

ACTUALIZACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS EN LOS USOS DE LOS MEDIOS DE CONTRASTE

Contraste intestinal en resonancia magnética



A. Álvarez-Cofiño Tuñón*, M. da Silva Torres, A. Fernández del Valle, P. Noriega Menéndez, R. Menéndez de Llano Ortega y P. González Filgueira

Sección de Radiología Abdominal, Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA), Oviedo, Asturias, España

Recibido el 19 de marzo de 2024; aceptado el 3 de junio de 2024

Disponible en Internet el 10 de septiembre de 2024

PALABRAS CLAVE

Enterografía por resonancia magnética; Enfermedad inflamatoria intestinal; Imagen gastrointestinal; Medios de contraste enteral; Enfermedad de Crohn; Contrastes bifásicos

Resumen La enterografía por resonancia magnética está principalmente indicada en la enfermedad inflamatoria intestinal. El estudio del tracto gastrointestinal mediante resonancia hoy día es posible gracias a la aparición de secuencias ultrarrápidas con mayor resolución espacial y bobinas *phased-array* que permiten campos de visión de todo el abdomen. Sin embargo, para garantizar la calidad de la exploración es fundamental una preparación previa con contraste oral o rectal para distender la luz y mejorar la definición de la pared intestinal. Estos agentes de contraste pueden ser positivos, negativos o bifásicos, dependiendo de la señal que generen en la luz intestinal. Los contrastes bifásicos son los más empleados en la práctica diaria y se comportan como hiperintensos en T2 e hipointensos en T1. Lograr una luz intestinal «negra» en secuencias 3 D ponderadas en T1 con inyección intravenosa de contraste es crucial para la evaluación de la mucosa y el realce parietal. Aunque son más económicos y accesibles, los agentes bifásicos como el PEG y el manitol son relativamente molestos para los pacientes. Los agentes negativos son los más deseados, pero no están disponibles de manera rutinaria. El propósito de este artículo es revisar los diferentes tipos de contrastes mencionados en la literatura para su aplicación en resonancia intestinal, analizando los efectos que generan en la imagen, sus posibles indicaciones y limitaciones asociadas.

© 2024 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

KEYWORDS

Magnetic resonance enterography; Inflammatory bowel diseases;

Contrast Agents for MR Enterography

Abstract Magnetic resonance enterography is primarily indicated for inflammatory bowel diseases. MRI of the gastrointestinal tract has become feasible due to the emergence of ultra-fast sequences with higher spatial resolution and phased-array coils, enabling wider fields of vision. However, to ensure that the examination is of sufficient quality, the patient should be

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: almuscofi@hotmail.com (A. Álvarez-Cofiño Tuñón).

Gastrointestinal imaging;
Enteral contrast agents;
Crohn's disease;
Biphasic contrast agents

given an oral or rectal contrast preparation to distend the lumen and improve intestinal wall definition. These contrast agents are defined as positive, negative or biphasic, according to the signal intensity they induce in the intestinal lumen. The contrast agents most commonly used are biphasic and these appear hyperintense on T2 and hypointense on T1. A 'black' intestinal lumen has to be achieved on contrast-enhanced 3D T1-weighted sequences for mucosal assessment and parietal enhancement. While biphasic agents, such as PEG and mannitol, are more cost-effective and accessible, they are relatively unpleasant for patients. Negative agents are preferred, but are not routinely available. The purpose of this article is to review the different types of contrast agent that can be used in gastrointestinal MRI and that are mentioned in the literature, analysing the effects they generate on the image, their possible indications and limitations.

© 2024 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introducción

Durante años, el uso de la resonancia magnética (RM) para obtener imágenes del abdomen ha sido objeto de debate principalmente debido a sus limitaciones técnicas. La evaluación del intestino mediante RM se introdujo por primera vez a finales de los años 90^{1,2} aprovechando los avances tecnológicos que permitían obtener imágenes de todo el abdomen con una resolución espacial aceptable mediante secuencias potenciadas en T1 y T2. Uno de los mayores desafíos continuaba siendo tratar de reducir la motilidad intestinal y los movimientos respiratorios del diafragma que generaban molestos artefactos en la imagen, problema que se abordó con el uso de medicamentos espasmolíticos³. Las mejoras en la resolución espacial permitieron estudiar la delgada pared intestinal que en condiciones normales tiene un grosor menor de 2 mm. Con la introducción de antenas *phased-array* se amplió el campo de visión posibilitando la evaluación del intestino delgado y del colon en una misma adquisición. Sin embargo, para garantizar la calidad de la exploración continua siendo fundamental una preparación previa con contraste intestinal para distender la luz y mejorar la definición de la pared intestinal. El uso de medios de contraste oral (MCO) en la evaluación del tracto gastrointestinal (TGI) está ampliamente extendido y justificado, pero aún existe falta disponibilidad de muchos de ellos y no se utilizan de manera rutinaria. La indicación principal del contraste intestinal en RM es la enfermedad inflamatoria intestinal por lo que se hará referencia a menudo en el texto.

El propósito de este artículo es revisar los diferentes tipos de contrastes mencionados en la literatura para su aplicación en resonancia intestinal, analizando los efectos que generan en la imagen, sus posibles indicaciones y limitaciones asociadas.

Agentes de contraste en resonancia magnética-enterografía

Los MC en RM tienen como objetivo mejorar la definición tisular, incrementar las diferencias entre el tejido normal

y patológico y proporcionar información funcional al permitir observar cómo cambia el grado de realce en función del tiempo desde la administración del MC.

