

Resonancia magnética en cáncer de recto: utilidad en etapificación y control de tratamiento

Magnetic resonance imaging in rectal cancer: usefulness in staging and restaging after treatment

Renato Alarcón¹ y Cecilia Besa^{1,2*}

¹Departamento de Radiología, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile; ²Millennium Institute for Intelligent Healthcare & Engineering, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). Santiago, Chile

Resumen

Este artículo de revisión resalta la importancia de realizar una evaluación y manejo específicos para el cáncer de recto de tipo adenocarcinoma (CRC), una enfermedad que tiende a la recurrencia local y la metástasis sistémica. Se destaca la necesidad de un enfoque distintivo en comparación con el cáncer de colon. Una mejor estadificación local, facilitada por el uso de resonancia magnética (RM), así como tratamientos más precisos y eficaces, han logrado una disminución significativa en la tasa de mortalidad en adultos mayores de 50 años a lo largo de las últimas décadas. La RM desempeña un papel esencial en la evaluación antes y después del tratamiento, siendo fundamental para que el equipo multidisciplinario pueda personalizar la opción de tratamiento más adecuada, resaltando así la importancia central del radiólogo. En la etapificación primaria, la RM permite evaluar la altura tumoral en el recto, categoría T y N, detectar elementos pronósticos como invasión vascular extramural y diferenciación mucinosa, y evaluar el compromiso del aparato esfinteriano y de otros órganos y estructuras locales. Durante la reetapificación, la evaluación mediante RM ha demostrado gran valor pronóstico y ser eficaz en la selección de pacientes para estrategia de seguimiento activo (watch and wait).

Palabras claves: Cáncer de recto. Resonancia magnética (RM). Etapificación. Reetapificación.

Abstract

This review article highlights the importance of conducting a specific assessment and management for adenocarcinoma-type rectal cancer (RC), a disease prone to local recurrence and systemic metastasis. It emphasizes the need for a distinctive approach compared to colon cancer. Thanks to improved local staging, facilitated by the use of magnetic resonance imaging (MRI), as well as more precise and effective treatments, there has been a significant decrease in mortality rates among adults over 50 years old over the last few decades. MRI plays a crucial role in the evaluation before and after treatment, being essential for the multidisciplinary team to customize the most suitable treatment option, thus highlighting the central importance of the radiologist. In primary staging, MRI allows assessing the tumor height in the rectum, T and N categories, detecting prognostic elements such as extramural vascular invasion and mucinous differentiation, and evaluating the involvement of the sphincter complex, as well as other local organs and structures. During restaging, MRI evaluation has demonstrated significant prognostic value and effectiveness in selecting patients for the active surveillance strategy (watch and wait).

Keywords: Rectal cancer. Magnetic resonance imaging (MRI). Staging. Restaging.

*Correspondencia:

Cecilia Besa
E-mail: cbesa@uc.cl

Fecha de recepción: 16-12-2023
Fecha de aceptación: 24-04-2024
DOI: 10.24875/AJI.23000084

Disponible en internet: 02-09-2024
Austral J. Imaging. 2024;30(4):225-241
www.resochradi.com

0717-9308 / © 2024 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permanyer. Éste es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El cáncer colorrectal (CRC) es el tercer cáncer más frecuente en el mundo y ocupa el segundo lugar en términos de mortalidad¹. En Chile, el CRC representó la tercera causa de incidencia, con 19,9 casos por cada 100.000 habitantes el año 2020 y la quinta causa de muerte por tipo de cáncer con una tasa de mortalidad ajustada de 7,2 por cada 100.000 habitantes². El manejo y tratamiento de los tumores del recto varía según su histología, representando el adenocarcinoma el subtipo tumoral más frecuente (más del 90%)³.

A lo largo del tiempo, el tratamiento del CRC tipo adenocarcinoma ha experimentado cambios, con estrategias que han demostrado un mejor control local de la enfermedad tumoral, así como una mayor supervivencia libre de enfermedad y una menor mortalidad⁴⁻⁸. Estas nuevas estrategias destacan el papel central del radiólogo mediante el uso de resonancia magnética (RM) para la evaluación de la enfermedad. Durante la etapificación, la RM permite la selección de pacientes para el manejo quirúrgico vs. la quimiorradioterapia neoadyuvante (nCRT), guía para la cirugía e identifica factores de mal pronóstico como la diferenciación tumoral mucinosa, la invasión vascular extramural (EMVI) y el compromiso de la fascia mesorrectal (MRF)^{9,10}. En el escenario de reetapificación, la RM permite evaluar la respuesta al tratamiento, reevaluar el plan quirúrgico y seleccionar pacientes para el manejo no quirúrgico (*Watch and Wait* [WW]) y su seguimiento posterior¹¹.

En este artículo revisaremos el rol de la RM en etapificación y reetapificación del adenocarcinoma de CRC, la técnica y el protocolo de RM, anatomía rectal, el uso de informe estructurado para estadificación y reestadificación del CRC y las generalidades del estado actual de las opciones de manejo terapéutico en el CRC.

Manejo terapéutico y *state of the art*

Desde el punto de vista de la etapificación locorregional, el CRC puede clasificarse como inicial o localmente avanzado. Los tumores limitados a la pared (submucosa/muscular propia, T1/T2) se consideran en estadios iniciales, mientras que los tumores con compromiso extramural (más allá de la muscular propia, T3/T4; o tumores asociados a la presencia de adenopatías, N+) se consideran tumores localmente avanzados.

En términos generales, los tumores localmente confinados a la pared rectal tienen un manejo quirúrgico y

las opciones incluyen resección anterior, resección anterior baja y resección anterior ultrabaja, esto dependiendo de la estimación que tenga el cirujano respecto a la localización del tumor y margen de resección distal (DRM) y la capacidad para crear una anastomosis con recto u ano remanente luego de una resección mesorrectal total (TME).

Para tumores rectales localmente avanzados, el estándar de manejo generalmente incluye la nCRT⁶, manejo que ha demostrado un mejor control local y adherencia a tratamiento, un perfil de toxicidad reducido y un aumento en la tasa de cirugías con preservación de esfínteres en pacientes con tumores en el recto inferior. Diferentes esquemas han sido evaluados para obtener un mejor control prequirúrgico y un tratamiento definitivo de la enfermedad en pacientes adecuadamente seleccionados. Recientemente, se ha evaluado el esquema de terapia neoadyuvante total (TNT), que actualmente es el estándar de manejo. Este enfoque incluye quimioterapia de inducción seguida de quimiorradioterapia^{5,7,8}, y ha demostrado particularmente un mejor control local con altas tasas de respuesta tumoral completa. La respuesta tumoral completa o casi completa busca, en pacientes seleccionados, la posibilidad de optar por un manejo expectante conocido como WW en lugar del tratamiento quirúrgico inicial.

Los pacientes seleccionados para manejo expectante con WW son seguidos de cerca con tacto rectal, estudio endoscópico y RM. La estrategia de WW ha demostrado tasas de supervivencia similares al comparlas con diferentes series quirúrgicas, además de una mejor preservación de órganos (esfínter). Los datos respaldan de manera sólida la integración segura de WW en el esquema TNT, lo que ha permitido evitar la mitad de las cirugías en pacientes con CRC localmente avanzado, destacando la importancia fundamental de la RM en la planificación terapéutica¹¹. En casos de fallo de esta estrategia terapéutica, que se presenta en hasta un 30% según diversas series reportadas¹¹, y/o en caso de recurrencia o recurrencia tumoral, se recurre a la cirugía de rescate.

Protocolo de resonancia magnética para cáncer colorrectal

La RM de pelvis juega un papel crucial en la estadificación del CRC y en la evaluación de la respuesta al tratamiento. A pesar del consenso sobre los componentes y las secuencias esenciales que deberían incluirse en un protocolo de estudio para el CRC, persisten notables diferencias en la calidad de la imagen entre instituciones

y plataformas de *software/hardware* de proveedores y preparación inadecuada de los pacientes.

Se recomienda realizar los estudios en equipos de al menos 1,5 T, sin que se haya demostrado superioridad en el uso de equipos de mayor potencia (3 T). Es preferible utilizar bobinas de superficie en lugar de endorrectales debido al malestar asociado con estas últimas, y potenciales artefactos por la distorsión de la anatomía rectal. Actualmente no hay consenso sobre el uso de espasmolíticos o llenado endorrectal para la RM del CRC. En nuestra institución usamos espasmolíticos (Buscapina®) para reducir el movimiento y peristaltismo intestinal, sin embargo su uso no es obligatorio. En nuestro centro no utilizamos gel endorrectal en la estadificación primaria del CRC; no obstante, la utilidad de una adecuada distensión del recto puede ser crítica en estudios de reetapificación.

En cuanto a las secuencias utilizadas, las imágenes T2 de alta resolución con un campo de visión (FOV) pequeño y en el plano ortogonal al tumor permiten una excelente visualización de la pared rectal y la anatomía de estructuras circundantes, como la grasa mesorrectal, los ganglios linfáticos mesorrectales y la reflexión peritoneal. Esta secuencia es fundamental para evaluar la extensión local del tumor (estadio T) y la afectación ganglionar (estadio N). Esto se complementa con secuencias de difusión (DWI) con FOV amplio y pequeño localizado en el recto y pelvis y secuencias 3D T1W GRE preadministración y postadministración de medio de contraste/gadolinio endovenoso. En la [figura 1](#) presentamos de manera abreviada el protocolo utilizado en nuestra institución, respaldado por recomendaciones de sociedades de expertos y múltiples instituciones¹².

Anatomía rectal en resonancia magnética

Comprender la anatomía del recto es esencial al realizar la estadificación imagenológica local de la enfermedad. La pared rectal está compuesta por tres capas: mucosa, submucosa y muscular propia. Aunque desde el punto de vista clásico se describen como capas concéntricas visualizadas en secuencias ponderadas en T2, como mucosa hipointensa, submucosa hiperintensa y muscular hipointensa, a menudo mucosa y submucosa son difíciles de diferenciar¹³. Generalmente se observan como una capa de señal intermedia en T2 rodeada por una capa hipointensa que representa la muscular propia. En casos de presencia de edema submucoso, la mucosa y la submucosa pueden ser reconocidas de forma independiente ([Fig. 2](#)).

