

Actualización en el estudio por imágenes del mieloma múltiple

Update in the imaging study of multiple myeloma

Daniela Barahona-Zuleta 

Departamento de Imágenes, Clínica Alemana de Santiago, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Resumen

Los avances en el diagnóstico y el tratamiento del mieloma múltiple han llevado a la modificación de los criterios diagnósticos y de inicio de terapia, incorporándose a los criterios CRAB los eventos definitorios de mieloma. Las imágenes han evolucionado desde el estudio radiográfico hasta las modalidades de cuerpo completo, incluyendo la tomografía computarizada de baja dosis (TCBD), la tomografía por emisión de positrones (PET/CT) con 18F-fluorodesoxiglucosa y la resonancia magnética (RM) de cuerpo completo, siendo parte importante de la evaluación de los precursores del mieloma, de la estadificación de la enfermedad y de la evaluación de la respuesta a tratamiento. La TCBD posee mayor sensibilidad en la detección de lesiones óseas en comparación con el estudio radiográfico, la RM la mayor sensibilidad en la evaluación de la infiltración de la médula ósea y la PET/CT es la modalidad de elección en la valoración de la respuesta al tratamiento. El radiólogo debe conocer las características morfológicas de las lesiones originadas del mieloma en las distintas modalidades y reconocer las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de estudio.

Palabras clave: Mieloma múltiple. Resonancia magnética corporal total. Tomografía computarizada de cuerpo completo. Tomografía por emisión de positrones.

Abstract

Recent diagnosis and treatment advances in multiple myeloma have led to changes in diagnosis criteria and the decision to start treatment, adding to CRAB criteria the myeloma-defining events. The images have evolved from skeletal surveys to whole-body studies, including low-dose whole-body computed tomography (CT), positron emission tomography (PET/CT) with 18F-fluorodeoxyglucose, and whole-body magnetic resonance imaging (MRI), essential in evaluating myeloma precursors, disease staging, and response assessment. Low-dose whole-body CT has greater sensitivity to bone lesions detection than the skeletal survey, MRI has the greatest sensitivity in detecting bone marrow infiltration, and PET/CT is the best tool for evaluating disease response. The radiologist should know the morphologic changes in multiple myeloma and the advantages and limitations of each modality.

Keywords: Multiple myeloma. Whole-body magnetic resonance imaging. Whole-body low-dose computed tomography. Positron emission tomography.

Correspondencia:

Daniela Barahona-Zuleta
E-mail: danibarahona@gmail.com
2810-6954 / © 2024 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 04-11-2023

Fecha de aceptación: 08-01-2024

DOI: 10.24875/AJI.M24000029

Disponible en internet: 02-09-2024

Austral J. Imaging. 2024;30(4):242-252

www.resochradi.com

Introducción

El mieloma múltiple (MM) corresponde a la infiltración y proliferación maligna de células plasmáticas monoclonales en la médula ósea. Este se origina de estados precursores, como la gammaglobulina monoclonal de significado incierto y el mieloma latente o asintomático, los cuales tienen un riesgo de progresión anual a enfermedad activa de aproximadamente un 1% y un 10%, respectivamente¹.

El promedio de edad al diagnóstico se encuentra entre los 66 y los 70 años; un 37% de los pacientes tienen menos de 65 años, y menos del 1% son menores de 30 años².

En un paciente adulto con lesiones osteolíticas múltiples, la primera posibilidad diagnóstica es enfermedad metastásica; en ausencia de una neoplasia primaria, es MM.

Criterios diagnósticos

Por largo tiempo, el diagnóstico de MM activo o sintomático requería la presencia de daño en órgano diana, conocido con el acrónimo CRAB (Tabla 1), resultado de la infiltración de células plasmáticas o del exceso de cadenas livianas. Sin embargo, se excluía de terapia un subgrupo de pacientes con alto riesgo de progresión a enfermedad sintomática, potencialmente beneficiarios de tratamiento precoz y de mayor sobrevida, previo a la ocurrencia del daño orgánico. Esto llevó a la adición de tres nuevos criterios diagnósticos, llamados eventos definitorios de mieloma (EDM) (Tabla 2). Cada uno de estos eventos se asocia a un riesgo $\geq 80\%$ de desarrollo de daño en órgano diana en 2 años.

En la actualidad, el diagnóstico de MM sintomático requiere $> 10\%$ de células plasmáticas clonales en la médula ósea o un plasmocitoma óseo o extraóseo más un criterio CRAB o EDM.

La presencia de una o más lesiones osteolíticas corresponde a uno de los cuatro criterios CRAB, lo que implica la utilización de imágenes para su detección, ya sea mediante radiografía, tomografía computarizada de baja dosis (TCBD) o tomografía por emisión de positrones (PET/CT, *positron emission tomography/computed tomography*). En los EDM se incorporó como nuevo criterio imagenológico la detección en resonancia magnética (RM) de dos o más lesiones focales $\geq 5\text{ mm}^3$. Es posible realizar el diagnóstico de MM sintomático en ausencia de lesiones óseas, pero hasta el 90% de los pacientes desarrollarán lesiones durante el transcurso de su enfermedad.

Tabla 1. Criterios CRAB

Hipercalcemia	Calcio sérico $> 1\text{ mg/dl}$ sobre el rango normal o $> 11\text{ mg/dl}$
Insuficiencia renal	Aclaramiento $< 40\text{ ml/min}$ o creatinina sérica $> 2\text{ mg/dl}$
Anemia	Hemoglobina $> 20\text{ g/l}$ bajo el límite inferior normal o $< 100\text{ g/l}$
Lesiones óseas	≥ 1 lesión osteolítica en radiografía, TC o PET/CT

Tabla 2. Eventos definitorios de mieloma (EDM)

$\geq 60\%$ de células plasmáticas clonales en biopsia de médula ósea
Relación de cadenas livianas libres ≥ 100 (valor absoluto de la alterada $\geq 100\text{ mg/l}$)
1 lesión focal en resonancia magnética $\geq 5\text{ mm}$

Rol de las imágenes

Diagnóstico

En un paciente con sospecha de MM activo, en ausencia de los criterios suficientes para confirmarlo, la detección de lesiones osteolíticas o de más de una lesión focal $> 5\text{ mm}$ en la RM permite la confirmación diagnóstica para el inicio de terapia.

En el estudio de precursores de mieloma, como en el plasmocitoma solitario, el mieloma latente o la gammaglobulina monoclonal de significado incierto de alto riesgo, la detección de lesiones óseas modifica el estado de la enfermedad a MM sintomático, requiriendo inicio de terapia; en cambio, la ausencia de lesiones y de otros criterios CRAB o EDM evita el inicio de un tratamiento tóxico innecesario⁴.

Estadíaje

El MM se categoriza en tres etapas de acuerdo con la clasificación Durie-Salmon o el *Revised International Staging System* (Tabla 3). La primera incluye la ausencia o presencia de enfermedad ósea, además de parámetros séricos y urinarios, y el segundo considera parámetros séricos y citogenéticos, sin incluir la evaluación ósea⁵. La utilización de las imágenes en el estadíaje permite una aproximación de la carga tumoral: a mayor número de lesiones óseas, peor es el pronóstico y más avanzada es la etapa de la enfermedad.