Los MC que se emplean en RM intestinal son de administración oral o rectal y de administración intravenosa (IV).

Contrastes de administración oral y rectal

En los estudios de enterografía por RM (ERM) es determinante conseguir una buena distensión de las asas y una intensidad de señal homogénea en la luz para valorar mejor las alteraciones intestinales, por eso la vía oral es la más habitual. La vía rectal se reserva para el estadificación locorregional del cáncer de recto, el diagnóstico de las alteraciones del suelo pélvico y la colonografía por RM.

Los agentes de contraste oral deben generar contraste y provocar distensión para maximizar la interfase entre la luz y la mucosa y para evaluar la elasticidad intestinal. Una distensión escasa o inadecuada puede simular un engrosamiento mural patológico, un realce inflamatorio o incluso enmascarar lesiones polipoideas⁴ (fig. 1). Los

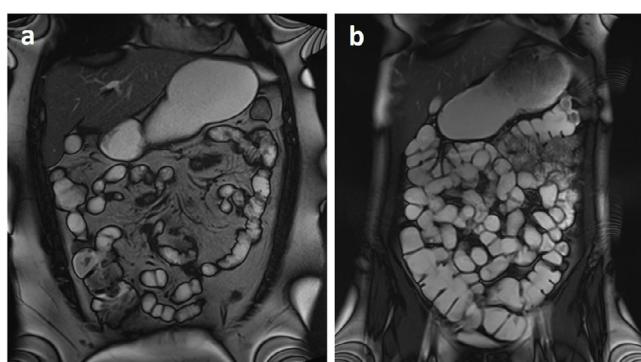


Figura 1 Ejemplos de ERM con diferente grado de distensión intestinal. a) Secuencia SSFP en el plano coronal con un grado de distensión insuficiente para diagnóstico. b) Secuencia SSFP en el plano coronal con un grado de distensión óptimo para diagnóstico.

contrastos enterales también contribuyen a reducir los artefactos de susceptibilidad desplazando el aire. Las secuencias más artefactadas por el gas residual son las secuencias de espín-eco rápido y las secuencias de precesión libre de estado estable (SSFP), comúnmente conocidas como secuencias «cine». Estas secuencias son ampliamente utilizadas en ERM, pero muy sensibles a este tipo de artefactos².

Un agente de contraste oral «ideal» en RM debe cumplir con una serie de requisitos para garantizar su eficacia y seguridad⁴. En primer lugar, debe ser bien tolerado por el paciente, lo que implica que sea agradable al paladar, fácil de preparar y administrar y no estimular la peristalsis intestinal. Además, el marcado del TGI debe ser uniforme y distribuirse de manera homogénea para lograr una visualización clara del intestino. Su señal no debe variar independientemente del tipo de secuencia de pulso utilizada (ponderación en T1 o T2). Es fundamental que el MC no sea absorbido por la circulación sistémica ni por los tejidos adyacentes y que su toxicidad sea nula. Idealmente, debe ser excretado por completo, preferiblemente sin metabolizar, para minimizar cualquier riesgo para el paciente. El MC no debe provocar artefactos de movimiento o susceptibilidad que puedan interferir con la interpretación de las imágenes. Su uso debe ser rentable en términos de sensibilidad y especificidad en el diagnóstico, sin comprometer la eficiencia económica. Además, debe tener un margen de seguridad amplio que permita utilizar su dosis efectiva más baja posible, sin riesgo para el paciente. Finalmente, el costo del MC debe ser aceptable, accesible para los pacientes y sostenible para el sistema de salud.

Contrastes de administración intravenosa

En casos determinados, las exploraciones intestinales también se realizan con gadolinio (Gd) de administración IV. Numerosos estudios han demostrado que la intensidad del realce de la pared intestinal en individuos con enfermedad de Crohn (EC) se correlaciona con el grado de actividad inflamatoria^{2,5,6}. Esto es debido a que en fase de inflamación activa el flujo sanguíneo aumenta hacia el intestino lo que se traduce en un realce mural hipertrófico. Por otra parte, hay estudios que, al comparar los mismos segmentos intestinales antes y después de un tratamiento antiinflamatorio, han mostrado una reducción significativa en la intensidad del realce en relación con respuesta terapéutica⁷.

Clasificación de los contrastes enterales

Una forma de clasificar los MC administrados por la vía enteral, ya sea oral o rectal, es en función de la señal intraluminal que generan. Existen 3 tipos de contrastes: positivos, negativos y bifásicos. Los MC positivos aumentan la señal dentro de la luz, los MC negativos disminuyen la señal dentro de la luz y los MC bifásicos muestran señal opuesta en T1 y T2 (fig. 2). Todos ellos permiten obtener una columna de contraste uniforme y una distensión homogénea⁸⁻¹³. Los MC en RM también podrían clasificarse en función de la vía de administración, de la morfología de la molécula, la susceptibilidad magnética, el tejido diana y las características fisicoquímicas (osmolaridad) del agente de contraste.



Figura 2 Esquema de los tipos de contraste en ERM, clasificados en positivos, negativos y bifásicos en función de la señal que emiten dentro de la luz intestinal.

