

FP SANIDAD

G.S. IMAGEN PARA EL DIAGNÓSTICO Y MEDICINA NUCLEAR

# TÉCNICAS DE IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA

**Vicente Juan Megías Moreno**  
**Rocío Megías Fernández**

Segunda edición

Complementos digitales



  
EDITORIAL  
SÍNTESIS

# T

# écnicas de imagen por resonancia magnética

Vicente Juan Megías Moreno  
Rocío Megías Fernández

(segunda edición)



© Vicente Juan Megías Moreno  
Rocío Megías Fernández

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.  
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid  
Teléfono 91 593 20 98  
[www.sintesis.com](http://www.sintesis.com)

ISBN: 979-13-7055-004-2  
Depósito Legal: M-14.132-2026

Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

# ÍNDICE

Prólogo	8
---------	---

---

<b>1. Preparación para la exploración</b>	<b>RA1</b>
Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	10
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	10
Mapa conceptual .....	11
Glosario .....	12
Punto de partida .....	12
1.1. Interpretación de la solicitud .....	13
1.2. Contraindicaciones absolutas y relativas .....	14
1.3. Cuestionario de seguridad en resonancia magnética .....	14
1.4. Características de la prueba: duración, ruido, movimiento del paciente .....	16
1.5. Consentimiento informado .....	16
1.6. Material necesario para la prueba .....	17
1.6.1. Material específico para resonancia .....	17
1.6.2. Material de enfermería para resonancia .....	18
1.7. Estado del paciente: ansiedad, claustrofobia, alergias .....	19
1.8. Pacientes especiales .....	20
1.9. Prevención de riesgos laborales .....	21
Ideas clave .....	24

Aplica lo aprendido .....	25
Solución del punto de partida .....	26
Práctica profesional .....	27
Ponte a prueba .....	28

## 2. Aplicación de técnicas de administración de medios de contraste RA2

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	30
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	30
Mapa conceptual .....	31
Glosario .....	32
Punto de partida .....	32
2.1. Clasificación de los medios de contraste: positivos y negativos .....	33
2.1.1. Contrastes positivos .....	33
2.1.2. Contrastes negativos .....	34
2.2. Distribución del contraste por el organismo: intracelular, extracelular, intravascular ....	35
2.3. Vías de administración e indicaciones de uso de los contrastes .....	36
2.3.1. Vías de administración .....	36
2.3.2. Principales indicaciones de uso .....	37
2.4. Propiedades y uso del contraste .....	37
2.5. Efectos adversos de contrastes usados en resonancia magnética .....	38
2.6. Equipos de administración automática de contrastes: bomba de infusión, en "bolo" ....	40
Ideas clave .....	43
Aplica lo aprendido .....	44
Solución del punto de partida .....	45
Práctica profesional .....	47
Ponte a prueba .....	48

## 3. Realización de la prueba RA3

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	50
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	50
Mapa conceptual .....	51
Glosario .....	52
Punto de partida .....	52
3.1. Interpretación de la solicitud de exploración: información clínica, estudios previos, cuestionario de seguridad .....	53
3.2. Posicionamiento del paciente en la mesa de exploración .....	53

3.3. Bobinas de radiofrecuencia .....	54
3.3.1. Según la tecnología aplicada .....	57
3.3.2. Según la tecnología para adquisición de la imagen .....	57
3.4. Centrado y colocación definitiva en la posición de exploración .....	58
3.5. Parámetros del estudio: intrínsecos y extrínsecos .....	60
3.5.1. Parámetros intrínsecos .....	60
3.5.2. Parámetros extrínsecos .....	60
3.6. Protocolos de exploración .....	60
3.6.1. Consideraciones generales sobre las fichas de exploración .....	64
3.7. Fichas de exploración .....	63
Ideas clave .....	68
Aplica lo aprendido .....	69
Solución del punto de partida .....	70
Práctica profesional .....	71
Ponte a prueba .....	72

## 4. Aplicación de ajustes de calidad de la imagen

RA4

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	74
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	74
Mapa conceptual .....	75
Glosario .....	76
Punto de partida .....	76
4.1. Identificación de imágenes en T1, T2 y densidad protónica .....	77
4.2. Tipos de secuencias. <i>Spin-eco</i> , gradiente de eco, secuencias híbridas .....	80
4.2.1. Secuencias SE y variantes .....	80
4.2.2. Secuencias GE y variantes .....	83
4.2.3. Secuencias híbridas. GRASE .....	85
4.3. Elementos que influyen en la calidad de la imagen .....	86
4.4. Secuencias. parámetros que determinan la calidad de la imagen .....	86
4.4.1. Tiempo de adquisición .....	87
4.4.2. Relación señal/ruido .....	87
4.4.3. Contraste: potenciación DP, T1 y T2 .....	89
4.4.4. Resolución espacial .....	90
4.5. Clasificación de los artefactos .....	90
4.5.1. Artefactos relacionados con el paciente .....	90
4.5.2. Artefactos relacionados con el sistema de obtención de imágenes .....	91
4.5.3. Artefactos de origen externo .....	92

4.6. Principales medidas para corregir o evitar los artefactos .....	93
4.7. Sistemas de archivo e impresión de imágenes .....	94
Ideas clave .....	96
Aplica lo aprendido .....	97
Solución del punto de partida .....	98
Práctica profesional .....	100
Ponte a prueba .....	102