Tabla 3. Clasificación Durie-Salmon y *Revised International Staging System*

Etapa	Durie-Salmon	<i>Revised International Staging System</i>
I	Hemoglobina > 10 g/dl Calcio sérico normal o < 10,5 mg/dl Estructura ósea normal o plasmocitoma solitario IgG < 5 g/dl; IgGA < 3 g/dl Cadenas livianas urinarias < 4 g/24 h	β 2 microglobulina sérica < 3,5 mg/l Albúmina sérica \geq 3,5 g/dl Anormalidades cromosómicas de riesgo estándar LDH normal
II	No cumple criterios de etapa I ni III	No cumple criterios de etapa I ni III
III	Hemoglobina < 8,5 g/dl Calcio sérico > 12 mg/dl > 3 lesiones osteolíticas IgG > 7 g/dl; IgA > 5 g/dl Cadenas livianas urinarias > 12 g/24 h	β 2 microglobulina sérica > 5,5 mg/l y anormalidades cromosómicas de riesgo alto o LDH elevada

Ig: inmunoglobulina; LDH: lactato deshidrogenasa.

Evaluación de la respuesta al tratamiento

La heterogeneidad de la distribución de la enfermedad en la médula ósea y la presencia de compromiso extramedular en hasta un 10% de los pacientes hacen necesaria la evaluación de la enfermedad fuera de la médula o de los sitios de biopsia estandarizados, mediante el estudio de imágenes. Por este motivo, en la última revisión del International Myeloma Working Group (IMWG), en 2016, se incorporaron criterios de respuesta imagenológica, principalmente con el uso de PET/CT con 18F-fluorodesoxiglucosa (18F-FDG).

La respuesta completa requiere un porcentaje < 5% de células plasmáticas clonales en aspirado de médula ósea, proteína monoclonal en sangre y orina indetectable, además de la resolución de plasmocitomas extramedulares en caso de existir; para una respuesta completa estricta se requiere, además, la evaluación de la relación de cadenas livianas y la ausencia de células plasmáticas clonales en la médula por inmunohistoquímica. La respuesta parcial y mínima requiere una disminución \geq 50% en la suma del producto de los diámetros perpendiculares (SPD) de los plasmocitomas extraóseos, además de la evaluación de los parámetros de proteína monoclonal, células plasmáticas y cadenas livianas. Dentro de los criterios de enfermedad progresiva se encuentra la aparición de nuevas lesiones focales, \geq 50% de incremento del SPD en más de una lesión focal en comparación al nadir o \geq 50% de incremento en el diámetro mayor de una lesión focal de más de 1 cm en el eje corto⁶.

Existe un 1-2% de pacientes con MM no secretor, es decir, que no presentan proteínas monoclonales detectables en sangre ni orina, en los cuales la monitorización de la enfermedad se realiza exclusivamente con estudios de imágenes y de médula ósea⁷.

Sospecha de recaída

En pacientes en seguimiento con inicio de síntomas o signos de recaída en estudios de laboratorio, la aparición en las imágenes de nuevas lesiones osteolíticas o plasmocitomas extramedulares, o un aumento absoluto de su tamaño, forman parte de los criterios de recaída de enfermedad⁶.

Modalidades de imágenes

Estudio radiográfico

Históricamente, la presencia de lesiones líticas era evaluada mediante un extenso estudio radiográfico que incluía proyecciones de columna cervical, torácica y lumbar, cráneo, tórax, pelvis, húmeros y fémures, además de imágenes focalizadas en sitios sintomáticos en caso de existir. Para que una lesión lítica pueda ser detectada en una radiografía requiere aproximadamente un 50% de destrucción ósea; esta baja sensibilidad origina un 30-70% de falsos negativos⁸. Los hallazgos característicos del MM en la radiografía son lesiones osteolíticas con festoneado endosteal, múltiples lesiones líticas pequeñas agrupadas con apariencia moteada y lesiones líticas «en sacabocados» que corresponden a lesiones focales hipodensas sin halo de esclerosis⁹ (Fig. 1). Característicamente las lesiones líticas del mieloma presentan escasa o nula reacción esclerótica debido a una alteración de la actividad osteoblástica, y por ello no se recomienda la evaluación con cintígrama óseo¹⁰. Con frecuencia estos hallazgos se asocian a osteopenia difusa y fracturas, en especial de cuerpos vertebrales, pero estos no forman parte de los criterios diagnósticos del MM³.

Además de la baja sensibilidad en la detección de lesiones focales, la radiografía no es de utilidad en la evaluación de la respuesta al tratamiento, ya que la desregulación de la actividad osteoblástica dificulta la reparación de las lesiones, que pueden permanecer sin cambios a pesar de una evolución favorable. En la

actualidad, el estudio radiográfico no forma parte de la evaluación del mieloma y ha sido reemplazado por nuevas modalidades; solo está indicado en sitios que no dispongan de otras alternativas¹¹.

TCBD

Tiene mayor sensibilidad que el estudio radiográfico en la detección de lesiones óseas, requiere menos de un 5% de destrucción trabecular, es mejor tolerada y más rápida, y resulta un estudio costo-efectivo. Si bien puede detectar lesiones extramedulares, al ser un estudio habitualmente sin contraste intravenoso, y no enfocado a la evaluación de las partes blandas, no es la modalidad de elección para su detección. Permite estimar el riesgo de fractura o inestabilidad, además de la realización de reconstrucciones multiplanares. Aunque tiene un alto valor predictivo positivo (94,1%), presenta un bajo valor predictivo negativo (58,8%)¹². El alto contraste óseo espontáneo permite la reducción de la dosis

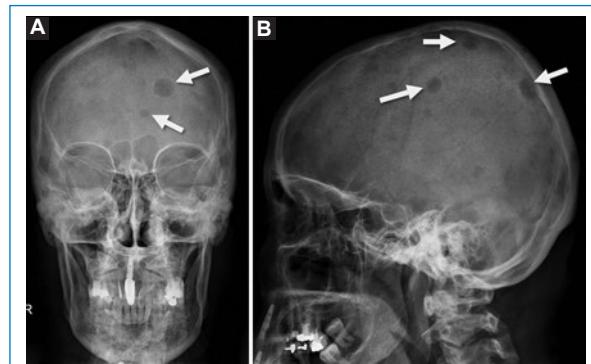


Figura 1. Radiografías de cráneo anteroposterior (A) y lateral (B) que demuestran lesiones osteolíticas (flechas) con morfología «en sacabocados».