Contrastes positivos

Los contrastes positivos aumentan la señal dentro de la luz tanto en secuencias T1 como en T2. Son administrados habitualmente por vía oral. La mayoría de los MC positivos son sustancias paramagnéticas basadas en quelatos de Gd o iones ferrosos o de manganeso (Mn). La señal intraluminal brillante determinada por los contrastes positivos ayuda a distinguir la pared intestinal y los procesos patológicos (hipointensos) del tejido adiposo intraabdominal, hiperintenso en las secuencias potenciadas en T1 y T2. El efecto paramagnético de los contrastes positivos se produce al acortar el tiempo de relajación en T1 con el consiguiente aumento de la intensidad de señal. La luz intestinal se muestra brillante en una secuencia potenciada en T1. A elevadas concentraciones, las sustancias paramagnéticas pueden comportarse como agentes bifásicos pues el acortamiento del T2 originaría una disminución de la señal, sobre todo en las secuencias eco de gradiente, con un efecto parecido al del óxido de hierro superparamagnético. Los MCO puramente positivos comercializados son el Magnevist® enteral (Magnevist, Shering S.p.A) y el Gadolite® (basados en Gd; Gadolite, Pharmacyclics, Inc.), el Lumenhance® (basado en Mn) y el Ferriseltz® (citrato de amonio férrico; Ferriseltz, Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd).

Contrastes negativos

Los contrastes negativos disminuyen la intensidad de la señal de la luz al acortar los tiempos de relajación T2 y T2* del contenido intestinal¹⁴. La mayoría son sustancias superparamagnéticas que consiguen una disminución de la señal en imágenes potenciadas en T1 y T2. En las imágenes potenciadas en T2, la distribución uniforme del contraste negativo dentro del intestino delgado y del colon permite una visualización más fácil de las asas intestinales oscuras dentro del tejido adiposo mesentérico hiperintenso, mejorando así la calidad global de la imagen. Además, la hipointensidad de la luz en T2 ayuda a distinguir la pared intestinal normal del proceso patológico (hiperintenso). En este grupo se incluyen los perfluorocarbonos, el dióxido de carbono (aire), las partículas de óxido de hierro y otras sustancias superparamagnéticas que reducen la señal de la luz intestinal. Los contrastes negativos puros comercializados son el Lumirem® (Lumirem, A.Martins&Fernandes, S.A.) y el Gastromark® (partículas de óxido de hierro; Gastromark, Adv Magnetics)¹⁵.

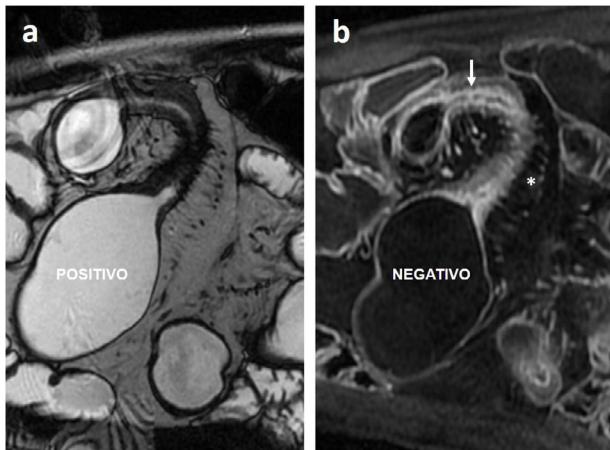


Figura 3 Imágenes de ERM con contraste bifásico (PEG) en un enfermo de Crohn con estenosis inflamatoria de un segmento de íleon. Nótese también la dilatación del segmento proximal a la estenosis. a) Secuencia potenciada en T2 SSFP. La luz intestinal es hiperintensa (contraste positivo). b) Secuencia potenciada en T1 con CIV. La luz intestinal es hipointensa (contraste negativo), lo que facilita valorar el realce mural (flecha) y la hipervascularesización mesentérica conocida como «signo del peine» (asterisco).

Contrastes bifásicos

El concepto de MC «bifásicos» se introdujo para definir aquellas sustancias que generan contraste positivo y negativo dependiendo de la secuencia de pulso empleada. Algunos se comportan como hiperintensos en T1 e hipointensos en T2, como el Gd y el Mn para uso enteral o los zumos de piña¹⁶ o bayas por su alto contenido en Mn. Otros se muestran hipointensos en T1 e hiperintensos en T2 como el agua, la metilcelulosa, el fosfoetilenglicol (PEG) o el manitol (fig. 3). Estos contrastes son fundamentales para valorar la mucosa y el realce parietal en secuencias T1 con Gd IV en las que la luz intestinal se muestra hipointensa y la mucosa es hiperintensa. A su vez, son los MCO más empleados por ser accesibles, relativamente baratos y proporcionar una buena definición.

En la [tabla 1](#) se detallan la mayoría de los MC intestinal descritos en la literatura y sus principales limitaciones. Las desventajas de los contrastes puramente positivos y puramente negativos son su escasa disponibilidad y el elevado coste. Las limitaciones de los contrastes bifásicos están relacionadas con sus efectos en el intestino ya que la mayoría son laxantes osmóticos como el PEG o la solución de manitol. El gel de ultrasonido y el suero templado son también MC bifásicos. A diferencia de los anteriores, se administran en forma de enema para distender el recto y la única reacción adversa objetivada es la sensación de incontinencia.