## 5. Riesgos asociados a la resonancia magnética RA5

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	104
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	104
Mapa conceptual .....	105
Glosario .....	106
Punto de partida .....	106
5.1. Riesgos asociados al manejo de equipos de resonancia magnética .....	107
5.2. Señalización de seguridad en las salas de resonancia .....	107
5.3. Daños derivados de los campos magnéticos estáticos .....	108
5.4. Riesgos derivados de la activación de los gradientes de campo magnético .....	108
5.5. Riesgos asociados a la emisión de pulso de radiofrecuencia .....	108
5.6. Contraindicaciones de las exploraciones por resonancia magnética: absolutas y relativas .....	109
5.6.1. Contraindicaciones absolutas .....	109
5.6.2. Contraindicaciones relativas .....	110
5.7. Complicaciones médicas .....	111
5.8. Normas generales de seguridad en el manejo de equipos de resonancia magnética ....	112
Ideas clave .....	116
Aplica lo aprendido .....	117
Solución del punto de partida .....	118
Práctica profesional .....	119
Ponte a prueba .....	120

## 6. Caracterización de las pruebas de resonancia magnética funcional e intervencionista RA6

Resultado de aprendizaje y criterios de evaluación .....	122
Objetivos de Desarrollo Sostenible .....	122
Mapa conceptual .....	123

Glosario .....	124
Punto de partida .....	124
6.1. Indicaciones médicas de estudios mediante resonancia magnética .....	125
6.2. Características de los equipos de resonancia magnética .....	126
6.2.1. Imán principal .....	126
6.2.2. Bobinas .....	129
6.2.3. Diseño de una instalación de resonancia magnética .....	129
6.2.4. Otros dispositivos del equipo .....	130
6.3. Ventajas de la resonancia magnética frente a técnicas que emplean radiaciones ionizantes .....	131
6.4. Flujo en resonancia. Angiografía por resonancia magnética .....	131
6.4.1. Técnica de sangre negra .....	133
6.4.2. Técnica de sangre blanca: ARM-TOF o ARM por tiempo de vuelo .....	134
6.4.3. Técnica de sangre blanca: ARM-PCA o ARM por contraste de fase .....	137
6.4.4. Técnica con contraste intravenoso (ARMc) .....	139
6.4.5. Posprocesado de las imágenes en ARM .....	140
6.5. Estudios angiográficos por resonancia magnética .....	142
6.5.1. ARM-TOF 3D del polígono de Willis .....	142
6.5.2. ARM-TOF 2D de los senos venosos del cráneo .....	143
6.5.3. ARMc 3D dinámico de troncos supraaórticos .....	143
6.5.4. ARMc 3D de aorta torácica y abdominal .....	145
6.5.5. ARMc de las arterias coronarias o estudios de perfusión miocárdica .....	145
6.5.6. ARMc de aorta abdominal y miembros inferiores .....	145
6.6. Estudios del corazón por resonancia magnética .....	147
6.7. Neurología avanzada en resonancia magnética .....	151
6.7.1. Resonancia magnética por difusión isotrópica (DWI) .....	151
6.7.2. Resonancia magnética por difusión anisotrópica, difusión tensorial o DTI o tractografía .....	152
6.7.3. Resonancia magnética por perfusión (PWI) .....	153
6.7.4. Espectroscopia por resonancia magnética (SRM) .....	154
6.7.5. Resonancia magnética funcional (RMf) o de activación cortical .....	154
6.8. Intervención y terapia por resonancia magnética .....	156
6.9. Otras aplicaciones de la resonancia magnética y perspectivas de futuro .....	156
Ideas clave .....	157
Aplica lo aprendido .....	158
Solución del punto de partida .....	159
Práctica profesional .....	161
Ponte a prueba .....	162

# ÍNDICE DE COMPLEMENTOS DIGITALES

---

## Complemento digital 3.1. Fichas de exploración

Parte I. Fichas de exploración del miembro superior, miembro inferior y columna

Parte II. Fichas de exploración de articulación temporomandibular, cráneo y cuello

Parte III. Fichas de exploración de tórax, abdomen, pelvis y mama

## Complemento digital 6.1. Fichas de exploración

Parte IV. Estudios angiográficos y de corazón por resonancia magnética

# 2

# Aplicación de técnicas de administración de medios de contraste

## RESULTADO DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

**RA 2.** Aplica técnicas de administración de los medios de contraste, según protocolo específico de la unidad, identificando los tipos y sus indicaciones de uso.

- a) Clasifica los contrastes utilizados en resonancia magnética e identifica sus vías de administración.
- b) Describe las propiedades y los principales usos de los contrastes con gadolinio (Gd).
- c) Precisa los usos, propiedades e indicaciones de los contrastes de manganeso.
- d) Establece las propiedades e indicaciones de los contrastes negativos.
- e) Identifica los posibles efectos adversos derivados del uso de contrastes en resonancia magnética.
- f) Prepara la dosis exacta del contraste.
- g) Verifica el funcionamiento de las bombas de infusión, realiza la carga del contraste y programa los parámetros de aplicación.
- h) Comprueba la disponibilidad de los equipos y fármacos necesarios para la atención de posibles reacciones adversas a los contrastes.
- i) Informa al paciente sobre las recomendaciones que debe seguir después de la prueba con contraste.