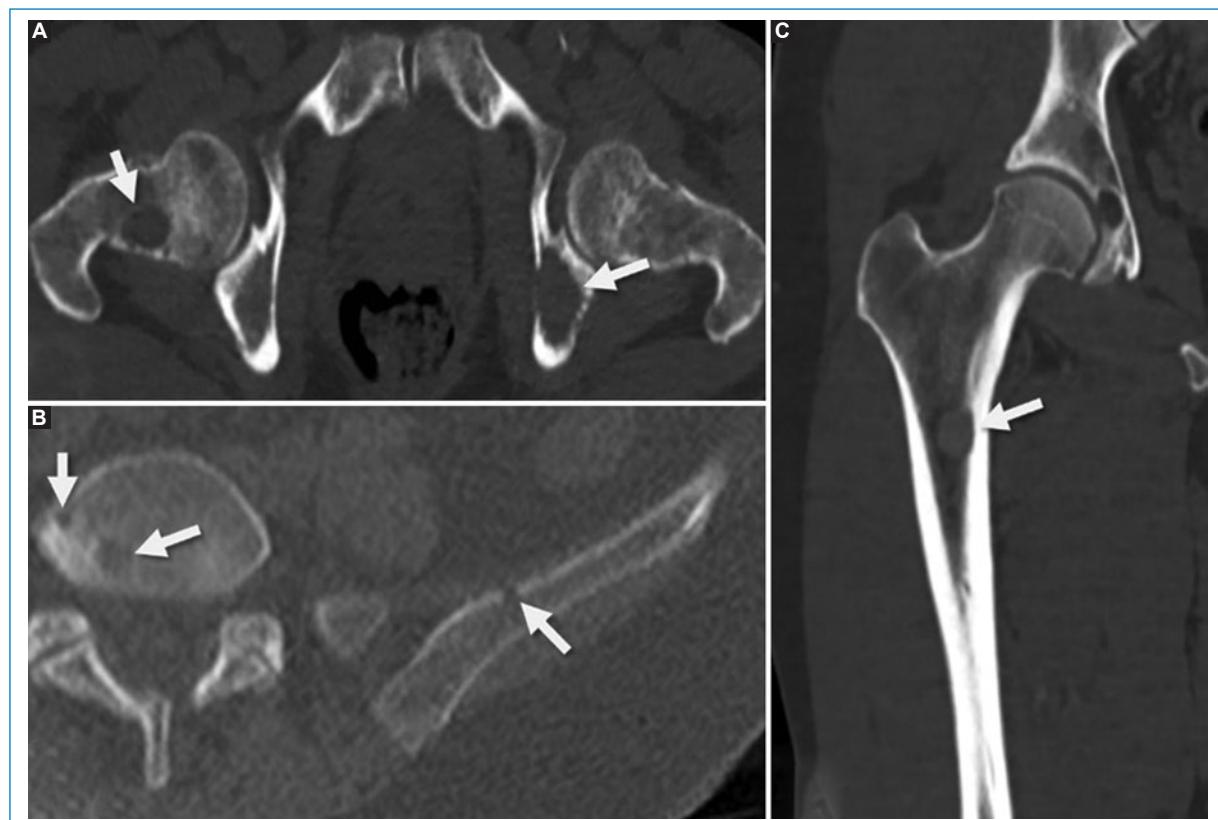


Figura 2. TC axial de pelvis (A y B) con lesiones osteolíticas sin halo esclerótico (flechas) y TC coronal de fémur (C) con foco nodular de aumento de la densidad de la médula ósea que determina festoneado endosteal (flecha).

de radiación en comparación con estudios que requieren una evaluación de las partes blandas, preservando una calidad de imagen suficiente. Con la disminución de las corrientes del tubo y la modulación de dosis automática se puede lograr una significativa reducción de la dosis de radiación, a valores de alrededor de 5 mSv¹³.

Las lesiones óseas en la TCBD presentan características similares a las descritas en la radiografía: se manifiestan como lesiones osteolíticas, frecuentemente con ausencia de esclerosis periférica, con disruptión de la cortical o componente de partes blandas extramedular y festoneado endosteal (en caso de localización central en huesos tubulares), y además se pueden asociar a osteopenia y fracturas osteoporóticas (Fig. 2). La TCBD tiene baja sensibilidad en la detección de infiltración medular sin destrucción ósea; puede

observarse como aumento en la densidad focal o difusa del canal medular en los huesos largos, aunque no es un hallazgo específico¹⁴ (Fig. 3).

El mieloma osteoesclerótico es una manifestación rara de la enfermedad que se presenta como múltiples lesiones escleróticas o áreas de esclerosis difusa, con frecuencia asociado al síndrome POEMS (*Polyneuropathy, Organomegaly, Endocrinopathy, Monoclonal protein and Skin changes*)¹⁵ (Fig. 4).

La TCBD no se recomienda en la evaluación de la respuesta al tratamiento, ya que los cambios morfológicos son tardíos y en muchas ocasiones inexistentes, a pesar de una remisión completa, debido a la alteración de la función osteoblástica.

RM de cuerpo completo

La RM es el método de mayor sensibilidad en la detección de infiltración de la médula ósea focal o difusa, previo a la destrucción ósea¹⁶. Es la modalidad de elección en el estudio de complicaciones como la compresión espinal o para distinguir entre fractura osteoporótica o en hueso patológico.

En la actualidad es posible la realización de estudios de RM corporal total en menos de 60 minutos, con combinaciones de secuencias T1 coronal, STIR (*Short Tau Inversion Recovery*) coronal y axial difusión, incorporando o no secuencias sagitales, habitualmente sin uso de medio de contraste (Fig. 5). En caso de no disponer del estudio corporal total, como alternativa es posible realizar una RM de columna completa y de pelvis, considerando que la mayoría de las lesiones se localizan en el esqueleto axial, con el riesgo de omitir lesiones del esqueleto apendicular, las cuales se

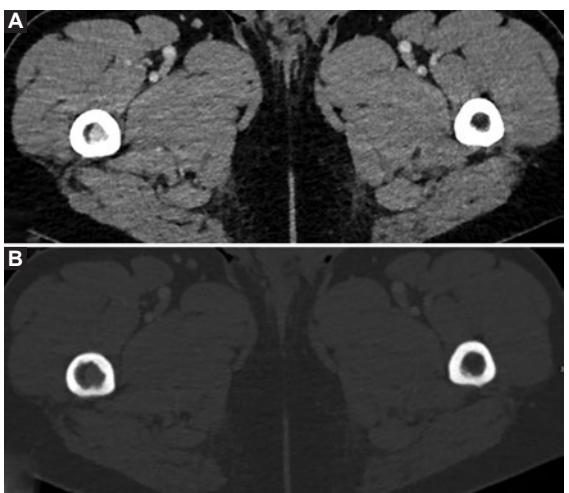


Figura 3. TC axial de diáfisis femorales con ventana de partes blandas (A) y ósea (B) que muestra aumento en la densidad de la cavidad medular femoral derecha, en comparación con la contralateral con densidad adiposa.

