernas debajo de los miembros inferiores (V/F).
- ¿Qué bobina vamos a utilizar?
- ¿Dónde vamos a centrar la exploración?
- En cuanto al protocolo habitual, ¿cuál es la respuesta falsa?:
  - a) El protocolo básico incluye secuencias T1 y T2 en los planos sagital y axial.
  - b) Nunca vamos a utilizar secuencias STIR.
  - c) En ocasiones añadimos secuencias T1 tras gadolinio.

» **E6. Actividad para tres personas en las que uno es el paciente, otro el Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y el tercero un enfermero. Simulad:**

- El posicionamiento adecuado del paciente en la mesa de exploración.
- Selección y centraje de la bobina.
- Colocación de los electrodos, *gating* respiratorio, manguito de tensión arterial y conexión a la bomba de inyección de gadolinio.

## EVALÚATE TÚ MISMO



1. **¿Cómo debemos colocar al paciente en la mesa de exploración?:**

- a) Siempre en decúbito supino.
- b) Siempre en decúbito prono.
- c) En la posición que elija el paciente.
- d) En decúbito supino o prono en función de la exploración.



**SOLUCIONES**  
**EVALÚATE TÚ MISMO**



[http://www.aranformacion.es/\\_soluciones/index.asp?ID=21](http://www.aranformacion.es/_soluciones/index.asp?ID=21)