Si tenemos en cuenta los requisitos que debe reunir un MCO ideal advertimos que ninguno cumple completamente con ellos. La falta de un MCO ampliamente disponible representa la limitación principal de la RM en la evaluación del TGI¹⁷. Los contrastes puramente positivos y puramente negativos son altamente deseables en la práctica clínica por ser

Tabla 1 Medios de contraste enterales clasificados según los cambios de señal que generan en la luz intestinal en positivos, negativos y bifásico, y sus principales limitaciones

Positivos	Limitaciones
Quelatos de Gd Magnevist ^a	Alto coste
Manganoso ^a	Escasa disponibilidad
Alimentos (leche, zumos, aceites, té verde)	Almacenamiento, caducidad
Negativos	Limitaciones
Partículas orales superparamagnéticas	Escasa disponibilidad
Fe en suspensión oral	Alto coste, mal sabor, escasa disponibilidad
Bifásicos	Limitaciones
Hipo en T1/hiper en T2	
Agua	Absorción rápida, distensión pobre
PEG	Tránsito rápido, diarrea
Manitol	Efectos osmóticos
Metilcelulosa	Escasa disponibilidad
Gel de ultrasonido, suero templado	Sensación de incontinencia
Sulfato de bario	Sabor
Bario de baja densidad	Diarrea
Bifásicos	Limitaciones
Hiper en T1/hipo en T2	
Manganoso ^a	Escasa disponibilidad
Quelatos de Gd ^a	Alto coste

^a Los quelatos de Gd y los contrastes basados en Mn pueden comportarse como agentes positivos en concentraciones bajas, o como agentes bifásicos en concentraciones más elevadas.

mejor tolerados por el paciente, pero no están disponibles de manera rutinaria.

Indicaciones de los contrastes intestinales

La indicación principal de administrar un MCO en estudios de RM es la ERM considerada en la actualidad una prueba de imagen fundamental en la EC⁸. Es una técnica complementaria a la ileocolonoscopia (estándar de referencia) que, además de detectar lesiones en la mucosa intestinal, permite cuantificar el grado de actividad inflamatoria¹⁸, monitorizar la respuesta al tratamiento e identificar complicaciones transmurales y extramurales que son invisibles para el endoscopista pero relativamente frecuentes en la EC. Estudios recientes han demostrado que la cicatrización transmural objetivada en las imágenes de RM se asocia a un mejor pronóstico a largo plazo que aquella observada con técnicas endoscópicas por lo que la ERM podría convertirse en la técnica de referencia para evaluar la respuesta al tratamiento o predecir la evolución de la enfermedad¹⁹.

La ERM tiene notables ventajas sobre la enterografía por TC y los exámenes fluoroscópicos tradicionales con bario. No

Tabla 2 Indicaciones de RM con contraste intestinal

Diagnóstico de EII	Extensión, distribución y actividad
Seguimiento EII	Actividad y respuesta terapéutica
Complicaciones EII	Estenosis, obstrucción, enfermedad penetrante
Enteritis no EII	Infección, vasculitis, enteritis rácica, farmacológica
Masas/pólipsos ID	Hipointensos respecto a la luz intestinal
Adherencias	Distensión intestinal, cambios de calibre, peristaltismo
Obstrucción de bajo grado	Distensión intestinal, cambios de calibre, peristaltismo
Enfermedad celíaca	Patrón invertido de pliegues yeyunoileales
Colono-RM	MC rectal. Estenosis, pólipos
Estudio de la motilidad	Esófago, estómago, ID, colon, recto-ano (defecografía)
Estadificación del CA recto	MC rectal. Bifásico. Gel de ultrasonido
Suelo pélvico	MC rectal. Bifásico. Gel de ultrasonido
Estudio de la vía biliar	Gadolinio oral diluido. Anula la señal T2 del duodeno en secuencias T2
RM hepática	Cloruro de manganeso dihidrato vía oral. Detección de lesiones hepáticas
Embarazo	Sin contraste IV ni espasmolíticos

utiliza radiaciones ionizantes, ventaja muy importante para los pacientes con EII pues muchos se inician a edades tempranas. La mayor resolución de contraste y la posibilidad de obtener secuencias dinámicas con contraste IV confieren a la RM mayor sensibilidad para detectar úlceras e hiperemia de la pared intestinal. La ERM tiene una elevada precisión en la detección de enfermedad inflamatoria con una sensibilidad del 97% y una especificidad del 96%²⁰. Para demostrar presencia de actividad, la sensibilidad es del 96% y la especificidad del 83%. También proporciona información sobre la motilidad de las asas con las secuencias «cine». La observación de la peristalsis puede ayudar a detectar áreas de inflamación, fibrosis, estenosis, adherencias y masas. Una propiedad adicional de la ERM en la EC es la capacidad de identificar fistulas perianales en un mismo estudio abdominal, presentes en el 25% de los pacientes. Para el diagnóstico y el seguimiento de la EC, algunos autores han recomendado un enema de suero templado complementario a la ERM para obtener una valoración de todo el marco cólico y mejorar la distensión del ileón distal²¹.

Otras indicaciones menos habituales de la ERM con MCO son las enteritis no relacionadas con la EII que pueden ser de origen infeccioso, vasculítico, rácico o farmacológico. La ERM también resulta útil en la detección de masas y pólipos, en la valoración de las obstrucciones de bajo grado, en el síndrome adherencial y en la enfermedad celíaca.

La colonografía por RM se plantea como alternativa a la colonoscopia para la detección de pólipos. En cuanto a su rendimiento diagnóstico para el cribado del cáncer colorrectal, los datos son prometedores, pero aún heterogéneos²².

La administración de un enema de gel de ultrasonido o suero templado también está indicada en la estadificación locorregional del cáncer de recto y estudio del suelo pélvico, actuando como MC bifásico.