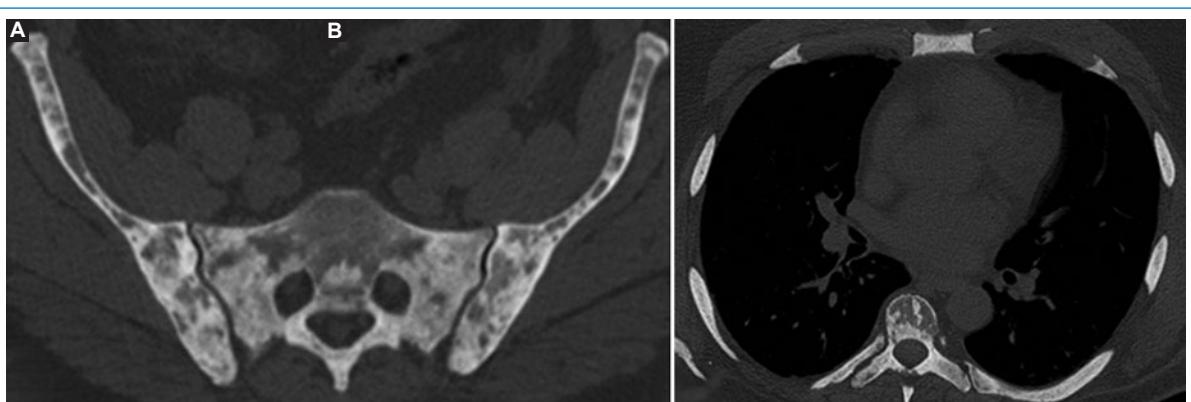


Figura 4. TC axial de pelvis (A) y tórax (B) con extenso aumento heterogéneo de la densidad ósea en un paciente con mieloma osteoesclerótico.

pueden encontrar en forma exclusiva en un 10% de los pacientes¹⁷.

Las lesiones del MM se manifiestan con iso- a hiposeñal T1 en comparación con la señal del músculo, moderada a alta señal en T2 y T2 STIR, con restricción en difusión y realce de contraste en caso de utilizarlo (Fig. 6). También se pueden observar plasmocitomas vertebrales con morfología tipo *mini-brain*, correspondientes a lesiones expansivas con bandas curvilíneas hipointensas que asemejan los surcos encefálicos¹⁸ (Fig. 7).

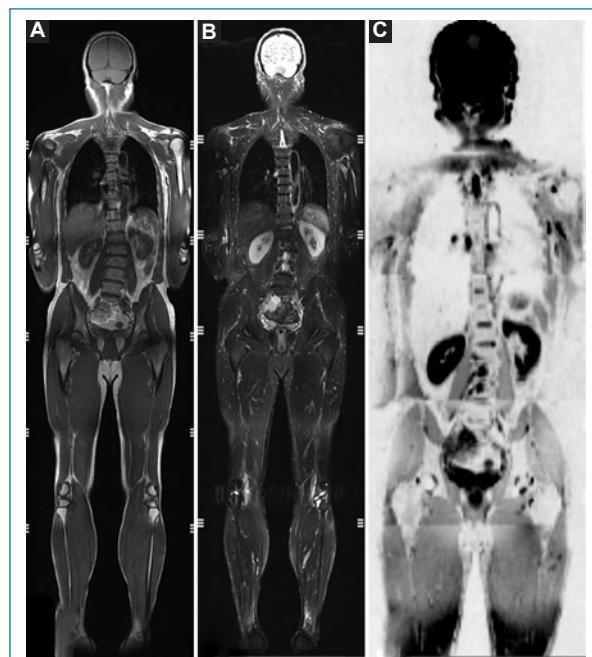


Figura 5. Protocolo de RM corporal total: coronal T1 de cuerpo completo (A), STIR coronal (B) y difusión coronal con escala de grises invertida (C).

Puede existir mayor dificultad en la interpretación en caso de reconversión de la médula ósea, ya sea por anemia, quimioterapia o estimuladores de colonias, siendo la médula ósea amarilla reemplazada por médula hematopoyética, la cual presenta características de señal cercanas a las de la médula infiltrada, volviendo menos conspicuas las lesiones focales. Las transfusiones reiteradas y el trasplante medular pueden determinar sobrecarga de hierro y disminución de la señal de la médula incluso en las secuencias potenciadas en difusión. La médula ósea normal presenta bajos valores de ADC, ya que la médula amarilla contiene poca agua, células lipídicas grandes hidrófobas y escasa irrigación, lo que restringe el movimiento del agua, y por esto las lesiones tumorales pueden presentar mayores niveles de ADC en comparación con la médula normal¹².

Se han descrito cinco patrones de infiltración de la médula ósea en RM, siendo el patrón difuso o focal, o la combinación de focal y difuso, de peor pronóstico en comparación con el patrón normal o «en sal y pimienta» (Fig. 8). A pesar de su peor pronóstico, el patrón difuso no se considera dentro de los criterios diagnósticos en las guías clínicas actuales. Otro factor de mal pronóstico es la detección de más de siete lesiones focales¹⁹.

La detección en RM de más de una lesión focal compatible ≥ 5 mm modifica el manejo de la enfermedad, permitiendo el inicio de la terapia previo a la aparición de síntomas. En el caso de lesiones focales dudosas, una lesión aislada, lesiones < 5 mm o un patrón de infiltración difuso, se recomienda reevaluar en 3 a 6 meses.

La RM tiene algunas limitaciones en la evaluación de la respuesta al tratamiento. La señal de la médula

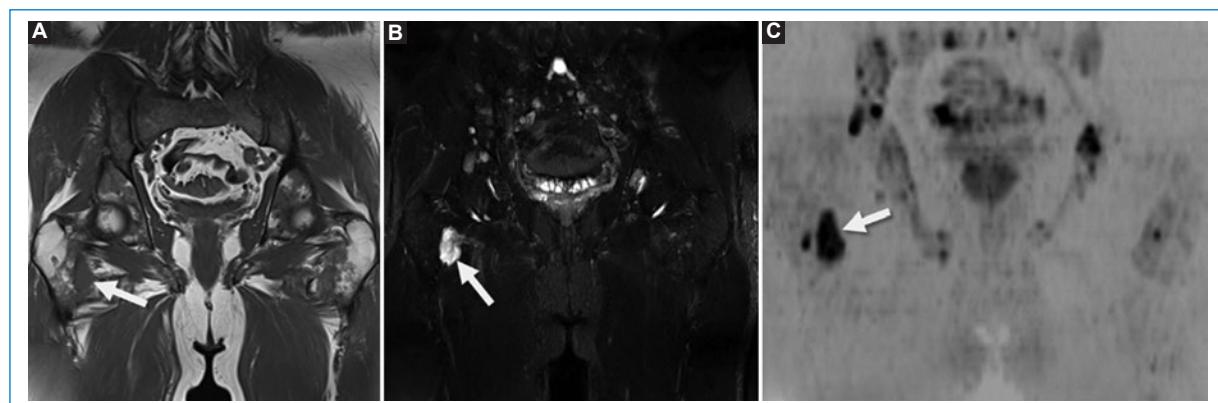


Figura 6. RM de pelvis, secuencia coronal T1 (A) que demuestra múltiples lesiones hipointensas, la dominante en el trocánter menor del fémur derecho, hiperintensa en STIR (B), que restringe en difusión (C) (flechas), compatibles con focos de infiltración medular.