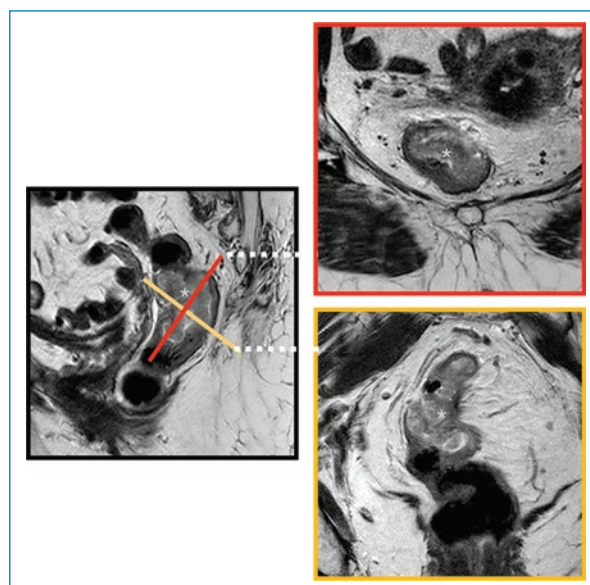


Figura 1. Protocolo de resonancia magnética de pelvis para estudio de cáncer de recto:

- Localizadores
- Coronal T2W SSFSE FOV amplio - full pelvis
- Axial T2W SSFSE FOV amplio - full pelvis
- Verificar plano para posición de T2W HR
- Sagital T2W HR TSE FOV pequeño - recto
- Axial oblicuo T2W HR TSE FOV pequeño - recto
- Coronal oblicuo T2W HR TSE FOV pequeño - recto
- Axial DWI FOV amplio (b 50, 500, 1000) - full pelvis
- Axial oblicuo DWI FOV pequeño - recto
- Axial FOV amplio 3D T1W GRE precontraste - full pelvis
- Axial FOV amplio 3D T1W GRE poscontraste (arterial, portovenoso, tardío) - full pelvis
- Sagital FOV pequeño 3D T1W GRE - recto

Límites superior e inferior del recto

Definir el límite superior del recto tiene como objetivo diferenciarlo claramente del colon sigmoide, especialmente para distinguir el mesorrecto del mesocolon, ya que estos tumores requieren enfoques terapéuticos diferentes (el cáncer de sigmoides se maneja típicamente con cirugía como primera línea). La definición clásica o más utilizada es dividir el recto en tres tercios: superior, medio e inferior, a menos de 5 cm, entre 5-10 cm y más de 10 cm desde el margen anal, definido por el aspecto inferior del esfínter anal interno en imágenes sagitales.

Recientemente, un grupo de expertos ha definido anatómicamente el recto¹⁴, estableciendo el límite superior a nivel del «despegue» sigmoideo (STO), que marca la unión del mesorrecto y mesocolon. El STO, identificable tanto en RM como en tomografía computarizada, puede verse en imágenes axiales como la

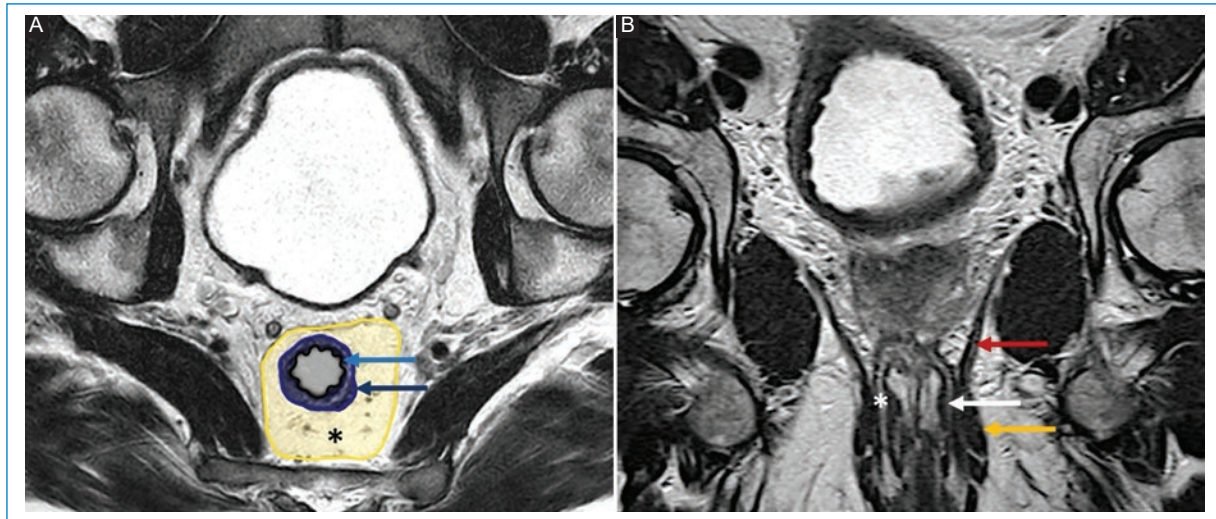


Figura 2. Anatomía rectal en resonancia magnética. Imágenes axial (A) y coronal (B) ponderadas en T2 demuestran la anatomía rectal. **A:** se observa la fascia mesorrectal (línea amarilla) que contiene y rodea tejido adiposo mesorrectal en amarillo claro (*). La pared del recto se visualiza de afuera hacia dentro de la muscular propia como una capa hipointensa (azul) y en forma conjunta la submucosa y mucosa como una capa de señal intermedia en T2 (flecha azul clara). **B:** se observa el esfínter anal interno, que es la capa más interna y continuación de las fibras musculares lisas circunferenciales del recto (flecha blanca), el espacio interesfinteriano, que está compuesto por la continuación inferior del tejido graso del mesorrecto (*) y la capa más externa formada por el esfínter anal externo, que consta de músculo estriado (flechas amarillas). La flecha roja muestra el músculo elevador del ano.

proyección ventral del sigmoide y en imágenes sagitales como la proyección horizontal que se aleja del sacro (Fig. 3). Este cambio de dirección está determinado por el anclaje del recto a la fascia presacra. La aplicación de esta nueva definición tiene un impacto significativo en la planificación del tratamiento, con hasta un 19% de casos en los que el tumor es reclasificado como dependiente del colon sigmoide¹⁵.

Definir el límite inferior del recto tiene como objetivo reconocer el DRM, lo que ayuda al cirujano a determinar si hay un margen suficiente entre el tumor y el canal anal para realizar una resección baja y crear una anastomosis. Es así como el margen superior del músculo puborrectal y el ángulo que este forma a nivel de la unión anorrectal se utilizarán como el límite inferior rectal¹³.

Canal anal y complejo esfinteriano

El canal anal está compuesto por mucosa, con un aspecto superior de tipo cilíndrico e inferior de tipo escamoso (la línea dentada no es claramente reconocible en RM). Además, incluye una capa muscular interna formada por el esfínter anal interno, que es la continuación de las fibras musculares lisas circunferenciales del recto. El espacio interesfinteriano está compuesto por la continuación inferior del tejido graso del mesorrecto y el

músculo longitudinal conjunto, que es la continuación inferior de las fibras musculares longitudinales del recto. La capa más externa está formada por el esfínter anal externo, que consta de músculo estriado¹⁶ (Fig. 2).

Mesorrecto, fascia mesorrectal y reflexión peritoneal

El recto está rodeado por tejido graso que contiene estructuras linfáticas, vasculares y nerviosas. A su vez, el mesorrecto se encuentra rodeado y contenido por la MRF. Juntos forman una estructura con morfología de embudo, que muestra una disminución de sus diámetros y un estrechamiento hacia caudal. La MRF está compuesta principalmente por colágeno, con un mayor grosor en las regiones posterior y lateral y un adelgazamiento en la región anterior. En RM, la MRF se visualiza como una línea hipointensa en secuencias T2. Existe un plano interfascial de tejido areolar laxo entre la MRF y la fascia presacra; este plano interfascial constituye el margen circunferencial de resección (CRM), fundamental para lograr una TME durante la cirugía^{13,16} (Fig. 2).

La reflexión peritoneal es una lámina de peritoneo que desciende y separa el recto en las porciones extra-peritoneal e intraperitoneal. Aunque clásicamente se



Figura 3. Evaluación del «despegue» sigmoideo (*) en resonancia magnética de pelvis. Imágenes sagital (A) y axial (B) secuencias ponderadas en T2 demuestran la proyección horizontal del sigmoideos alejándose del sacro y en axial (B) evaluado como la proyección ventral sigmoidea.

ha descrito su morfología en el plano axial como una V o «alas de gaviota», la visualización sagital puede contribuir a una evaluación más precisa^{13,17}.

Etapificación

Durante la etapificación del CRC es fundamental proporcionar información relevante que ayude al equipo clínico a tomar decisiones de manejo. Esto incluye la ubicación del tumor, morfología, categoría T, afectación del complejo esfinteriano, CRM, compromiso de la pared pélvica lateral, EMVI y compromiso nodal (categoría N). Presentar esta información de manera estructurada mediante un informe radiológico estructurado facilita la guía sistemática de los radiólogos en la comunicación de los hallazgos de neoplasias durante las fases de etapificación y reetapificación, mejorando así la comunicación en el equipo médico multidisciplinario^{18,19} (Tabla 1).

Estadio T

La descripción de la ubicación del tumor desde el margen anal es crucial para determinar el mejor enfoque quirúrgico y se clasifica como lesiones del recto bajo, medio o superior (0-5 cm, 5-10 cm y más de 10 cm respectivamente). La morfología del tumor, que puede ser polipoidea, ulcerante, semicircunferencial o

circunferencial, así como la señal en T2, deben detallarse en el informe. La caracterización de la señal en T2 es especialmente relevante para identificar tumores con diferenciación mucinosa, que muestran una alta señal en T2 y están asociados con un pronóstico oncológico menos favorable en comparación con las lesiones no mucinosas (Fig. 4)²⁰.

Los tumores del recto medio y superior comparten similitudes en la etapificación (Tabla 2). El descriptor T se caracteriza por la profundidad de penetración del tumor en la pared y estructuras extramurales, identificando la porción más invasiva del tumor (Fig. 5). Esta evaluación es más precisa en los tumores del recto medio y alto, ya que no se observa el estrechamiento mencionado del mesorrecto presente en el recto inferior. La diferenciación entre tumores T1 (submucosa) y T2 (muscular propia) en la mayoría de los casos no es posible mediante RM, y esta distinción se logra de manera más efectiva mediante ecografía transrectal^{21,22}. En la RM, estas categorías suelen informarse conjuntamente como T1/T2 y se manejan de manera similar en términos de manejo quirúrgico, a excepción de la resección endoscópica en lesiones T1 seleccionadas (Figs. 6 y 7)¹⁹.