Existen aplicaciones no enterográficas de los MCO en RM. Por ejemplo, en la colangiografía mediante RM para el estudio de la vía biliar, la administración previa de un MCO como el Gd en concentraciones elevadas, puede ser útil para anular la hipersenal T2 del duodeno y de la cámara gástrica que a menudo se solapa con los ductos pancreáticos y el colédoco²³. Otro uso alternativo del contraste oral

sería para detectar lesiones focales hepáticas en individuos con función renal alterada a los que no se les puede administrar Gd IV. El cloruro de Mn tetrahidrato es un MCO que se absorbe en el TGI y se transporta al hígado por la circulación portal. Se deposita sobre el parénquima sano confiriéndole una señal brillante, similar a la obtenida en la fase retardada del contraste hepatoespecífico. Las áreas hepáticas de baja señal pueden traducir tejido patológico o vascular²⁴.

Por último, la ERM puede ser una alternativa al TC durante el embarazo tratando de evitar el primer trimestre y asumiendo que el beneficio potencial supera a los riesgos posibles. No existen restricciones con respecto al uso del PEG durante el embarazo ya que es absorbido mínimamente por el intestino y excretado por la orina sin metabolizar, pero los agentes espasmolíticos y los MC de administración IV están contraindicados.

En la **tabla 2** se muestran las indicaciones de los contrastes intestinales en estudios de RM.

Preparación del paciente y protocolo de resonancia magnética

Enterografía por resonancia magnética

Para alcanzar un alto porcentaje de éxito en el estudio de ERM emplear la técnica adecuada es fundamental. Para el estudio del intestino delgado, el objetivo principal es alcanzar un grado óptimo de distensión luminal utilizando métodos mínimamente invasivos y con tiempos de exploración reducidos para minimizar los artefactos causados por el movimiento. El paciente debe encontrarse en ayunas al menos durante 4 h antes de la exploración para favorecer la ingestión del MCO y obtener un peristaltismo homogéneo. No se requiere una preparación intestinal previa.

Los MCO bifásicos son los más empleados en ERM. Para la distensión intestinal se ingiere una solución de entre 1.000 y 1.500 ml de 25 mg de sorbitol diluido en agua, 45 min antes de la exploración. También se pueden emplear agentes osmóticos como el manitol, PEG o metilcelulosa. En los niños está indicada la ingestión de un volumen de

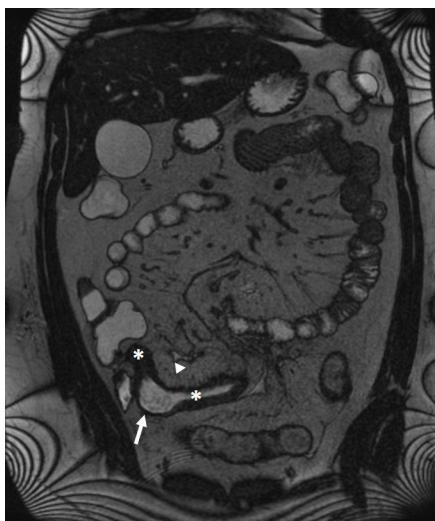


Figura 4 Imagen de ERM potenciada en T2 SSFP en el plano coronal. Se observan 2 estenosis ileales consecutivas (asteriscos) con una saculación interestenótica (flecha) en un paciente con EC. El plano coronal también permite valorar estructuras no intestinales y el mesenterio. Nótese la hiperemia de los vasos rectos aferentes al segmento patológico (cabeza de flecha).

20 ml/kg de peso hasta alcanzar la dosis máxima para adultos. Adicionalmente se pueden ingerir entre 250 y 500 ml de agua o MCO inmediatamente antes de la exploración para distender el estómago y el intestino delgado proximal. Para mejorar la calidad de la imagen y disminuir la peristalsis del intestino, se utilizan 20 mg de N-butil-escopolamina IV diluidos en 50 ml de suero. Tratando de optimizar su efecto, en muchos centros esa dosis se divide en 10 mg al inicio de la exploración y los otros 10 mg inmediatamente antes de la administración del contraste IV. La buscapina está contraindicada en pacientes con retención de orina e hipertrofia prostática. En estos casos se podría administrar 1 mg de glucagón IV, excepto en pacientes diabéticos.

La RM-enteroclisis se diferencia de la ERM únicamente en la manera de administrar el MCO, pues se realiza a través de una sonda nasoyeyunal. Actualmente esta técnica está en desuso por ser invasiva y poco tolerada por el paciente²⁵, pero es más sensible para detectar enfermedad en el yeyuno.

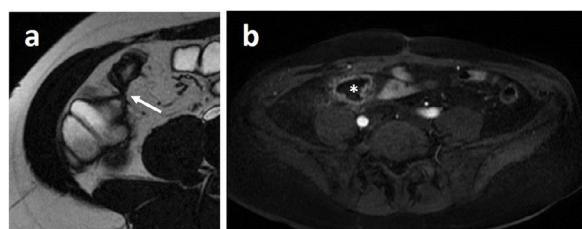


Figura 6 Imágenes de ERM en el plano axial, muy útiles para detectar enfermedad penetrante y alteraciones extraintestinales. a) Secuencia potenciada en T2 SSFP en la que se observa una fistula ileocólica (flecha). b) Secuencia 3D T1 con contraste IV. Se observa una colección mesentérica hipointensa con realce periférico (asterisco) compatible con un absceso.

La técnica de doble contraste combina el MCO con la inyección IV de Gd a una dosis estándar de 0,1 a 0,2 mmol/kg. El fundamento de esta técnica radica en el aumento del contraste entre la pared, con un realce positivo cuando está afectada por un proceso inflamatorio o neoplásico, y la luz, marcadamente hipointensa en T1 por efecto del contraste intraluminal.