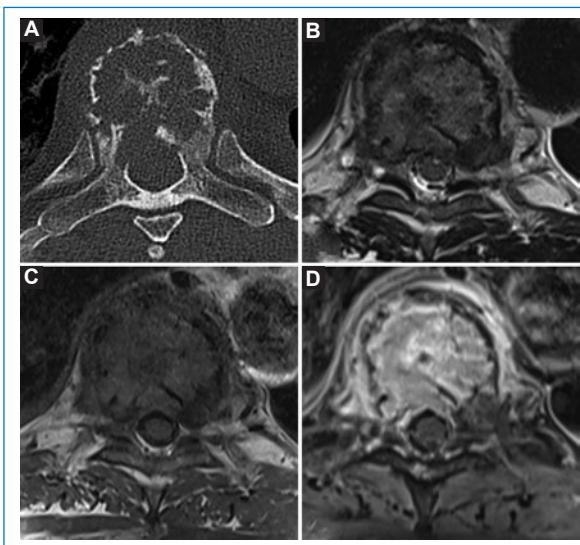


Figura 7. TC axial de columna dorsal que muestra una lesión osteolítica con algunas bandas densas que ocupa gran parte del cuerpo vertebral, con morfología *mini-brain*, compatible con plasmocitoma (A), y RM de columna dorsal de la misma lesión, con leve hiperseñal T2 y bandas hipointensas (B), isoseñal en comparación con el músculo en T1 (C) y realce intenso con el contraste intravenoso, siendo más evidente el componente de partes blandas perivertebral (D).

ósea tarda en variar luego del inicio de la terapia y tiene menor especificidad en la diferenciación entre enfermedad viable o remodelación ósea en comparación con la PET/CT⁶.

Existe una propuesta de estandarización de la evaluación de la enfermedad y de la respuesta al tratamiento con RM de cuerpo completo, llamada MY-RADS (*Myeloma Response Assessment and Diagnosis System*), en un intento de unificar criterios²⁰.

En el caso de evidente modificación del patrón de infiltración, resolución o aumento en número o tamaño de lesiones focales, es correcta la interpretación de la respuesta imagenológica como completa, parcial o progresiva, pero la estabilidad morfológica no debe interpretarse como enfermedad estable, ya que puede existir compromiso no viable sin variación imagenológica²¹. La aparición de alta señal T1 en la periferia o en el interior de una lesión focal, la pérdida de la definición y la menor impregnación traducen una respuesta parcial¹² (Fig. 9). Algunos estudios han incorporado perfusión dinámica en la evaluación de la respuesta al tratamiento, con obtención de curvas de intensidad, aumentando los tiempos del estudio, lo que

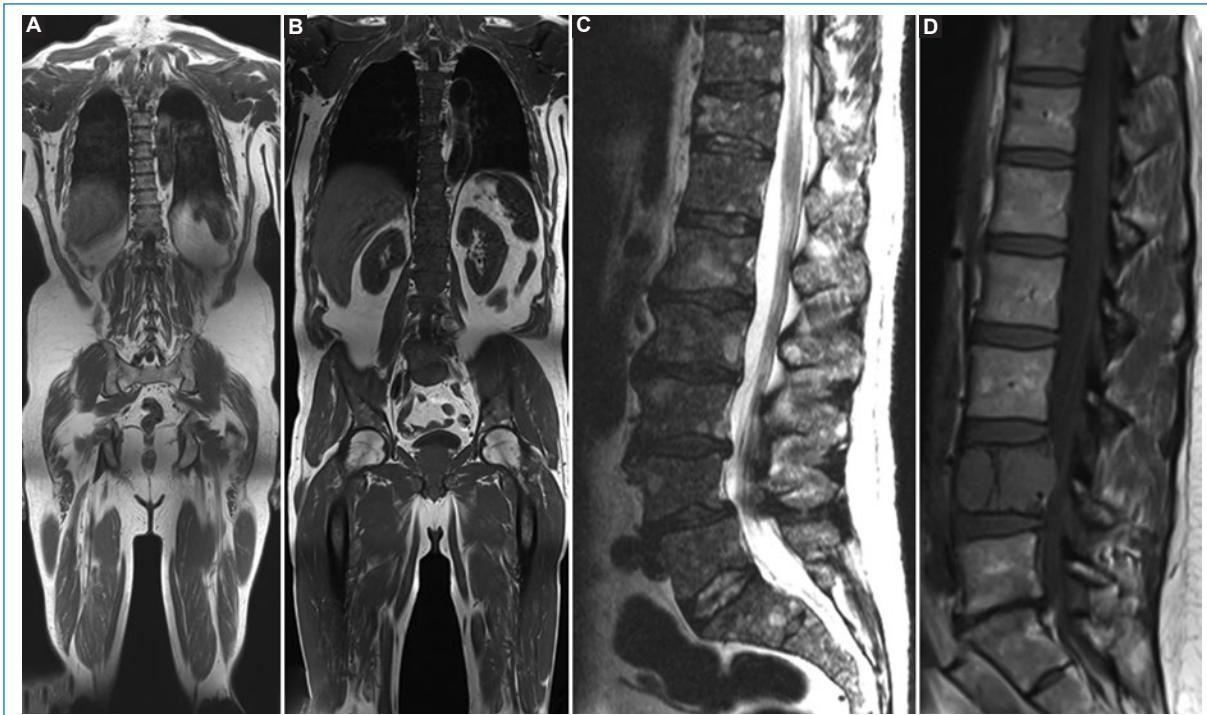


Figura 8. RM de cuerpo completo coronal con hiperseñal T1 característica de la médula ósea grasa normal (A), RM corporal coronal con hiposeñal T1 difusa de la columna y pelvis, y señal normal de las cabezas femorales, en el contexto de un patrón infiltrativo difuso (B), RM sagital T2 de columna lumbar con señal heterogénea tipo «sal y pimienta» (C) y RM sagital T1 de columna lumbar con una lesión expansiva que reemplaza el cuerpo vertebral L4, hipointensa, compatible con plasmocitoma y patrón focal (D).

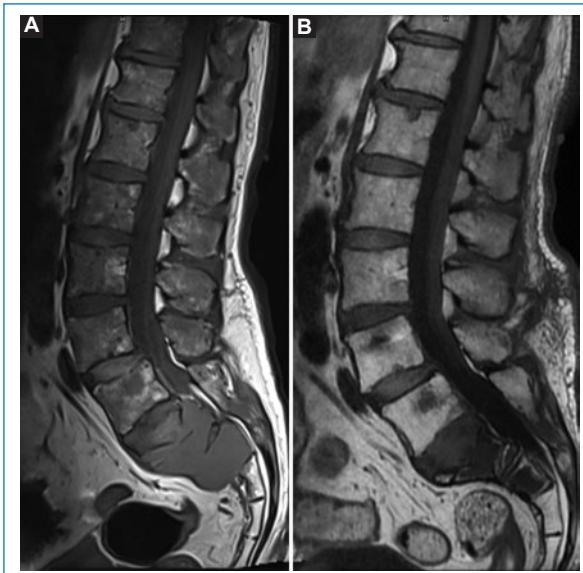


Figura 9. RM sagital T1 de columna lumbar pretratamiento (A) que muestra lesiones expansivas en S1 y S2, isointensas al músculo, con fractura en hueso patológico de S1, además de patrón infiltrativo en «sal y pimienta» en los restantes cuerpos vertebrales, y RM sagital de columna lumbar T1 posterior a tratamiento (B) con normalización de la señal T1 de la médula ósea lumbar, disminución de la señal de las lesiones sacras y aparición de bordes de alta señal T1, compatible con respuesta completa o parcial.

actualmente no está incluido dentro de los criterios de respuesta de las guías clínicas.