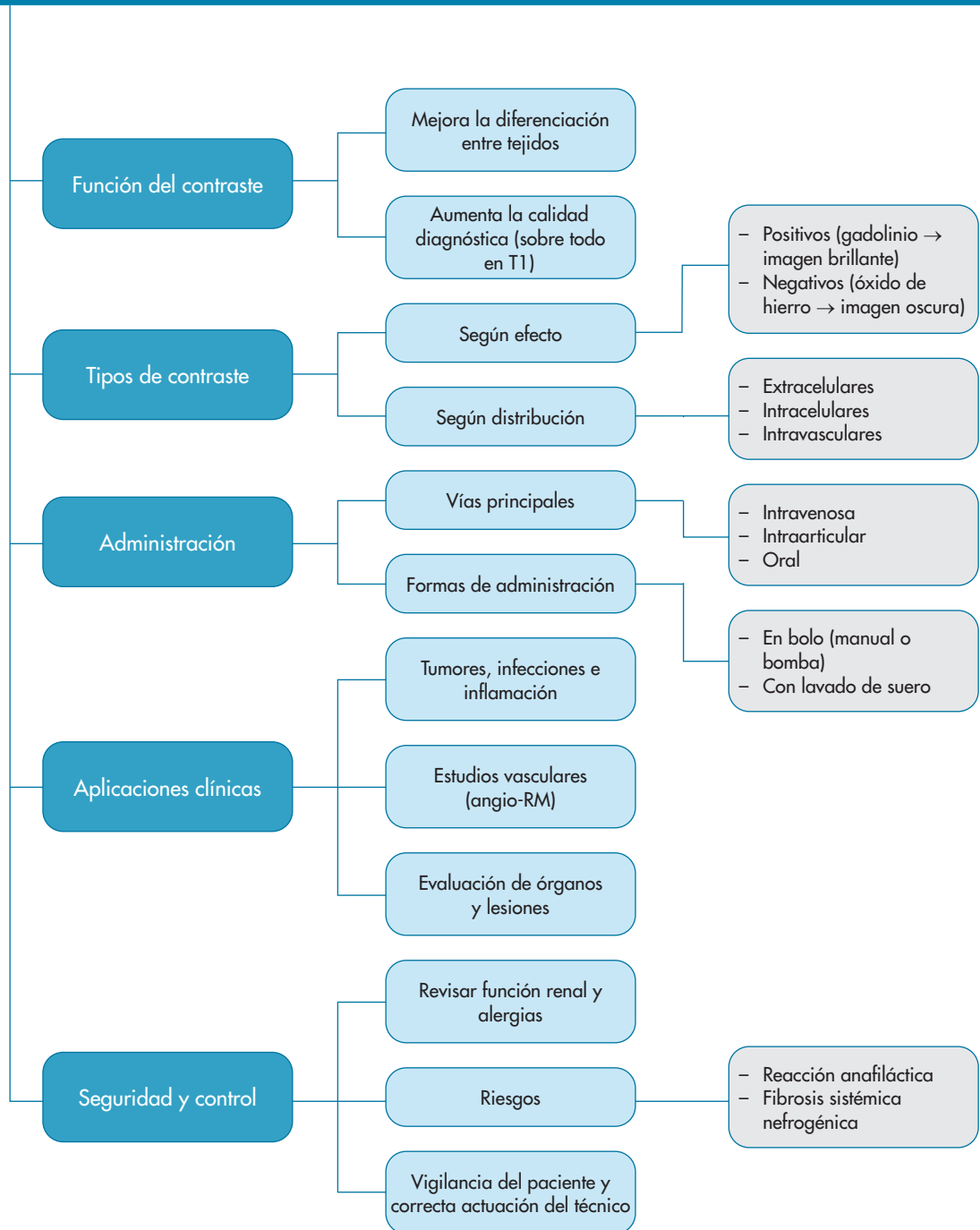
Objetivos de Desarrollo Sostenible



En este capítulo se va a trabajar el ODS 12.

## MAPA CONCEPTUAL

### MEDIOS DE CONTRASTE EN RESONANCIA MAGNÉTICA





## GLOSARIO

- Administración “en embolada” o “bolo”.** Administración del contraste i. v. de manera rápida, en una sola embolada.
- Agente de contraste.** Fármaco o producto que, introducido en nuestro organismo por diferentes vías, realza la intensidad de la señal de uno o varios tejidos sobre los que se deposita incrementando el contraste o diferencia entre ellos.
- Alergia.** Respuesta inmunológica exagerada del organismo frente a una sustancia extraña. En RM, es importante conocer antecedentes de alergia a contrastes o medicamentos.
- Angio-RM.** Estudio de los vasos sanguíneos por resonancia magnética.
- Bolus tracking.** Seguimiento del bolo de contraste en su trayecto por un vaso sanguíneo.
- Contrastes negativos.** Sustancias superparamagnéticas de óxido de hierro que acortan el T2 de los tejidos sobre los que se depositan.
- Contrastes positivos.** Iones metálicos que acortan el T1 de los tejidos sobre los que se depositan.
- Extravasación.** Salida del contraste fuera de la vena en el punto de inyección.
- Fibrosis sistémica nefrogénica (FSN).** Complicación grave por uso de gadolinio en pacientes con insuficiencia renal.
- Gadolinio (Gd).** Elemento químico paramagnético usado en la mayoría de los contrastes de RM.
- Inyección intraarticular.** Inyección directa en el interior de una articulación.
- Inyección intratecal.** Inyección en el espacio subaracnoideo a nivel de la columna lumbar.
- Medio de contraste paramagnético.** Sustancia que modifica localmente el campo magnético, mejorando el contraste de la imagen.
- Protocolo de contraste.** Conjunto de parámetros técnicos y clínicos que definen cómo y cuándo administrar el medio de contraste en RM.
- Quelante.** Sustancia que unida a los contrastes sirve para disminuir su toxicidad.
- Reacción anafiláctica.** Reacción alérgica exagerada, rápida, grave y generalizada, a veces mortal.
- Tiempo de tránsito o de retraso.** Tiempo que tarda el bolo de contraste desde su lugar de inyección hasta llegar a la zona de interés.
- Tracker o ROI.** Icono que se coloca en el lugar de interés seleccionado, generalmente un vaso sanguíneo, para hacer el seguimiento del bolo de contraste i. v.
- Urticaria.** Reacción alérgica leve que afecta a la piel y se caracteriza por la presencia de ronchas de color rojizo y picor; suele desaparecer a las pocas horas.