Los tumores en la categoría T3 (con compromiso transmural y extensión al mesorrecto) incluyen cuatro subcategorías basadas en la profundidad de

Tabla 1. Plantilla de informes recientemente actualizada para la etapificación primaria por resonancia magnética del cáncer de recto

Información clínica
Técnica
Comparación
<p>Tumor primario: morfología, ubicación y características</p> <p>Distancia al borde anal: [] cm</p> <p>Distancia a la parte superior del complejo esfinteriano/unión anorrectal: [] cm</p> <p>Relación con la reflexión peritoneal anterior:</p> <p><input type="checkbox"/> Arriba <input type="checkbox"/> A nivel <input type="checkbox"/> Abajo</p> <p>Longitud craneocaudal: [] cm</p> <p>Ubicación del tumor: <input type="checkbox"/> Superior (10-15 cm) <input type="checkbox"/> Medio (5-10 cm) <input type="checkbox"/> Inferior (0-5 cm)</p> <p>[Utilice descriptores como «anterior», «posterior», «lateral izquierdo», «lateral derecho» o formato horario según la preferencia institucional]</p> <p>Morfología: <input type="checkbox"/> Polipoide <input type="checkbox"/> Anular <input type="checkbox"/> Parcialmente anular</p> <p>Composición mucinosa: <input type="checkbox"/> Sin mucina <input type="checkbox"/> Algo de mucina <input type="checkbox"/> Mayormente mucina</p>
<p>Categoría RM-T</p> <p><input type="checkbox"/> Tx (tumor no visualizado, postescisión transanal/polipectomía)</p> <p><input type="checkbox"/> T1/2 (tumor confinado a la pared rectal)</p> <p><input type="checkbox"/> T3a (el tumor penetra < 1 mm más allá de la muscular propia)</p> <p><input type="checkbox"/> T3b (el tumor penetra entre 1 y 5 mm más allá de la muscular propia)</p> <p><input type="checkbox"/> T3c (el tumor penetra > 5-15 mm más allá de la muscular propia)</p> <p><input type="checkbox"/> T3d (el tumor penetra > 15 mm más allá de la muscular propia)</p> <p><input type="checkbox"/> T4a (engrosamiento y/o nodularidad con señal tumoral de la reflexión peritoneal anterior; también puede aplicarse a señal tumoral que se extiende lateralmente a lo largo de la reflexión peritoneal)</p> <p><input type="checkbox"/> T4b* (el tumor invade o se adhiere a órganos o estructuras adyacentes)</p> <p>*Para T4b, incluir las estructuras con posible invasión:</p>
<p>Para tumores rectales bajos</p> <p>Invasión del complejo del esfínter anal</p> <p><input type="checkbox"/> Ausente</p> <p><input type="checkbox"/> Invade únicamente el esfínter interno (EI)</p> <p><input type="checkbox"/> Invade EI y se extiende al espacio interesfintérico (EII)</p> <p><input type="checkbox"/> Invade EI + EII + se extiende hacia o a través del esfínter externo (EE) (describa las estructuras involucradas:)</p> <p>Área de compromiso, si está presente:</p> <p><input type="checkbox"/> Canal anal superior</p> <p><input type="checkbox"/> Canal anal medio</p> <p><input type="checkbox"/> Canal anal distal</p> <p>Descripción del compromiso del esfínter externo:</p>
<p>EMVI: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí</p> <p>Ubicación de EMVI (indicar serie y número de imagen)</p>
<p>Fascia mesorrectal (MFR), aplicar solo para tumores T3</p> <p>Distancia más corta del tumor a MRF: [] mm (ubicación), colocar serie y número de imagen:</p> <p><input type="checkbox"/> N/A: (tumor en la porción peritonealizada del recto)</p> <p>¿Existe un depósito tumoral separado, LN o EMVI que amenace (≥ 1 mm y ≤ 2 mm) o invada (< 1 mm) la MRF?</p> <p><input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí (en caso afirmativo, indique la ubicación)</p>
<p>Depósito de tumores</p> <p><input type="checkbox"/> Ninguno identificado</p> <p><input type="checkbox"/> Sí, colocar serie y número de imagen:</p> <p>Describir número y ubicación de depósitos tumorales:</p>
<p>Ganglios linfáticos</p> <p>Ganglios linfáticos mesorrectales/rectales superiores y/o depósitos tumorales</p> <p><input type="checkbox"/> N0 (sin ganglios/depósitos linfáticos visibles)</p> <p><input type="checkbox"/> N + (eje corto ≥ 9 mm)</p> <p><input type="checkbox"/> N + (eje corto 5-8,9 mm Y al menos 2 criterios morfológicos sospechosos*)</p> <p><input type="checkbox"/> N + (eje corto < 5 mm Y los 3 criterios morfológicos sospechosos*)</p> <p><input type="checkbox"/> Nx (indeterminado, todos los demás casos)</p> <p>*Criterios morfológicos sospechosos: (1) forma redonda, (2) bordes irregulares, (3) intensidad de señal heterogénea.</p>

(Continúa)

Tabla 1. Plantilla de informes recientemente actualizada para la etapificación primaria por resonancia magnética del cáncer de recto (*continuación*)

Información clínica
Técnica
Comparación
<p>Ganglios linfáticos extramurosrectales sospechosos:</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p><input type="checkbox"/> Sí (en caso afirmativo, indique el diámetro del eje corto y seleccione la ubicación de la lista a continuación)</p> <p>Diámetro del eje corto: []</p> <p>Número de serie e imagen: []</p> <p>Seleccione la ubicación del ganglio linfático o indique N/A:</p> <p>Locorregional</p> <p><input type="checkbox"/> N/A</p> <p>[Derecha/izquierda] iliaca interna, [] mm</p> <p>[Derecha/izquierda] obturador, [] mm</p> <p>[Derecha/izquierda] inguinal, [] mm (**solo se considera locorregional cuando el tumor está por debajo de la línea dentada).</p> <p>Distante (M1)</p> <p><input type="checkbox"/> N/A</p> <p>[Derecha/izquierda] iliaca común, [] mm</p> <p>[Derecha/izquierda] iliaca externa, [] mm</p> <p>[Derecha/izquierda] inguinal, [] mm</p>
<p>OTROS: [describir hallazgos incidentales como alteraciones en huesos, metástasis peritoneales u otros]</p> <p>Impresión diagnóstica</p> <p>1. Ubicación del tumor primario: []</p> <p>2. Etapa de resonancia magnética: T [] N [] (si el ganglio es positivo, proporcione la ubicación)</p> <p>3. Afectación del esfínter: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí [en caso afirmativo, proporcione ubicación/lateralidad]</p> <p>4. Estado del MRF:</p> <p><input type="checkbox"/> Libre (margen tumoral > 2 mm desde MRF)</p> <p><input type="checkbox"/> Amenazado (margen del tumor dentro de 1-2 mm del MRF)</p> <p><input type="checkbox"/> Involucrado (margen tumoral < 1 mm del MRF)</p> <p>5. EMVI: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí</p>

EMVI: invasión vascular extramural.
 Adaptada de Kassam et al., 2022¹⁸.

compromiso desde la pared hacia el mesorrecto (Fig. 5). La diferenciación entre tumores T2 y T3 iniciales (T3a) (Fig. 8) puede presentar dificultades, ya que elementos como estructuras vasculares o espículas fibróticas desmoplásicas pueden ser confundidos con extensiones tumorales al mesorrecto. Por este motivo, es importante tener en cuenta que, en el caso de la invasión al tejido adiposo mesorrectal, la señal del compromiso tumoral es, en la mayoría de los casos, similar a la del tumor, y su morfología suele ser nodular o pseudonodular²³. Los tumores T4 invaden la reflexión peritoneal (T4a) (Fig. 9) o estructuras pélvicas y órganos vecinos (T4b) (Fig. 10).

En el caso de tumores del recto inferior, dada la proximidad del tumor al complejo esfinteriano anal y la tendencia a un mayor compromiso de la MRF y estructuras adyacentes, la etapificación habitual puede ser insuficiente²⁴. Surgen algunas interrogantes que deben ser planteadas²⁵: ¿debería considerarse el esfínter anal como un «órgano» o «estructura» adyacente y, por lo tanto, clasificarse como T4b en caso de compromiso, o como

una continuación de la musculatura del piso pélvico? ¿Debería considerarse el esfínter anal interno como una continuación de la muscular propia del recto distal y, por lo tanto, clasificarse como T3 en caso de compromiso? Actualmente, persisten estas dudas y no hay consenso unánime entre diferentes sociedades. En relación con esto, parece apropiado asignar una categoría T basada en el componente rectal de un tumor bajo y reportar el compromiso del canal anal con descriptores diferentes que incluyan la ubicación (superior, medio, inferior) y la longitud en el canal, así como si el tumor compromete el esfínter anal interno, el espacio interesfinteriano o el esfínter anal externo^{19,21} (Tabla 1) (Figs. 11 y 12).

Margen circunferencial de resección y márgenes

El CRM hace referencia al plano entre la MRF y la fascia pélvica parietal, que sirve como margen para resección en bloque de un cáncer rectal²⁶, e incluye las porciones no peritonealizadas del recto. Mediante

Tabla 2. Clasificación TNM del cáncer rectal

Categoría T	
Tx	El tumor primario no se puede evaluar
T0	No hay evidencia de un tumor primario
Tis	Carcinoma <i>in situ</i> : intraepitelial o invasión de la lámina propia
T1	Submucosa
T2	Muscular propia
T3	Tejido subseroso y perirrectal
a*	< 1 mm
b*	1-5 mm
c*	5-15 mm
d*	> 15 mm
T4	
a	El tumor penetra hasta la superficie del peritoneo visceral
b	El tumor invade o se adhiere a otros órganos o estructuras
Categoría N	
Nx	Los ganglios linfáticos regionales no pueden ser evaluados
N0	Sin metástasis en ganglios linfáticos regionales
N1	
a	1 ganglio linfático
b	2-3 ganglios linfáticos
c	Depósito (s) tumoral (es) en la subserosa, el mesenterio o los tejidos perirrectales no peritonealizados
N2	
a	4-6 ganglios linfáticos
b	7 o más ganglios linfáticos regionales
Categoría M	
M0	Sin metástasis a distancia
M1	Metástasis a distancia
a	Metástasis confinada a un órgano o sitio (p. ej., hígado, pulmón, ganglios linfáticos no regionales)
b	Metástasis en más de un órgano y/o sitio o en el peritoneo

*La subclasificación de la categoría T3 se determina mediante una evaluación por resonancia magnética y se utiliza en las guías europeas para las recomendaciones de tratamiento.