El protocolo básico de ERM incluye secuencias rápidas potenciadas en T2 y secuencias de precesión libre (SSFP) en el plano coronal para proporcionar una evaluación libre de movimiento de la pared intestinal, el mesenterio y las estructuras no intestinales (fig. 4). Las secuencias «cine» (SSFP) de corte grueso en el plano coronal permiten evaluar la peristalsis y distinguir entre asas no distendidas y asas con cambios inflamatorios. Las secuencias T2 con supresión grasa (fig. 5a) detectan el edema de la pared intestinal y las colecciones líquidas extraluminales. La ERM dinámica con secuencias potenciadas en T1 con supresión de la grasa proporciona un contraste considerable entre la lesión mural y la pared sana en fases tempranas (20 s), tardías (60 s) y retardadas (5 y 7 min), adquiridas preferiblemente en el plano coronal. Estas secuencias dinámicas también se emplean para cuantificar el realce mural y la vascularización mesentérica (fig. 5b). Las imágenes por difusión con valores b de 0-800 s/mm² no son necesarias, pero pueden ayudar a detectar inflamación y colecciones (fig. 5c). Algunos autores defienden realizar protocolos más cortos con secuencias T2 y difusión, y administrar contraste IV solo cuando se detecten hallazgos patológicos²⁶. El plano axial es útil para detectar fistulas y abscesos en la enfermedad penetrante (fig. 6 a y

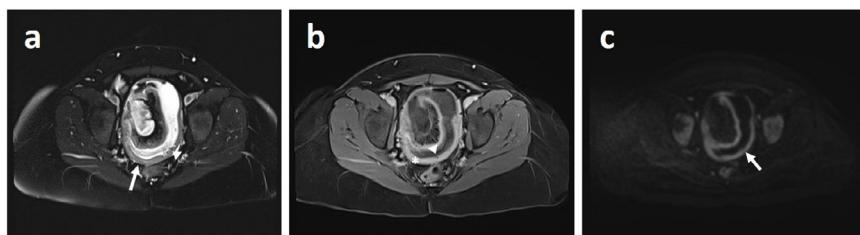


Figura 5 Imágenes de ERM en el plano axial de una ileitis inflamatoria en un paciente con EC. a) Secuencia potenciada en T2 con supresión de la grasa que permite detectar edema mural (flecha) y úlceras (cabeza de flecha). b) Secuencia potenciada en T1 con CIV para identificar el realce/engrosamiento mural (asterisco). Esta secuencia también permite detectar úlceras (cabeza de flecha). c) Secuencia potenciada en difusión, opcional, pero muy sensible para descartar inflamación y colecciones. Se observa restricción de la difusión en la pared del asa ileal inflamada (flecha).

b). Para describir los hallazgos patológicos en los estudios de ERM existe una nomenclatura estandarizada que puede servir de guía para la elaboración de informes radiológicos precisos, homogéneos y de calidad que faciliten la comunicación entre los diferentes especialistas implicados en la EII²⁷.

Colonografía por resonancia magnética

En la colonografía mediante RM también es necesario alcanzar una buena distensión. Los días previos el paciente debe seguir una dieta de limpieza intestinal, pobre en residuos y con un agente catártico que además se adhiera a las heces para diferenciarlas de otros defectos de repleción. A diferencia de la colonoscopia, un colon limpio no es un requisito previo para la detección de lesiones siempre y cuando se logre una delineación adecuada de la pared del intestino y las heces residuales sean fácilmente distinguibles de la patología. En cualquier caso, no existe consenso.

Existen 2 estrategias de preparación²⁸, de luz oscura y luz brillante.

En la estrategia de luz oscura se emplea aire ambiente, agua, dióxido de carbono e incluso un enema de grasa para distender el colon, lo que da como resultado una hiposeñal de la luz. Los agentes distensivos gaseosos, como el aire ambiente o el dióxido de carbono, pueden administrarse mediante una cánula rectal, ya sea por insuflación manual o insuflación automatizada. Esta última proporciona una distensión superior.

La estrategia de luz brillante emplea agua mezclada con Gd. En general, la distensión del colon con base de agua se logra después de la administración rectal de 2 a 2,5 l a través de una cánula rectal bajo presión hidrostática. Una desventaja de la estrategia de luz brillante es la gran cantidad de MC requerido para la mezcla de agua/Gd en comparación con la estrategia de luz oscura. Además, el aire residual y las heces pueden influir negativamente en la precisión diagnóstica. En la estrategia de luz brillante se suele emplear la doble posición (decúbito supino y prono) para que las heces o el aire sean desplazados.

En ambas estrategias, la detección de lesiones se realiza con secuencias 3 D ponderadas en T1, con un tamaño de voxel isotrópico que permite la reconstrucción multiplanar. El estudio se completa con una secuencia 2 D ponderada en T2 para resolver problemas cuando las imágenes ponderadas en T1 se ven alteradas por artefactos²⁸. El estudio dinámico con contraste IV se realiza únicamente en la estrategia de luz oscura y es muy útil para diferenciar pólipos de restos de heces o gas residual.