18F-FDG PET/CT

La PET/CT, al contar con una TC de cuerpo completo, es una de las opciones para la detección de lesiones líticas en pacientes con precursores del MM. Las lesiones osteolíticas detectadas con esta modalidad se consideran dentro de los criterios CRAB; sin embargo, focos hipermetabólicos óseos, sin representación anatómica, no forman parte de los criterios diagnósticos (Fig. 10). Una de las ventajas de la PET/CT es la capacidad de detección de enfermedad extramedular, hallazgo de mal pronóstico, que se manifiesta como masas de partes blandas de márgenes definidos y de impregnación homogénea (Fig. 11). Otros factores de mal pronóstico son la detección de más de tres lesiones focales y de lesiones focales hipermetabólicas con valores elevados de SUV (*Standarized Uptake Value*)²².

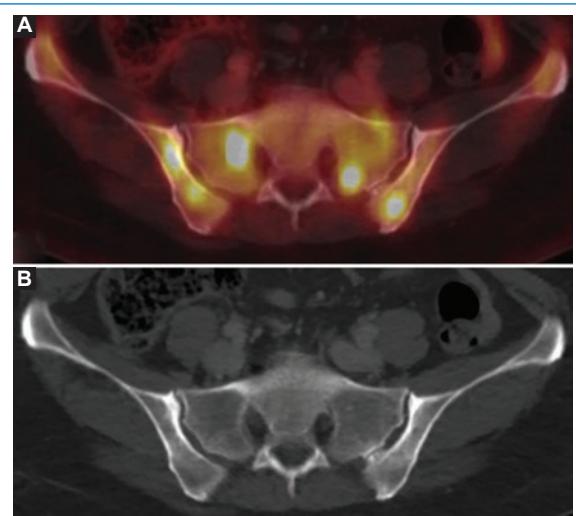


Figura 10. PET/CT FDG fusión axial que muestra múltiples focos hipermetabólicos en la médula ósea de los huesos pélvicos (A) sin representación en TC axial de pelvis (B), compatibles con compromiso por mieloma múltiple.

No se han demostrado diferencias significativas en la sensibilidad y la especificidad de la RM corporal total y la PET/CT en la detección de lesiones óseas focales²³; sin embargo, la RM muestra mayor sensibilidad en la detección de infiltración medular difusa.

Las lesiones del MM presentan las características ya descritas para la TC, con la adición de captación del radiotrazador, lo que facilita su detección. Sin embargo, existe aproximadamente un 10% de pacientes que presentan lesiones focales sin metabolismo significativo (captación similar al fondo), en quienes las lesiones solo podrán ser detectadas en la evaluación anatómica (Fig. 12). Estos falsos negativos en la PET han demostrado asociarse a baja expresión de la enzima hexocinasa-2, encargada de la fosforilación de la glucosa y por lo tanto de la FDG. Esta fosforilación retiene el radiofármaco en el interior de la célula, impidiendo su regreso a través de la membrana celular²⁴.

Existen patrones de captación de FDG focales, difusos o mixtos que pueden no tener correlación con lesiones osteolíticas (Fig. 13); hallazgos que no son considerados dentro de los criterios diagnósticos, pero que son de mal pronóstico²⁵.

La ventaja de la PET/CT es la capacidad de diferenciar entre lesiones activas e inactivas en la evaluación de la respuesta al tratamiento, siendo los cambios metabólicos previos a los morfológicos, además de la detección de la enfermedad extramedular. Algunas desventajas, además de su costo elevado, son los falsos

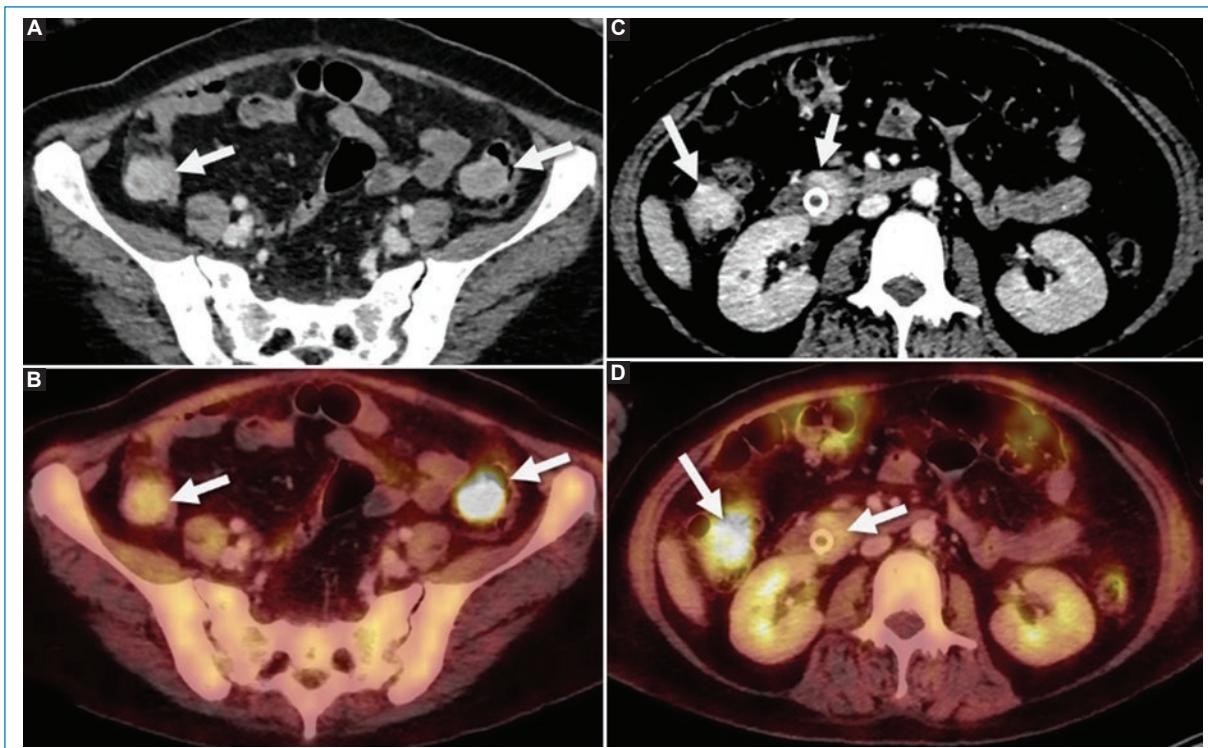


Figura 11. TC con contraste en fase venosa y fusión axial de pelvis y abdomen de PET/CT FDG que muestra múltiples lesiones focales sólidas, redondeadas, bien definidas y de realce homogéneo en el peritoneo de la fosa iliaca derecha y en la serosa del colon descendente en la fosa iliaca izquierda (flechas en **A** y **B**), una lesión polipoide en el ángulo hepático del colon y otra lesión en la papila duodenal con un *stent* biliar (flechas en **C** y **D**), con distinta afinidad por la FDG, compatibles con plasmocitomas extramedulares.