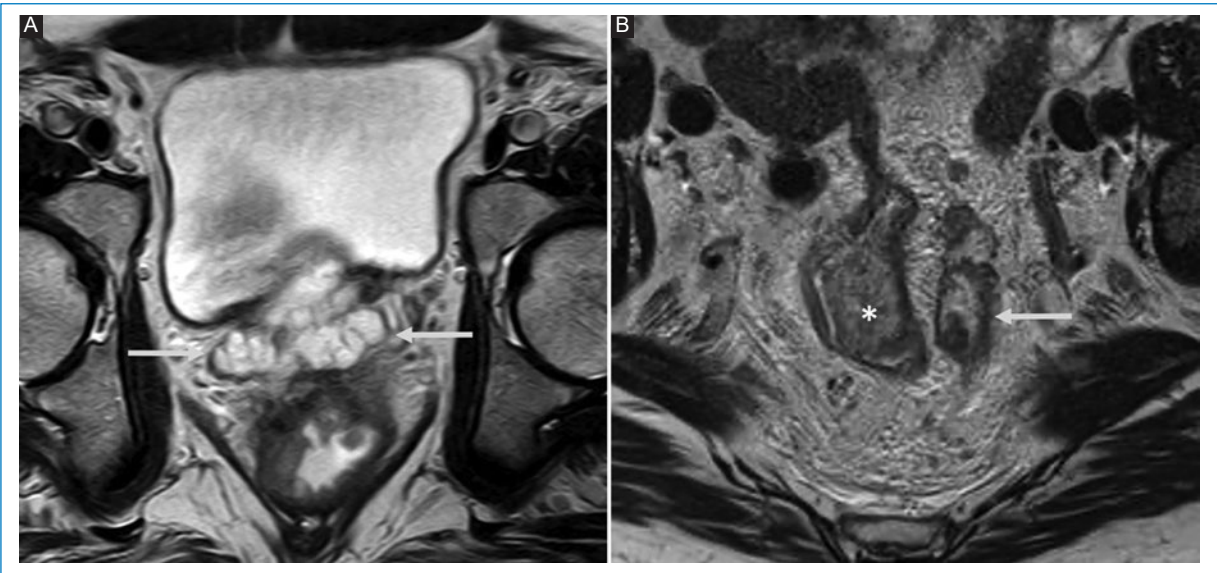


Figura 4. Adenocarcinoma CRC con diferenciación mucinosa. **A:** tumor del recto con extensión anterior por sobre las vesículas seminales (no mostradas), de alta señal en secuencia ponderada T2 como manifestación de diferenciación mucinosa. **B:** tumor rectal superior (*) asociado a implante tumoral mesorrectal izquierdo, ambos de alta señal en secuencia ponderada T2.

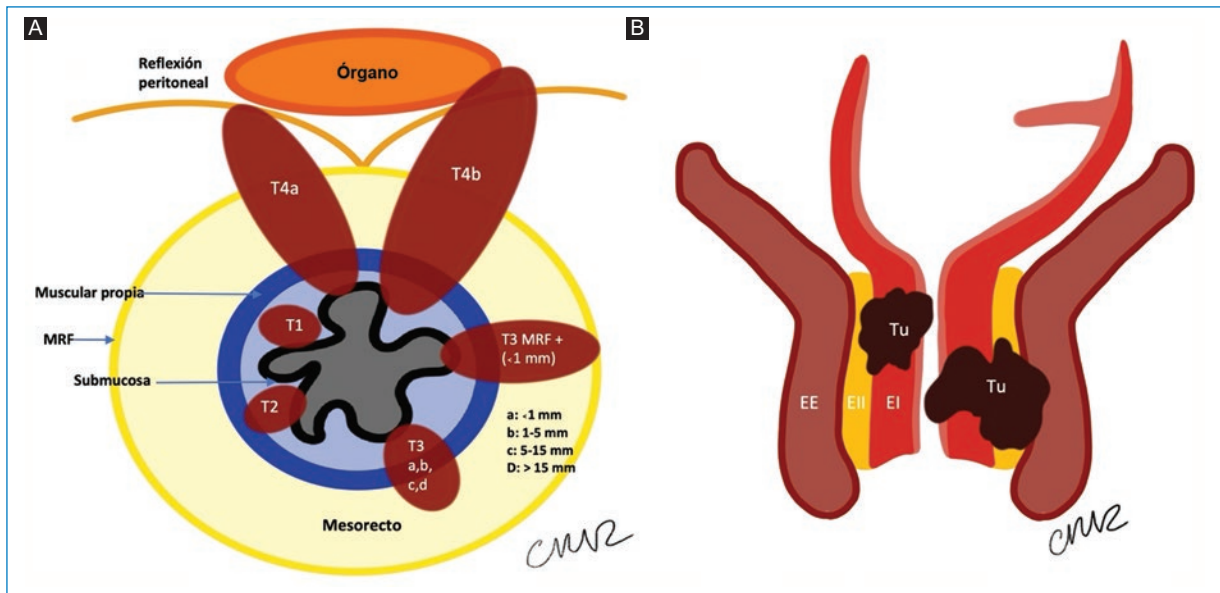


Figura 5. Diagrama TNM tumores de recto. **A:** representación de imagen axial que muestra la anatomía del recto y las posibles ubicaciones del cáncer de recto, junto con las categorías T correspondientes y los posibles tamaños de tumor para cada ubicación. **B:** ilustración coronal de etapificación de tumores de recto inferior demostrando la relación del tumor con complejos esfinteriano interno (EI), espacio interesfintérico (EII) (amarillo) y esfínter externo (EE).

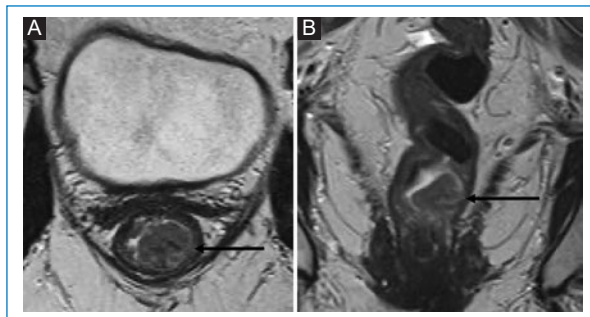


Figura 6. Tumor rectal T1/T2 en imágenes T2 axial (**A**) y coronal oblicuo (**B**). Nótase lesión tumoral polipoidea sésil del recto medio, con hiperseñal en T2 con extensión submucosa (flechas) sin compromiso del mesorrecto. La biopsia confirmó compromiso focal de la submucosa con 1 mm de invasión.

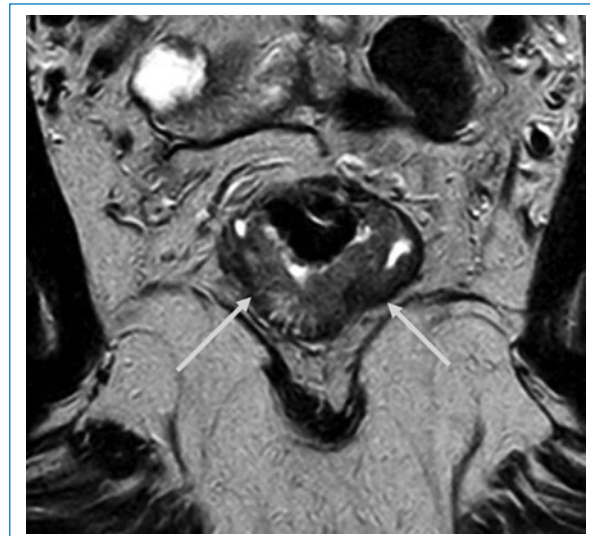


Figura 7. Tumor de recto medio categoría T2. Imagen ponderada en secuencia T2 con orientación axial oblicua, demuestra tumor rectal semicircunferencial de señal intermedia alta en T2 confinado a la pared, alcanza la muscular sin extenderse al tejido graso mesorrectal (T2) (flechas).

imágenes de RM se evalúa el estado del CRM midiendo la menor distancia entre el tumor, la EMVI, el depósito tumor o las adenopatías a la MRF⁴. Se considera positivo o afectado (CRM+) cuando la distancia es igual o menor a 1 mm entre estos y la MRF. La afectación del CRM es relevante en la planificación terapéutica, ya que estos tumores tienen mayor probabilidad de resección quirúrgica incompleta o R1, una mayor incidencia de recidiva tumoral local y peor pronóstico oncológico. En tumores con afectación del recto superior que

alcanzan la reflexión peritoneal, se debe evaluar el compromiso de esta, pues su compromiso equivale a categoría T4. Además, la ubicación anterior del tumor es relevante en la planificación terapéutica, ya que

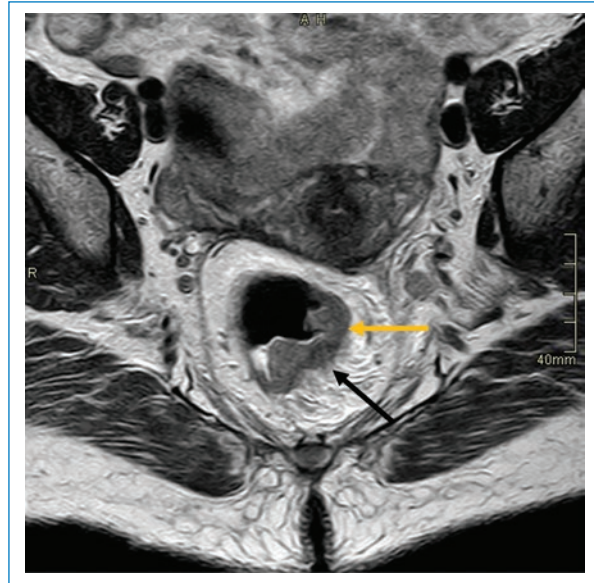


Figura 8. Tumor transmural T3a en imagen axial ponderada en T2. Tumor transmural con extensión al mesorrecto (*) que interrumpe la hiposeñal de la muscular propia rectal, el segmento contiguo (flecha) muestra segmento parietal con respecto a la hiposeñal habitual de la capa muscular propia.

estos tumores suelen controlarse mejor con TNT, independientemente del estadio T, debido a su mayor potencial de compromiso de órganos adyacentes.

Invasión vascular extramural

La invasión mural extravascular se define histológicamente como la presencia de células tumorales en vasos endotelizados que se encuentran en ubicación más

profunda que la muscular propia²³. Este hallazgo es un predictor de peor pronóstico, con mayores tasas de recurrencia local y a distancia^{9,10}. En RM, se visualiza como tejido de señal similar al tumor en estructuras vasculares, que puede asociarse a irregularidad o expansión del vaso y morfología tubular o lineal (Fig. 13).