Otros protocolos

Para la estadificación locorregional del cáncer de recto, estudios de suelo pélvico y defecografías se administra manualmente un enema de 70-100 ml de gel de ultrasonido o suero templado con una jeringa de cono ancho siendo el plano sagital muy útil en los estudios rectales (fig. 7 a y b). Habitualmente se emplean secuencias morfológicas ponderadas en T1 y T2 y difusión. Para estudiar la dinámica del suelo pélvico, se obtienen secuencias «cine» SSFP idénticas



Figura 7 Imágenes de RM pélvica con secuencias potenciadas en T2 en el plano sagital tras la administración vía rectal de gel de ultrasonido (contraste bifásico). a) Neoplasia de recto inferior (asterisco). b) Debilidad del suelo pélvico con cistocеле (asterisco), peritoneocele (punta de flecha) y rectocele (flecha). LPC: línea pubococcígea.

a las de la ERM, pero en el plano sagital. No se administra contraste IV de manera rutinaria.

La Colangiografía por RM emplea secuencias fuertemente ponderadas en T2 que pueden implementarse con la administración de 3 ml de Gd diluido en 200 ml de agua para disminuir la señal de los líquidos del TGI que se superponen al árbol biliar y a los conductos pancreáticos²³. Las sustancias paramagnéticas como el Gd y el Mn a elevadas concentraciones se comportan como agentes bifásicos hiperintensos en T1 e hipointensos en T2. El acortamiento del T2 origina una disminución de la señal, sobre todo en las secuencias eco de gradiente, con un efecto parecido al del óxido de hierro superparamagnético.

Conclusiones

El estudio del TGI mediante RM requiere de una preparación previa con volúmenes elevados de contraste oral o rectal para distender la luz y mejorar la definición de la pared intestinal. Los MCO y rectal pueden ser positivos, negativos o bifásicos según los cambios que generen en la luz intestinal. Los contrastes bifásicos tienen una señal opuesta en T1 y T2. Los más empleados se comportan como hiperintensos en T2 e hipointensos en T1. Conseguir una luz intestinal «negra» en secuencias 3 D T1 EG con contraste IV es fundamental para valorar la mucosa y el realce parietal. Los MC gastrointestinales más baratos y accesibles son el PEG y el manitol (agentes bifásicos), pero resultan incómodos para el paciente. Los agentes negativos son los más deseables, pero no están disponibles. La indicación principal de la ERM es la EII. La colonografía mediante RM se plantea como una alternativa prometedora a la colonoscopia en el cribado del cáncer colorrectal.

Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: ACT, MDT, AFV, PNM, RMO, PGF
2. Concepción del estudio: ACT
3. Diseño del estudio: ACT
4. Obtención de los datos: ACT, MDT, AFV, PNM, RMO, PGF
5. Análisis e interpretación de los datos: ACT, MDT, AFV, PNM, RMO, PGF
6. Tratamiento estadístico: ACT
7. Búsqueda bibliográfica: ACT, MDT, AFV, PNM, RMO, PGF
8. Redacción del trabajo: ACT
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: ACT, MDT
10. Aprobación de la versión final: ACT, MDT, AFV, PNM, RMO, PGF

Conflictos de intereses

Los autores no declaran ningún conflicto de interés.