## PUNTO DE PARTIDA



### *Administración de medios de contraste en resonancia magnética*

La administración de medios de contraste en resonancia magnética es un proceso fundamental para mejorar la calidad diagnóstica de las imágenes, al resaltar estructuras anatómicas o lesiones que no serían visibles con estudios simples. A partir de aquí qué te sugieren las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué es un medio de contraste y cuál es su función específica en la resonancia magnética?
2. ¿Cuáles son las diferencias entre los medios de contraste empleados en resonancia y los utilizados en otras modalidades diagnósticas como la tomografía computarizada?
3. ¿Qué tipos de medios de contraste existen y cómo se selecciona el más adecuado según el estudio o el paciente?
4. ¿En qué situaciones clínicas está indicada la administración de contraste y bajo qué criterios se decide su uso?
5. ¿Qué medidas de seguridad deben adoptarse para prevenir efectos adversos, especialmente en pacientes con insuficiencia renal o con antecedentes de hipersensibilidad?
6. ¿Qué normativas y protocolos regulan el manejo, almacenamiento y registro de estos productos dentro de los servicios de imagenología?

Estas cuestiones permiten abordar el tema desde una perspectiva integral, que abarca tanto los aspectos técnicos y científicos como los éticos y de seguridad del paciente. Profundizar en ellas favorece la comprensión de la importancia de una administración responsable del medio de contraste, contribuyendo al mejoramiento continuo de la calidad en los procedimientos de resonancia magnética.

## 2.1. Clasificación de los medios de contraste: positivos y negativos

Un medio de contraste es un fármaco que, introducido en el organismo por diferentes vías, realza la intensidad de la señal de uno o varios tejidos para incrementar el contraste o diferencia entre ellos y facilitar así la detección de posibles lesiones.

Aunque en estudios de resonancia magnética el contraste entre tejidos es bastante bueno gracias a las diferencias en los valores T1, T2 y densidad protónica de los distintos tejidos, a veces es necesario ayudarnos de los medios de contraste para acentuar dichas diferencias.

Al tratarse generalmente de compuestos tóxicos para el organismo, los contrastes se administran unidos a una sustancia quelante que sirve para disminuir la toxicidad del contraste y que además permite dividir a los contrastes en iónicos y no iónicos. Estos últimos tienen menor osmolaridad, son menos viscosos y por lo tanto son mejor tolerados, pero tienen la desventaja de que son más caros.

Según su mecanismo de acción, los contrastes se pueden clasificar en contrastes positivos y negativos.

### 2.1.1. Contrastes positivos

Son iones metálicos que acortan el T1 de los tejidos sobre los que se depositan y que por lo tanto dan lugar a una imagen brillante o hiperintensa en secuencias potenciadas en T1. Entre ellos se encuentran los siguientes:

### A) Contrastes que tienen como principio activo el gadolinio

Los contrastes que tienen como principio activo el gadolinio (Gd) pueden ser iónicos o no iónicos y se clasifican del siguiente modo:

#### 1. Contrastes iónicos

- DTPA-Gd (dietilentriaminapentaacetato-gadolinio), con nombre comercial de Magnevist<sup>®</sup> y Magnograf<sup>®</sup>.
- DOTA-Gd, con nombre comercial de Dotarem<sup>®</sup>.
- BOPTA-Gd, con nombre comercial de Multihance<sup>®</sup>.
- EOB-DTPA-Gd, con nombre comercial de Primovist<sup>®</sup>.
- DTPA-Gd (gadofosveset trisodium), con nombre comercial de Vasovist<sup>®</sup>.

#### 2. Contrastes no iónicos

- DTPA-BMA-Gd, con nombre comercial de Omniexploración<sup>®</sup> u Omniscan<sup>®</sup>.
- DO3A-HP-Gd, con nombre comercial de Prohance<sup>®</sup>.
- DO3A-Butrol-Gd, con nombre comercial de Gadovist<sup>®</sup>.
- DTPA-BMEA-Gd, con nombre comercial de Optimark<sup>®</sup>.

### B) Contrastes que tienen como principio activo el manganeso

En cuanto a los contrastes que tienen como principio activo el manganeso (Mn), pueden ser:

- DPDP-Mn, de nombre comercial Teslascan<sup>®</sup>.

### 2.1.2. Contrastes negativos

Son sustancias superparamagnéticas de óxido de hierro que acortan el T2 de los tejidos sobre los que se depositan y por lo tanto dan lugar a una imagen oscura o hipointensa de los mismos en secuencias potenciadas en T2. Estos contrastes van recubiertos por diversas sustancias biodegradables como el dextrano y el carboxi-dextrano, que le confieren diverso tamaño y de ahí viene su clasificación en:

1. *Tamaño superior a 50 nm: SPIO (super paramagnetic iron oxide)*. Son partículas de óxido de hierro con un diámetro promedio de entre 50 y 200 nm, que son fagocitadas rápidamente por las células reticuloendoteliales (SRE) del hígado y del bazo. Entre ellos tenemos los siguientes:
  - Ferrumóxido o AMI-25: Feridex<sup>®</sup>, Endorem<sup>®</sup>.
  - SHU-555: Resovist<sup>®</sup>.

2. *Tamaño entre 20 y 50 nm: USPIO (ultrasmall superparamagnetic iron oxide)*. Preparadas por fragmentación de ferrumóxidos, para facilitar la captación del óxido de hierro por el SRE de los ganglios linfáticos. Entre ellos tenemos:
  - Combidex®.
  - Sinerem®.
3. *Tamaño menor de 20 nm: MION (monocrystalline iron oxide nanoparticles)*. Son partículas de óxido de hierro recubiertas con dextrano. No comercializado actualmente.



### ACTIVIDAD PROPUESTA 2.1

Busca en la página web de la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios (AEMPS) qué contrastes de uso en resonancia están actualmente autorizados y comercializados en España y elabora una tabla indicando si son positivos o negativos, iónicos o no iónicos, intra o extracelulares.