Estadio N

La RM ha demostrado un buen rendimiento para la evaluación de categoría T y CRM, sin embargo su rendimiento en evaluación de adenopatías es limitado²⁷. Esta limitación se debe en parte a la falta de correlación entre el tamaño de los ganglios y el compromiso tumoral²⁸. En series de casos se ha reportado que más de 50% del compromiso metastásico (LN+) está representado por adenopatías menores a 5 mm^{28,29} y utilizando un umbral de corte de 5 mm, la sensibilidad y especificidad es del 81 y 68% respectivamente²⁹. Otros estudios han mostrado que para adenopatías mayores a 8 mm, la sensibilidad y especificidad es del 45 y 100% respectivamente³⁰. Por lo tanto, otros predictores como bordes irregulares o espiculados, intensidad de señal heterogénea y morfología redondeada^{21,30,31} también deben ser evaluados (Fig. 14). En general, las adenopatías que miden 10 mm o más en el eje corto deben ser considerarse como positivas, mientras que aquellas de menor tamaño deben evaluarse en correlación con los descriptores mencionados y, en ausencia de estos predictores de mal pronóstico, considerarse indeterminadas.

Las adenopatías, según su distribución, pueden clasificarse como regionales, incluyendo ubicaciones mesorrectales, rectales superiores, rectales inferiores, mesentéricas inferiores, presacras e ilíacas internas²⁴. En este grupo de



Figura 9. Infiltración tumoral de la reflexión peritoneal (T4a). Imágenes axiales (A) y sagital (B) ponderadas en T2 demuestran tumor con marcada hiperseñal T2 (diferenciación mucinosa) con compromiso transmural que alcanza la reflexión peritoneal, representada como línea hipointensa por sobre las vesículas seminales que se interrumpe con señal tumoral a derecha. (C) Imagen axial T2, demuestra tumor de señal intermedia T2 y compromiso transmural, hacia anterior se extiende hacia la reflexión peritoneal, nótase la morfología original en «alas de gaviota» de la reflexión peritoneal de marcada hiposeñal que se intuye bajo la señal tumoral.

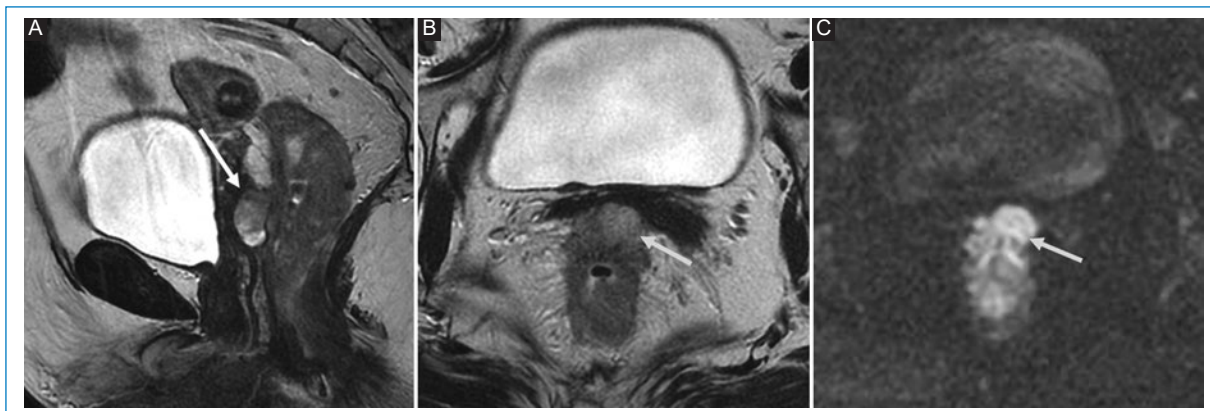


Figura 10. Tumor rectal con infiltración tumoral de la vagina (T4b). Imágenes ponderadas en T2 en planos (A) sagital y (B) axial, que muestran tumor del recto medio de crecimiento transmural con señal intermedia alta en T2 con extensión hacia anterior y en disposición paramediana derecha muestra infiltración de la pared vaginal posterior con pérdida de su hiposeñal habitual por reemplazo de señal tumoral. Imagen axial en DWI con b alto (C) que muestra acentuada hiperseñal compatible con comportamiento agresivo.

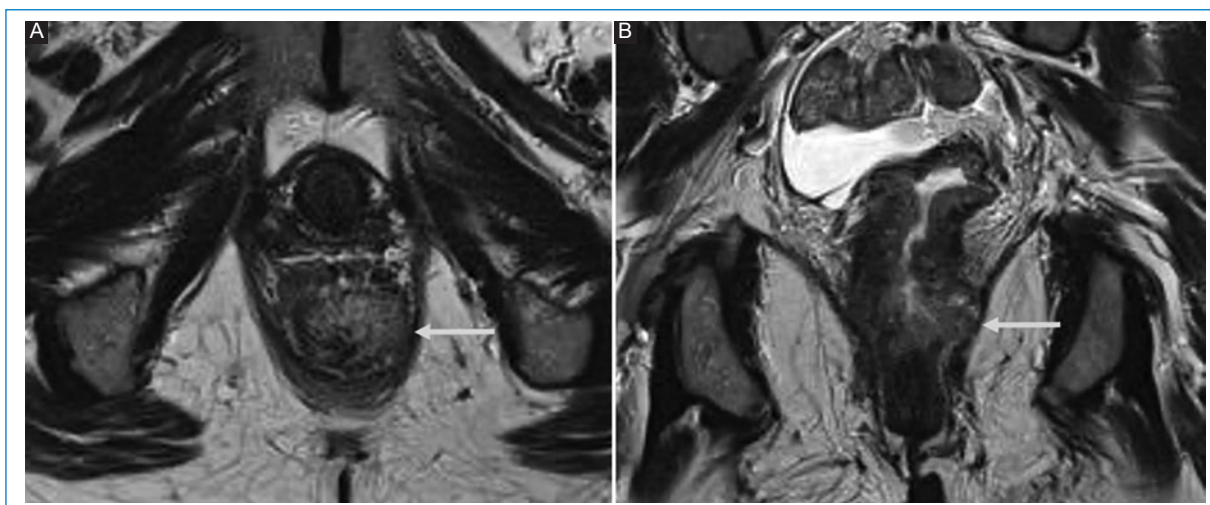


Figura 11. Tumor del recto bajo con compromiso del aparato esfinteriano. **A:** imagen axial ponderada en T2 con tumor que infiltra el esfínter interno y se extiende al plano graso interesfinteriano contactando en forma amplia el esfínter externo (flecha). **B:** imagen coronal ponderada en T2 que muestra compromiso tumor del músculo elevador del ano izquierdo (flecha).

adenopatías, nuestro equipo de trabajo incluye las adenopatías obturadoras, basándonos en el origen de su irrigación arterial desde la arteria ilíaca interna. Las adenopatías como enfermedad a distancia incluyen aquellas afuera de estos sitios. Una consideración especial se otorga a las adenopatías en ubicación inguinal e ilíacas externas, ya que generalmente se consideran como M1, con la excepción de los tumores rectales bajos que invaden el canal anal bajo la línea dentada; en esta situación deben considerarse como N+ (Fig. 15).

Los implantes tumorales no asociados a tejido linfático son conocidos como depósitos tumorales y deben ser caracterizados como N1c²⁴. Aunque la distinción entre los depósitos tumorales y las adenopatías puede ser difícil, la literatura reciente indica que los depósitos tumorales tienen una apariencia distinta en relación con los ganglios linfáticos. Se definen como «nódulos de tumor dentro del mesorrecto que parecen interrumpir directamente su curso cuando son vistos en dos vistas ortogonales». Además, los depósitos tumorales

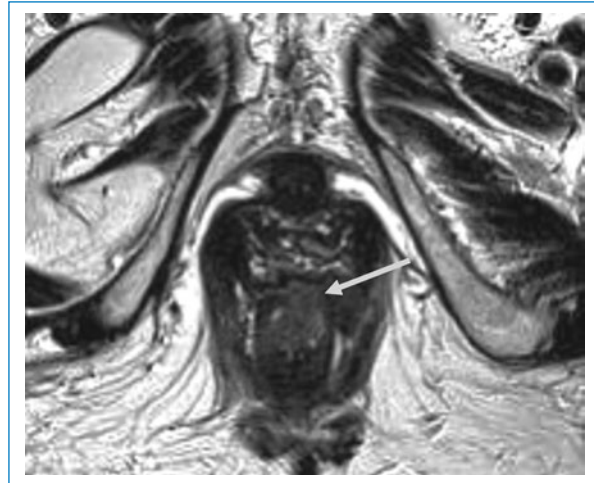


Figura 12. Tumor del recto bajo con compromiso del aparato esfinteriano. Imagen axial ponderada en T2 con tumor que infiltra ambos esfínteres (externo e interno) en su aspecto anterior entre la hora 1-3.

tienden a presentarse como lesiones de bordes mal definidos y amorfas, con intensidad de señal similar al tumor primario (Fig. 4).

Estadio M

Hasta un 65% de los pacientes con CCR desarrollan metástasis, ya sea en el momento del diagnóstico o en el curso de su enfermedad, y el hígado representa el sitio anatómico más común, en aproximadamente el 33-50% de los casos. En casos de esteatosis hepática y potencial tratamiento quirúrgico de localizaciones secundarias hepáticas la modalidad de elección es la RM de abdomen³². La introducción reciente de medios de contraste hepatoespecíficos como el ácido gadoxético (Gd-EOB-DTPA, Eovist/Primovist®, Bayer HealthCare) ha mostrado utilidad para la detección de metástasis hepáticas, con una mayor sensibilidad respecto a las técnicas

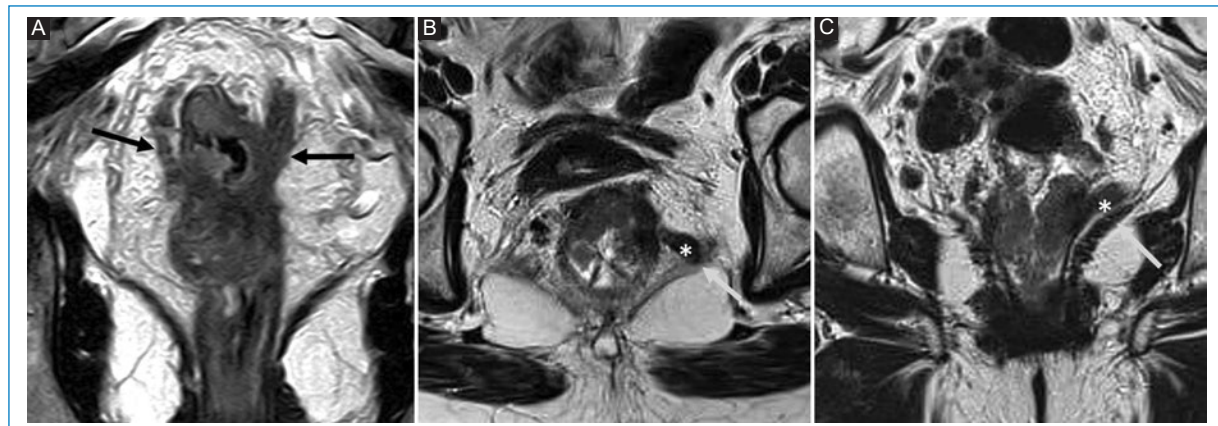


Figura 13. Invasión vascular extramural (EMVI) en tumores de compromiso transmural (T3). **A:** imagen coronal ponderada en T2 de tumor del recto medio con compromiso transmural, con EMVI bilateral extendiéndose a modo de «sacacorchos» a ambos lados del recto (flechas). **B:** imagen axial de tumor del recto bajo transmural con EMVI a izquierda, con menos de un 1 mm de distancia del músculo elevador. **C:** el mismo tumor en corte coronal