Figura 12. PET/CT FDG fusión y TC axial de pelvis que muestran una lesión osteolítica iliaca izquierda y una lesión de partes blandas presacra izquierda con escasa captación del trazador (flechas en **A** y **B**).

positivos debido a procesos inflamatorios o al uso de estimuladores de colonias, que determinan captación difusa de la médula ósea, y los falsos negativos en lesiones focales poco ávidas de FDG que imposibilitan la valoración de la respuesta metabólica, debiendo utilizarse para ello solo parámetros morfológicos.

La PET/CT, a pesar de ser considerada la modalidad de elección para la evaluación de la respuesta al tratamiento, no cuenta con una estandarización como la escala Deauville utilizada en el linfoma. Algunos estudios definen la respuesta metabólica completa como una disminución de la captación a valores similares o

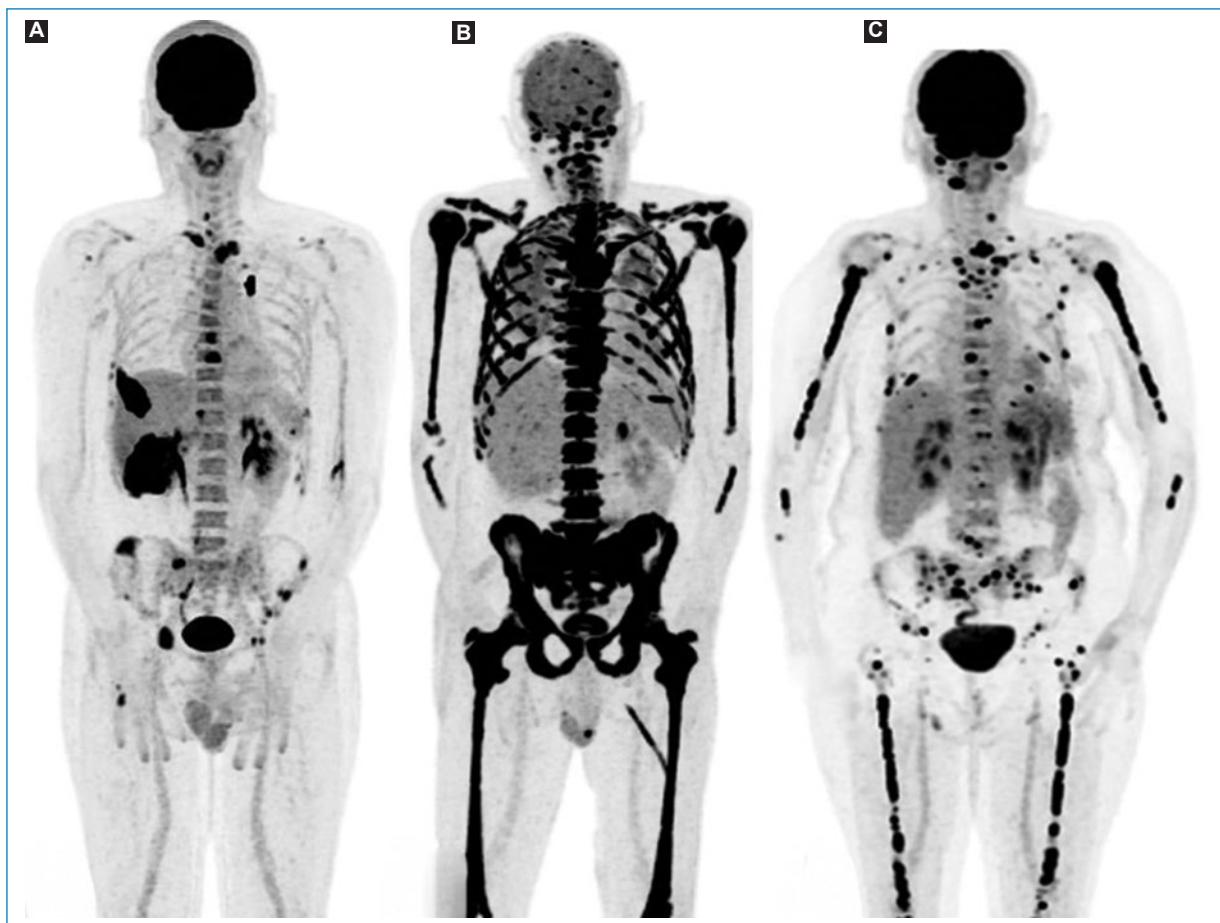


Figura 13. Patrones de infiltración de la médula ósea en imagen MIP de PET/CT FDG: patrón focal con múltiples lesiones focales hipermetabólicas en huesos pélvicos, costillas y vértebras (A), patrón difuso con captación difusamente aumentada de la médula ósea axial y appendicular (B) y patrón mixto con captación difusa de la médula ósea appendicular y multifocal en el esqueleto axial (C).

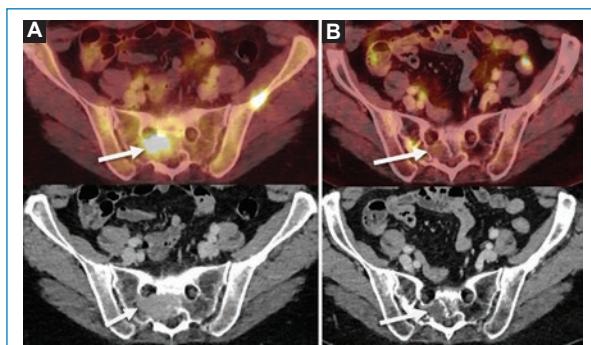


Figura 14. PET/CT FDG fusión y TC axial de pelvis venosa de estadificación de mieloma múltiple (A) que muestra una lesión osteolítica hipermetabólica sacra con densidad de partes blandas (flechas) y una fractura no desplazada ilíaca izquierda. En el control posterior al tratamiento (B) se observa respuesta completa caracterizada por resolución del metabolismo, disminución de la impregnación con el contraste y aparición de márgenes escleróticos (flechas).

menores en comparación con las estructuras vasculares o con el fondo²⁶ (Fig. 14).

Recomendaciones del IMWG

El último consenso del IMWG, de 2019²⁷, en relación con el estudio por imágenes de los trastornos de células plasmáticas monoclonales, recomienda el reemplazo del estudio radiográfico por la TCBD.

En el caso de la gammopathy monoclonal de significado incierto de alto riesgo no IgM, sugiere iniciar el estudio con TCBD y, si resulta negativo, mantener controles anuales realizando imágenes solo en casos sintomáticos; si los hallazgos son dudosos, complementar con RM de cuerpo completo, y en casos positivos, realizar PET/CT.

En el estudio del plasmocitoma solitario óseo recomienda RM de cuerpo completo, y en los plasmocitomas

extraóseos recomienda PET/CT, con controles anuales durante 5 años con la misma modalidad de imagen.