## 2.2. Distribución del contraste por el organismo: intracelular, extracelular, intravascular

Según el tipo de quelante al que esté unido el ion metálico, los contrastes se distribuirán por los espacios intra- o extracelular o bien quedarán en el lecho vascular.

1. *Contrastes inespecíficos extracelulares*. Forman parte de este grupo la mayoría de los compuestos de gadolinio que se comercializan hoy día. Tienen un bajo peso molecular y unos segundos después de su administración intravenosa difunden a través de los capilares hacia el espacio extracelular intersticial, excepto en el sistema nervioso central (SNC) siempre y cuando la barrera hematoencefálica (BHE) esté intacta. Tienen una vida media de unos 90 minutos y se eliminan por vía renal en 24 horas.  
Dentro de este grupo están Gadovist®, Omniscan®, Magnevist®, Dotarem®, Prohance®, Optimark®.
2. *Contrastes específicos intracelulares*. Son también de bajo peso molecular para permitir ser transportados desde el espacio extra al intracelular atravesando las membranas celulares. Por lo tanto, pasan del espacio intravascular al intersticial y de ahí al intracelular. Son eliminados por vía renal o hepática. Entre ellos están el Teslascan® (retirado actualmente del mercado) y los derivados del óxido de hierro (contrastes negativos).  
Los compuestos de gadolinio que pertenecen a este grupo son Multihance® y Primovist®, usados en estudios hepatobiliares.
3. *Contrastes específicos intravasculares*. Poseen un alto peso molecular y por lo tanto difunden poco a través de las paredes capilares. Suelen estar circulando durante horas formando un verdadero pool sanguíneo de contraste magnético. Este tipo de contraste se suele usar para la realización de angio-RM, especialmente de pequeños vasos. El único aprobado para su uso es el Vasovist®.



## ACTIVIDAD PROPUESTA 2.2

Cuando en un estudio de resonancia magnética creemos necesario el uso de contraste, según la estructura anatómica que queramos estudiar o según la patología de sospecha, debemos plantearnos cuál es la mejor vía de administración. Elabora un cuadro resumen en el que se detallen las principales vías de administración del contraste.

### 2.3. Vías de administración e indicaciones de uso de los contrastes

Para el uso de contrastes en resonancia magnética se debe tener en cuenta la vía de administración y sus indicaciones.

#### 2.3.1. Vías de administración

A continuación se detallan las principales vías de administración:

1. *Vía intravenosa (i.v.)*. Consiste en la introducción del contraste en una vena, generalmente del miembro superior.
2. *Vía intraarticular*. La técnica para ver el interior de una articulación mediante la inyección de contraste en la misma se denomina *artrografía por resonancia magnética*, que puede ser:
  - *Artro-RM indirecta*. Se inyecta el contraste por vía intravenosa, se le pide al paciente que mueva la articulación durante unos 10 minutos para que el contraste llegue mejor a la misma y después se obtiene la imagen.
  - *Artro-RM directa*. En este caso se inyecta directamente el contraste en el interior de la articulación.
3. *Vía oral*. Se utilizan para la definición de la patología gastrointestinal y contribuyen a distinguir entre masas y asas intestinales. Dentro de los contrastes orales podemos distinguir entre:
  - *Contrastes positivos*: presentan hiperintensidad en T1 e hipointensidad en T2; por ejemplo, suplementos dietéticos de hierro, zumo de frambuesa (Mn), Magnevist® enteral o 1 cm<sup>3</sup> de gadolinio diluido en 100 cm<sup>3</sup> de suero fisiológico.
  - *Contrastes negativos*: presentan hipointensidad en T1 e hiperintensidad en T2; por ejemplo, agua, sulfato de bario, caolín, etc.



### IMPORTANTE

El único contraste negativo o hipointenso tanto en T1 como en T2 aprobado por la administración americana FDA es el bromuro de perfluorocilo o PFBO, que no tiene sabor ni olor y alcanza el colon en 30 minutos.

4. *Otras vías:* apenas se usan. Son la vía intraarterial y la vía intratecal, que consiste en la inyección del contraste en el espacio subaracnoideo, a nivel lumbar, para el estudio de la médula y sus raíces nerviosas.

### 2.3.2. Principales indicaciones de uso

Las indicaciones de uso principales de los contrastes son las siguientes:

- a) Para la valoración de patología neoplásica: tumores primitivos y metastásicos.
- b) Seguimiento postquirúrgico de algunas patologías: hernia discal.
- c) Patologías infecciosas.
- d) Patologías inflamatorias.
- e) Patología cardiaca: valoración de la zona de infarto de miocardio.
- f) Patología del árbol vascular: arteriografía abdominal y de miembros inferiores.

## 2.4. Propiedades y uso del contraste

Entre los contrastes nombrados anteriormente podemos hacer varios grupos en función de sus propiedades y uso.

### A) Contrastes a base de gadolinio

El gadolinio es un contraste inespecífico extracelular y positivo que se distribuye por vía sanguínea y se fija en los tejidos patológicos aumentando la señal de la lesión (figura 2.1). Estos contrastes se administran por vía i.v. a dosis de 0,1 a 0,2 mmol/kg de peso (0,1- 0,2 cm<sup>3</sup>/kg de peso). Se usan para detectar tumores intrarraquídeos, metástasis en el sistema nervioso, tumores óseos primitivos y metastásicos, seguimiento posquirúrgico de una hernia discal, etc.



**Figura 2.1**  
Formas de presentación de algunos contrastes  
Fuente: [www.bracco.com](http://www.bracco.com)

### B) Contrastes a base de manganeso

Es un contraste específico intracelular y positivo. El manganeso es fijado de forma selectiva por los hepatocitos sanos y por ello se ven hiperintensos. Si hubiera lesión de los hepatocitos, el contraste no se fija en ellos y la lesión se vería hipointensa.