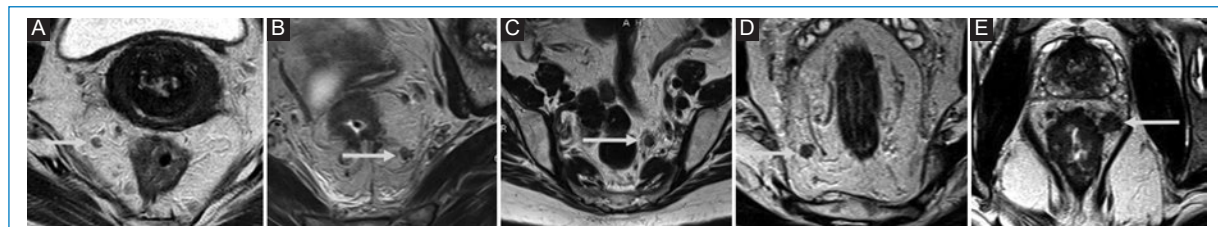


Figura 14. Evaluación de adenopatías en imágenes axiales ponderadas en T2. Linfonodo de características normales (**A**), de morfología ovoidea, contornos regulares y señal homogénea, nótese el hilio graso. Adenopatías patológicas en cáncer de recto. **B:** pequeña adenopatía con bordes irregulares y señal discretamente heterogénea. **C:** pequeña adenopatía de bordes mal definidos y señal heterogénea. **D:** pequeña adenopatía de bordes lobulados y señal heterogénea. **E:** adenopatía mayor a 9 mm con bordes irregulares y espiculados, con señal heterogénea.

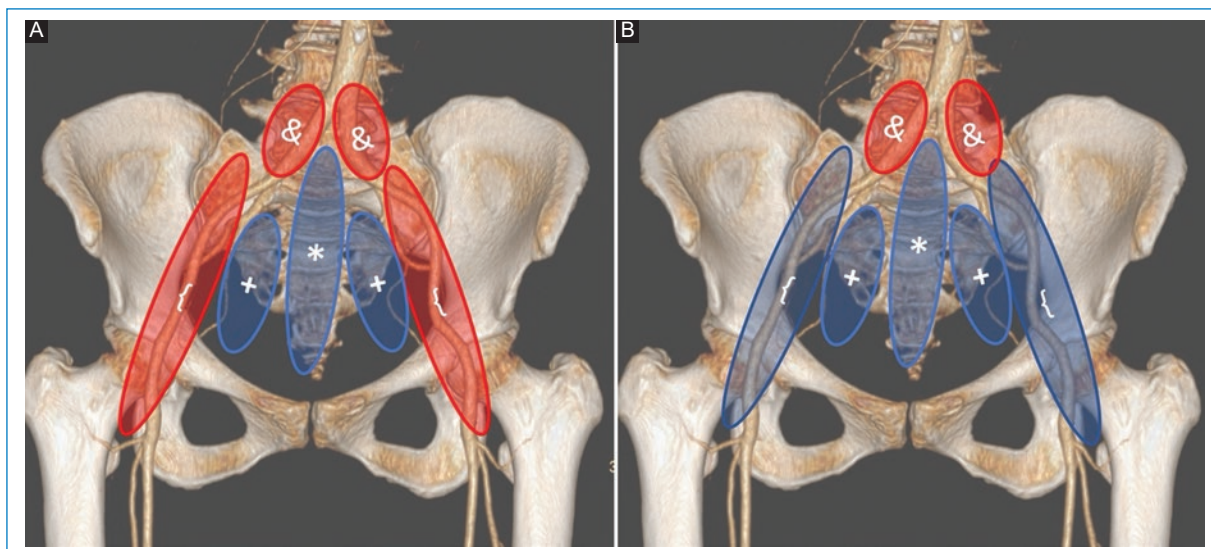


Figura 15. Etapificación N según altura del tumor rectal y compromiso del canal anal. **A:** distribución nodal de tumores que no determinan compromiso del canal anal, en azul grupos nodales representados como categoría N, (+) representa grupos de cadenas ilíacas internas y obturatrices, (*) representa adenopatías mesorrectales, perirrectales altas, presacras y mesentéricas inferiores; en rojo grupos nodales que representan enfermedad a distancia, M+, (f) grupos nodales inguinales y cadenas ilíacas externas, (&) representa cadenas ilíacas comunes y retroperitoneo. **B:** distribución nodal de tumores que invaden el canal anal, ahora los grupos (f) (inguinales e ilíacos externos) pasan a formar parte de categoría N, grupo (&) (ilíacos comunes y retroperitoneo) mantienen su estatus de M+.

convencionales de RM, y significativa mayor sensibilidad en comparación con la tomografía computarizada multi-detector en la detección de lesiones utilizando una combinación de DWI y fase hepatobiliar³³.

El uso de tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada (PET/CT) con flúor 18-fluorodesoxiglucosa en pacientes con CRC tiene un impacto clínico significativo en varias etapas de la enfermedad. Esta modalidad tiene su mayor utilidad en la detección de enfermedad extrahepática, detección de enfermedad recurrente y monitoreo de respuesta al tratamiento. Es particularmente útil en la selección adecuada de pacientes susceptibles de beneficiarse con resección quirúrgica de enfermedad metastásica hepática al excluir otros sitios de diseminación tumoral. El valor de la PET/CT para la etapificación primaria en pacientes con CRC es limitado, pero la evidencia sugiere utilidad en casos de existir enfermedad más avanzada³⁴.

Reetapificación postratamiento

En pacientes sin indicación de cirugía como tratamiento primario, la terapia neoadyuvante (nCRT) se considera el tratamiento estándar²⁴. La evaluación de la RM de reetapificación se basa en la comparación con la RM basal o pretratamiento, el tipo de

tratamiento recibido y la información de la evaluación clínica posterapia, que incluye el tacto rectal y la rectoscopia. El objetivo de la terapia es lograr una respuesta de la enfermedad local, tanto del tumor como de las adenopatías locorregionales comprometidas. Este enfoque integral proporciona una guía valiosa para el manejo y seguimiento de los pacientes con CRC.

La evaluación de la respuesta al tratamiento en el tumor primario se centra en la identificación de la fibrosis y la presencia de áreas de viabilidad tumoral. La fibrosis se manifiesta como una marcada hiposeñal en secuencia T2, mientras que las áreas de viabilidad tumoral se representan como áreas de señal intermedia en secuencia T2¹¹. Se destaca la importancia del uso conjunto de secuencias T2 y DWI, con confirmación en mapas de coeficiente de difusión aparente (ADC), para una evaluación más precisa del grado de respuesta tumoral a la terapia³⁵. Se propone un sistema de tres niveles para la evaluación de la respuesta a nCRT: respuesta completa, representada por el recto con señal normal o fibrosis difusa acentuada sin áreas de señal intermedia en T2 (Fig. 16); respuesta casi completa, caracterizada por la presencia de mayor parte de fibrosis con algunas áreas remanentes de señal intermedia en T2, y respuesta incompleta, representada por una mayor parte tumoral de señal intermedia en T2 sin fibrosis reconocible (Fig. 17).

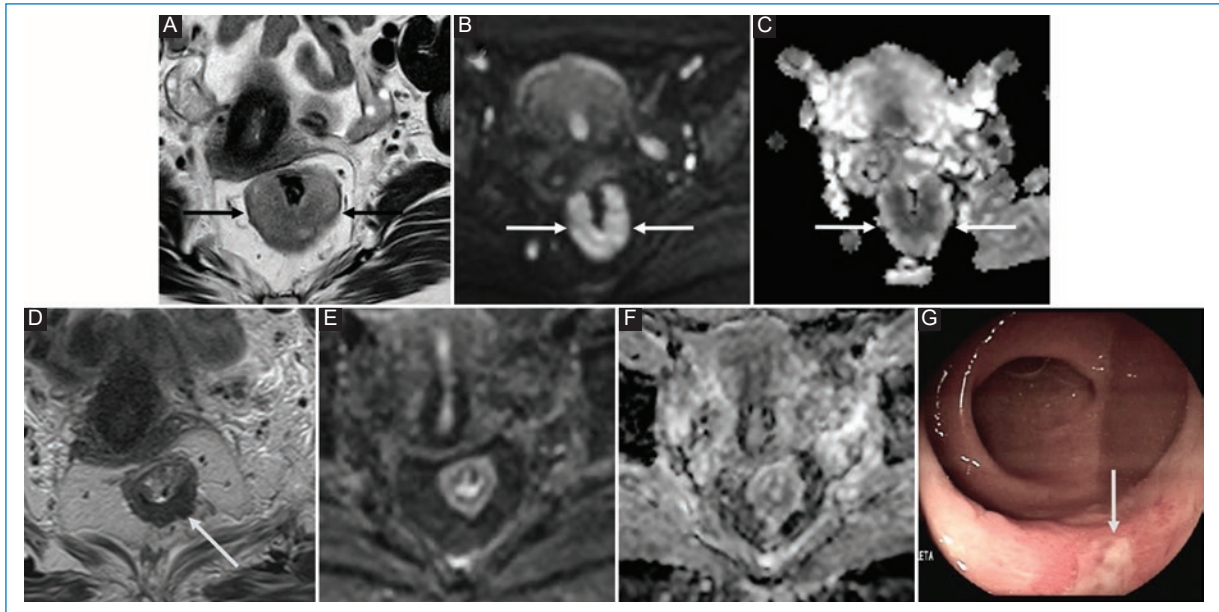


Figura 16. Reetapificación de cáncer de recto post-CRT con respuesta completa. Imágenes axiales oblicuas T2 (A, D) y axiales DWI (B, E), mapa ADC (C, F) y colonoscopia postrerapia (G). Resonancia magnética (RM) de pelvis basal demuestra un (A) tumor rectal transmural sin compromiso de la MRF (flechas), nótese su señal intermedia alta en T2 (A), restricción en DWI (B) e hiposeñal marcada en mapa ADC (C). RM de reetapificación demuestra respuesta completa a CRT, evolutivamente con disminución de tamaño y marcada hiposeñal T2 (flecha) (D), sin restricción en secuencias de DWI/ADC (E, F). Correlato con colonoscopia de respuesta completa demuestra cicatriz postratamiento (F).