En la evaluación del mieloma latente, el MM activo y en caso de sospecha de recaída recomienda TCBD, y si el resultado es negativo o inconcluso, RM de cuerpo completo; sin embargo, para la valoración de la respuesta al tratamiento aconseja PET/CT.

Conclusión

La evaluación por imágenes del MM es relevante en todas las etapas de la enfermedad, incluyendo el estudio de los precursores. En la actualidad la radiografía, debido a su baja sensibilidad, se ha reemplazado por estudios de cuerpo completo. Si bien existen múltiples modalidades de imágenes y recomendaciones de guías clínicas, la elección del tipo de estudio a utilizar dependerá de la disponibilidad, la accesibilidad y la experiencia de los distintos grupos de trabajo.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

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.

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

- Bergstrom DJ, Kotb R, Louzada ML, Sutherland HJ, Tavoularis S, Venner CP. Consensus guidelines on the diagnosis of multiple myeloma and related disorders: recommendations of the Myeloma Canada Research Network Consensus Guideline Consortium. *Clin Lymphoma Myeloma Leuk.* 2020;20:e352-67.
- Kazandjian D. Multiple myeloma epidemiology and survival: a unique malignancy. *Semin Oncol.* 2016;43:676-81.
- Rajkumar SV. Updated diagnostic criteria and staging system for multiple myeloma. *Am Soc Clin Oncol Educ Book.* 2016;35:e418-23.
- Chantry A, Kazmi M, Barrington S, Goh V, Mulholland N, Streetly M, et al. British Society for Haematology Guidelines. Guidelines for the use of imaging in the management of patients with myeloma. *Br J Haematol.* 2017;178:380-93.
- Lee K, Kim KW, Ko Y, Park HY, Chae EJ, Lee JH, et al. Comprehensive updates in the role of imaging for multiple myeloma management based on recent international guidelines. *Korean J Radiol.* 2021;22:1497-513.
- Kumar S, Paiva B, Anderson KC, Durie B, Landgren O, Moreau P, et al. International Myeloma Working Group consensus criteria for response and minimal residual disease assessment in multiple myeloma. *Lancet Oncol.* 2016;17:e328-46.
- Charliński G, Jurczyszyn A. Non-secretory multiple myeloma: diagnosis and management. *Adv Clin Exp Med.* 2022;31:95-100.
- Edelstyn GA, Gillespie PJ, Grebbell FS. The radiological demonstration of osseous metastases. Experimental observations. *Clin Radiol.* 1967; 18:158-62.
- Terpos E, Moulopoulos LA, Dimopoulos MA. Advances in imaging and the management of myeloma bone disease. *J Clin Oncol.* 2011;29:1907-15.
- Reagan MR, Liaw L, Rosen CJ, Ghobrial IM. Dynamic interplay between bone and multiple myeloma: emerging roles of the osteoblast. *Bone.* 2015;75:161-9.
- Hillengass J, Moulopoulos LA, Delorme S, Koutoulidis V, Mosebach J, Hielscher T, et al. Whole-body computed tomography versus conventional skeletal survey in patients with multiple myeloma: a study of the International Myeloma Working Group. *Blood Cancer J.* 2017;7:e599.
- Ormond Filho AG, Carneiro BC, Pastore D, Silva IP, Yamashita SR, Consolo FD, et al. Whole-body imaging of multiple myeloma: diagnostic criteria. *Radiographics.* 2019;39:1077-97.
- Healy CF, Murray JG, Eustace SJ, Madewell J, O'Gorman PJ, O'Sullivan P. Multiple myeloma: a review of imaging features and radiological techniques. *Bone Marrow Res.* 2011;2011:583439.
- Koutoulidis V, Terpos E, Klapa I, Cheliotis G, Ntanasis-Stathopoulos I, Bouladaki A, et al. Whole-body low-dose CT in multiple myeloma: diagnostic value of appendicular medullary patterns of attenuation. *AJR Am J Roentgenol.* 2021;216:742-51.
- Divakar M, Shyam A, Hadgaonkar S, Sancheti P, Aiyer SN. Osteosclerotic multiple myeloma without POEMS syndrome — a rare case report. *J Orthop Case Rep.* 2022;12:18-21.
- Hillengass J, Landgren O. Challenges and opportunities of novel imaging techniques in monoclonal plasma cell disorders: imaging "early myeloma". *Leuk Lymphoma.* 2013;54:1355-63.
- Bäuerle T, Hillengass J, Fechtner K, Zechmann CM, Grenacher L, Moehler TM, et al. Multiple myeloma and monoclonal gammopathy of undetermined significance: importance of whole-body versus spinal MR imaging. *Radiology.* 2009;252:477-85.
- Major NM, Helms CA, Richardson WJ. The "mini brain": plasmacytoma in a vertebral body on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175:261-3.
- Walker R, Barlogie B, Haessler J, Tricot G, Anaissie E, Shaughnessy JD Jr, et al. Magnetic resonance imaging in multiple myeloma: diagnostic and clinical implications. *J Clin Oncol.* 2007;25:1121-8.
- Messiou C, Hillengass J, Delorme S, Lecouvet FE, Moulopoulos LA, Collins DJ, et al. Guidelines for acquisition, interpretation, and reporting of whole-body MRI in myeloma: Myeloma Response Assessment and Diagnosis System (MY-RADS). *Radiology.* 2019;291:5-13.
- Dutoit JC, Verstraete KL. Whole-body MRI, dynamic contrast-enhanced MRI, and diffusion-weighted imaging for the staging of multiple myeloma. *Skeletal Radiol.* 2017;46:733-50.
- Zamagni E, Patriarca F, Nanni C, Zannetti B, Englaro E, Pezzi A, et al. Prognostic relevance of 18-F FDG PET/CT in newly diagnosed multiple myeloma patients treated with up-front autologous transplantation. *Blood.* 2011;118:5989-95.
- Weng WW, Dong MJ, Zhang J, Yang J, Xu Q, Zhu YJ, et al. A systematic review of MRI, scintigraphy, FDG-PET and PET/CT for diagnosis of multiple myeloma related bone disease — which is best? *Asian Pac J Cancer Prev.* 2014;15:9879-84.
- Rasche L, Anguacio E, McDonald JE, Buros A, Stein C, Pawlyn C, et al. Low expression of hexokinase-2 is associated with false-negative FDG-positron emission tomography in multiple myeloma. *Blood.* 2017; 130:30-4.
- Li J, Tan H, Xu T, Shi H, Liu P. Bone marrow tracer uptake pattern of PET-CT in multiple myeloma: image interpretation and prognostic value. *Ann Hematol.* 2021;100:2979-88.
- Charalampous C, Goel U, Broski SM, Dingli D, Kapoor P, Gertz MA, et al. Utility of PET/CT in assessing early treatment response in patients with newly diagnosed multiple myeloma. *Blood Adv.* 2022;6:2763-72.
- Hillengass J, Usmani S, Rajkumar SV, Durie BGM, Mateos MV, Lonial S, et al. International Myeloma Working Group consensus recommendations on imaging in monoclonal plasma cell disorders. *Lancet Oncol.* 2019; 20:e302-12.