Al ser un contraste que se elimina por la bilis se puede usar para colangio-RM (estudio de vías biliares). Se administran a dosis de  $0,5 \text{ cm}^3/\text{kg}$  de peso y a una velocidad de  $2-3 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Se usan para detectar patología hepática o de las vías biliares.

### C) *Contrastes a base de óxido de hierro*

Todos ellos se emplean para la exploración del hígado, bazo, médula ósea y ganglios linfáticos, ya que son fijados por las células del sistema reticuloendotelial (SRE) de estos órganos, reduciendo el T2 de los mismos y dando por lo tanto una señal negra (contraste negativo).

De esta manera las lesiones tumorales, que no fijan el contraste, se visualizan, es decir, aparecen en blanco (brillantes).

Se suelen administrar de la siguiente manera:  $0,0075 \text{ cm}^3/\text{kg}$  de peso, diluido en  $100 \text{ cm}^3$  de suero glucosado al 5 % en perfusión de 30 min.

### D) *Contrastes orales*

Se suelen administrar conjuntamente con fármacos para disminuir el peristaltismo intestinal (por ejemplo, Buscapina®) y conseguir imágenes más nítidas. En la actualidad se usan poco y son sustituidos por el agua, porque produce un efecto similar en imágenes potenciadas en T2 y además no tiene efectos secundarios.

### E) *Otros*

Se han desarrollado contrastes de alto peso molecular como Gd-DTPA-albumina (Vasovist®), que actúa como un agente que forma un *pool* sanguíneo.

Permite medir el perfil de la angiogénesis tumoral (neoformación vascular intratumoral) y por tanto ser usados como índice para medir la eficacia terapéutica de los métodos utilizados como antiangiogénicos. En particular, permite cuantificar el efecto de la utilización de anti cuerpos anticrecimiento vasculares endoteliales

## 2.5. Efectos adversos de contrastes usados en resonancia magnética

Los medios de contraste radiológicos compuestos de gadolinio, como son la mayoría de los que se usan en la actualidad, son considerados clásicamente como bastante seguros comparados con los compuestos yodados usados en TAC. No obstante, se pueden producir los siguientes efectos secundarios:

- a) Náuseas y vómitos (0,6 a 1,5 %): son leves.
- b) Dolor en el punto de inyección.

- c) Sensación generalizada de calor o frío, sobre todo en genitales y garganta.
- d) Mareo, cefaleas (3,6 %).
- e) Sabor metálico en boca.
- f) Urticaria (0,3 %): es rara y puede avisarnos de una reacción más grave.
- g) Convulsiones: muy raras; sobre todo en personas epilépticas.
- h) Reacción anafiláctica: muy rara; suele ser grave o mortal. En EE. UU. se tienen registradas 40 muertes por reacciones alérgicas entre 2004 y 2009. En España las reacciones anafilácticas son del orden del 0,001 al 0,01 %.
- i) Extravasación del contraste en la zona de inyección.
- j) Durante el embarazo y lactancia no se aconseja su uso porque pasan al feto a través de la placenta y al bebé a través de la leche materna.



### TOMA NOTA

La sensación generalizada de calor o frío sobre todo en genitales y garganta y el sabor metálico en boca son dos efectos secundarios que se presentan en la mayoría de los pacientes y por tanto es conveniente advertírselo antes de su administración, indicándole que desaparecen a los pocos minutos.

En los contrastes a base de hierro los efectos secundarios vienen determinados por la velocidad de la inyección rápida y consisten en hipotensión, disnea, sofocos, dolor lumbar, etc.

En el año 2006 se describe la asociación de la fibrosis sistémica nefrogénica (FSN) con la administración de contraste de gadolinio en pacientes con insuficiencia renal grave.

Esta enfermedad, que puede aparecer desde varios días hasta 18 meses después, es una dermatopatía idiopática que se manifiesta con dolor, prurito, hinchazón, eritema y suele iniciarse en las piernas; posteriormente se engrosa la piel y aparecen manchas de color marrón, acompañándose de fibrosis en órganos internos como corazón, músculo, hígado y pulmón, pudiendo dar lugar a la muerte de la persona en algunos casos.

Según el Colegio Americano de Radiología (ACR), los contrastes en función del riesgo asociado a producir fibrosis sistémica nefrogénica se clasifican en:

- Riesgo alto: Magnevist<sup>®</sup>, Optimark<sup>®</sup>, Omniscan<sup>®</sup>.
- Riesgo incierto o limitado: Vasovist<sup>®</sup>, Primovist<sup>®</sup>.
- Riesgo bajo: Dotarem<sup>®</sup>, Prohance<sup>®</sup>, Gadovist<sup>®</sup>, Multihance<sup>®</sup>.

En los de alto riesgo es obligatorio medir los valores de creatinina sérica o tasa de filtración glomerular (TFG) antes de la administración del contraste.

Es, por lo tanto, importante prestar atención ante enfermos con insuficiencia renal que requieran el uso de contraste de gadolinio.

A veces no es posible medir la TFG a todos los enfermos que vamos a administrar contraste y en esos casos podemos recurrir al test de Choyke, que mediante seis preguntas sencillas detecta con una fiabilidad del 99 % casos de TFG inferior a 30 mL/min:

- ¿Alguna vez ha tenido problemas de riñón?
- ¿Alguna vez ha tenido proteinuria?
- ¿Es usted hipertenso?
- ¿Es usted diabético?
- ¿Tiene gota?
- ¿Alguna vez ha sido operado de riñón?

Resumiendo, podemos decir que las dos complicaciones más graves son las reacciones anafilácticas (de aparición inmediata) y la fibrosis sistémica nefrogénica (de aparición tardía).