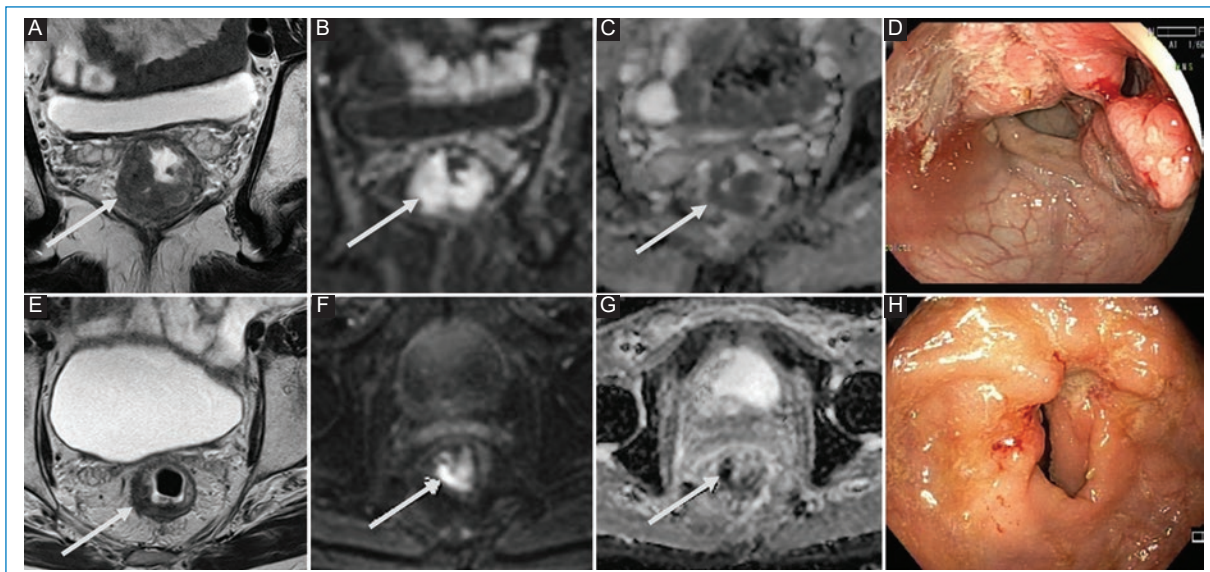


Figura 17. Reetapificación de cáncer de recto post-CRT con respuesta parcial y signos de viabilidad tumoral. Imágenes axiales oblicuas T2 (A, E) y axiales DWI (B, F), mapa ADC (C, G) y colonoscopia postrerapia (D, H). Resonancia magnética (RM) de pelvis basal (A, B, C) que muestra un tumor de recto medio de señal intermedia T2 con morfología en U y restricción en secuencia difusión, con lesión indurada y friable en correlato colonoscópico (D). RM de reetapificación (E, F, G) que muestra disminución de señal T2 y tamaño de lesión tumor, sin embargo persisten áreas tumorales de señal intermedia T2 (flecha) y restricción en DWI y mapa ADC (flechas). H: correlato con colonoscopia demuestra tumor residual viable.

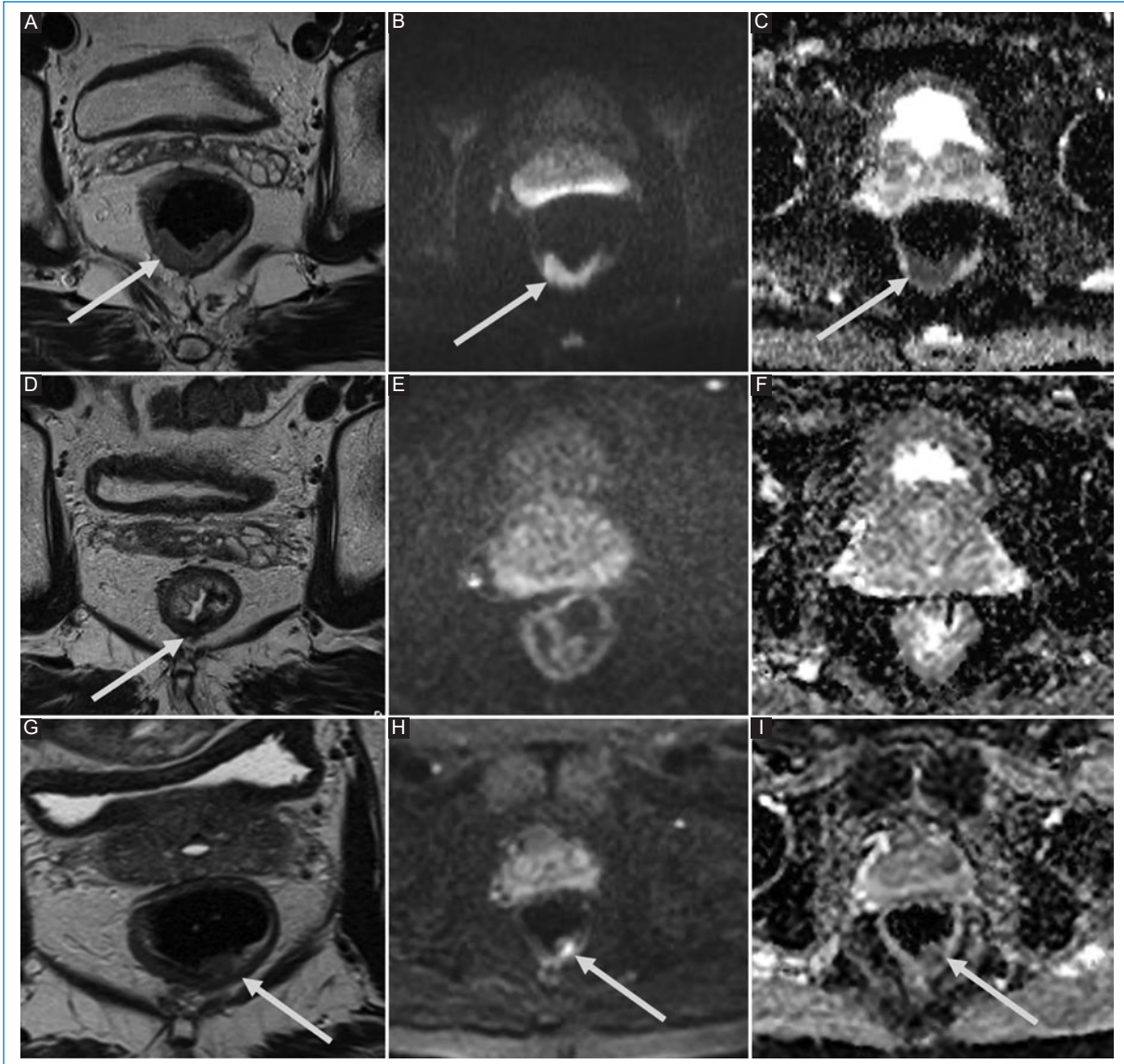


Figura 18. Tumor rectal transmural T3a con extensión al tejido graso mesorrectal en manejo con estrategia WW. Imágenes axiales de resonancia magnética (RM) de pelvis en T2 (**A, D, G**), DWI (**B, E, H**) y mapa ADC (**C, F, I**). RM basal (**A, B, C**) que muestra un tumor de señal intermedia T2 con extensión a la grasa mesorrectal (flecha en **A**), con marcada restricción en secuencia difusión (**B**) e hiposeñal en mapa ADC (**C**). RM de control post-CRT 3 meses (**D, E, F**) que muestra signos de respuesta tumoral completa sin evidencias de viabilidad con disminución de tamaño tumoral y marcada hiposeñal T2 (**D**), sin áreas de restricción en secuencia difusión (**E**) ni hiposeñal en mapa ADC (**F**), se observa hiperseñal normal en DWI/ADC (*) en la mucosa rectal, pero no en el espesor de la pared. RM de seguimiento alejado muestra reaparición de área nodular de señal intermedia T2 (**G**), con restricción en difusión (**H**) e hiposeñal en ADC (**I**) manifestación de recurrencia tumoral, que fue confirmada en resección endoscópica.

En DWI, utilizando valores b altos (800-1.000 s/mm²), se sugiere una evaluación similar a la de secuencias T2, considerando regresión completa de señal, marcada regresión de señal y persistencia de áreas de marcada señal como respuestas completa, casi completa e incompleta, respectivamente. Este enfoque permite una evaluación más detallada

y sistemática de la respuesta del tumor a la terapia.

Es fundamental prestar especial atención para evitar interpretaciones equivocadas de hallazgos que pueden dar lugar a falsos positivos. Un error común involucra la presencia de edema parietal, que puede exhibir una señal intermedia alta en T2 y una hiperseñal en DWI

debido al efecto T2 (*T2 shine-through*), sin mostrar un correlato en el mapa ADC, donde se presentará como hiperseñal. De manera similar, en áreas de cicatriz con una marcada hiposeñal en T2, se observará una hiposeñal en el mapa ADC (*T2 dark-through*). Si no se tiene en cuenta la señal en T2 y DWI (hiposeñal en ambas), estas áreas podrían malinterpretarse como persistencia de la enfermedad³⁶.

Los tumores mucinosos constituyen aproximadamente del 10 al 15% de los tumores rectales y están asociados con un peor pronóstico, presentando diferencias clínicas, epidemiológicas y, preliminarmente, genéticas en comparación con los tumores no mucinosos. En la evaluación mediante RM, estos tumores suelen mostrar áreas con alta señal en secuencias T2^{11,20,23}. La evaluación patológica posterior al tratamiento de los tumores mucinosos puede incluir la respuesta con mucina acelular y la persistencia de mucina celular tumoral, siendo esta última indicativa de una respuesta deficiente a la terapia. Por otro lado, algunos tumores no mucinosos pueden presentar una respuesta mucinosa a la nCRT, lo que sugiere una respuesta positiva al tratamiento y un pronóstico más favorable en comparación con sus contrapartes mucinosas no inducidas³⁷. Hasta la fecha, la diferenciación entre mucina acelular y celular no es posible mediante ningún método de imágenes³⁸.

Durante la reetapificación, la mayoría de los grupos de expertos sugieren un umbral de 5 mm de tamaño para la categorización de persistencia tumoral^{11,31}. Y los depósitos tumorales y EMVI deben ser reevaluados, pues se correlacionan con mal pronóstico tanto si son positivos en RM o en la pieza histológica³⁹.