Bibliografía

1. Debatin JF, Patak MA. MRI of the small and large bowel. *Eur Radiol.* 1999;9:1523-34, <http://dx.doi.org/10.1007/s003300050878>.
2. Maccioni F, Viscido A, Broglia L, Marollo M, Masciangelo R, Caprilli R, et al. Evaluation of Crohn disease activity with magnetic resonance imaging. *Abdom Imaging.* 2000;25:219-28, <http://dx.doi.org/10.1007/s002610000004>.
3. Martí-Bonmatí L, Graells M, Ronchera-Oms CL. Reduction of peristaltic artifacts on magnetic resonance imaging of the abdomen: A comparative evaluation of three drugs. *Abdom Imaging.* 1996;21:309-13, <http://dx.doi.org/10.1007/s002619900070>.
4. Torregrosa A, Pallardó Y, Hinojosa J, Insa S, Molina R. Magnetic resonance enterography: Technique and indications, findings in Crohn's disease. *Radiología.* 2013;55:422-30, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2011.08.003>.
5. Makanyanga J, Punwani S, Taylor SA. Assessment of wall inflammation and fibrosis in Crohn's disease: Value of T1-weighted gadolinium-enhanced MR imaging. *Abdom Imaging.* 2012;37:933-43, <http://dx.doi.org/10.1007/s00261-011-9821-y>.
6. Koh DM, Miao Y, Chinn RJ, Amin Z, Zeegen R, Westaby D, et al. MR imaging evaluation of the activity of Crohn's disease. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;177:1325-32, <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.177.6.1771325>.
7. Sempere GAJ, Martínez Sanjuan V, Medina Chulia E, Benages A, Tome Toyosato A, Canelles P, et al. MRI evaluation of inflammatory activity in Crohn's disease. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184:1829-35, <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.184.6.01841829>.
8. Giovagnoni A, Fabbri A, Maccioni F. Oral contrast agents in MRI of the gastrointestinal tract. *Abdom Imaging.* 2002;27:367-75, <http://dx.doi.org/10.1007/s00261-001-0117-5>.
9. Jacobs KE, Behera D, Rosenberg J, Gold G, Moseley M, Yeomans D, et al. Oral manganese as an MRI contrast agent for the detection of nociceptive activity. *NMR Biomed.* 2012;25:563-9, <http://dx.doi.org/10.1002/nbm.1773>.
10. Arthurs OJ, Graves MJ, Edwards AD, Joubert I, Set PAK, Lomas DJ. Interactive neonatal gastrointestinal magnetic resonance imaging using fruit juice as an oral contrast media. *BMC Med Imaging.* 2014;14:33, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2342-14-33>.
11. Li KC, Tart RP, Fitzsimmons JR, Storm BL, Mao J, Rolfs RJ. Barium sulfate suspension as a negative oral MRI contrast agent: In vitro and human optimization studies. *Magn Reson Imaging.* 1991;9:141-50, [http://dx.doi.org/10.1016/0730-725x\(91\)90002-4](http://dx.doi.org/10.1016/0730-725x(91)90002-4).
12. Hahn PF, Stark DD, Lewis JM, Saini S, Elizondo G, Weissleder R, et al. First clinical trial of a new superparamagnetic iron oxide for use as an oral gastrointestinal contrast agent in MR imaging. *Radiology.* 1990;175:695-700, <http://dx.doi.org/10.1148/radiology.175.3.2343116>.
13. Kaminsky S, Laniado M, Gogoll M, Kornmesser W, Clauss W, Langer M, et al. Gadopentetate dimeglumine as a bowel contrast agent: Safety and efficacy. *Radiology.* 1991;178:503-8, <http://dx.doi.org/10.1148/radiology.178.2.1987615>.
14. Rijcken THP, Davis MA, Ros PR. Intraluminal contrast agents for MR imaging of the abdomen and pelvis. *J Magn Reson Imaging.* 1994;4:291-300, <http://dx.doi.org/10.1002/jmri.1880040312>.
15. Wahsner J, Gale EM, Rodríguez-Rodríguez A, Caravan P. Chemistry of MRI contrast agents: Current challenges and new frontiers. *Chem Rev.* 2019;119:957-1057, <http://dx.doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00363>.
16. Elsayed NM, Alsalem SA, Almugbel SAA, Alsuhaimi MM. Effectiveness of natural oral contrast agents in magnetic resonance imaging of the bowel. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2015;46:287-92, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrm.2015.03.007>.
17. Maccioni F, Busato L, Valenti A, Cardaccio S, Longhi A, Catalano C. Magnetic resonance imaging of the gastrointestinal tract: Current role, recent advancements and future perspectives. *Diagn Basel Switz.* 2023;13:2410, <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics13142410>.
18. Rimola J, Ordás I, Rodríguez S, García-Bosch O, Aceituno M, Llach J, et al. Magnetic resonance imaging for evaluation of Crohn's disease: Validation of parameters of severity and quantitative index of activity. *Inflamm Bowel Dis.* 2011;17:1759-68, <http://dx.doi.org/10.1002/ibd.21551>.
19. Lafeuille P, Hordonneau C, Vignette J, Blayac L, Dapoigny M, Reymond M, et al. Transmural healing and MRI healing are associated with lower risk of bowel damage progression than endoscopic mucosal healing in Crohn's disease. *Aliment Pharmacol Ther.* 2021;53:577-86, <http://dx.doi.org/10.1111/apt.16232>.
20. Taylor SA, Mallett S, Bhatnagar G, Baldwin-Cleland R, Bloom S, Gupta A, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance enterography and small bowel ultrasound for the extent and activity of newly diagnosed and relapsed Crohn's disease (METRIC): A multicentre trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2018;3:548-58, [http://dx.doi.org/10.1016/S2468-1253\(18\)30161-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2468-1253(18)30161-4).
21. Rimola J, Rodríguez S, García-Bosch O, Ricart E, Pagès M, Pellisé M, et al. Role of 3.0-T MR colonography in the evaluation of inflammatory bowel disease. *Radiol Rev Publ Radiol Soc N Am Inc.* 2009;29:701-19, <http://dx.doi.org/10.1148/rg.293085115>.
22. Van der Paardt MP, Stoker J. Current status of magnetic resonance colonography for screening and diagnosis of colorectal cancer. *Radiol Clin North Am.* 2018;56:737-49, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcl.2018.04.007>.
23. Frisch A, Walter TC, Grieser C, Geisel D, Hamm B, Denecke T. Performance survey on a new standardized formula for oral signal suppression in MRCP. *Eur J Radiol Open.* 2018;5:1-5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejro.2017.12.002>.
24. Brismar TB, Geisel D, Kartalis N, Madrazo BL, Persson Hedenman H, Norlin A. Oral manganese chloride tetrahydrate: A novel magnetic resonance liver imaging agent for patients with renal impairment: Efficacy, safety, and clinical implication. *Invest Radiol.* 2024;59:197-205, <http://dx.doi.org/10.1097/RLI.0000000000001042>.

25. Herraiz Hidalgo L, Alvarez Moreno E, Carrascoso Arranz J, Cano Alonso R, Martínez de Vega Fernández V. Entero-resonancia magnética: revisión de la técnica para el estudio de la enfermedad de Crohn. *Radiología*. 2011;53:421–33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2011.03.011>.

26. Rimola J, Alvarez-Cofiño A, Pérez-Jeldres T, Rodríguez S, Alfaro I, Ordás I, et al. Increasing efficiency of MRE for diagnosis of Crohn's disease activity through proper sequence selection: A practical approach for clinical trials. *Abdom Radiol N Y*. 2017;42:2783–91, <http://dx.doi.org/10.1007/s00261-017-1203-7>.

27. Ripoll Fuster E, Rodríguez Gómez S, Soler Perromat Á, Moreno MJ, Rimola Gibert J. El informe radiológico en la enfermedad de Crohn. *Radiología*. 2022;64:69–76, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2022.02.008>.

28. Thornton E, Morrin MM, Yee J. Current status of MR colonography. *RadioGraphics*. 2010;30:201–18, <http://dx.doi.org/10.1148/rg.301095519>.