### CASO PRÁCTICO 2.1

Durante la realización de una prueba con contraste, un paciente presenta una reacción anafiláctica grave que evoluciona a parada cardiorrespiratoria. Mientras se activa el protocolo de emergencias, debes iniciar de inmediato las maniobras de soporte vital básico.

Utilizando el material disponible en el aula (maniquí de reanimación y DESA), simula la actuación profesional realizando una RCP de calidad hasta la llegada de los servicios de urgencias.

## 2.6. Equipos de administración automática de contrastes: bomba de infusión, en “bolo”

Los compuestos a base de gadolinio son los que se usan en la mayoría de los estudios de resonancia magnética en los que se requiere el uso de contraste.

La forma de administración del contraste en resonancia magnética es “en embolada” o en “bolo”, que puede ser de manera manual o bien a través de un equipo o bomba de infusión.

La administración “en embolada” quiere decir que se realiza de manera más o menos rápida y de una vez. Previamente a la administración:

- Si esta va a ser manual, se tendrá canalizada una vena mediante un catéter que luego conectaremos con la jeringa.
- Si va a ser mediante bomba de infusión (figura 2.2), se tendrá que canalizar una vena mediante un catéter y tener cargada la bomba de dos cabezales con el contraste a administrar en uno de los depósitos y con suero fisiológico en el otro.

En función del tipo de contraste, la administración del mismo puede variar dependiendo del tipo de estudio que queramos realizar, así por ejemplo:

- a) Para la administración de quelatos de gadolinio se suelen inyectar 0,2 mL/kg de contraste a una velocidad de inyección media de 2-3 mL/s, seguida de la inyección intravenosa de al menos 20 mL de suero fisiológico a la misma velocidad.

- b) En los estudios dinámicos de resonancia magnética, el contraste debe administrarse mediante inyector para asegurar la homogeneidad de la embolada durante todo el tiempo de la inyección.
- c) En los estudios cardiacos la mayoría de los autores utilizan administración en embolada con bomba inyectora a una velocidad de 3-5 mL/s seguida de la inyección en bolo de 10-20 mL de suero fisiológico.
- d) En la artro-RM directa: previa anestesia local y tras la inyección 5 mL de contraste yodado, más 10 mL de suero fisiológico para comprobar por radioscopia la posición correcta de la aguja, se administra el quelato de gadolinio intraarticular (de 12 a 15 cm<sup>3</sup> a una dosis de 0,1 mL de gadolinio mezclado con 20 mL de solución salina).
- e) En la angio-RM con Vasovist<sup>®</sup> debe administrarse en embolada única, mejor mediante un equipo inyector de contraste y a una velocidad de 0,8-2 mL/s. Es conveniente siempre utilizar un lavado inmediato posterior de 25-30 mL de suero fisiológico a la misma velocidad a la que ha sido administrado el contraste.
- f) En los estudios hepáticos la administración de Multihance<sup>®</sup> se hace por vía intravenosa en embolada rápida a unos 2 mL/s seguida de un empuje con suero fisiológico, aunque también puede administrarse en inyección lenta a unos 10 mL/min en estudios dinámicos (fase arterial, fase portal, fase venosa tardía).
- g) La administración de ferrumóxidos debe realizarse en infusión lenta para reducir los efectos secundarios. Se administran diluidos en 100 mL de solución glucosada al 5 % durante 30-60 min a una velocidad de 4 mL/min.
- h) En angio-RM con contraste i.v. de gadolinio la velocidad de inyección puede estar entre 1,5 y 3 cm<sup>3</sup>/s.

### Tiempo de tránsito o de retraso

En las angio-RM con contraste i.v. de gadolinio es muy importante calcular el tiempo que tarda en llegar el bolo de contraste desde el punto de inyección hasta la zona de interés que queremos estudiar; este tiempo se denomina *tiempo de tránsito o de retraso*.

Todo esto con el propósito de iniciar el estudio cuando el contraste esté o haya llegado a la zona de interés. Este tiempo se puede calcular de varias maneras:

- a) *Por estimación subjetiva*. Se basa en estadísticas previas con otros enfermos y consiste en presuponer el tiempo que va a tardar en llegar el contraste a la zona de estudio y lanzar la secuencia en ese momento. Puede tener fallos porque en todos los pacientes la sangre no circula a la misma velocidad.
- b) *Por sincronización interactiva o bolus tracking (rastreo o seguimiento del bolo)*. Consiste en seleccionar un plano anatómico del área a estudiar y muestrearla cada segundo. Veremos que cuando llega el contraste se incrementa la señal, iniciándose bien de manera automática o bien de manera manual la adquisición de la imagen en ese momento.

Este método puede recibir varios nombres según la casa comercial: *Smart Prep* en General Electric, *CARE bolus* en Siemens, *SURE Star* en Toshiba y *Predic Scan* en Philips.

- c) *Bolus test*. Consiste en hacer un test previo a la administración del contraste mediante la inyección de 2 cm<sup>3</sup> de contraste seguidos de 20 cm<sup>3</sup> de suero fisiológico y obtener una

imagen del plano de corte de interés cada segundo, de tal manera que vemos cuándo llega el contraste y anotamos el tiempo que ha tardado o tiempo de tránsito.

Posteriormente, en función del tipo de secuencia que vayamos a utilizar, calculamos el tiempo en que debemos empezar nuestro estudio desde que comenzamos la administración del contraste.



**Figura 2.2**  
Bomba de infusión de dos cabezales (uno con contraste y otro con suero)  
©imed



## ACTIVIDAD GRUPAL 2.1



### *Gestión segura del contraste en resonancia magnética*

En la práctica clínica, la administración de medios de contraste en resonancia magnética debe garantizar la seguridad del paciente y la calidad diagnóstica, pero también un uso responsable de los recursos sanitarios. En coherencia con el ODS 12, es fundamental evitar administraciones innecesarias, ajustar correctamente las dosis y asegurar la trazabilidad del producto.