En casos de pacientes tratados con nCRT y que experimentan falla a estrategia de manejo expectante WW (Fig. 18), es crucial llevar a cabo un seguimiento continuo con examen físico, RM de pelvis y estudios endoscópicos. Este enfoque es fundamental para detectar cualquier recurrencia tumoral y, en la mayoría de los casos, permite realizar una cirugía de rescate.

Conclusión

La RM es una herramienta fundamental en el manejo multidisciplinario del CRC, desempeñando un papel crucial tanto en la etapificación local inicial como en la reetapificación posterior a la terapia local. Los radiólogos desempeñan un papel clave al identificar y comprender los elementos relevantes para las opciones terapéuticas en el CRC. Un análisis sistemático facilita una interpretación uniforme y reproducible, mejorando la

confiabilidad de la información diagnóstica y, en última instancia, contribuyendo al éxito de las estrategias terapéuticas.

Financiamiento

Los autores declaran que este estudio fue financiado por ANID Chile: Millennium Science Initiative Program ICN2021 004 (iHealth), and Fondecyt grant 1210648.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes. Además, los autores han reconocido y seguido las recomendaciones según las guías SAGER dependiendo del tipo y naturaleza del estudio.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA: a cancer journal for clinicians. 2021;71(3):209-49.
2. Ministerio de Salud de Chile. 2018-2028. MdSdCPNdC. Plan Nacional de Cáncer 2018-2028. Ministerio de Salud de Chile; 2019.
3. Fleming M, Ravula S, Tatishchev SF, Wang HL. Colorectal carcinoma: Pathologic aspects. J Gastrointest Oncol. 2012;3(3):153-73.
4. Birbeck KF, Macklin CP, Tiffin NJ, Parsons W, Dixon MF, Mapstone NP, et al. Rates of circumferential resection margin involvement vary between surgeons and predict outcomes in rectal cancer surgery. Ann Surg. 2002;235(4):449-57.
5. Bahadoer RR, Dijkstra EA, van Etten B, Marijnen CAM, Putter H, Kraneberg EM-K, et al. Short-course radiotherapy followed by chemotherapy before total mesorectal excision (TME) versus preoperative chemoradiotherapy, TME, and optional adjuvant chemotherapy in locally advanced rectal cancer (RAPIDO): a randomised, open-label, phase 3 trial. Lancet Oncol. 2021;22(1):29-42.
6. Sauer R, Becker H, Hohenberger W, Rödel C, Wittekind C, Fietkau R, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for rectal cancer. N Engl J Med. 2004;351(17):1731-40.
7. Fokas E, Schlenska-Lange A, Polat B, Klautke G, Grabenbauer GG, Fietkau R, et al. Chemoradiotherapy plus induction or consolidation chemotherapy as total neoadjuvant therapy for patients with locally advanced rectal cancer: long-term results of the CAO/ARO/AIO-12 randomized clinical trial. JAMA Oncol. 2022;8(1):e215445.

8. Cercek A, Roxburgh CSD, Strombom P, Smith JJ, Temple LKF, Nash GM, et al. Adoption of total neoadjuvant therapy for locally advanced rectal cancer. *JAMA Oncol.* 2018;4(6):e180071.
9. Gu C, Yang X, Zhang X, Zheng E, Deng X, Hu T, et al. The prognostic significance of MRI-detected extramural venous invasion, mesorectal extension, and lymph node status in clinical T3 mid-low rectal cancer. *Sci Rep.* 2019;9(1).
10. Smith NJ, Barbachano Y, Norman AR, Swift RI, Abulafi AM, Brown G. Prognostic significance of magnetic resonance imaging-detected extramural vascular invasion in rectal cancer. *Br J Surg.* 2008;95(2):229-36.
11. Jayaprakasam VS, Alvarez J, Omer DM, Gollub MJ, Smith JJ, Petkovska I. Watch-and-wait approach to rectal cancer: the role of imaging. *Radiology.* 2023;307(1):e221529.
12. Fraum TJ, Ma J, Jhaveri K, Nepal P, Lall C, Costello J, et al. The optimized rectal cancer MRI protocol: choosing the right sequences, sequence parameters, and preparatory strategies. *Abdom Radiol (New York).* 2023;48(9):2771-91.
13. Bogveradze N, Snaebjornsson P, Grotenhuis BA, van Triest B, Layhay MJ, Maas M, et al. MRI anatomy of the rectum: key concepts important for rectal cancer staging and treatment planning. *Insights Imaging.* 2023;14(1):13.
14. D'Souza N, Balyasnikova S, Tudyka V, Lord A, Shaw A, Abulafi M, et al. Variation in landmarks for the rectum: an MRI study. *Colorectal Dis.* 2018;20(10):O304-09.
15. Bogveradze N, Lambregts DMJ, El Khababi N, Dresen RC, Maas M, Kusters M, et al. The sigmoid take-off as a landmark to distinguish rectal from sigmoid tumours on MRI: Reproducibility, pitfalls and potential impact on treatment stratification. *Eur J Surg Oncol.* 2022;48(1):237-44.
16. Lee JM, Kim NK. Essential anatomy of the anorectum for colorectal surgeons focused on the gross anatomy and histologic findings. *Ann Coloproctol.* 2018;34(2):59-71.
17. Gollub MJ, Maas M, Weiser M, Beets GL, Goodman K, Berkers L, et al. Recognition of the anterior peritoneal reflection at rectal MRI. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;200(1):97-101.
18. Kassam Z, Lang R, Arya S, Bates DDB, Chang KJ, Fraum TJ, et al. Update to the structured MRI report for primary staging of rectal cancer: Perspective from the SAR disease focused panel on rectal and anal cancer. *Abdom Radiol (New York).* 2022;47(10):3364-74.
19. Kassam Z, Lang R, Bates DDB, Chang KJ, Fraum TJ, Friedman KA, et al. SAR user guide to the rectal MR synoptic report (primary staging). *Abdom Radiol (New York).* 2023;48(1):186-99.
20. Consorti F, Lorenzotti A, Midiri G, Di Paola M. Prognostic significance of mucinous carcinoma of colon and rectum: A prospective case-control study. *J Surg Oncol.* 2000;73(2):70-4.
21. Beets-Tan RGH, Lambregts DMJ, Maas M, Bipat S, Barbaro B, Curvo-Semedo L, et al. Magnetic resonance imaging for clinical management of rectal cancer: Updated recommendations from the 2016 European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) consensus meeting. *Eur Radiol.* 2018;28(4):1465-75.
22. Puli SR, Bechtold ML, Reddy JB, Choudhary A, Antillon MR, Brugge WR. How good is endoscopic ultrasound in differentiating various T stages of rectal cancer? Meta-analysis and systematic review. *Ann Surg Oncol.* 2009;16(2):254-65.
23. Taylor FG, Swift RI, Blomqvist L, Brown G. A systematic approach to the interpretation of preoperative staging MRI for rectal cancer. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191(6):1827-35.
24. Horvat N, Tavares Rocha C, Clemente Oliveira B, Petkovska I, Gollub MJ. MRI of rectal cancer: tumor staging, imaging techniques, and management. *Radiographics.* 2019;39(2):367-87.
25. Lee MH, Kim DH. Low rectal cancers at initial staging MRI. *Radiographics.* 2023;43(11):e230080.
26. Heald RJ, Husband EM, Ryall RD. The mesorectum in rectal cancer surgery--the clue to pelvic recurrence? *Br J Surg.* 1982;69(10):613-6.
27. Al-Sukhni E, Milot L, Fruitman M, Beyene J, Victor JC, Schmoeker S, et al. Diagnostic accuracy of MRI for assessment of T category, lymph node metastases, and circumferential resection margin involvement in patients with rectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg Oncol.* 2012;19(7):2212-23.
28. Kotanagi H, Fukuoka T, Shibata Y, Yoshioka T, Aizawa O, Saito Y, et al. The size of regional lymph nodes does not correlate with the presence or absence of metastasis in lymph nodes in rectal cancer. *J Surg Oncol.* 1993;54(4):252-4.
29. Brown G, Richards CJ, Bourne MW, Newcombe RG, Radcliffe AG, Dailimore NS, et al. Morphologic predictors of lymph node status in rectal cancer with use of high-spatial-resolution MR imaging with histopathologic comparison. *Radiology.* 2003;227(2):371-7.
30. Kim JH, Beets GL, Kim MJ, Kessels AG, Beets-Tan RG. High-resolution MR imaging for nodal staging in rectal cancer: are there any criteria in addition to the size? *Eur J Radiol.* 2004;52(1):78-83.
31. Beets-Tan RGH. Pretreatment MRI of lymph nodes in rectal cancer: an opinion-based review. *Colorectal Dis.* 2013;15(7):781-4.
32. Lee S, Surabhi VR, Kassam Z, Chang KJ, Kaur H. Imaging of colon and rectal cancer. *Curr Probl Cancer.* 2023;47(2):100970.
33. Zech CJ, Korpraphong P, Huppertz A, Denecke T, Kim MJ, Tanomkiet W, et al. Randomized multicentre trial of gadoteric acid-enhanced MRI versus conventional MRI or CT in the staging of colorectal cancer liver metastases. *Br J Surg.* 2014;101(6):613-21.
34. Choi SH, Kim SY, Park SH, Kim KW, Lee JY, Lee SS, et al. Diagnostic performance of CT, gadoteric acid-enhanced MRI, and PET/CT for the diagnosis of colorectal liver metastasis: Systematic review and meta-analysis. *J Magn Reson Imaging.* 2018;47(5):1237-50.
35. Park SH, Cho SH, Choi SH, Jang JK, Kim MJ, Kim SH, et al. MRI Assessment of complete response to preoperative chemoradiation therapy for rectal cancer: 2020 Guide for Practice from the Korean Society of Abdominal Radiology. *Korean J Radiol.* 2020;21(7):812-28.
36. Awiwi MO, Kaur H, Ernst R, Rauch GM, Morani AC, Stanietzy N, et al. Restaging MRI of rectal adenocarcinoma after neoadjuvant chemoradiotherapy: imaging findings and potential pitfalls. *Radiographics.* 2023;43(4).
37. Nagtegaal I, Gaspar C, Marijnen C, van der Velde C, Fodde R, van Krieken H. Morphological changes in tumour type after radiotherapy are accompanied by changes in gene expression profile but not in clinical behaviour. *J Pathol.* 2004;204(2):183-92.
38. Horvat N, Hope TA, Pickhardt PJ, Petkovska I. Mucinous rectal cancer: concepts and imaging challenges. *Abdom Radiol (New York).* 2019;44(11):3569-80.
39. Méndez RJ, Ayuso JR. Diffusion-weighted MRI for diagnosing extramural venous invasion in rectal cancer after neoadjuvant therapy: a prognostic biomarker. *Radiology.* 2023;308(2):e231661.