Cada grupo analizará un caso clínico simulado relacionado con la administración de contraste en RM, como un paciente con insuficiencia renal leve al que se solicita una RM abdominal con contraste, un estudio cerebral con contraste en un paciente sin antecedentes relevantes o una reacción cutánea leve tras la inyección.

El grupo deberá valorar si procede administrar contraste y justificar su decisión, identificar el agente de gadolinio más seguro, describir el procedimiento correcto de administración y proponer medidas de vigilancia ante posibles reacciones adversas. Asimismo, deberá reflexionar sobre cómo aplicar criterios de consumo responsable en la gestión del contraste.

Tras la exposición breve de cada grupo, se realizará un debate guiado para analizar la adecuación de las decisiones adoptadas y destacar buenas prácticas en la administración segura y sostenible del contraste en RM.



## IDEAS CLAVE

- El contraste acentúa las diferencias entre tejidos.
- Los contrastes más utilizados en resonancia magnética son los paramagnéticos derivados del gadolinio, que acortan el valor T1 de los tejidos dando una imagen brillante o hiperintensa de los tejidos sobre los que se deposita.
- Los derivados del gadolinio se administran por vía i. v., pasando posteriormente al espacio extracelular en aquellos lugares donde se encuentra la lesión ya que casi todas las lesiones de nuestro cuerpo se rodean de un edema (líquido procedente del interior de los vasos sanguíneos) y el contraste sale acompañando a dicho edema y posteriormente se elimina por vía renal.
- No atraviesan la barrera hematoencefálica (BHE) mientras esta se mantenga intacta; por lo tanto si hay una lesión se rompe esta barrera y el contraste se “deposita” sobre ella.
- Los contrastes a base de gadolinio usados en resonancia magnética son menos tóxicos que los contrastes yodados usados en TAC.
- El contraste se administra normalmente a través de una bomba de infusión de dos cabezales (uno para el suero y otro para el contraste) seguido de suero fisiológico para empujar al bolo de contraste y que este sea más compacto.
- Es importante determinar el tiempo de tránsito para saber en qué momento debemos iniciar la exploración, ya que este tiempo nos indica que el contraste ha llegado a la zona de interés.
- Los contrastes no iónicos son mejor tolerados y producen menos efectos adversos que los iónicos, aunque suelen ser más caros y por tanto se suelen reservar para pacientes de especial riesgo.
- Las sustancias DOTA, BOPTA, DTPA, etc, son sustancias quelantes que se unen al gadolinio para disminuir su toxicidad.
- Las complicaciones más graves son la reacción anafiláctica, de aparición inmediata, y la fibrosis sistémica nefrogénica, de aparición tardía.
- La única contraindicación importante es la insuficiencia renal severa y episodios previos de alergia.
- Las secuencias usadas tras la administración del contraste de gadolinio deben ser secuencias potenciadas en T1, porque el gadolinio acorta el T1 de los tejidos sobre los que se deposita dando lugar a una imagen blanca o brillante.



## APLICA LO APRENDIDO

1. Identifica los derivados del gadolinio comercializados actualmente en España diferenciando entre agentes iónicos y no iónicos. Explica además cuál es la diferencia fundamental entre ambos en términos de estabilidad química, osmolaridad y posibles efectos sobre el paciente, relacionándolo con la seguridad clínica.
2. Nombra los contrastes basados en gadolinio que presentan acción exclusivamente extracelular y aquellos con comportamiento extra e intracelular (como los hepatobiliares). Explica en qué tipo de estudios se utilizan y qué ventaja diagnóstica aportan.
3. Indica si existen agentes de contraste negativos o potenciadores en T2 comercializados en España y describe su mecanismo de acción. Asimismo, señala qué sustancias se emplean habitualmente como contraste por vía oral en estudios de RM y cuál es su finalidad.
4. A un paciente de 70 kg se le prescribe contraste a razón de  $1,5 \text{ cm}^3/\text{kg}$ , seguido de  $20 \text{ cm}^3$  de suero fisiológico a la misma velocidad ( $3 \text{ cm}^3/\text{s}$ ). Calcula la cantidad mínima de contraste que debe cargarse en el inyector y determina cuánto tiempo total tardará en administrarse el contraste más el suero. Explica la importancia de estos cálculos en la práctica profesional.
5. Clasifica los contrastes según su riesgo bajo o alto de producir fibrosis sistémica nefrogénica. Indica nombres comerciales representativos y explica por qué algunos agentes presentan mayor estabilidad que otros.
6. Describe la diferencia fundamental entre artro-RM directa e indirecta, especificando la vía de administración del contraste, la indicación clínica principal y las ventajas de cada técnica.
7. Define qué es la barrera hematoencefálica (BHE) y explica qué tipo de agentes de contraste pueden atravesarla cuando está intacta y qué ocurre cuando se encuentra alterada. Relaciona esta información con el diagnóstico de tumores o procesos inflamatorios.
8. Explica qué sustancia se introduce en cada cabezal de una bomba de infusión de doble cabezal y justifica su uso. Describe en qué consiste la técnica de *bolus tracking* y cuál es su utilidad en estudios dinámicos.
9. Describe en qué consiste la técnica del *bolus test* y su finalidad. Explica también qué características debe reunir el contraste utilizado en estudios de angio-RM para garantizar una adecuada opacificación vascular.
10. Indica cuál es la función de la Buscapina® en estudios de RM con contraste y en qué tipo de exploraciones se utiliza habitualmente. Explica por qué su administración puede mejorar la calidad diagnóstica.